

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

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

Выпуск 19 (89)

ПРИКЛАДНЫЕ НАУКИ. СТРОИТЕЛЬСТВО

Архитектура

Строительные материалы

Строительные конструкции

Трубопроводный транспорт и инженерные сети

Геодезия

Обновляется 1 раз в год

Новополоцк
2017

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

Архитектура и строительство:

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

Геодезия:

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

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК ТРУДОВ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПОЛОЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА [Электронный ресурс]. – Новополоцк : Полоцкий государственный университет, 2017. – Вып. 19 (89). Прикладные науки. Строительство. – 1 электрон. опт. диск.

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

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

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

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

Учредитель : учреждение образования «Полоцкий государственный университет»
211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 34 58, e-mail: vestnik@psu.by

Компьютерный дизайн *М.С. Мухоморовой*

Техническое редактирование и компьютерная верстка *Д.М. Севастьяновой*

АРХИТЕКТУРА

УДК 72.05

АРХИТЕКТУРА КОСТЁЛА УСПЕНИЯ ДЕВЫ МАРИИ Г. МИОРЫ

В.В. ВАСИЛЕВСКАЯ

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

Рассмотрены история возникновения костёла; описание экстерьера и интерьера главной архитектурной доминанты города Миоры; сделан вывод о использовании Миорского района в туристической сфере.

Миоры – город, районный центр Витебской области; в письменных источниках впервые упоминается в 1633 г. Миорский район Витебской области достаточно богат на архитектурные памятники и достопримечательности. В Миорском районе сохранилось множество небольших церквей, костелов и усадеб, многие из них находятся в очень хорошем состоянии. В Миорском районе наиболее выделяющиеся достопримечательности и архитектурные памятники располагаются в следующих городах и сёлах: Миоры (церковь), Дисна (старинная городская застройка), Идолга (церковь и усадьба), Леонполь (усадьба) [1].

Архитектурной доминантой Миор является здание костела Успения Пресвятой Девы Марии, возведенного на восточном берегу Миорского озера в 1907 г. из красного кирпича [2].

История костела связана с передачей в 1728 г. униатской церкви католическому духовенству. Однако, есть сведения, что Миорский костел упоминается под 1691, а затем под 1717, 1744. 1775, 1789 гг. В Гродненском историческом архиве обнаружено "Инвентарное описание Миорского костела и его имущества от 14 октября 1823 г." В этом документе говорится, что костел очень древний, построен в народной традиции из дерева более двухсот лет тому. В конце 19 века храм хотели закрыть из-за аварийного состояния [3].

Однако в начале XX в. было решено построить кирпичный костел. В 1905 г. в Канцелярию виленского губернатора поступил рапорт от вновь назначенного в Миорский костел ксендза Юзефа Бородича, который стал вдохновителем и талантливым организатором строительства нового храма. Виленский губернатор разрешил строительство с условием, чтобы пожертвования на костел не собирались на месте, т.к. три года подряд миорская земля страдала от неурожая. Ксендз Бородич для сбора средств сформировал группы активистов, которые разъехались по Российской империи для сбора денег. Сам он направился в Варшаву к рабочим в заводские цеха. Недалеко от Миор за озером был специально построен завод по производству кирпича, а для доставки его к месту строительства через озеро соорудили паромную переправу (рис. 1).



Рисунок 1. – Костел Успения Пресвятой Девы Марии

Биография ксендза Бородича очень яркая, наполненная драматическими событиями. Родился он в 1861 г., учился в духовной семинарии в Вильно, закончил ее в 1897 г., в 1900 г. в Риме папа Лев XIII благословил его на миссионерскую деятельность. Он служил в Вильно, в других местах, в 1905 г. был направлен в Миорскую парашию. Ксендз Бородич сумел организовать работу по строительству костела так, что святыню возвели за один год. Ежедневно на строительстве трудилось по 200 чел. Работа кипела, и над Миорами взметнулся храм на месте ранее существовавшего деревянного костела и католического кладбища [4].

Костёл выполнен в стиле неоготики. Костел Успения Пресвятой Девы Марии – монументальный трехнефный двухбашенный храм с пятигранной апсидой, к которой с южной стороны присоединена сакристия. Фасады на высоком цоколе ритмично расчленены ступенчатыми контрфорсами и стрельчатыми оконными проемами. Ось симметрии главного фасада подчеркнута входным порталом и окном-розой. Трехъярусные башни заканчиваются высокими шпилями, закрепленными ступенчатыми контрфорсами, украшенными узкими нишами. Башня-фонарь завершает центральный аркатурный щит (рис. 2) [5].



Рисунок 2. – Главный фасад костела Успения Пресвятой Девы Марии

Внутреннее оформление костела соответствует стилистике неоготики и выдержано в ярких тонах, что оставляет впечатление праздничности и торжественности. Внутри нефы соединяются стрельчатыми перекрытиями. Костел освящен в честь Успения Божьей Матери и Святого Иосафата Кунцевича. На колонне справа перед алтарем есть памятная надпись о создателе храма ксендзе Юзефе Бородиче и время его строительства – 1906–1907 гг. На параллельном столбе, что слева, другая надпись, которая свидетельствует о том, что здесь похоронена мать ксендза Бородича, пожертвовавшая свои средства на возведение костела. В боковую стену храма снаружи вмурованы надгробные доски князей Святополков-Мирских, владельцев имения Каменпаль, которое находится неподалеку от Миор.

На одном из столбов слева находится икона Божьей Матери Миорской, которая очень почитаема верующими. Также в храме есть иконы, имеющие художественную ценность – "Мать Божья Ружанцовая" и "Иосиф с Младенцем Иисусом" – начала XIX ст., "Мать Божья Ченстаховская" (1878), деревянная скульптура "Распятие" XIX ст., привезенное из часовни д. Каменполье, на хорах – орган 20-30-х гг. XX ст., теперь работает от электричества. Под костелом находится подземелье, где похоронены основатели храма Святополк-Мирские и родители ксендза Юзефа Бородича.

Около костела располагается памятник нерожденному ребенку (художник А. Дранец). На плахе гильотины лежит половина яблока, символ греха, в котором зародыш ребенка. Над ним готовый упасть нож гильотины, но от этого защищает образ Матери Божией, которая стоит между ребенком и ножом. Этим самым католическая церковь подчеркивает, что самая большая ценность на земле – человеческая жизнь, в том числе и жизнь нерожденного ребенка.

Во время боев в 1944 г. в храм попало пять снарядов, была пробита крыша, но он уцелел. В послевоенное время власти закрыли его и отдали под зернохранилище. В конце XX в. здесь вновь стала вестись служба и зазвучала белорусская речь.

В 2007 г. к 100-летию костела проведен ремонт, обустройство храма продолжается. Верующие стремятся передать в будущее эту духовную святыню, символизирующую мировоззрение, талант и утонченное чувство красоты, миролюбие народа [4].

Закключение. Миорский район имеет отличный туристический потенциал. Уже сейчас неплохо развито туристическое направление данного региона. Однако не все его составляющие использованы в полной мере. В Миорском районе сохранилось множество небольших церквей, костелов и усадеб, многие из них находятся в очень хорошем состоянии. Это является основой для развития туризма и даже паломничества. Одной из положительных черт Миорского района является непосредственно близкое расположение с границей Латвией, что при условии правильного использования достопримечательностей данного региона может быть привлекательно и для зарубежного туриста.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архітэктура і культура Беларусі [Электронный ресурс] // Мёрскі раён. – Режим доступа: <https://vedaj.by/index.php/garady/vitebsk/miory/>. – Дата доступа: 30.09.2017.
2. Глобус Беларусі [Электронный ресурс] // Миоры. – Режим доступа: <http://globus.tut.by/miory/>. – Дата доступа: 30.09.2017.
3. Воінаў, А.А. Архітэктура Беларусі : энцыклап. даведнік / рэдкал.: А.А. Воінаў [і інш.]. – Мінск : БелЭн, 1993. – 620 с. : іл.
4. Инфопедия [Электронный ресурс] // Костел Успения Пресвятой Девы Марии. – Режим доступа: <https://infopedia.su/14xecc0.html/>. – Дата доступа: 30.09.2017.
5. Кулагін, А.М. Каталіцкія храмы на Беларусі : энцыклапед. даведнік / А.М. Кулагін ; маст. І.І. Бокі. – Мінск : БелЭн, 2000. – 216 с. : іл.

УДК 72.05

КУЛЬТОВАЯ АРХИТЕКТУРА ИСТОРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА Г. ГЛУБОКОЕ**В.В. ВАСИЛЕВСКАЯ***(Представлено: канд. ист. наук, доц. В.Е. ОВСЕЙЧИК)*

Рассмотрены архитектурные особенности исторического центра города Глубокое, его туристический потенциал. Сделан вывод о возможности и перспективах использовании архитектурного наследия города Глубокое в туристической сфере.

С уходом в прошлое атеистического мировоззрения советской эпохи, с начала XXI века в Беларуси стал особо популярным религиозный, или паломнический туризм. И с каждым годом он привлекает к себе всё большее число путешественников – как белорусских, так и приезжающих из других стран. Беларусь – страна, где пересекались ранее в прошлые века, а также продолжают совместно существовать в настоящее время различные мировые религии: христианство, ислам, иудаизм и др. Религиозный туризм в Беларуси способствует посещению храмов и монастырей, святых мест, поклонению чудотворным иконам, омовению в святых источниках, общению с духовенством. В каждом белорусском городе и очень многих близких и отдалённых населённых пунктах сохранилось большое количество уникальной культурной архитектуры. И что бы посетить большинство из них, потребуется немалая часть жизни. Поэтому паломники часто выбирают маршруты, позволяющие за одну поездку посетить сразу несколько значимых мест. Глубокое – районный центр Витебской области, где сохранились такие архитектурные памятники республиканского значения такие как Собор Рождества Пресвятой Богородицы г. Глубокое, XVII век (находится под опекой ЮНЕСКО), Костел Святой Троицы г. Глубокое, XVIII век (находится под опекой ЮНЕСКО), Костел Святой Анны д. Мосар, XVIII век (образец ландшафтной архитектуры европейского уровня), Костел францисканцев д. Удело, XVIII веке [1].

Глубокое – это город в Витебской области Беларуси, административный центр Глубокского района, впервые упоминается в документах XVI в. Основными достопримечательностями города Глубокое являются два храма, формирующих очень примечательный архитектурный ансамбль – костел Святой Троицы и собор Рождества Пресвятой Богородицы, расположенные рядом в историческом центре города и внешне весьма похожие друг на друга. Один из этих храмов – Троицкий костел, был построен в городе Глубокое в 1782 году и существенно перестроен в 1908 году. Нужно заметить, что реконструкция начала 20-го века не коснулась главного фасада костела, который сохранился с 18-го века. Данный костел в городе Глубокое имеет достаточно большие размеры, красивую и запоминающуюся внешность и отлично вписывается в окружающий ландшафт. Костел Святой Троицы в городе Глубокое хорошо сохранился и является важным архитектурным памятником 18-го века [2].

Костел Святой Троицы – памятник архитектуры позднего барокко. Построен в 1764-1782 гг. на месте деревянного, заложенного в 1628 году Иосифом Корсаком, сгоревшего во время Тринадцатилетней войны (1654-1667), когда Глубокое подверглось нападению русских войск. В 1764 году обветшавший храм разобрали, и на его месте выстроили каменный костел в стиле позднего барокко.

Первоначально костел был однефной двухбашенной базиликой с вытянутой полукруглой апсидой. При перестройке в 1902–1908 годах по проекту архитектора Ю. Заро к храму пристроили трансепт, боковые нефы и сакристию, что придало зданию композицию трехнефной крестовой базилики. Двухъярусные башни подросли при этом на два яруса и стали четырехъярусными. Декоративное убранство их было выдержано в прежней позднебарочной («виленской») стилистике. Главный фасад памятника насыщен богатым архитектурным декором: изысканные по рисунку слоистые пилястры, ломаная линия карниза, фигурные арки проемов, высокий фронтон с волютами и скульптурой «Распятие» в арочном проеме.

Интерьер храма украшен тремя разными деревянными алтарями в стиле барокко. Центральный алтарь в нижнем ярусе – со скульптурными изображениями Святых апостолов Петра и Павла. В центре – икона «Распятие». На втором ярусе – икона начала XVIII столетия «Матерь Божия Одигитрия». Завершен алтарь горельефной композицией «Глория с ангелами». В костеле сберегаются также переносной алтарь с иконами «Матерь Божия Умиление» и «Иосиф с ребенком» (начало XVIII столетия), «Святое Семейство» (1730-е годы). Над входом располагаются хоры с органом в стиле неоготики [3].

Под костелом тянется крипта на всю ширину храма, где и завещал похоронить себя фундатор «без всяких церемоний». На одной из колонн костела был укреплен его портрет.



Рисунок 1. – Костел Святой Троицы

Другой храм – это собор Рождества Пресвятой Богородицы. Данный храм в городе Глубокое был основан в 1639 году и долгое время являлся костелом католического монастыря кармелитов. В 1865 году, после поражения восстания, в котором монахи принимали активное участие, католический монастырь был упразднен, и через некоторое время храм был переоборудован под православную церковь. Этим и объясняется его нетипичный для церквей внешний вид и сходство с Троицким костелом, расположенным неподалёку.

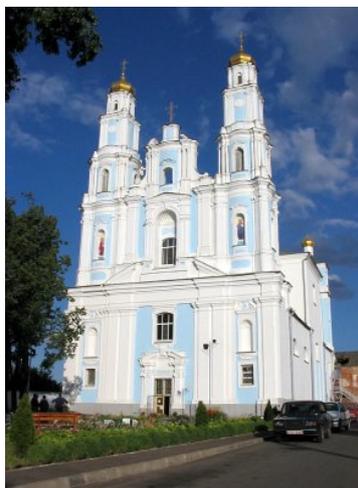


Рисунок 2. – Собор Рождества Пресвятой Богородицы

Здание будущего собора в городе Глубокое несколько раз (в 1735, 1885, 1908 годах) перестраивалось. При перестройке 1908 года над храмом возвели большой деревянный псевдовизантийский купол, который можно видеть на старых фотографиях. К сожалению, этот купол и верхние ярусы башен сгорели в 1944 году. На сегодняшний день сохранились только две башни украшающие главный фасад храма, две оставшиеся башни восстановлены лишь частично. Купол не восстанавливался вовсе.

Перед храмом имеется красивая брама с оградой. Рядом с собором в городе Глубокое сохранился также один из трёх монастырских корпусов 18-го века. Храм в городе Глубокое полностью отремонтирован, монастырский корпус рядом с ним, к сожалению, пока не восстановлен. Данный собор является очень ценным архитектурным памятником 17-го века, ведь именно в архитектуре этого храма впервые получило наиболее раннее выражение школа виленского барокко на территории Беларуси. Также, помимо прочих особенностей архитектуры этого храма, отдельно нужно отметить то, что он имеет четыре башни – это крайне редкий прием не только для Беларуси, но и для всей Европы. Кроме того, храмы 17-го века не так уж и часто можно встретить в нашей стране. Как можно видеть, храм этот действительно очень красив и имеет значительные размеры.

Интересен собор Рождества Пресвятой Богородицы в городе Глубокое и своими подземельями. Несколько столетий его подвалы служили подземной усыпальницей для монахов, здесь же покоились и останки фундатора монастыря Иосифа Корсака. В 1831 году монахи-кармелиты поддержали вспыхнувшее тогда восстание, поэтому подземелье стало местом для хранения арсенала оружия, лечения раненых и укрытием для повстанцев. Во время Второй Мировой Войны подземелья служили тюрьмой для узников «русской освободительной армии Родионова», которая воевала на стороне врага. После войны в подземельях располагался склад консервного завода, при этом сам храм продолжал функционировать [2].

Кафедральный собор Рождества Пресвятой Богородицы был построен в 1639-1654 годах на средства Мстиславского воеводы Иосифа Львовича Корсака. Изначально он являлся костелом католического мужского монастыря, принадлежавшего ордену кармелитов. Огромный, величественный, построенный в стиле виленского барокко, храм не мог оставить равнодушным ни одного человека. Известно, что его красотой восхищался даже французский император Наполеон Бонапарт, остановившийся в Глубоком во время военных действий 1812 года.

В настоящее время приход собора Рождества Пресвятой Богородицы г. Глубокое является самым многочисленным в Полоцкой епархии. Здесь действует воскресная школа для детей, создана небольшая православная библиотека, организован профессиональный хор. В богослужениях, совершающихся в соборе, принимают участие насельницы Березвичского Михаило-Архангельского женского монастыря, т.к. храм этой возрождающейся обители находится в стадии строительства [4].

В соборе находится икона Пресвятой Богородицы «Достоинно есть» – точная копия чудотворного образа, хранящегося в Карейском храме на Афоне. Написана она масляными красками на кипарисовом дереве. Внутри иконы вложены частицы святых мощей многих угодников Божиих и кусочки ваты, освященные на Гробе Господнем, на Гробе Богородицы, на Голгофе. Икона окроплена святой водой из реки Иордан. Образ Богородицы, согласно надписи, – «дар от некоторых беднейших русских Святогорских иноков-патриотов отцу-настоятелю церкви в честь Рождества Пресвятой Богородицы в местечке Глубокое, Литовской епархии, Виленской губернии, Дисненского уезда, священнику Евфимию Диволовскому с причтом и приходом для сей церкви в неотъемлемое достояние, во благословение от святой Горы Афонской сему храму, прихожанам, богомольствующим в нем и благотворителям, селению и по всему округу православным жителям...»

Интересен собор и своими подземельями, которые старше самого храма. Несколько столетий его подвалы служили подземной усыпальницей для монахов, здесь же покоились и останки фундатора монастыря Иосифа Корсака. В 1831 г. кармелиты поддержали восстание против царского правительства, поэтому подземелье стало местом для хранения арсенала оружия, лечения раненых и укрытия для повстанцев. Во время второй мировой войны подземелья служили тюрьмой для узников «русской освободительной армии Родионова», воевавших на стороне фашистов. После войны в подземельях располагалось хранилище консервного завода [5].

Сегодня многие белорусские туристические компании предлагают своим клиентам маршруты, предусматривающие посещение Глубокого. Однако чаще всего путешественники долго в нем не задерживаются и направляются далее – в Полоцк или в Браслав. Причина проста: в городе мало площадок, привлекательных для массового туриста, где он мог бы оставить свои деньги: гостиниц, баров, кафе, сувенирных лавок и прочих заведений. Хотя туристический потенциал у города большой, и с точки зрения достопримечательностей ему есть чем похвастаться [6].

Глубокое – город с богатой историей и потрясающими памятниками архитектуры. Исторический центр города состоит из ансамбля, состоящего из костела Святой Троицы и собора Рождества Пресвятой Богородицы. Хотя они похожи и типичны для католических костелов позднего барокко, собор Рождества Пресвятой Богородицы является для православия храмом. Поскольку в 1865 году, после поражения восстания, в котором монахи принимали активное участие, католический монастырь был упразднен, и через некоторое время храм был переоборудован под православную церковь. Большую ценность имеют и иконы, например, икона Пресвятой Богородицы «Достоинно есть», что привлекает не только ценителей искусства, но и религиозных людей. Однако, несмотря на большое количество факторов, привлекающих туристов в Глубокое, всё же из-за неразвитой инфраструктуры туристический потенциал этого города не используется в полной мере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фотоэнциклопедия Беларуси [Электронный ресурс] // Религиозный туризм в Беларуси. – Режим доступа: <http://www.fotobel.by/turizm-v-belarusi/religioznyj-turizm/>. – Дата доступа: 31.09.2017.
2. Архитектура и культура Беларуси [Электронный ресурс] // Глубокое. – Режим доступа: <https://vedaj.by/index.php/ru/goroda/vitebsk/glyb/glubokoe/>. – Дата доступа: 30.09.2017.
3. Кулагін, М.В. Каталіцкія храмы Беларусі / М.В. Кулагін // БелЭн. – Мінск, 2008.
4. Молодечкин, О.В. Храмы и монастыри Полоцкой епархии : фотоальбом / текст О.В. Молодечкина, А.М. Якубовского ; фото О.В. Молодечкина. – Новополоцк : О.В. Молодечкин, 2006. – 76 с. : фото.
5. Информационный портал Белорусской Православной церкви [Электронный ресурс] // Историю глубокского собора в честь Рождества Пресвятой Богородицы расскажет программа «Свет души». – Минск, 2013. – Режим доступа: http://sobor.by/page/Istoriyu_Glubokskogo_sobora_v_chest_Rogdestva_Presvyatoy_Bogoroditsi_rasskaget_programma_Svet_dushi. – Дата доступа: 30.09.2017.
6. Достопримечательности Беларуси. Фотографии Беларуси [Электронный ресурс] // Глубокое. – Режим доступа: <http://www.belarus.nemiga.info/glubokoe.htm>. – Дата доступа: 30.09.2017.

УДК 72.05

**РЕКОНСТРУКЦИЯ ГОРОДА МОГИЛЕВА
В ПОСЛЕВОЕННЫЙ ПЕРИОД (1944–1954 гг.)****М.А. ВЕРИГО***(Представлено: канд. ист. наук, доц. В.Е. ОВСЕЙЧИК)*

Рассмотрена реконструкция г. Могилева в послевоенный период (с 1944 по 1954 год). Прослежены изменения в планировке и структуре города, дана характеристика изменениям архитектурного ландшафта города.

29 июня 1944 года Могилев был освобожден от гитлеровских оккупантов. Город понес большие потери, более 50% сооружений было уничтожено, в том числе областная и городская библиотеки, фонды Центрального исторического архива БССР. Генеральный план по реконструкции и восстановлению был создан архитекторами Г.А. Парсаданов и М.Н. Андросов. Он наметил пути по восстановлению и дальнейшей застройки города. При этом архитекторы города выступали за сохранение исторически сложившейся планировки города. Они старались устранить недостатки, сохранить и развить положительные качества существующей планировки. Методом проб и ошибок архитекторы достигли успехов в решении архитектурно-планировочных и строительных проблем. В данный период основное внимание уделяется застройке улице Первомайской с прилегающими к ней кварталами. В основу планировочной структуры Могилева был положен жилой квартал.

Основная часть. В генеральном плане после военного периода четко прослеживалось развитие в зонировании городских территорий, т.е. четкое выделение промышленных, складских, транспортных и других зон. В генплане решался вопрос транспортных связей, уличная сеть стала более четкой. Проектирование магистралей и улиц проводилось с учетом функционального назначения. Ярko выделили главные городские диаметры, а также заранее спроектировали транспортные объездные пути. Рабочие посёлки застраивались двухэтажными жилыми домами, но застройка малоэтажными домами привела к большому расходу городских территорий. Это привело к тому, что этажность домов стала постепенно увеличиваться, и к 1950 году почти все строящиеся квартирные дома были четырехэтажными.

Был повышен уровень благоустройства городских территорий. Набережные освобождались от хаотичной застройки, проектировались и закладывались новые парки, скверы, стадионы и многочисленные спортивные комплексы [1, с. 59–60].

Реконструкции сохранившихся и строительство новых жилых и административных зданий в это время проводились на улице Первомайской, а так расположившихся на ней площадях имени Ленина (рис. 1) и Советской.



Рисунок 1. – Площадь имени Ленина, 1950 г.

За первые пять лет были восстановлены и от реконструированы электростанция, водопровод, канализация, а также открывались школы, медицинские учреждения и магазины. Постепенно налаживалась работа городского транспорта и железнодорожного хозяйства. Свою деятельность возобновили театры, кинотеатры, Дом народного творчества, краеведческий музей, ряд библиотек. Уже в 1946 открыт первый

автобусный маршрут. На локомотивном заводе к 1 мая 1947 был собран первый локомотив. За столь короткое время были восстановлены, реконструированы заводы искусственного шёлка, кожевенный, металлообрабатывающий комбинат, два хлебозавода и многие другие предприятия.

Вторая часть первого послевоенного десятилетия ознаменовалась решением исполнительного Комитета Могилевского городского Совета депутатов трудящихся «О мероприятиях по озеленению города и охране зеленых насаждений» от 15 апреля 1950 года. Здесь был утвержден план работ по озеленению города в 1950 году в следующем объеме:

- посадка деревьев – 31 тыс. шт.;
- посадка кустов – 11,2 тыс. шт.;
- посадка цветов – 340,0 тыс. шт.

Для предприятий, организаций, учреждений и артелей города пробовалось посадить - 25 тыс. шт. деревьев, кустов 6,8 тыс. шт., цветов 140 тыс. шт. [2].

Трест Зеленого строительства, руководители предприятий, организаций, учебных заведений, детских учреждений, артелей и застройщиков индивидуальных домов обязывались провести в 1950 году неделю массовой посадки зеленых насаждений, весной с 25 апреля по 1 мая и осенью с 15 по 23 октября.

В 1950 году в Могилеве началось крупномасштабное строительство, действующие тогда предприятия оснащались новой техникой, увеличивая свою мощность. Поэтому в этом же году на улице Первомайская был возведен первый жилой дом на 100 квартир, и уже было запланировано комплексное возведение домов на 240 квартир.

Жилищная застройка активно модернизировалась. В строительстве стали применяться металлические балки, сборные лестничные марши. Многие здания жилищного типа, запроектированные еще в 1947 году, были достроены заводом № 511. В 1950 году активно велась застройка улицы Менжинского, на ней появились 16 однотипных домов.

В 1951 году с институтом «Белгоспроект» был заключен договор на составление проекта планировки, застройки, благоустройства и строительства стадиона в центральном парке. Проект стадиона был запроектирован на участке, намеченном на генплане города. Кроме стадиона планировались построить баскетбольные площадки, волейбольные, корты для тенниса, беговые дорожки, поставить инвентарь для гимнастики. Были предусмотрены удобные подъезды к р. Днепр и водной станции. Предлагалось архитектурно оформить и связать вал и стадион, используя при этом рельеф местности, установить радиоузел и телефонную станцию. Кроме спортивного комплекса планировалось поставить аттракционы, сцены, летний кинотеатр, буфет, танцплощадки и фонтаны. Что бы отгородить берег Днепра от парка проект предусматривал ограждение на каменных столбах с металлическим заполнением [3].

К 1953 году промышленных и общественных сооружений было в достатке, поэтому застройка проводилась только в одном направлении. Завод № 511 застроил рабочий поселок двухэтажными домами в районе улицы Менжинского и Мясокомбинатом. Улицы Первомайская, Пионерская и Ленинская были застроены двух и трехэтажными домами. После получения разрешения вести застройку по индивидуальным проектам с применением типовой секции, было начато проектирование и застройка центральных улиц города с домами в 4–5 этажей, с полным благоустройством, водопроводом, канализацией, радиофикацией и телефонизацией. Так, за период 1952–1954 гг. были запроектированы и построены жилые дома на Первомайской улице (рис. 2), комплекс застройки в районе кинотеатра «Родина», на улицах Пионерской и Каляева.



Рисунок 2. – Улица Первомайская

Бурный рост жилого строительства в городах Советского Союза вызвал потребность большого количества проектной документации, и благодаря этому Комитет по делам строительства разрешил использовать повторно проекты, по которым в г. Могилеве производилось строительство жилых домов по ул. Миронова, а также на бульваре у площади имени Ленина. К 1954 году многие работы по реконструкции были закончены. Окончательная планировка Первомайской улицы, закончены инженерные исследования и постановление проекта на прокладку моста через реку Днепр. Был отстроен мост через реку Березина, большая часть города была благоустроена и озеленена.

Заклучение. Рассматривая город на начало 1944 года и на начало 1954 года, можно с полной уверенностью сказать, что послевоенная разруха и беспорядок не привели Могилев в упадок, а наоборот дали ему прекрасный толчок для своего развития. Продуктивная и добросовестная работа жителей города, а также помощь не пострадавших городов СССР, быстро реконструировали город и подняли его экономику. За прошедшие десять лет промышленная продукция Могилева значительно увеличилась, тем самым перекрыв довоенный уровень производства, энергосбережение города и области тоже стало выше. Потребность народа в жилье с подвигла правительство начать массовую застройку рабочих поселков. Постройка парка, стадиона, установка спортивного инвентаря, прокладка новых дорожек и доступность до берегов Днепра значительно улучшили внешний облик город, убрав из него затхлость и унылость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воинов, А.А. История архитектуры Белоруссии. Советский период / А.А. Воинов. – Минск : Вышэйшая школа, 1975. – 216 с.
2. Решение Исполнительного Комитета Могилевского городского Совета депутатов трудящихся «О мероприятиях по озеленению города и охране зеленых насаждений» от 15 апреля 1950 года // Государственный архив Могилевской области. – Ф. 1245. Оп. 1. Д. 42. Л. 42.
3. Архитектурно-планировочное задание на составление проекта парка и стадиона общества «Спартак» в Могилеве в Подниколье от 5 июля 1951 года // Государственный архив Могилевской области. – Ф. 1245. Оп. 1. Д. 53. Л. 41–42.
4. Свободная энциклопедия г. Могилева [Электронный ресурс] / Улица Первомайская. – Режим доступа: <http://wiki.mogilev.by/index.php>. – Дата доступа: 31.09.2017.

УДК 72.05

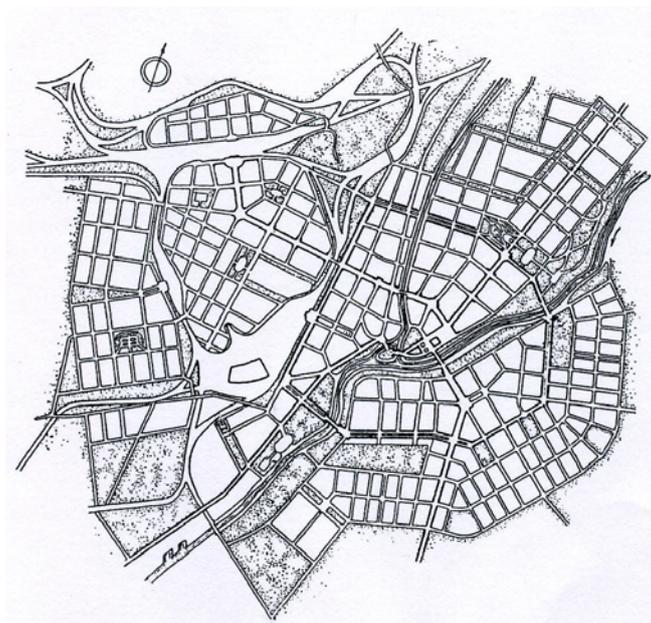
РЕКОНСТРУКЦИЯ ГОРОДА ВИТЕБСКА С 1944 ПО 1954 ГОДА**М.А. ВЕРИГО***(Представлено: канд. ист. наук, доц. В.Е. ОВСЕЙЧИК)*

Рассмотрен процесс реконструкции города Витебска с 1944 – 1954 года. Источниками послужили фотоматериалы, нормативно-правовая документация. Сделан вывод, что в первое десятилетие после окончания Великой Отечественной войны, Витебск был полностью восстановлен. В этот период были произведены серьезные изменения в планировке города.

26 июня 1944 года Витебск был освобожден от немецко-фашистских захватчиков. Во время оккупации город сильно пострадал. Около 93 жилых зданий было уничтожено, разрушена градостроительная система города. После освобождения в короткие сроки архитекторы Минска и Витебска составили генеральные планы по восстановлению города. Эти планы создавались не только как архитектурно-строительные документы, но и как народнохозяйственные планы. Взаимодействие архитектуры и строительства, а также экономического и культурного развития Витебска данного периода привели к качественному новому состоянию архитектурно-градостроительной ситуации в городе.

Одной из главных особенностей реконструкции Витебска является учет исторически сложившейся планировки города, природных условий и довоенных генеральных планов. Стержнем проектного плана города выступали река и ее набережные. Главная городская магистраль – улица Ленина – идет параллельно реке с севера на юг. Между ней и рекой лежат основные существующие и проектируемые площади – Театральная, новая Центральная и площадь Ленина. Площади проектируются открытыми на реку, которая становится осью генерального плана. Значительно изменилось центральное ядро Витебска. До войны оно находилось в пределах исторического центра, то по послевоенному генеральному плану с противоположной стороны реки был сформирован ансамбль улицы имени Кирова. Так же ядро получило развитие вдоль главной городской магистрали – улицы имени Ленина, которую впоследствии завершает новая площадь Победы.

При реконструкции архитекторы города выступали за сохранение и улучшение исторически сложившейся планировки города. Они старались устранить недостатки, сохранить и развить положительные качества существующей планировки. Первое, что архитекторы предлагали реконструировать были две основные магистрали города: улицы Ленина, расположенной параллельно Западной Двине, и перпендикулярной к ней улицы Кирова, идущей от вокзала. Две кольцевые магистрали – одна, охватывающая центральный район, и другая, проходящая по окраинным районам города, – свяжут в единую композицию план Витебска и образуют радиально-кольцевую систему (рис. 1) [1, с. 42–48].

**Рисунок 1. – Схема проекта планировки Витебска**

Еще одной важной чертой при оформлении градостроительных систем города стало формирование городских архитектурно-строительных ансамблей. Как писал А.А. Воинов: «Ансамбль – это обязательное совпадение интересов прогрессивной строительной техники с художественными задачами архитектуры, или, еще больше, подлинное сочетание науки, техники, искусства и экономики. Последнее имеет весьма важное значение, так как решение всех вопросов архитектуры и строительства, в том числе и ансамбля, неотделимо от экономических требований» [2, с. 28].

Из этого следует, что каждый отдельный городской ансамбль должен был отличаться архитектурным своеобразием и при этом иметь художественные связи, которые включают его в главный городской ансамбль. Ансамбль помог преодолеть бессистемность и некомплектность застройки.

Ярким примером ансамблевой застройки выступает улица Кирова. Реконструкция улицы длилась с 1948 по 1954 года. За это период она кардинально изменилась. Улица с прилегающими кварталами стала частью магистрального диаметра, пересекающего город в широтном направлении и связывающего Привокзальную площадь с центром города улицей Ленина с ее жилой застройкой и общественными объектами вливаться и отстаиваться улицы Ленина и Кирова.

Архитектор Б. Мезенцев спроектировал новое здание железнодорожного вокзала. Построенный в 1954 году, он стал главной доминантой улицы Кирова. Здание вокзала двухэтажное, состоит из трёх, прямоугольных в плане, объёмов: центрального и двух боковых. На главном фасаде центрального корпуса расположены три широких оконных проёма арочной формы. Фасад украшен барельефами, лепными нишами и небольшими колоннами коринфского ордера. Посередине главного фасада смонтированы часы. В интерьере вокзала использован мрамор. Освещение обеспечивали тяжелые классические люстры.

Руководство над проектом новой улицы, проложенной на месте снесенных кварталов старой застройки, проводил архитектор В.И. Гусев. Проектируя жилье, он и его коллеги использовали типовые секции, разработанные в республиканских архитектурных институтах. Четырех- и пятиэтажные здания в стиле «сталинского ампира», что и вокзал спроектированы в виде единого ансамбля. Первые этажи были отданы под торговые и коммунально-бытовые учреждения. И завершился ансамбль перед Кировским мостом двумя зданиями с повышенной угловой частью в виде башен – интернат электротехникума связи и гостиница «Двина». Посередине улицы устроен бульвар с аллеей из липы и каштана (Рис.2).

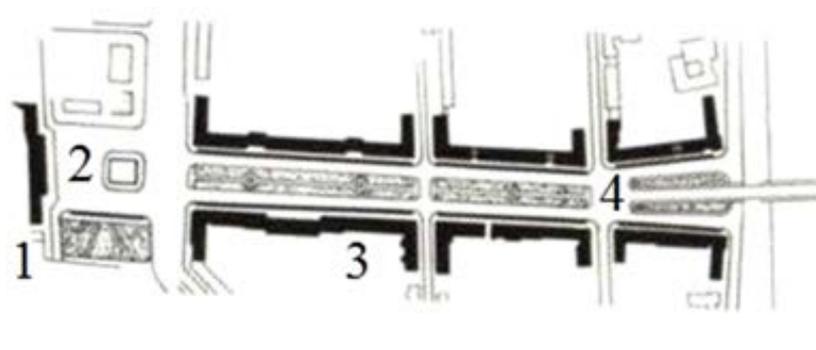


Рисунок 2. – Схема застройки улицы Кирова:
 1 – здание железнодорожного вокзала; 2 – привокзальная площадь;
 3 – гражданская застройка; 4 – пешеходная аллея

Источник: [4].

Дома, входящие в ансамбль городской застройки, строились по периметру кварталов, с замкнутыми дворовыми пространствами. Вход в такие дворы оформлялся арками или парадными воротами. Парадность так же прослеживалась в планировке просторных комфортабельных квартир: большая площадь, высота потолка, большой набор подсобных помещений, просторные прихожие, часто связанных с залом большими проемами. Для таких домов было характерно большое количество 4-комнатных квартир.

Концепция ансамбля застройки улицы Кирова построена на единстве композиционных и стилевых приемов, в ней творчески использованы основные принципы: привлекательность зданий с широко раскрытыми нарядными первыми этажами – магазинами; светлый колорит фасадов, реалистические архитектурные формы самих зданий, продуманность масштабов и силуэтное завершение. Завершенность архитектурному решению придает ориентация на единый композиционный центр – здание железнодорожного вокзала. Также единство ансамбля придает близкая высота, протяженность зданий, единый ритм членения фасадов, формируемый горизонтальными тягами, карнизами, оконными проемами. Не смотря на все это, каждое

здание улицы имеет свою индивидуальность. В пластическом решении использованы пилястры, эркеры, фронтончики, балюстрады балконных оград и парапетов. Лепные детали и др. [3, с. 150].

С конца 1950-х годов специалисты Витебского филиала Белгоспроекта работают над проектированием крупных жилых массивов, которые размещались на свободных от застройки территории города. Концентрация строительства в крупных массивах позволила в широких масштабах реализовать три основополагающих требования, предъявляемые к организации градостроительных работ – комплексность застройки, поточное строительство и его удешевление.

В Витебске ограниченные возможности расширения территории привели к необходимости осуществлять застройку преимущественно в сложившихся границах города с реконструкцией районов малоэтажной застройки. Одновременно с работами в центральной части города шло освоение новых земель в районах наиболее благоприятных по природным условиям. Были реконструированы районы ул. им. Красина и Комсомольской набережной. Дальнейшее строительство велось в северном и центральном районах города.

Таким образом, в первое десятилетие после освобождения от немецко-фашистских захватчиков Витебск быстро восстановили. В этот период существенно изменился облик города. Была осуществлена перестройка улиц, и изменено направление ряда улиц. Преобразования затронули и центр города, изменились его акценты и архитектурные ансамбли. Архитекторы стремились сохранить неразрушенные здания Витебска, его исторически сложившиеся улицы и центры, но при этом провести реконструкцию с учетом новых требований того времени. Многие улицы претерпели изменения: они расширились, появились аллеи, ряд улиц постепенно складывались в архитектурные ансамбли. С 1944 по 1954 года Витебск значительно изменился, как в конфигурации, так и в стилистической направленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Русецкий, А.В. Архитектура и градостроительство в художественной культуре Витебщины. С 1918 года и до наших дней : монография // А.В. Русецкий, Ю.А. Русецкий. – Витебск : Витеб. гос. ун-т им. П.М. Машерова, 2011. – 180 с.
2. Воинов, А.А. Основные черты в развитии зодчества Белоруссии // А.А. Воинов. – Минск : Вышэйшая школа, 1955. – 47 с.
3. Шамрук, А.С. Архитектура Беларуси XX – начала XXI в.: эволюция стилей и художественных концепций // А.С. Шамрук. – Минск : Архитектура, 2007. – 335 с.
4. Витебская энциклопедия [Электронный ресурс] / Схема застройки улицы Кирова. – Режим доступа: http://www.evitebsk.com/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Shema_Kirova.jpg. – Дата доступа: 31.09.2017.

УДК 72.05.

ВЛИЯНИЕ РОМАНСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ НА ЗОДЧЕСТВО ЧЕРНИГОВСКОГО КНЯЖЕСТВА В XII–XIII ВВ.

К.Г. ЛЫСИКОВ, Е.И. ХОМКОВА

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

Прослежено влияние романского стиля в архитектуре Черниговского княжества, изучены исторические и географические предпосылки его влияния, показаны примеры романских элементов в сохранившихся памятниках архитектуры той эпохи.

Наиболее интересным, с точки зрения изучения влияния романской архитектуры на зодчество русских княжеств, бесспорно является Чернигов. Особая ситуация, сложившаяся в строительстве начала 12 в. ознаменовала собой отход черниговских мастеров от традиций киевской архитектуры и привнесение в неё зарубежных элементов, в первую очередь романских [1].

Сам романский стиль был характерен для архитектуры Западной Европы XI–XII вв. Проникновение романских форм в черниговское зодчество связано с такими памятниками XII века, как Спасский собор, Церковь Параскевы Пятницы и Борисоглебский собор.

Стоит отметить что огромное значение на проникновение романики, в первую очередь оказывало географическое положение Чернигова (ри. 1). Справедливо отметить общую особенность при изучении влияния романского стиля на русские княжества, а именно чем дальше расположено княжество от европейских культурных центров того времени, тем слабее в нём выражено влияние зарубежной архитектуры и ярче выражены местные особенности.



Рисунок 1. – Русские княжества в 12 веке

Положение княжества и предпосылки развития романского зодчества. Черниговское княжество было одним из самых крупных и мощных государственных образований на Руси в XI–XIII века.

Большая часть княжества располагалась на левом берегу Днепра в бассейне рек Десна и Сейм. Население княжества состояло из таких племен и племенных союзов как: северяне, радимичи, вятичи и частично поляне. Черниговское княжество охватывало огромную территорию от Таманского полуострова до границ со Смоленским княжеством, от вятических лесов, от пограничного ростово-суздальского города Москвы до половецкой степи. В состав Черниговского княжества входило немало крупных и известных городов. Среди них – Новгород-Северский, Путивль, Любеч, Рылск, Курск, Стародуб. Позднее

здесь стали известны Брянск, Козельск, Мосальск, Воротынский, Мценск. К Черниговскому княжеству также входили в подчинение, Муром и Рязань.

Черниговское княжество имело обширные торговые связи. Через его земли проходили торговые пути на Волгу, Каспийское и Черное море. Торговые связи черниговских купцов простирались по всей Руси и за ее пределами. Есть сообщения о том, что они торговали даже на рынках Лондона. Наличие настолько обширной торговой сети, позволяло черниговцам ознакомиться с культурными достижениями многих государств.

Крепкое политическое и экономическое положение способствовали развитию строительства. Чрезвычайно высока была строительная техника черниговских каменных дел мастеров. Развитие керамики, переход на равнослойную кирпичную кладку, совершенствование строительных конструкций, применение резных каменных архитектурных деталей характеризуют черниговскую школу зодчества. С Черниговом связано новое стилевое направление, использующее в основном не живописные, а пластические формы, берущие начало от образности деталей из камня. Черниговские зодчие стремятся к более целостному, лаконичному образу здания [2].

Одной из отличительных черт черниговской школы является соединение в себе черты романского и вообще западного стиля и византийского. Элементы романского стиля, переосмысленные и использованные для зданий крестово-купольного типа, приобрели местные славянские черты. Примером тому служит переработка широко распространенного мотива аркатурного фриза, выполнявшегося в Западной Европе обычно из камня. В Чернигове эта деталь сделана из четырех «стандартных» керамических элементов, размеры которых согласованы с размерами кирпича, в силу чего они органично включились в кладку [3].

Борисоглебский собор – усыпальница князей рода Давидовичей, построенная в 1120–1123 года. Находится в городе Чернигове. В храме Борисоглебского собора наблюдаются характерные черты романского стиля: к пилястрам приставлены полуколонны, увенчанные капителями; в декор были введены белокаменные резные детали; карнизы, архивольты, капители, столбы и даже маски здания приобрели большую компактность, строгость и законченность (рис. 2).

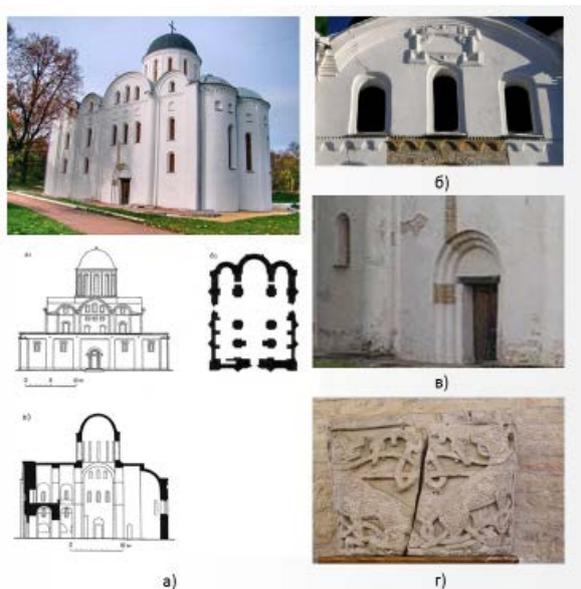


Рисунок 2. – Борисоглебский собор: а) чертежи храма; б) аркатурный пояс северного фасада; в) романский портал южного фасада; г) романская капитель

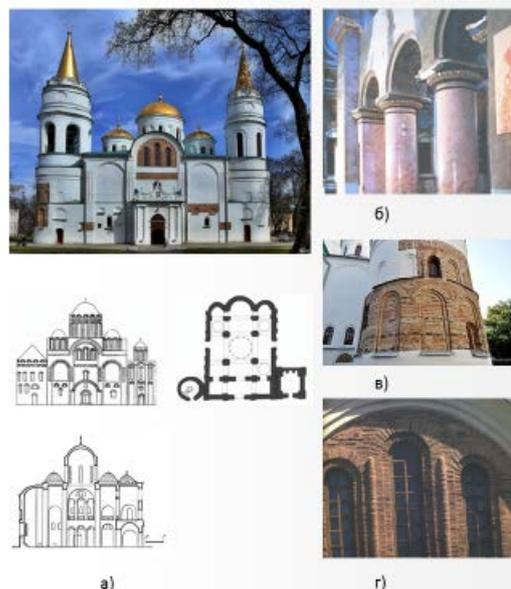


Рисунок 3. – Спасский собор: а) чертежи храма; б) романская колоннада; в) цилиндрические романские ниши западной башни; г) романские оконные проемы

Спасский собор заложен около 1030–1034 годов черниговским князем Мстиславом Владимировичем. Расположен в городе Чернигове. В конструкции Спасского собора использована византийская крестовая схема с элементами романских базилик. В интерьере храма можно увидеть колонны из белого мрамора с капителями ионического типа с импостом (рисунок 3) [4].

Пятницкая церковь была построена черниговскими посадскими людьми в конце XII – начале XIII столетий на Пятницком поле. Церковь Параскевы Пятницы представляет собой четырехстолпный крестово-купольный одноглавый храм, имеющий традиционный план. Фасады четверика завершены трех-

лопастными арками. На фасадах храма можно увидеть характерные для романского стиля декоративные орнаментальные элементы: выложенный из кирпича фриз – меандра, украшающий северный и южный фасады (рис. 4) [5].

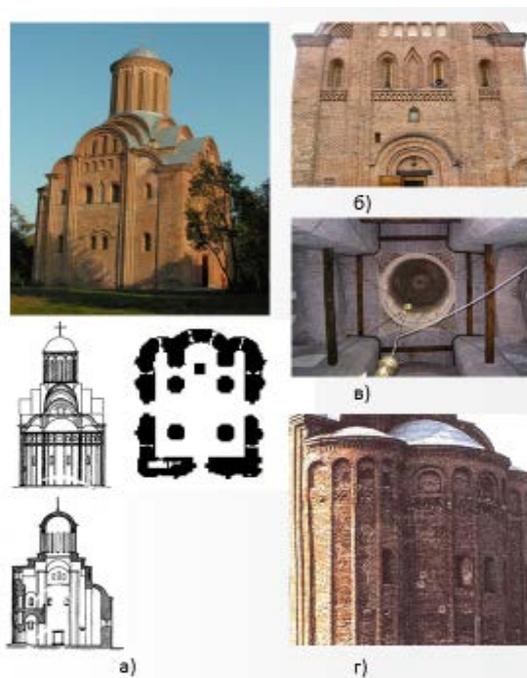


Рисунок 4. – Церковь Параскевы Пятницы: а) чертежи храма; б) романский портал и аркатурный пояс западного фасада; в) романский барабан; г) прясла восточного фасада

Таким образом, было выявлено влияние романской архитектуры на зодчество Черниговского княжества. Показана взаимосвязь географического положения и проникновения романики в черниговскую школу зодчества. На примере таких памятников как: Борисоглебский собор, Спасский собор, церковь Параскевы Пятницы – показаны элементы храмов характерные для романской архитектуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. История раннего развития Чернигова [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://archive.is/wZ5TD>. – Дата доступа: 20.09.2017.
2. Боханов, А.Н. История России. XX век / А.Н. Боханов [и др.]. – М. : ООО «Издательство АСТ», 2001. – 432 с.
3. Воронин, Н.Н. Зодчество Северо-Восточной Руси XII–XV веков [Электронный ресурс] / Н.Н. Воронин. – Т. 1. – М., 1961. – Т. 2. – М., 1962. – Режим доступа: <http://rusarch.ru/voronin11.htm>. – Дата доступа: 20.09.2017.
4. Комеч, А.И. Спасопреображенский собор в Чернигове / А.И. Комеч // Древнерусское искусство. Зарубежные связи. – М., Наука, 1975. – С. 9–26.
5. Барановский, П.Д. Петр Барановский. Труды, воспоминания современников / П.Д. Барановский. – М. : Отчий дом – 1996. – 280 с.

УДК 72.05.

**ЭЛЕМЕНТЫ РОМАНИКИ
В АРХИТЕКТУРЕ ЦЕРКВИ ФЕДОРА СТРАТИЛАТА НА РУЧЬЮ (Г. НОВГОРОД)****К.Г. ЛЫСИКОВ, Е.И. ХОМКОВА***(Представлено: канд. ист. наук, доц. В.Е. ОВСЕЙЧИК)*

Рассмотрена история церкви Федора Стратилата на Ручью, её архитектурные особенности, показаны примеры романских элементов в декоре храма дошедших до нашего времени.

Вопрос изучения влияния романской архитектуры на русские княжества весьма интересен. В особенности, когда речь заходит о наиболее удаленных из них, таких как Новгородское княжество. Казалось бы, на таком большом географическом удалении от основных центров распространения влияния романской архитектуры, в первую очередь европейских и византийских, это влияние должно было быть почти незаметным. И в самом деле, в Новгородской школе зодчества весьма сильны в первую очередь именно национальные мотивы, местные особенности, сохранившиеся влияние от некогда единой Киевской Руси.

Однако при более детальном рассмотрении можно обнаружить и совершенно иные детали, которые весьма точно показывают, что влияние романской архитектуры имело место и здесь. Проиллюстрировать это можно на примере памятника зодчества той эпохи, церкви Федора Стратилата на Ручью.

История храма и его архитектурные особенности. Церковь Федора Стратилата на Ручью (1361 год) является классическим памятником новгородского зодчества второй половины XIV века. В 1360 году посадник из Новгорода Семен Андреевич и его мать Наталья заложили на берегу Федоровского ручья церковь. В следующем году церковь была закончена [1].

Церковь Федора Стратилата представляет собой четырехстолпную одноглавую постройку, как и все храмы первой половины XIV века. Однако по сравнению с ними церковь Федора Стратилата является более законченным, зрелым художественным произведением (рис. 1).

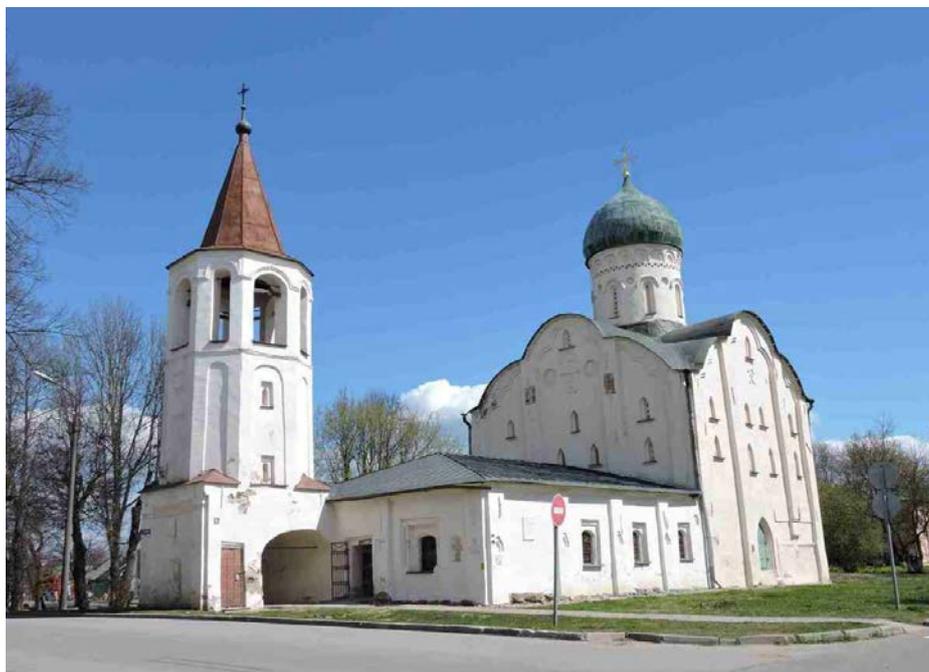


Рисунок 1. – Общий вид храма

Внешний облик храма был наиболее существенным новшеством. До недавнего времени фасады храма завершались щипцами с многолопастной ползучей аркой под каждым щипцом. Исследование верхних частей церкви во время восстановления ее после войны привело к выводу о первоначальном трехлопастном завершении храма. Многолопастная арка на фасадах была всего лишь декоративным убранством. Трехлопастное завершение церкви Федора Стратилата было восстановлено [2].

На фасадах церкви Федора Стратилата, особенно на барабане и апсиде, располагается немало декоративных элементов. Барабан декорирован поясками трехугольных впадин, различных ниш, арок

(рис. 2), а апсида украшена вертикальными тягами-валиками, стянутыми полуциркульными арками. Оконные проемы и порталы имеют стрельчатые завершения. Некоторые ниши на фасадах были украшены фресковыми изображениями. Памятник близок к церкви Спаса-Преображения города Новгорода по своему архитектурному строению. Его фасады так же декорированы нишами, арками, впадинками и крестами (рис. 3) [3].



Рисунок 2. – Декор барабана



Рисунок 3. – Декор фасадов нишами, впадинами и крестам

Основным новшеством в церкви является возвращение к разделению фасада на три прясла лопатками (рис. 4). В этом прослеживается характерное западное, романское и готическое, влияние, которое усматривается в форме окон и северного портала, а также в обработке апсиды (рис. 5).



Рисунок 4. – Прясла храма



Рисунок 5. – Апсида храма

По А.И. Некрасову декор апсиды, можно прямо связать с романскими памятниками Германии и даже точнее – с «провинциальными памятниками Балтийского побережья». Особенно удивляет российского ученого А.И. Некрасова запаздывание такой романской декорации в Новгороде на 200 лет и сравнение ее с «изящными ломбардскими аркатурами на абсидах владими́ро-суздальских храмов».

Интерьер храма украшен фресками. Фрески церкви Федора Стратилата на ручью исполнены в серо-фиолетовых, голубых, зелено-желтых тонах. Используется прием нанесения красно-коричневой краской бликов по верху. Фигуры изображаются в движении [4].

Таким образом было рассмотрено влияние романской архитектуры на новгородскую школу зодчества на примере церкви Федора Стратилата на ручью. Была проанализирована история храма. Изучены особенности географического положения и их взаимосвязь с проникновением романской архитектуры. Показаны характерные примеры романики в архитектуре церкви Федора Стратилала на ручью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмина, Н.Н. Великий Новгород. История и культура IX-XVII веков : энциклопед. Словарь / Н.Н. Кузьмина, Л.А. Филиппова. – СПб. : Нестор-История, 2007. – 552 с.
2. Некрасов, А.И. Великий Новгород и его художественная жизнь / А.И. Боханов. – 1924. – 180 с.
3. Царевская, Т.Ю. Роспись церкви Федора Стратилата на ручью [Электронный ресурс] / Т.Ю. Царевская. – Режим доступа: <https://docviewer.yandex.by/view/0>. – Дата доступа: 20.09.2017.
4. Каргер, М.К. Новгород Великий / М.К. Каргер. – Л. – М. : Искусство, 1961. – С. 210–212.

УДК 72.034.726.03

ДВОРЕЦ В ПОСТАВАХ**А.В. КУЛАКОВА, П.О. ЕВСТРАТОВА***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Р.М. ПЛАТОНОВА)*

Представлен анализ историко-культурного и архитектурно-планировочного аспектов возникновения и развития одного из уникальнейших памятников архитектуры города Поставы – Дворца Тызенгаузов, строительство которого велось с 1788 г. и всю 1-ю половину XIX в. Это один из немногих в полном объеме дошедший до наших дней памятник истории и культуры Поставского района.

В 250 километрах от Витебска на реке Мяделка стоит красивый маленький город Поставы. Долгое время он принадлежал различным родам, из которых самые именитые – Зеновичи, Радзивиллы, Беганские. Однако подлинную славу этому месту, начиная с 1720 года, принес старинный, известный еще с XII столетия, род Тызенгаузов. Антоний Тызенгауз, стремясь превратить свое родовое имение в центр культурно-промышленного преобразования края, включил его в свои владения. Таким образом бывшее незначительное поселение стало довольно большим населенным пунктом [1, 2].

Дворец Тызенгауза является памятником архитектуры классицизма. Строительство началось во второй половине XVIII века Антоном Тызенгаузом – владельцем Постав (рис. 1). Завершил строительство дворца внучатый племянник Константин Тызенгауз (рис. 2). В плане здание П-образное, фасады украшены вертикальными лопатками, между которыми – большие окна.

**Рисунок 1. – Антоний Тызенгауз****Рисунок 2. – Константин Тызенгауз**

Родовое гнездо Тызенгаузов в Поставах посещал российский император Николай II. Сейчас здесь расположена Поставская центральная районная больница. В 2006 году перед дворцом был установлен памятник орнитологу Константину Тызенгаузу. Ученый изображен в полный рост. На правую руку Тызенгауза присели две птицы, а у правой его ноги сидит сова – символ мудрости [3].

Поставы – небольшой уютный городок, со своей удивительной энергетикой. Однажды мемуаристка и писательница Габриелла Пузынина сказала: «Если бы меня спросили, где на земле есть счастье, ответила бы, что есть оно в Поставах...»

Тызенгауз всеми силами стремился сделать город на Мяделке центром промышленности и культуры. Будучи министром экономики и финансов с 1765 по 1780 годы, Тызенгауз проводил экономические, культурные и градостроительные реформы. Открыл 47 производств (и не только в Поставах), военную, медицинскую, художественную школы. Пригласив сюда итальянских зодчих, он превратил Поставы в одно из красивейших местечек этого края.

Известно, что до Тызенгауза здесь не было ни одного каменного дома – только деревянные постройки. И хотя населенный пункт получил статус города только в 1793 году, его европейский облик был сформирован именно Тызенгаузом.

Во время пребывания в местечке Антоний начал строительство дворца. Для этого в 1760 году в Поставах был приглашен итальянский архитектор Джузеппе Сакко.

Однако деятельного реформатора Тызенгауза поглотили работы по преобразованию Гродно, и завершить строительные работы не удалось.

В 1814 году вступил во владение Поставами внучатый племянник Антония Константин Тызенгауз (1786-1853). Он продолжил начинание знаменитого деда. Ему удалось вдохнуть жизнь в опустевший дворец, отстроив его в стиле классицизма. Красивое и строгое сооружение превратилось в один из культурных и научных центров белорусских земель.

Константин был страстным поклонником орнитологии (науке о птицах), и здесь в своем имении он создал один из красивейших и богатых в Восточной Европе орнитологический музей. Музей являлся базой биологического факультета Виленского университета. За неполных 40 лет им была собрана огромная даже по сегодняшним меркам коллекция из 3000 чучел птиц Беларуси, Украины и Литвы. Кроме того, ученый написал ряд основательных работ, в частности знаменитый «Каталог птиц и млекопитающих Великого княжества Литовского и Королевства Польского». Во дворцовой библиотеке, кроме книг по орнитологии, находились редкие памятники польской письменности, ценные гравюры и семейный архив, начинающийся с XIII века. Ценности эти, как предполагают, ныне находятся где-то в России, Польше или Литве.

Северную часть дворца Константин полностью оборудовал для занятий науками и искусством. Здесь же находились кабинеты зоологии, минералогии и этнографии края. Сам Константин с семьей – женой, двумя дочерьми и сыном – жил в западной, более скромной части дворца.

Ученый проявлял большой интерес к живописи. К 1840 году дворец имел роскошную художественную галерею, в которой, по свидетельству современников, насчитывалось около 600 экспонатов. Говорят, в Поставах находились оригиналы картин таких художников, как Леонардо да Винчи, Рембранта, Дюрера, Рубенса, Брейгеля. Кроме полотен западноевропейских мастеров, в коллекцию были включены одни из лучших картин польских и белорусских живописцев.

Вокруг родового гнезда Тызенгаузов на площади 10 гектаров размещался парк с водоемами, живописными прудами, многочисленными парадными аллеями, садом экзотических растений. Вся эта красота, а также интерес к науке и искусству, влекли в поставскую усадьбу многочисленных знаменитых и знатных гостей.

По сей день вид дворца практически не изменился – это одноэтажное П-образное здание с мезонином. Как и при Тызенгаузах, территорию дворца украшают скульптуры из белого мрамора работы итальянских мастеров (рис.3).

Живопись и книги из родового гнезда знатного рода были вывезены в разные места (попросту разграблены) во время Первой и Второй мировых войн [4].

Сегодня дворец отреставрирован снаружи, но все еще является корпусом районной больницы. В нем находятся медицинские учреждения. Вокруг дворца раскинулся парк, который был заложен в XVIII в. и занимает площадь около 10 гектаров. Парк представляет собой смешанную регулярно-пейзажную композицию с экзотическими растениями в декоративных группах, остатками старых липовых аллей, каналами [2].



Рисунок 3. – Дворец Тызенгаузов в наши дни

Этот строгий памятник архитектуры конца XVIII века находится под охраной государства. Разработана десятилетняя программа по восстановлению родового имени Тызенгаузов. На реставрацию дворца получен грант ЮНЕСКО [4].

На основании проведенного исследования, необходимо отметить, что историческая роль и архитектурная ценность дворца неотрывно связана с историей жизни города и самого сооружения. В архитектуре величественного дворца очень явно прослеживаются характерные для классицизма особенности: шестиколонный портик, П-образная планировка и декорированные фасады. К сожалению, на сегодняшний день большая часть интерьеров не сохранилась, а внутренняя планировка была полностью переделана.

Сегодня как никогда важно сохранить и поддержать исторические памятники нашей страны, чтобы они служили достойным примером будущим поколениям и зарождали в душах людей стремление к процветанию и улучшению жизни.

ЛИТЕРАТУРА

1. Родовое гнездо Тызенгаузов в Поставах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.interfax.by/article/50578>. – Дата доступа: 21.01.2017.
2. Дворец Тызенгаузов в Поставах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.holiday.by/by/skarb/439-dvorec-tyzengauza-v-postavah>. – Дата доступа: 21.01.2017.
3. Поставский дворец Тызенгауза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ekskursii.by/?place=16396__Postavskij_dvorec_Tizengauza. – Дата доступа: 21.01.2017.
4. Дворец Тызенгауза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yan.vydra.com/vitebsk/vitebsk18/dvorec-tyzengauza/>. – Дата доступа: 21.01.2017.

УДК 72.034.7.035.2:726.03

КОСТЁЛ СВЯТОГО ИОАННА КРЕСТИТЕЛЯ В КАМАЯХ, ПОСТАВСКИЙ РАЙОН**П.О. ЕВСТРАТОВА, А. В. КУЛАКОВА***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Р.М. ПЛАТОНОВА)*

Представлен анализ историко-культурного аспекта возникновения и развития одного из памятников архитектуры костёла Святого Иоанна Крестителя – римско-католического храма в агрогородке Камаи Постаевского района Витебской области, один из древних католических храмов Беларуси. Храм уникален по своей архитектуре, так как стиль выполнения сочетает элементы и готики, и ренессанса, и даже барокко. Имя создателя храма до сих пор остается загадкой. Данный костёл служил не только домом Бога, но и военной крепостью. До сих пор главным украшением толстых стен являются шведские ядра времен Северной войны. Шведам, которые осаждали храм, эта маленькая крепость так и не сдавалась. За всё время существования храма (около 400 лет), он ни разу не был закрыт.

Небольшая деревня Камаи в Постаевском районе Витебской области сохранила уникальный храм оборонного типа, построенный в 1603–1606 гг. костёл Святого Иоанна Крестителя. Этот храм – один из немногих на территории Беларуси, который никогда не был закрыт. Данное архитектурное сооружение было возведено на месте, которое изначально было для местных жителей определяющим. Это место было центром деревни, тут, сходились образуя перекресток пять дорог. В старину, к перекрёсткам всегда было особенное отношение. Даже если одна дорога вливалась в другую, на таком месте либо устанавливали камень, либо ставили крест – каплицу. Из истории известно, что первоначально на перекрёстке был установлен огромный валун. Из него не позднее XV века вытесали крест, который стоит напротив костёла и сейчас. Этот крест также является своего рода символом Камаев.

Костёл Святого Иоанна Крестителя – католический храм в агрогородке Камаи (рис. 1), Белоруссия. Относится к Постаевскому району Витебской области. Данный памятник архитектуры, построен в 1603–1606 годах. Является одной из старейших католических церквей Белоруссии. Храм включён в Государственный список историко-культурных ценностей Республики Беларусь.

**Рисунок 1. – Костёл Святого Иоанна Крестителя**

Инициатором строительства католического храма в Камаях был владелец местечка Ян Рудомин-Дусятский, имя архитектора неизвестно.

Изначально храм имел продольно-осевую композицию, был трёхнефным, четырёхколонным, нефы перекрывались крестовыми и звёздчатыми сводами. В 1643 году при храме был основан госпиталь. Во время русско-польской войны 1654–1657 годов храм был сожжён русскими войсками и своды обвалились. При восстановлении колонны были разобраны, храм стал однефным, основное пространство было перекрыто деревянным зеркальным сводом. После восстановления храм был повторно освящён в 1673 году.

В ходе Северной войны (1700–1721) храм был обстрелян шведами из пушек и получил серьезные повреждения. При восстановлении костёла в его стену были вмурованы шведские ядра. В 1726–1736 годах и в середине XIX века были выполнены росписи на сводах в виде гроздьев растений и цветов.

В 1778 году к храму с южной стороны была пристроена большая прямоугольная в плане часовня с криптой, перекрытая цилиндрическим сводом. В 1861 году храм был реставрирован и незначительно перестроен.

Костёл Иоанна Крестителя – один из немногочисленных католических храмов Белоруссии, который не закрывался с момента основания (исключая периоды восстановления и реставрации).

В 2007 году ураганом была повреждена одна из башен. В 2010–2011 годах проходила капитальная реставрация всего храма.

В архитектуре церкви Иоанна Крестителя реализованы приёмы и формы оборонительного зодчества, готики и ренессанса. Неф в плане близок к квадрату, к нему примыкает обширная полукруглая апсида и небольшая ризница.

Главный фасад фланкирован двумя цилиндрическими башнями с круглыми амбразурами. Башни (высота которых составляет 16 м, диаметр свыше 5 м), толщина стен (до 2 метров), а также общий монументальный характер всего сооружения, говорят о том, что храм служил и целям обороны.

Внешний облик церкви практически полностью лишён декоративных элементов. Украшением являются лишь четыре арочные ниши, расположенные в верхней части главного фасада.

В интерьере храма выделяется главный алтарь (2-я половина XVIII века). Алтарь двухъярусный, его основу составляют 4 коринфские колонны, между ними в нишах первого яруса находятся деревянные статуи святых Петра и Павла (начало XVIII века). В центре алтаря расположена икона Матери Божьей начала XVII века (создана в 1610 году в Кракове). Икона почитается верующими чудотворной. Ранее её украшал серебряный оклад, но в 1995 году он был украден. На втором ярусе алтаря – живописное изображение Крещения Господня, венчает алтарь резное изображение Господа Саваофа.

При внесении в Государственный список историко-культурных ценностей Республики Беларусь в храме насчитано 118 предметов исторической ценности. Среди них выделяются икона Матери Божьей, алтарные деревянные статуи святых Петра и Павла, орган конца XVIII века, картина «Иисус и сирота» (XIX век) авторства Альфреда Ромера и многие другие. В храме хранятся частицы мощей святого Казимира и святого Станислава. В крипте находятся захоронения ошмянских маршалков.

Рядом с костёлом находится старинный каменный крест XV–XVI веков, высеченный из гранитного валуна. Высота креста – 2,5 м, ширина перекладины – 1,88 метра. В средокрестии – треугольная ниша для распятия.

На основании проведенного исследования можно отметить, что историческая и культурно-образовательная роль костёла Святого Иоанна Крестителя довольно велика. История развития данного архитектурного памятника показывает его стойкость и мощь с оборонительной стороны. Так же он является примером сочетания различных архитектурных стилей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костёл Иоанна Крестителя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cyclowiki.org/wiki/>. – Дата доступа: 10.01.2017.
2. Костёл Иоанна Крестителя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki>. – Дата доступа: 12.01.2017.
3. Костел Святого Иоанна Крестителя в деревне Камаи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.holiday.by/by/skarb/59-kostel-svjatogo-ioanna-krestitelja-v-derevne-kamai>. – Дата доступа: 13.01.2017.
4. Камайский костел Св. Иоанна Крестителя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vezha.info/novosti/77-kamajskij-kostel.html>. – Дата доступа: 17.01.2017.
5. Камаи. Костел св. Иоанна Крестителя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stanislav-05.livejournal.com/277262.html>. – Дата доступа: 17.01.2017.

УДК 728.03(476.4)

**ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА МОГИЛЁВА****В. П. КАШНИКОВА***(Представлено: М.М. ШЛЕЙМОВИЧ)*

Объектом исследования является Исторические аспекты жилищного строительства на примере г. Могилёва. Выявляются тенденции развития жилья в разные исторические эпохи. Проведены исследования зарождения города и появления первых жилых образований, дальнейшее их существование и развитие.

Для дальнейшей застройки города Могилёва, и принятия решений по развитию жилья, необходимо изучить исторические аспекты жилищного строительства. Город Могилёв возник путём сращения самостоятельных поселений сельского типа. На планировку влиял рельеф, веяния тенденций, войны, силуэт реки. Так как современный город это – совокупность построек, относящихся к разным периодам и идеям в архитектуре, изучение жилой застройки города следует начать с истоков, и прослеживать изменения в жилищном строительстве параллельно с причинами, которые подтолкнули архитекторов на то, или иное решение. В последствие изучения исторических аспектов жилищного строительства города Могилёва, можно выявить проблемы организации планировки застройки Могилёва.

Жилая архитектура XII–XVI вв. О жилой архитектуре города Могилёва XII–XVI вв можно сказать лишь по общим чертам жилой архитектуры Беларуси того периода. Жильё строили небольшим из брусьев на подклетах, крыша была двух- или четырехскатной. Вход в дом осуществлялся как с торца, так и с главного фасада, к улице был обращён вход с торца. Застройка в городах была плотная, без приусадебных участков. Облик жилого дома зависел от профессии проживающего в нём. В домах ремесленников были пристроены галереи над нависающим вторым этажом. Дома обеспеченных горожан отличались разнообразием и интересными архитектурными решениями.

Жилая архитектура XVII–XIX в. Представление о жилой архитектуре XVII города Могилёва более точное (рис. 1). Некоторые данные о городе даёт описание путешественника Петра Толстого, Бернанда Таннера, академика В. Севергина. Из их слов можно представить город, где было много богатых мещанских домов с украшенными фасадами лепниной и живописью. В задубровенской части города сохранился пример такого дома, его фасад украшен орнаментальной декорацией.



Рисунок 1. – Облик города XVII в.

Чаще всего дома были двухэтажными и имели правильную простую форму. В центре размещалась лестница, к которой примыкали 4 комнаты. Излюбленный приём могилёвских строителей было членение фасадов ступенчатыми лопатками, дома имели разнообразные фронтоны, оформлялись лентой черепицы по карнизу, обрамлениями оконных и дверных проёмов. Однако, так как застройка города была деревянной и дома в собранном виде можно было купить на рынке, разобрать и перевести на свой участок, городу была свойственна однотипность жилья.

Значительную часть построек составляли дома ремесленников и торговцев. Эти дома имели навесы, которые служили для выставки товара. Ширина этих навесов была около 2 метров. В XVIII навесы в жилых домах перестали эксплуатироваться. Это объясняется экономическим спадом. Однако, для обозначения домов ремесленников к домам пристраивались декоративные навесы небольшого размера. Образовавшиеся дома имели членение внутреннего пространства на жилую и служебную часть. Такие дома группировались на площадях и рынках, участки были минимальными, дома ставились торцом к улице, так как территория города была ограничена системой укреплений.

Стали появляться кирпичные типовые двух и трёхэтажные жилые дома для служебных лиц. Примером служит дом Шимона. В плане он представлял собой почти квадрат, разделённый узкими сенями на две половины. В сенях размещалась одномаршевая лестница. Декорирование было выполнено поэтажным членением стен нишами и балкон с шатровым навесом.

Одним из отличительных элементов жилой архитектуры Могилева этого периода является декоративность, применение лопаток или пилястр, членение форм. Застройка была плотной, торцом к главной улице. Строительные материалы применяли разнообразные как кирпич, так и дерево.

Довоенный период. В XX веке большая часть городских построек была кирпичной (рис. 2). Часть построек относят классической эклектике. Здания рустовались, стены облегчались кверху, декорировались карнизами, стройные окна задавали вместе с пилястрами ритм членению фасада.

Некоторые примеры жилья были переполнены элементами декора, повторяющиеся элементы были слишком акцентированы, из-за этого фасад терял композиционный центр. В ряду плотной застройки архитектурное разнообразие несла скатная крыша, которую помимо конструктивной функции выполняла декоративную. Так же в XX веке строятся жилые здания частично стиля модерн. Модерн повлиял и на градостроительство, это проявляется в организации пространства города на жилые и промышленные районы, организованный общегородской центр.

Сразу после установления советской власти в Могилеве стали проводиться мероприятия, направленные на улучшения жилищных условий. Рабочим требовалось доступное комфортное жильё, они переселялись в квартиры. Началось быстрое строительство новых упрощённых жилых домов, общежитий, гостиниц (гостиница «Днепр»). В тот период Могилёв изменил свой облик. Проводились работы по разуплотнению застройки и реконструкции дореволюционных домов. Следуя тенденциям советского периода, в городе осуществляется строительство дома-коммуны 45 по ул. Первомайской.

Так же идёт поиск идей для эстетичного построения жилых домов на визуальных осях. (жилой дом на ул. Первомайской). Идёт активное строительство на основных магистралях и в районе промышленных предприятий. В Могилёве наблюдается тенденция присоединения прилегающих деревень городу, свойственная процессам точечной урбанизации. С 1921 года Карабановка, Машековка, Холмы, Броды и Тишовка первая входит в состав Могилёва.



Рисунок 2. – Облик города XX в.

За этот период изменился архитектурный образ города. До установления советской власти дома выполнялись в стиле эклектики, были декорированы и сложны в выполнении. После установления советской власти дома лишились эклектического декора, функционализм упростил облик жилых домов, что лишило здания архитектурной выразительности.

Послевоенный период. После 2 мировой войны половина застройки была уничтожена. Город начал активное восстановление. Поощрялось индивидуальное строительство. Это привело к тому, что в городе разрослась усадебная застройка. Изначально она была стихийной, только к 1950 годам были разработаны типовые проекты и введены стандарты по отношению к индивидуальному строительству. В первые послевоенные годы самым распространённым стал 2–3 этажный жилой дом. Его преимущество заключается в простоте построения. Чаще всего квартиры были двух-трёх комнатными, комнату занимали отдельные семьи. В 1947–1949 по улице Первомайской идёт строительство жилых кварталов. С 1961 года город застраивался пяти и девятиэтажными микрорайонами, основной планировочной единицей стал микрорайон, сменив квартал, задержавшийся здесь всего на десятилетие. В первой половине 60 годов началась застройка новых жилых микрорайонов Мир 1, Мир 2 и проспекта Пушкина свободной планировки с элементами строчной застройки.

В 1968 году стал застраиваться микрорайон Юбилейный на территории восточного промышленного узла. Планировалось строительство многоэтажных домов свыше 20 этажей, но эти проекты оста-

лись на бумаге. С 1976 году застраивается Октябрьский района в составе 7 микрорайонов. В настоящее время эти микрорайоны застраиваются точечными многоэтажными постройками.

Строительство комбината шелковых изделий повлекло за собой в 70 годах образование микрорайона по улице 30 лет победы, здесь так же наблюдается строительство смешанной застройки с элементами строчной. В 80 е годы начинается застройка микрорайона Северный для работников крупного завода «Могилёвсельмаш». Образовавшуюся картину жилой застройки города и дальнейшее развитие можно наблюдать по генеральному плану города на 2025 год (рис. 3).

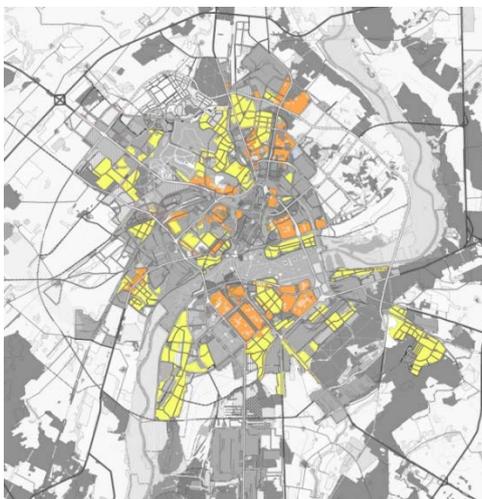


Рисунок 3. – Жилая зона г. Могилёва

На смену единичному строительству пришло строительство целыми кварталами. Этот период характеризуется взаимодействием различных стилевых образов, быстро застраиваемыми микрорайонами без особой эстетической ценности, сменой строительного материала. Период характеризуется типизацией жилых зданий и стандартизацией.

Рассмотрев исторически сложившуюся картину жилищного строительства можно сделать вывод, что застройка города формировалась в процессе развития города, в городе наблюдается взаимодействие различных стилевых и временных образов. Могилёв развивался в восточном, северо-восточном, западном и юго-западном направлении вдоль Челюскенцев до Буйничи. Многоквартирная застройка располагается преимущественно в Западном, Южном и Восточном районе. Из-за потребности в жилье в послевоенное время и поощрения индивидуального строительства, на современном этапе существует большим количеством усадебной застройки в центре города и застройки жилых микрорайонов без эстетической выразительности. Из-за исторически сложившейся системы улиц и рельефа, существует проблема с дорожной доступностью между жилыми домами и центрами тяготения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кишик, Ю.Н. Белорусский город: историческое наследие, архитектурное своеобразие / Ю.Н. Кишик. – Минск : Беларусь, 2015. – 223 с.
2. Чантурия, В.А. История архитектуры Белоруссии / В.А. Чантурия. – Минск : Вышэйшая школа, 1977. – 310 с.
3. Воинов, А.А. История Архитектуры Белоруссии: советский период / А.А. Воинов. – Минск : Вышэйшая школа, 1975 – 215 с.
4. История застройки районов Могилёва [Электронный ресурс] // wiki.mogilev. – Режим доступа: http://wiki.mogilev.by/index.php/%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D0%B7%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D0%BA%D0%B8_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B2_%D0%9C%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D0%B0. – Дата доступа: 26.09.2017
5. Районы, кварталы. Могилев: несостоявшаяся столица [Электронный ресурс] / onliner. – Режим доступа: <https://realt.onliner.by/2012/08/11/darriuss-21>. – Дата доступа: 23.09.2017.

УДК 711.4(476.4)

ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАНИРОВКИ И ЗАСТРОЙКИ ГОРОДА МОГИЛЁВА**В.П. КАШНИКОВА***(Представлено: М.М. ШЛЕЙМОВИЧ)*

Объектом исследования является градостроительное становление и состояние города Могилева. Выявляются перспективные градостроительные условия для дальнейшей планировки и развития города. В процессе работы проводились исследования градостроительной планировки формирования территориальной ситуации, сложившейся исторически. В результате исследования были выявлены ключевые факторы образования и становления города.

Для дальнейшей застройки города Могилёва, и принятия решений по расширению его границ, необходимо изучить формирование планировки и застройки города в историческом процессе. Город – это сложная композиционная структура, прогрессирующая во времени и пространстве. Однако, в процессе существования формирования объёмно-планировочной структуры городов проходило прерывисто. Планировка города претерпевала глобальные изменения, на которые влияли войны, бедствия, пожары, веяния тенденций, религиозные противоборства. Даже, находясь в относительно статичном состоянии, город претерпевает изменения в мало уловимых и незначительных деталях. Чтобы изучить какой-либо город необходимо приступить к исследованию хронологии изменения планировочной структуры города, благодаря которой город приобрёл тот или иной облик.

Могилёв до XVI. Город Могилев начинает формироваться на стратегически благоприятной территории прохождения торгового пути «Из варяг в греки» через Днепр. Уже в VIII–IX вв. на этой территории располагалось укрепленное городище. Процесс формирования плана древнего Могилёва протекал путём срастания нескольких поселений сельского типа.

Первое это Луполовское предместье с веретенообразной планировочной структурой дорог и проездов. Её представляли две продольные дугообразные дороги. Их пересекала третья дорога, которая вела к переправе через Днепр и окаймляла правобережье Днепра. Второе это поселение на правом берегу Днепра. Здесь улицы расходились веером от площади на берегу Днепра. Третье поселение представляло собой жилые участки у поймы Дубровенки. И четвёртым поселением был нагорный посад, простиравшийся до дороги из Вильно в Мстиславль. Однако, размер нагорного посада был ограничен, из-за чего активно развивались другие поселения.

Образовывалась полицентрическая композиция, в процессе срастания поселений. Таким образом, формируется город с несколькими доминантами и связями между ними. Оси поселений были направлены на мыс плато у излучины Днепра при впадении в него Дубровенки. Здесь зарождается ядро города, которому структурно подчиняется нагорный посад. Ядро города формирует деревянный замок, который занял доминирующее место в композиции пространства. Предположительно он был заложен в 1267 году. Однако есть мнение, что он был заложен в XVI веке, так как основатель города был князем Галицким, который скорее всего заложил город Могилев-Подольский (Украина).

Силуэт реки предопределял планировочную структуру, формировалась радиально-кольцевая система улиц. Улицы брали начало у ворот и сходились на площади. Город простирался на 7 холмах: гора Могила, гора Спасская, горы Костерня, Гвоздовка, гора Машековка, гора Ильинка и Красная.

Образовавшийся город располагается в благоприятном месте, на возвышенности у реки, в месте прохождения торговых путей. Город развивается путём слияния четырёх самостоятельных планировочных элементов. Между ними постепенно зарождались связи. На пересечении этих связей возник замок. Далее город развивался путём прирастания построек к ядру. Это способствовало дальнейшему развитию города.

Могилёва XVI в – XVII в. В XVI веке город входил в состав ВКЛ. В тот период на архитектуру города влияли идеи Возрождения, неблагоприятная политическая обстановка. В этот период структурируется и приводится в композиционно единый образ уличная сеть, система объёмов. Город претерпевает перепланировку. Он рос и население города достигает 10 тыс. человек. Уже в 1604 было 2211 домов и более 15 тысяч жителей. Город стал одним из крупнейших ремесленно-торговых центров Беларуси. Культовые постройки заполняли композиционные узлы, образовывая сеть новых ответвлений от композиционного каркаса, строится новый замок с при-замковой площадью более гектара, расширяется рынок. Замок представлял собой многоугольник в плане с деревянными стенами и 7 восьмигранными башнями. Внутри замка находились несколько домов, административные и хозяйственные постройки, культовые и оборонительные сооружения.

В первой половине XVII в силу политических обстоятельств город приобретает три земляных вала с бастионами, браны и кремль. Сооружается три пояса укреплений, первый - вокруг замка, второй - вокруг старого города и торговой площади, третий – вокруг нового города.

Формируются основные оси города – улицы: Шкловская (начинается у королевской браны), Ветреная (начинается у Ветреной браны), Черниговская (пролегает в предместье Лупалово, которая через Днепровский мост вливается в центральную площадь). Эти улицы заложили основу современного плана города. Они застраивались жилыми деревянными домами (рис. 1). Плотно заселена была лишь Ветреная и Шкловская улицы. Застройка на них не формировалась стихийно, как на территории раннесредневековых построек, а разбивалась на отдельные блоки. Так же прокладывается ряд вспомогательных улиц, улучшающих доступность планировочных элементов. Так же внимание уделялось и формирующимся в узлах площадям.



Рисунок 1. – Перспектива города

В этот период город развивался. На территории Могилева активно шло строительство культовых и оборонительных построек. Новые застраиваемые образования предавались анализу и разбивались на блоки. В этот период была заложена основа города, были выявлены планировочные оси, город приобрел более удобную планировку.

Могилёв XVIII – начало XX в. После того, как Беларусь вошла в состав Российской империи в XVIII веке, Могилёв объявили губернским городом. Был составлен план с регулярной планировкой Могилёва. (рис. 2) Возникают проблемы реализации этих планов в связи с рельефом города. По этой причине был срыт вал от Королевской браны до дома ректора семинарии. Культовые постройки перестраиваются с деревянных в каменные. Особое внимание уделяется пространственным доминантам города, визуальным осям, панораме города. Главной доминантой стало ядро города, направленное на восприятие издали. Со временем город сохранил радиальную схему плана, при этом приобретая тенденции классицизма: расширение и спрямление улиц, проектирование по главной улице системы площадей. Это происходит из – за возникновения новых функциональных узлов. Выделились привокзальная площадь, рынки, театральные площади. Особое внимание было уделено центральной площади на месте существования рынка и формирующуюся соборную площадь.

В это время была проложена дорога от торговой площади (совр. Советская) до Быховского выезда, для реализации задачи снова сняли значительную часть горы. В 1708 году во время Северной войны город был сожжён, и вплоть до 18 века город активно восстанавливался.



Рисунок 2. – План города

С середины XIX в. появляются первые промышленные предприятия, что понесло за собой изменения в генеральном плане города. В 1902 году была проложена железная дорога.

Был заложен городской сквер на прорытом валу, что дало возможность выпрямить Шкловскую и Ветреную улицы, которые стали центральными улицами города. Была построена шоссе с Луполово на Бобруйск, был засыпан новый съезд, скопан у прибрежной дороги вал, проведён въезд на гору за зданием губернского правления. Остальную землю свезли за Днепр, где сейчас расположен городской сад. Город выделялся своим запоминающимся силуэтом с правильно организованной системой доминант и подчинений.

Однако после беспорядочной застройки в XX многоэтажными зданиями город потерял свой силуэт. Город теряет исторически сформировавшуюся гармонию и целостность. Было принято решение композиционного выделения центра: организация системы сформировавшихся ранее площадей – Губернская, Театральная, Соборная, привокзальная. В это время застройка приобрела хаотичный характер. После революции 1917 создаются промышленные районы вне селитебных территорий. При проектировании были допущены ошибки: на западном районе города были построены вредоносные предприятия, закрывающая городу возможности развития в юго-западном направлении вдоль Днепра.

После того, как Могилёв вошёл в состав Российской империи, стали приниматься решения относительно плана города и систем доминант. Возникают площади, новые функциональные узлы. Однако после XX века город потерял свой силуэт и утратил запоминающийся образ. В этот период активно применяются типовые объекты и введение зелёных насаждений. Появляются первые промышленные предприятия, строится железная дорога. Планировка города приобретает черты диспропорции и хаотичности.

Могилёв в довоенное время. Крупные изменения в устройстве города понесло решение 1937 года. В связи с расположением Минска вблизи границы с Польшей, правительство БССР приняло решение о переносе столицы в Могилёв. Появилась необходимость в создании генерального плана города. Первый генеральный план был составлен в 1936-1939 году.

Могилёв к тому времени стал крупным промышленным центром, железнодорожным узлом. По предположениям к 1947 численность населения города должна была увеличиться в 2,5 раза, и составить 245 тыс. чел. Была проложена магистраль, современный проспект Мира. Таким образом формируется композиционная основа города: взаимно перпендикулярная ул. Первомайская и пр. Мира. На пересечении этой магистрали с Первомайской формируется центральная площадь Ленина. От этой площади к Советской площади формируется бульвар, проект был выполнен только наполовину, т. к. трасса бульвара была перекрыта стадионом Спартак. Так же формируются кольцевые и полукольцевые магистрали, связывающие все районы города. Улица Первомайская должна была составить единую магистраль с Днепровским мостом, т.е. прорезать всю возвышенность исторического центра города, однако он был сохранён. За полтора года строительства было возведено большое количество зданий. На сформированной площади Ленина был сооружён Дом советов и Административное здание. За пределами площади Ленина создать полноценную композицию не успели. Так же были построены ряд общественных зданий, такие как кинотеатр Родина, возведена гостиница Днепр после сноса собора св. Иосифа.

Идея о переносе границы понесла за собой ряд перестроек города и переоценку градостроительной ситуации. Однако, после присоединения Западной Беларуси, идея о переносе столицы в Могилёв перестала быть актуальной. Этот период был значительным для Могилёва, так как в это время активно застраивалась главная площадь. Образовалась площадь Ленина, вытягивая ядро города линейно вдоль главной улицы. Строится система общественных сооружений. Однако из-за начала военных действий грандиозное строительство было приостановлено.

Послевоенное время. За годы Великой Отечественной войны в Могилеве из 6653 зданий уничтожено 3220. В послевоенном генеральном плане 1947-1949 основное внимание было уделено реконструкции и восстановлению города, застройке улицы Первомайской жилыми кварталами. Основной планировочной структурой того периода стал квартал. В последующем генеральном плане города 1961 году произошла смена планировочной структуры на микрорайон, который укоренился здесь на протяжённый срок. Застраивалась территория вдоль Днепра в северо-восточном и юго-западном направлении. Планируется объединение дорожной сети в единую дорожную систему, однако были допущены ошибки: овраги города используются для прокладки грузовых магистралей. В первой половине 60-х годов началась застройка новых жилых микрорайонов Мир 1, Мир 2 и проспект Пушкина, стал застраиваться микрорайон Юбилейный. Строительство комбината шелковых изделий повлекло за собой в 70-е годы образование микрорайона по улице 30 лет победы. В 1976 году начинается застройка Октябрьского района. В 80-е годы из-за строительства предприятия «Могилевсельмаш», начинается застройка микрорайона Северный. Микрорайоны застраивались жилыми домами свободной планировки с элементами строчной застройки. Следующий генеральный план 1981 понёс за собой создание пяти планировочных районов с жилыми и промышленно-складскими зонами, зелёными насаждениями, спортивными сооружениями и общественными центрами. Планировалось вернуть городу утраченное функциональное зонирование,

силуэт, развитие ядра города для обзора его с реки и его пойменной территории. Проекты не были реализованы в полной мере из-за рельефа. Крутой спуск от ратуши, затрудняющий подъём при перевозке тяжестей, был выровнен благодаря вырезкам верхних частей и насыпи в нижней.

В этот период город характеризуется взаимодействием различных стилевых образов, сформировавшихся в процессе развития города. Большим числом быстро застраиваемых микрорайонов без особой эстетической ценности. Из-за большого числа и сложности задач послевоенного периода были допущены ошибки в плане города. В городе Могилёве наблюдается проблема большого количества усадебной застройки почти в центре города, недостаточная пропускная способность и невысокая скорость. Крупной проблемой является плохая доступность микрорайонов, причиной проблем является рельеф и исторически сформировавшаяся система улиц. Рельеф города был как преимуществом, так и крупной проблемой в реализации проектов в городе, решением являлось как срезание, так и обход рельефа.

Рассмотрев исторически сложившуюся картину планировки и застройки города Могилёва, можно сделать вывод, что застройка города формировалась в процессе развития города, в городе наблюдается взаимодействие различных стилевых и временных образов. Могилёв развивался в восточном, северо-восточном, западном и юго-западном направлении вдоль Челюскенцев до Буйничи. Из-за сформировавшихся исторически сложившихся дорог, жилой застройки, исторического центра города, возникают проблемы города. Первая проблема – это большое количество усадебной застройки в центре города. Вторая проблема города: плохо развитый центр города.

Третья проблема: недостаточное освоение пойменных территорий рек и открытых зелёных пространств.

Четвёртая проблема: недостаточная пропускная способность и невысокая скорость движения по дорожной сети города.

Причинами образования и препятствием их решения является сложный рельеф города – по этой причине не могут решиться проблемы с доступностью и дальнейшего развития исторического центра города, сформировавшаяся исторически сеть улиц и маловыразительной жилой застройки, которая ограничивает архитекторов в принятии решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кишик, Ю.Н. Белорусский город: историческое наследие, архитектурное своеобразие / Ю.Н. Кишик. – Минск : Беларусь, 2015. – 223 с.
2. Чантурия, В.А. История архитектуры Белоруссии / В.А. Чантурия. – Минск : Вышэйшая школа, 1977. – 310 с.
3. Воинов, А.А. История Архитектуры Белоруссии: советский период / А.А. Воинов. – Вышэйшая школа, 1975 – 215 с.
4. История застройки районов Могилёва [Электронный ресурс] / wiki.mogilev. – Режим доступа http://wiki.mogilev.by/index.php/%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D0%B7%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D0%BA%D0%B8_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B2_%D0%9C%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D0%B0. – Дата доступа: 26.09.2017.
5. Могилёв [Электронный ресурс] / Karty.by. – Режим доступа <http://www.karty.by/page/2/?s>. – Дата доступа: 23.09.2017.
6. Районы, кварталы. Могилев: несостоявшаяся столица [Электронный ресурс] / onliner. – Режим доступа: <https://realt.onliner.by/2012/08/11/darriuss-21>. – Дата доступа: 23.09.2017.

УДК 72.012.72

**СОЗДАНИЕ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ НА ТЕРРИТОРИИ НАБЕРЕЖНОЙ
КАК НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТИ****Т.О. ТЯПКО***(Представлено: Я.Д. ФИЛИППЕНКО)*

Рассматриваются вопросы создания и существования общественного пространства на набережных территориях в современном городе. Освещаются способы привлечения людей и методы повышения привлекательности прибрежных районов в структуре города.

Характер города определяется его улицами и местами общественного пользования. Общественное пространство создает облик города, начиная с площадей и бульваров и заканчивая находящимися рядом зелеными насаждениями и детскими площадками. Общественное пространство - жизненно важный элемент успешно развивающейся набережной. Правильно спроектированное и управляемое общественное пространство является основным преимуществом в функционировании города и оказывает положительное воздействие на его экономику, окружающую среду, безопасность, состояние, интеграцию и возможности взаимодействия.

Между состоянием городских набережных и качеством жизни населения городов существует прямая связь. Общественное пространство на них обеспечивает возможности для социального и культурного взаимодействия и способствует повышению чувства сопричастности и гордости в местах проживания. Общественное пространство, открытое для всех, независимо от этнического происхождения, возраста и пола, служит демократическим форумом для горожан и общества объединяет, является местом проведения встреч и способствует развитию общественных связей. Проектирование таких пространств формируют культурную идентичность местности, составляют часть ее уникального характера и вызывают чувство окружающей реальности среди местной общественности. Смешанное и разнообразное общественное пространство (использование, пользователи, проектирование, состояние, время и т.д.) предоставляет место для создания оживленного и динамично развивающегося города, что автоматически способствует уменьшению опасности.

Создание яркой береговой линии означает превращение ее в большую сеть общественных мест. Оно требует меньших инвестиций, нацелено не на строительство новых объектов, а на перенастройку существующего пространства набережной, рассчитанное не только на туристов, но и на горожан. Наличие активно функционирующего общественного пространства на прибрежных территориях во многом определяет привлекательность и качество жизни конкретного городского района и, в итоге, самого города.

Крайне важно, чтобы набережная была доступна для людей в максимально возможной степени. Каждое из общественных мест должно быть включено в видение набережной в целом. Цель в том, чтобы добиться непрерывности связи набережной с общей структурой города, особенно когда дело доходит до пешеходного опыта. Проходная набережная с широким разнообразием деятельности по ней будет успешно связывать места назначения, позволяя каждому укрепить друг друга. Водные фронты с непрерывным общественным доступом гораздо более желательны, чем те, где общественное пространство прерывается. Даже небольшие участки, где набережная недоступна для общественности, значительно уменьшают ее привлекательность.

Доступ также означает, что люди могут фактически взаимодействовать с водой по-разному – от плавания или рыбалки, столовой или пикникового док-станции, посадочных талонов или кормления уток (рис. 1). Если невозможно на самом деле коснуться воды, люди должны иметь доступ к другому типу воды поблизости – например, фонтан, зона для игры в брызги или плавательный бассейн. Парки не являются смыслом всей набережной в современном ее понимании - пассивное открытое пространство загромождает внутреннюю динамичность набережных. Любое здание на набережной должно добавить к деятельности общественных мест вокруг него. В случае успеха результат является идеальным сочетанием коммерческого и общественного использования.



Рисунок 1. – Организация доступа к воде, Чикаго

Ходьба и езда на велосипеде – еще одна важная часть транспортной смеси, и многие из лучших водоемов имеют пешеходные променады и велосипедные дорожки. Без движения на автомобилях или на стоянках люди становятся более непринужденными, и полная широта деятельности набережной может процветать.

Дождь или холод не являются причиной для того, чтобы набережная сидела пустой. Прибрежные и озерные места часто известны своими холодными ветрами и серыми небесами. Набережное проектирование должно учитывать дождливую и зимнюю активность, а удобства должны обеспечивать защиту от ненастной погоды. Набережные, которые могут процветать в круглогодичных условиях, получают выгоды от большей экономической активности и более высокой посещаемости на общественных объектах (рис. 2).



Рисунок 2. – Использование озера в центральном парке в Нью-Йорке в разное время года

К основным качествам, которыми должны обладать общественные пространства набережных, для привлечения наибольшего числа посетителей, можно отнести:

1) Доступность (смежность с основными маршрутами движения горожан, либо некое исключительное расположение). Недоступное для человека пространство набережной выключено из социальной жизни города, даже если оно обладает всеми другими основными качествами, физическим или эстетическим комфортом. Безопасность – важная как психологическая, так и физическая характеристика, включающая понятия физического комфорта. При этом психологическая безопасность наиболее важна. В ином случае пространство не работает, оно становится «необжитым», поскольку человек не может чувствовать себя комфортно в нем, так как не выполнено необходимое условие для полноценного общения и социальных взаимодействий в пределах «психологической зоны комфорта» в сознании человека.

2) Оборудованность. Функционально набережная может существовать и без дополнительного оборудования, но для современного города наличие сервисов, повышающих как физический комфорт, так и эстетические качества среды, повышает репрезентативность прибрежного пространства для горожан, наполняет социальной активностью (это подразумевает основные элементы благоустройства: присутствие травяного покрытия, обработка поверхности земли системами тротуарного покрытия, обеспечения необходимых траекторий движения, пандусов, городской мебели, освещения (функционального и эстетического), а также специализированного оборудования, для маломобильных групп населения).

3) Возможность наблюдения действия. Это, вероятно, одно из важнейших качеств пространства, которое является общим для всех зон притяжения набережной, и предполагает наличие природных и искусственных перспектив, позволяющих горожанину-зрителю, находясь в этом пространстве, наблюдать движение людей, воды, автомобилей, природные явления (море, небо, и т. д.)

4) Возможность самопрезентации. Имеется ввиду участие в социальных мероприятиях городской жизни, (групповые занятия йогой, социальные танцы, уличные музыканты). Кроме перечисленных качеств, самыми востребованными общественными пространствами становятся те, где человек может свободно заниматься различными практиками межличностного общения и взаимодействия, либо практиками «самопрезентации» в максимально широкой и насыщенной социальной среде. Это качество публичного пространства привлекает людей в такой же степени, как и возможность наблюдения за городской жизнью.

5) Мультифункциональность. Это качество набережной позволяет пространству быть максимально востребованным разными социальными группами и отдельными людьми. Чем больше возможностей реализации различных стратегий поведения – от «самоизоляции» до максимальной включенности в социальные взаимодействия предлагает пространство, тем большим потенциалом развития оно обладает.

Благосклонность жителей к той или иной городской территории главным образом определяет наличие возможности взаимодействия (места встреч, развлекательные территории), открытость (насколько место «дружелюбно» к посетителю), и эстетика территории (физическая красота и озеленен-

ные пространства). При этом при реорганизации пространства набережной следует вовлекать населения как в процесс генерирования идеи нового проекта, так и к его реализации. Такой метод повысит привязанность к территории, увеличит посещаемость, а общественные пространства, наполненные людьми меньше подвержены вандализму.

Перемены городских обычаев и городской жизни в современную эпоху происходят быстро. Город, будучи системой, совмещающей разнообразную деятельность большого количества людей, генерирует громадное число субкультур, социальных систем поведения, а объединяющим элементом этих групп служит общественное пространство как катализатор и основной механизм поддержания самой сущности города. Располагая общественные пространства ближе к воде, можно добиться вовлеченности горожан в общественную жизнь города – окруженные жилыми массивами люди будут стремиться быть ближе к природе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по благоустройству объектов улично-дорожной сети [Электронный ресурс] // docplayer.ru.- Режим доступа: <http://docplayer.ru/26558303-Rekomendacii-po-blagoustroystvu-obektov-ulichno-dorozhnoy-seti.html>. – Дата доступа: 22.09.17.
2. Самая уютная набережная Америки [Электронный ресурс] // admagazine.ru. – Режим доступа: http://www.admagazine.ru/arch/100642_samaya-uyutnaya-naberezhnaya-ameriki.php. – Дата доступа: 12.07.17.
3. Ян Гейл – Города для людей [Электронный ресурс] // booktracker.org. – Режим доступа: <https://booktracker.org/viewtopic.php?t=42207>. – Дата доступа: 25.08.17.
4. Город и горожане: общественные пространства как модератор поведения людей [Электронный ресурс] // archvuz.ru. – Режим доступа: http://archvuz.ru/2014_1/4. – Дата доступа: 05.09.17.

УДК 712.7.034

**РОЛЬ И ФУНКЦИИ МАЛЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ
ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВА НАБЕРЕЖНОЙ****Т.О. ТЯПКО***(Представлено: Я.Д. ФИЛИППЕНКО)*

Рассмотрены виды малых архитектурных форм, которые наиболее часто используются при оформлении набережных, особенности их размещения и выполняемые функции.

Для создания гармоничной среды набережной необходимо использовать максимальное выявление местных природных особенностей данной территории при организации рациональной функционально-планировочной и объемно-пространственной структуры набережной и высокого уровня, окружающего ее благоустройства. Результаты предпроектной оценки градостроительной ситуации и ландшафта используются для разработки идеи-концепции набережной. К архитектурно-ландшафтным задачам организации набережных территорий относят выявление функциональной и композиционной значимости отдельных зон. Открытые пространства в этом случае подвергаются наиболее тщательной разработке. Чем удобнее и привлекательней пространство под открытым небом, тем выше их социальная значимость. Немаловажную роль в архитектуре открытых пространств играет эстетика их деталей – малые архитектурные формы - сооружения, предназначенные для архитектурно-планировочной организации объектов ландшафтной архитектуры, создания комфортного отдыха посетителей, ландшафтно-эстетического обогащения территории в целом.

Иначе говоря, малые архитектурные формы – это небольшие строения, сооружения и отдельные конструкции, кроме привлекательности внешних параметров могут обладать практичностью, и кроме эстетического часто имеют еще и функциональное назначение. Одним из основных отличий таких объектов от обычных зданий и сооружений является отсутствие капитального фундамента. Размер малых архитектурных форм может быть разным – все зависит от размеров участка и идеи проекта. По назначению малые архитектурные формы принято делить на:

- 1) утилитарные. К ним относятся урны, киоски, фонари, скамейки, ограды и т.п;
- 2) декоративные. Это элементы служащие в большей степени для украшения ландшафта. К ним относятся всевозможные статуи, скульптуры, фонтаны, беседки, декоративные мостики;
- 3) игровые и спортивные малые архитектурные формы. Это функциональные формы, позволяющие обустроить спортивные и детские зоны. К ним относят качели, горки, шведские стенки.

Малые архитектурные формы утилитарного назначения в свою очередь подразделяются на следующие типы:

- 1) организующие рельеф и оформляющие отдельные участки территории – открытые лестницы, пандусы, откосы;
- 2) устройства для размещения растений – цветочницы, трельяжи;
- 3) искусственные водные устройства – бассейны, пруды, каскады, водопады, питьевые фонтанчики, водные карусели;
- 4) ограждающие формы – ограды, стенки, парапетов;
- 5) устройства для отдыха – пляжи, оборудование площадок, павильоны, садово-парковая мебель
- 6) устройства для торговых и коммунальных услуг – киоски, палатки, оборудования детских площадок.

Малые архитектурные формы практически постоянно находятся в поле зрения человека, воздействуя на формирование его эстетического вкуса, поэтому они должны отвечать высоким требованиям современного художественного оформления. Они должны быть ненавязчивыми и технически совершенными, пластичными и удобными, простыми и выразительными, красивыми по форме, цвету и фактуре материала, легкими, долговечными и экономичными, с хорошими пропорциями и соответствовать масштабу человека.

В современном городе малые формы больше не выглядят как самостоятельные элементы, а включаются в сценарий развития территории как функциональная часть, с помощью которой человеку предлагается взаимодействовать с природой. Размещая интерактивные малые архитектурные формы на набережных повышается ее репрезентативность и социальная значимость. Пространство набережной наполняется людьми, которые хотят проводить свой досуг в интересном месте.

Выбор формы и материала мест сидения стал зависеть от того, в каком контексте они располагаются, как могут влиять на разграничение направлений движения людей и расположения сидящих прохожих, какие возможности восприятия окружающего ландшафта могут предложить для отдыхающих посетителей (рис. 1 а).



а

б

Рисунок 1. – *а* – островные сиденья вокруг высоких деревьев, г. Копенгаген;
б – Экранирование общественного пространства растительностью, г. Цюрих

В городских общественных пространствах всё более актуальным становится возвращение компонентов природы. При создании островов природы, конечно, при возможности всякий раз пытались сохранить уже существующие отдельные высокие деревья, но не менее актуальной стала дополнительная структурирующая посадка высокой растительности. Ресурс организации мест для отдыха вокруг таких посадок был осмыслен через предложение самых разных типов сидений, которые в зависимости от климата и видов, включаемых в новые зеленые островки растений. Для стран с относительно более теплым климатом в качестве материала сидений был использован и бетон, и камень, и металл. С позиции применимости для многих регионов нашей страны, безусловно, наиболее интересными стали решения с применением в качестве материала покрытия дерева. Как правило, из соображений оптимальной эргономики, высота подобных сидений составляет от 45 до 50 сантиметров, что допускает трактовку нижней, вертикальной части основания сидения в качестве своего рода подпорной стенки, удерживающей заключенную в контуре сидения массу грунта для посадки достаточно крупных деревьев. На протяженных районах возможно создание линейных модулей сидений на подпорных стенках. Такое использование малых форм является безусловным преимуществом для использования их на набережных крупных и средних городов.

Важнейшая роль в создании комфортного для человека пространства принадлежит грамотно размещенной вокруг сидений растительности, включая посадки кустарников и высоким озеленением. Экранирование мест для отдыха растительностью с контрастным раскрытием открытого пространства становится все более популярным приемом при организации тихих зон набережных. Такой способ создает чувство защищенности и способствует интеграции населения (рис. 1 б).

Сложное переплетение функций обслуживания и транзита на главных транспортных площадях городов, включая привокзальные площади, послужило основанием для поиска адекватных решений расположения и организации мест сидения на них, учитывая большой поток прохожих и весьма большой диапазон их мотивации в выборе содержания пребывания на площади. Сделать так, чтобы сидящие одновременно были и достаточно изолированы от транзитного потока и одновременно не были удалены от основных транзитных направлений, как оказалось, можно с использованием контейнеров с высокими деревьями, окруженными сидениями (см. рис. 2). при разработки открытых зон набережных использование такого приема является наиболее распространённым и позволяет добиться зонирование территории набережной.



Рисунок 2. – Привокзальная площадь Риги с контейнерами для сидения

В оценке роли малых форм переворот произошел на базе нового интегрированного представления о функциональных процессах и их оптимальных границах, о мобильности и универсальности тех компонентов среды, которые, как казалось раньше, обустраиваются надолго.

Нарастающий интерес к альтернативным, более экологичным вариантам передвижения в городской среде, включая велосипед, потребовали изменений не только в структуре наиболее посещаемых общественных пространств, но и в их обустройстве. Вопрос при этом не решался лишь на уровне наспех согнутой металлической трубы, названной велопарковкой, а предполагал согласованное решение дизайна малых форм, необходимых и для хранения велосипеда, и для создания удобных мест сидения рядом с игровыми площадками.

В городской среде понятие «граница функции» имеет немало трактовок. Используется это понятие и при проектировании набережных. Если представить, что малые формы могут выступить в качестве средства обозначения подобных границ, то остаётся только спроектировать и изготовить другие сидения (именно сидения, а не привычные скамейки), очертание которых будет отвечать главной идее пространства. Удобство для родителей, приходящих вместе с маленькими детьми на игровые площадки, нередко заключается в том, чтобы как можно меньше задумываться над тем, что ребенок как-то нечаянно может выбежать за границы игрового пространства. Дизайн кругового сидения, в границах которого обустроена детская игровая площадка, позволил решить в районе Конфлюэнс в Лионе эту проблему: детям надежно обозначены пределы возможного передвижения в процессе игры (рис. 3).



Рисунок 3. – Район Confluence. Круговое сидение в качестве границы детского игрового пространства, г. Лион

Для уличного кафе дизайнерская трактовка границ обслуживаемого пространства достаточно актуальна, так как позволяет создать необходимый комфорт для людей, сидящих за столиками, отделив их от просто прохожих. Всё чаще в этих целях и в отечественной практике стали применяться различные контейнеры, кашпо и вазоны с растительностью по периметру торговой территории. Финское решение, предложенное дизайнерами на проспекте Маннергейма в центре Хельсинки, пошло несколько дальше или немного другим путем. Вокруг кафе было устроено длинное сидение, в структуру которого были включены контейнеры с растительностью, но при этом почти вся площадь этого сидения может быть использована сидящими за столиками посетителями, прибавив число удобных посадочных мест. Вроде бы очень простое решение, но идея сидения «на границе функции» в нем воплотилась весьма оригинально (рис. 4). в пределах зачастую ограниченных территорий для благоустройства набережных, такое формирование пространства является мультизадачным, сокращая используемую территорию, но повышая уровень среды.



Рисунок 4. – Уличное кафе с граничным сидением по периметру, г. Хельсинки, проспект Маннергейма

Основываясь на современных системах, экологических представлениях, набережные в качестве объектов ландшафтного проектирования должны рассматриваться как элементы ландшафта города в целом. Наполняя пространство малыми архитектурными свойствами, повышается репрезентативность набережной, создаются общественные пространства, повышается интеграция населения, улучшается качество жизни.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малые формы с большим смыслом [Электронный ресурс] //green-city.su – Режим доступа: <http://green-city.su/%EF%BB%BFmalye-formy-s-bolshim-smyslom>. – Дата доступа: 20.08.17.
2. Назначение и классификация малых архитектурных форм [Электронный ресурс] // landscape.totalarch.com. – Режим доступа: http://landscape.totalarch.com/appointment_classification_small_architectural_forms. – Дата доступа: 19.08.17.
3. Город и горожане: общественные пространства как модератор поведения людей [Электронный ресурс] // archvuz.ru. – Режим доступа: http://archvuz.ru/2014_1/4. – Дата доступа: 14.08.17.

УДК 711.61

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НАБЕРЕЖНЫХ.
ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Т.О. ТЯПКО

(Представлено: Я.Д. ФИЛИППЕНКО)

Рассмотрен зарубежный и отечественный опыт проектирования набережных. Примеры проектных решений дают возможность проанализировать способы организации прибрежных территорий, а также выявить кардинальные отличия в принципах подхода.

Акватория города – его визитная карточка, центр притяжения людей. Видовые и визуальные возможности водного пространства позволяют акцентировать внимание на архитектурном облике прилегающих зданий и сооружений, а также набережных. Создание гармоничной среды набережной – сложный процесс взаимодействия архитекторов, светодизайнеров, инженеров, от слаженной работы которых зависит насколько популярной и функционально насыщенной она получится. К наиболее распространенным естественным водоемам в городах относятся реки. Для защиты прибрежных территорий от разрушений, вызываемых волнами, течениями, от оползневых явлений проводят берегоукрепительные работы и строят регулирующие гидросооружения, влияющие на состояние русла реки. Однако, сейчас набережные – это не только укрепляющие конструкции берегов реки, но также и точки притяжения людей. Набережные-бульвары создают благоприятные условия для пешеходов, и их зеленые коридоры, соседствуя с водой, стимулируют проветривание городской застройки. Облик городов, размещенных на берегах крупных рек, водохранилищ, морей, во многом зависит от привлекательности набережных.

Для определения таких явлений, как общегородской комплекс набережных, в ландшафтном проектировании необходим учет инфраструктуры города, его наземного и водного транспорта, а также выявление возможных господствующих над городом видовых точек. Чтобы появилась возможность для создания пешеходной набережной, нужно освободить место от транспортной загруженности. Есть два варианта преобразования городской среды, для организации пространства набережной. Первый – сужение проезжей части минимум в два раза и создание прибрежной полосы с пространством для пешехода и велосипедиста, и только потом – для автомобиля (рис. 1). Второй – заглубление проезжей части и перекрытие части набережной зеленой платформой, по которой люди из прилегающей среды смогут беспрепятственно попасть к воде (рис.2).

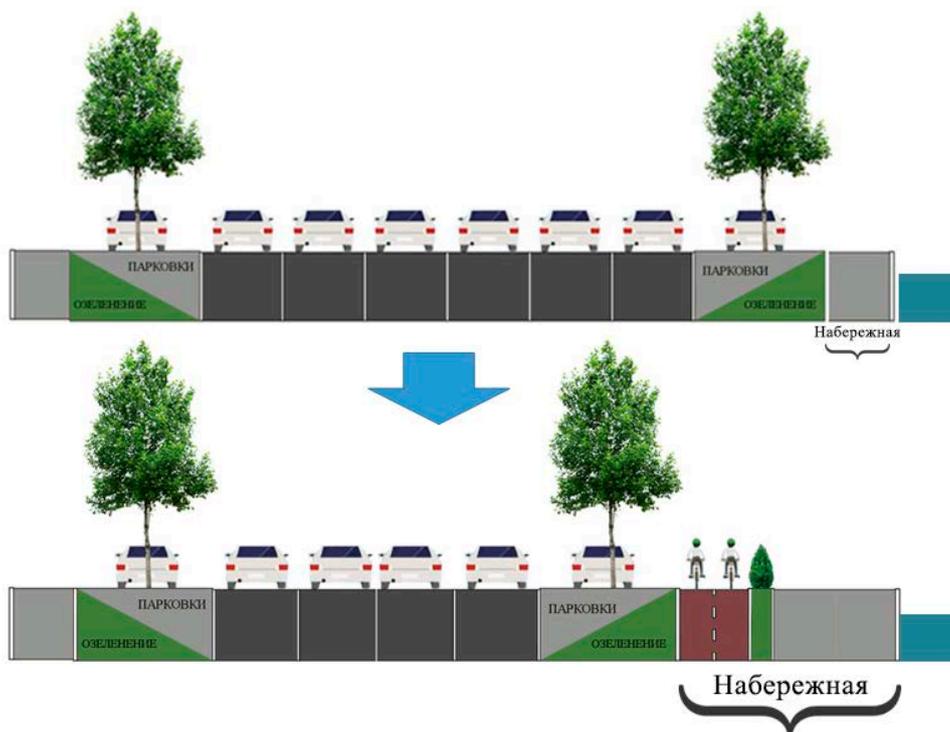


Рисунок 1. – Первый вариант преобразования набережной путем сужения проезжей части



Рисунок 2. – Второй вариант преобразования набережной путем заглибления проезжей части, г. Мадрид, Испания

Для выявления принципиальных отличий в проектировании набережных в разных частях мира следует провести сравнительную характеристику организации пространства и проектирования набережных. Для сравнения были выбраны как положительные примеры набережные в следующих городах: г. Мадрид (Испания), г. Сеул (Южная Корея), г. Зарасай (Литва), так и негативные примеры: г. Минск (Беларусь), г. Тверь (Россия), г. Ижевск (Россия).

Город Мадрид (Испания), как и все крупные города Европы, утонул в машинах. Автомобиль имел главенствующую роль и предполагалось, что это единственный перспективный вид транспорта. Ценность бульваров в понимании горожан упала, на их месте возводились широкие магистрали, развивалась система подземных и наземных автостоянок. Была построена кольцевая дорога М-30, которая должна была решить проблему пробок в городе. На западе Мадрида магистраль М-30 прошла как раз по берегу реки Мансанарес, разорвав город. В результате пробки на кольце стали причиной ухудшения экологической обстановки, упала экономическая и репрезентативная ценность района. Властям Мадрида хватило смелости признать прошлые ошибки и к началу 2000-х был принят проект серьезной реконструкции шоссе. Этот проект стал частью более масштабной деятельности по изменению транспортной ситуации во всем городе. В результате чего транспортный поток был убран под землю, проведена реорганизация транспорта с учетом будущего развития, по всей протяженности набережной была создана серия зеленых спортивно-развлекательных зон (рис. 4).



Рисунок 4. – Преобразование набережной города Мадрида

Мадрид стал ярким примером комплексного подхода к реконструкции, в результате которой были задеты и преобразованы различные сферы городской жизни.

Исторически город Сеул (Южная Корея) развивался вокруг реки Чхонгечхон, и впоследствии район стал ассоциироваться с бедностью и разрухой. Было принято решение забетонировать реку и создать навесную 4-х полосную магистраль. К концу XX века это стало серьезной проблемой – жители этого района страдали от респираторных заболеваний, обилие шума и выхлопных газов делало невозможным нормальное существование. Для решения проблемы мер Ли Мён Бака решил вернуть реку горожанам. Для этого была разработана система подвесных мостов и подземных пешеходных переходов, проведена

транспортная реформа, проблему наполняемости реки решили за счёт специальных насосов, которые качают в Чхонгечхон воду из второй городской реки – Ханган. В следствии реконструкции возросла деловая активность в окрестностях, увеличилось количество торговых точек, жители стали активнее населять этот ставший экологически благоприятный район, улучшилось общее экологическое состояние города (рис. 5).

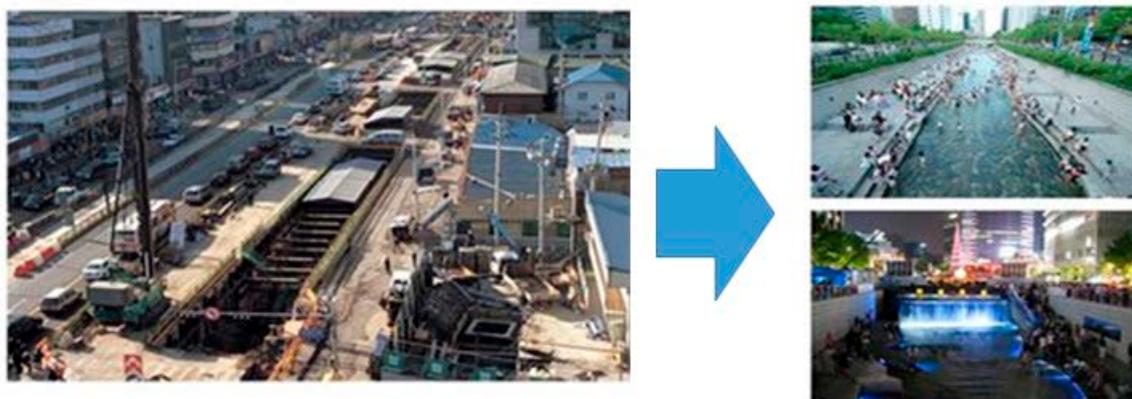


Рисунок 5. – Преобразование набережной реки Чхонгечхон

Данный проект является примером возможности преобразования набережной находящейся в любом состоянии, повышение ее репрезентативных и экономических функций.

На набережной озера Зарасай (Литва) сооружено открытое колесо обозрения в виде петли моста на 17-ти метровой высоте. Нисходящий край витка плавно соединяет разные высоты рельефа и выводит к небольшому пирсу (рис. 6).



Рисунок 6. – Обзорная площадка на набережной, Зарасай

На верхнем уровне проектирован сквер со скульптурами, пункты проката и торговли. Такое преобразование набережной привлекает не только жителей маленького городка, но и проезжающих водителей (рядом расположена автомагистраль международного сообщения).

Данный пример показывает, как повысить репрезентативность набережной, находящейся даже в маленьком городке, путем создания привлекательной среды.

Набережная реки Свислочь в городе Минск (Республика Беларусь) расположена в центре города, однако лишена всякого благоустройства. отсутствует инфраструктура. С одной стороны, она контактирует с жилым комплексом, а с другой – с общественными зданиями и дорогой (рис. 7).

После реконструкции набережной были созданы прогулочные дорожки, обновлено покрытие и освещение. Однако для привлечения наибольшего количества посетителей необходимо создавать наполненные пространства для отдыха и развлечения всех слоев и групп населения. Данный пример показывает недостаточность обновления среды и подчеркивает недостаток функциональных зон и включения набережной в городскую среду.

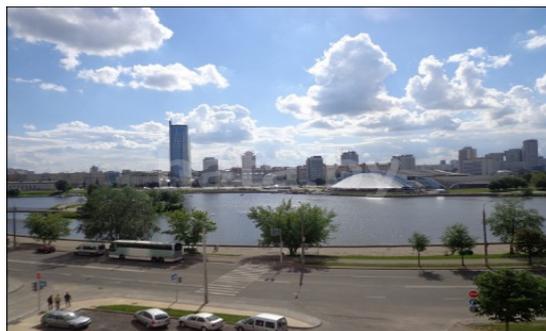


Рисунок 7. – Набережная р. Свислочь

Набережная города Тверь (Россия) расположена в исторической части и является местом притяжения гостей и туристов. К недостаткам набережной можно отнести как не организованный подход к реке, так и необорудованную прибрежную зону. Наблюдается острая недостаточность развитых рекреационных зон вблизи водоема (рис. 8).



Рисунок 8. – Набережная города Тверь

Город является примером наиболее распространённом на постсоветском пространстве, когда исторически ценная застройка находится в прибрежной зоне и требует особого подхода к проектированию.

Набережная города Ижевск (Россия) представляет собой узкую полосу тротуара, заключенную между рекой и дорогой. Отсутствуют места отдыха и развлечений и в целом представляет собой опасную для отдыха часть. Магистраль вдоль набережной является визуальной осью, однако не позволяет организовать места отдыха населения (рис. 9).



Рисунок 9. – Набережная города Ижевск

Пример показывает необходимость комплексного подхода реконструкции, для организации места отдыха, подразумевающей реорганизацию дорожно-транспортной сети города.

В результате проведенного анализа можно сделать вывод о необходимости тщательного подхода при проектировании и реконструкции набережной среды. Опыт проектирования набережных формировался на протяжении многих лет и закладывался на градостроительном и планировочно-территориальном уровне, но с течением лет менялась как планировочная структура, так и ориентированность городов. Отличительной чертой европейского проектирования набережных является комплексный многоуровневый подход к градостроительной реконструкции, признание старых ошибок и создание новых социально ориентированных пространств предусматривая рост и развитие города и населения. Следует отметить, что большинство городов формировалось вокруг рек, таким образом набережные оказались окружены исторической застройкой, что в настоящее время затрудняет реконструкцию этих мест в связи с возможным нанесением ущерба памятникам архитектуры.

Изучив европейский опыт проектирования околородных пространств и узнав основные принципы реорганизации пространства, можно сделать вывод о невозможности копирования зарубежных методов и необходимости их адаптации, создания своих способы организации набережных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Madrid RIO: как Мадрид убирал автомобили с набережной [Электронный ресурс] // dr-corner.livejournal.com. – Режим доступа: <https://dr-corner.livejournal.com/41558.html>. – Дата доступа: 22.09.17.
2. Набережные [Электронный ресурс] // landscape.totalarch.com-2014. – Режим доступа: <http://landscape.totalarch.com/node/25>. – Дата доступа: 19.08.17.
3. Проектирование набережных [Электронный ресурс] // stydopedia.ru-2014. – Режим доступа: http://arhivuz.ru/2014_1/4. – Дата доступа: 14.08.17.
4. Раскопанная река в Сеуле [Электронный ресурс] // the-village.ru. – Режим доступа: <http://www.the-village.ru/village/city/abroad/123305-inostrannyu-opyt-raskopannaya-reka-v-seule>. – Дата доступа: 19.08.17.
5. Фотофакт [Электронный ресурс] // realt.onliner.by. – Режим доступа: <https://realt.onliner.by/2017/05/08/naberezhnaya-2>. – Дата доступа: 23.08.2017.

УДК 72.05:296.735(476.6)

**ПАМЯТНИКИ ДЕРЕВЯННОГО ЗОДЧЕСТВА СЕВЕРНОЙ ГРОДНЕНЩИНЫ
КАК СОСТАВЛЯЮЩИЕ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО КЛАСТЕРА****М.К. ШАВЛИС***(Представлено: канд. ист. наук, доц. В.Е. ОВСЕЙЧИК)*

Величественные храмы, монументальные фрески и произведения иконописи – бесценное культурное наследие народа. В произведениях архитектуры воплощается неповторимость мировосприятия, талант и миролюбие народа. Включение их в объекты туристского кластера северной Гродненщины формирует условия для активной туристической деятельности на территории региона.

Несмотря на значительный потенциал для развития туризма в регионе, а также предпринятые в последние годы меры по его развитию, реальный объем оказываемых туристических услуг в настоящее время продолжает оставаться невысоким. Сдерживающими факторами развития туризма, нейтрализующими конкурентные преимущества региона, являются: неразвитость туристской инфраструктуры и недостаточное количество коллективных средств размещения туристов, особенно туристского класса, неудовлетворительное состояние обеспечивающей инфраструктуры.

Под инфраструктурой туризма понимают комплекс сооружений, инженерных и коммуникационных сетей, смежных индустрии туризма предприятий, обеспечивающих нормальный доступ туристов к туристическим ресурсам и их надлежащее использование в целях туризма, обеспечение жизнедеятельности предприятий индустрии туризма и собственно туристов. Туристическую инфраструктуру рассматривают также как комплекс отраслей хозяйства, обеспечивающий нормальную деятельность предприятий туристической индустрии и производство туристических услуг, но во всех этих определениях присутствует отраслевой подход, и при этом основной упор сделан на производственную составляющую инфраструктуры и совершенно упускается из вида социальная, институциональная, экологическая компоненты инфраструктуры.

Создание туристского кластера в северной Гродненщины как точки роста сферы туризма в Республике формирует условия для образования новых бизнесов и даст возможность повысить конкурентоспособность существующих хозяйствующих субъектов и территории.

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

Величественные храмы, монументальные фрески и произведения иконописи – бесценное культурное наследие народа. В произведениях архитектуры воплощается неповторимость мировосприятия, талант и миролюбие народа. Храмы скрепляют связь времен, помогают осмыслить пережитое. Памятники сакральной архитектуры точно определяют ценности каждой культурной эпохи. А если уйти от сакральности – это воплощение титанической интеллектуальной и физической работы, точнейших расчетов, концентрации всех творческих возможностей народа во всех видах искусства.

Кроме каменных культовых сооружений в регионе уцелели ценные памятники деревянного сакрального зодчества. Очевидно, что все сохранившиеся на сегодняшний день памятники деревянного культового зодчества Беларуси имеют общие черты в объемно-пространственной композиции и определяются скромным декоративным решением. Изначально они были возведены в эпоху барокко, потом были реконструированы или восстановлены на старых фундаментах и приобрели признаки новых архитектурно-художественных стилей, но прочно сохраняли традиции местного плотничества северо-запада Беларуси.

Наиболее древним памятником деревянного зодчества является церковь Благовещения Деве Марии в деревне Гудогай Островецкого района, известной с конца XVI в. как владение Урбановских, Скирмунтов, Садовских, Козел-Поклевских, Разводовских, Войн. Архитектонично и пропорционально гудогайский костел имитирует в дереве формы каменных католических храмов позднего барокко. Вытянутый прямоугольный объем и равная с ним пятигранная апсида объединены двускатной крышей с вальмами над алтарем и краями кровли в месте соединения срубов. По сторонам пресвитерия расположены невысокие квадратные в плане закрестии. Главный фасад по углам основного объема фланкуют две четвериковые башни, которые ранее завершались еще одним ярусом четвериков с фигурными барочными куполками. После реконструкции главный фасад завершен классицистическим треугольным фронтоном с горизонтальной обшивкой. В соборе есть внутренний нартекс, над которым на двух столбах расположены большие органные хоры, и экзонартекс – невысокий наружный притвор-крухта. Просторный интерьер

ер церкви перекрыт плоским подвесным потолком. Стены обшиты горизонтально с вертикальной панелью внизу. Три пристенные архитектурные алтари и орган выполнены в стиле барочного классицизма, белые с позолотой, с элементами рокайльного украшения. Двухъярусные боковые алтари св. Казимира и Сердца Иисуса поставлены под углами к стенам основного объема, что придает интерьеру барочную динамику, создает эффект перетекания пространства. В центре трёхъярусного главного алтаря размещена местная чудотворная икона Божией Матери, покровительницы кармелитов. [1]

Шкаплер – продольный кусок ткани с вырезом для надевания через голову, который монахи надевали поверх габита. Согласно древнему преданию, генерал ордена кармелитов Симон получил шкаплер от самой Матери Божией. С историей кармелитского ордена и почитанием Божией Матери связано сложная история существования церкви в Жукойнях-Желядских или Желядях. [2] Здесь кармелиты босые осели очень давно, после того как секретарь короля Сигизмунда III в 1621 г. подарил это поместье виленскому монастырю ордена при церкви Всех Святых. Деревянный костел в честь Непорочного Зачатия Девы Марии, св. Войтеха и св. мучеников был построен в Желядях уже в 1622 г. В комплекс монастыря с течением времени вошли также жилой монастырский комплекс с подвалом, школой, госпиталем и богадельней для немощных и старых, сад с лекарственными растениями, пруд для разведения рыбы и живоносный источник.

В XVIII в. кармелиты предполагали построить каменный храм вместо деревянного, но не успели. Уже в время Российской империи, в 1820 г., старый костел был заменен на новый деревянный, больших размеров, но в 1842 г. монастырь был закрыт, а костел переведен в приходской. В 1866 г. костел был закрыт за участие прихожан в восстании 1863-1864 гг. и переделан под православную церковь, которая сгорела в 1904 г. К 1912 г. на этом месте возвели небольшую каменную церковь, которую в 1914-1918 гг. реконструировали под храм, освященный в честь Матери Божьей Шкаплерной, при этом изменили ориентацию алтаря на запад. Помещение церкви стало главным алтарем, к которому пристроили основной сруб с арочными окнами, а над входом установили хоры. Костел действовал до 1948 г., в 1990 г. он был возвращен католикам, оштукатурены стены и пристроена башенка на главном фасаде.

Архитектурное решение гудогайского костела почти полностью повторяет еще один памятник деревянного сакрального зодчества Беларуси – Юрьевский костел в деревне Большие Свиранки (рис. 1). В 1671 г. за счет виленского капитула здесь был основан деревянный костел, а в 1690 г. при нем сооружен деревянный кляштор миссионеров. По архитектурно-художественным характеристикам Юрьевский костел построен, как и гудогайский, в конце XVIII в., а в начале XX в. реконструирован. Основной прямоугольный в плане объем и пятигранная апсида накрыты общей двускатной крышей с вальмами над алтарем и краями кровли в месте соединения срубов. А в отличие от гудогайской церкви, закрестии здесь имеют различные размеры. Со стороны главного фасада вильчик крыши прорезывается небольшая восьмигранной башенкой, завершенной шатром. Основной объем по бокам главного фасада фланкирован четвериковыми башнями, завершения которых не сохранились. Торец крыши закрыт треугольным фронтоном. Невысокий входной притвор (экзонартекс) также накрыт двускатной крышей с треугольным фронтоном, склоны которого соответствуют основному фронтону. Входные двери оформлены специальной декоративной облицовкой [3].



Рисунок 1. – Костел святого Юрия в деревне Великие Свиранки

Стены Юрьевского костела облицованы горизонтально с вертикальной цокольной панелью и укреплены вертикальными стяжками. Окна имеют лучковые завершения. Внутри стены также обшиты, внизу украшены нишами, расчлененными пилястрами и завершенными карнизом. Потолок плоский на падугах. Над нартексом расположены органные хоры. Все эти детали имеют черты барочного классицизма и свидетельствуют о более ранней дате строительства церкви, чем 2-я половина XIX в. [4] В 1910

г. около церкви была возведена двухъярусная четвериковая колокольня, накрытая шатровой крышей. Глухой нижний ярус составлен из бутовых камней, верхний ярус возведен из кирпича и прорезан с каждой стороны двумя высокими полуциркульными проемами.

В 1781 г. Станиславом Прущинским был финансировалось деревянный костел в деревне Кемелишки, освященный в честь Рождества Девы Марии епископом Д. Пилховским в 1799 г. В 1866-1889 гг. настоятелем этого храма служил известный религиозный деятель Я. Курчевский. Костел, перестроенный в 1900 г., является интересным образцом интерпретации элементов неоготики в деревянном зодчестве. Здание имитирует каменную трехнефную базилику с трансептом и двумя четвериковыми башнями на главном фасаде. Верхние восьмигранные ярусы башен завершены острыми шатрами, отделанными фронтонами по сторонам света. Двускатная крыша трансепта более низкая, чем основная и соответствует по высоте такой же кровли над входным четырехколонным крыльцом.

Нарастание высот крыш, романтические завершения башен придают красочность и разнообразие объемно-пространственной композиции и декоративному решению сооружения. Окна имеют лучковые завершения, на торцах трансепта – ромбовидные люнеты. [5] Стены обшиты горизонтально, с цокольной панелью, и укреплены стяжками. Интерьер разделен шестью столбами на три нефа, при входе выделен нартекс. На юг от церкви расположен трехпролетные каменные ворота и деревянная трехъярусная четвериковая колокольня, которая накрыта четырехскатным шатром-«колпаком».



Рисунок 2. – Костел св. Евфимия в деревне Ключчаны

Черты недействительной готики имеет также костел св. Евфимия в деревне Ключчаны (рис. 2), строительство финансировалось Яном Корсаком в 1786 г., и реконструирован на пожертвования прихожан в 1887 г. Это прямоугольное в плане сооружение с ровновысокой пятигранной алтарной апсидой и симметричными притворами по бокам. Главный фасад завершен треугольным фронтоном и четвериковыми башнями с высокими шатрами по сторонам света. При входе – невысокий притвор с двускатной крышей. Стены здания обшиты вертикально и укреплены стяжками. Обшивка главного фасада при реконструкции заменена на горизонтальную [6]. Интерьер разделен 4 столбами. Входные ворота, поставлены по оси костела, решены в виде пилонов с острыми шатрами, похожими на башни.

В 1928 г. в деревне Дайлидки был построен деревянный костел в честь Опеки Матери Божьей, который имеет черты деревянного зодчества Прикарпатья, так называемого «закапанского» стиля, характерного для времен 2-й Речи Посполитой. Основной прямоугольный сруб с высокой двускатной крышей, с трех сторон окруженный обходной галереей, что придает сооружению вид базилики. Более низкий алтарный сруб накрыт вальмовой крышей. В объемно-пространственной композиции доминирует мощная четвериковая башня, завершенная шатром и многогранным фигурным купалком. В результате наклона боковых граней башня сверху сильно сужается, что оптически придает ей еще большую высоту и стройность. Вход выделен небольшим островерхим фронтоном. В интерьере церкви три алтаря: Опеки Матери Божьей, св. Терезы и св. Иосифа.

Архитектурное наследие региона богато и разнообразно. До создания здесь прекрасных памятников зодчества – храмов и дворцов – подключились с древности великие князья ВКЛ, вильнюсское епископство, позже – крупные местные магнатские и шляхетские роды Бжестовских, Абрамовичей, Котвичей и др. К сожалению, вместе с ними канули в лету и многие достижения культуры Беларуси, особенно в 20 в., отмеченным многочисленными и сложными военными и политическими событиями. То, что осталось, требует бережного к себе отношения и охраны, потому что памятники зодчества – это яркие

свидетели отечественной истории, воплощение таланта белорусского народа, истинные рубежи нашей исторической памяти, за которые отступать нельзя. Это безмерное богатство, неповторимое наследие, которое мы должны изучать, знать и ценить.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аркадзь Куляха ОСД, Абраз Маці Божай у Гудагаі / А. Куляха ОСД. – 2007 – № 7.
2. Харэўскі, С.В. Культывая архітэктура Заходняй Беларусі / С.В. Харэўскі // Искусство и культура. – 2012. – № 3(7). – 18 с.
3. Памяць : гіст.-дакум. хроніка Астравецкага раёна / рэд. кал.: Г.П. Пашкоў (гал. рэд.) [і інш.] ; маст. Э.Э. Жакевіч. – Мінск : БелЭн, 2004. – 632 с. : іл.
4. Гісторыя вёсак і мястэчак Астравеччыны [Электронны рэсурс]. – Рэжым доступа: <http://astraviec.org/cms/index.php?option=com>. – Дата доступа: 21.09.2017.
5. Кулагін, А.М. Каталіцкія храмы Беларусі / А.М. Кулагін ; фатограф А.Л. Дыбоўскі. – Мінск : Беларусь. Энцыклапедыя імя П. Броўкі, 2008. – 488 с. : іл.
6. Збор помнікаў гісторыі і культуры Беларусі. Гродзенская вобласць / гал. рэд. С.В. Марцэлеў. – Мінск : Беларуская савецкая энцыклапедыя імя Петруся Броўкі, 1986. – 408 с. : іл.

УДК 72.05:296.735(476.6)

ПАМЯТНИКИ КАМЕННОГО ЗОДЧЕСТВА СЕВЕРНОЙ ГРОДНЕНЩИНЫ КАК СОСТАВЛЯЮЩИЕ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО КЛАСТЕРА

М.К. ШАВЛИС

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

Памятники каменного зодчества севера Гродненщины представляют большой интерес для туристов, привлекает их богатое внутреннее и внешнее убранство, многообразие форм, и, на данный момент, хорошее состояние. Рассмотрены культурно-историческое наследие и костёлы Гродненщины как ядра притяжения туристов и возможность создания на их основе туристско-рекреационного кластера.

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

Цель создания туристического кластера – повысить конкурентоспособность территории на туристическом рынке за счет синергетического эффекта, в т.ч.:

- повышения эффективности работы предприятий и организаций, входящих в кластер;
- стимулирования инноваций;
- стимулирования развития новых направлений.

Создание туристического (или туристско-рекреационного) кластера фактически определяет позиционирование территории и влияет на формирование имиджа региона (рисунок 1).

Важнейшими составляющими туристско-рекреационного кластера являются:

1. Ядро туристского кластера – это может быть объект культурного, природного наследия или другие объекты туристского интереса.
2. Туристские предприятия (туроператорские фирмы).
3. Поставщики услуг – предприятия по размещению, питанию, транспортировке туристов.
4. Обслуживающие организации – коммунальные службы, службы быстрого реагирования, кредитные, компании страховые, юридические, консалтинговые, компании по производству сувениров, образовательные учреждения и др. [2]

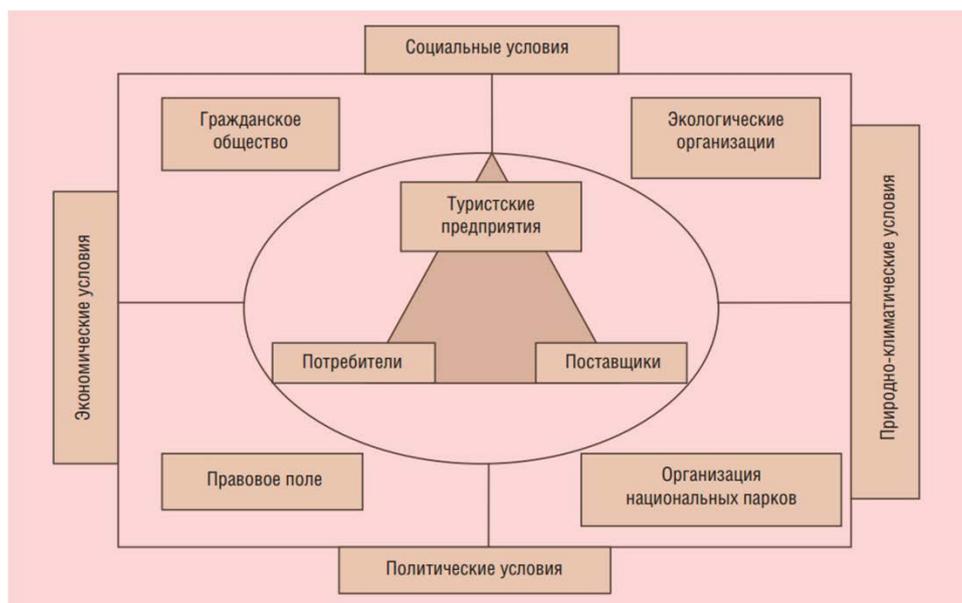


Рисунок 1. – Модель туристско-рекреационного кластера

Научно обоснованное формирование кластера на территории северной Гродненщины даст при условии успешного менеджмента следующие результаты:

- пополнит региональный бюджет за счет увеличения налоговых поступлений;

- повысит конкурентоспособность территории на туристском рынке;
- создаст предпосылки для развития инноваций;
- повлияет на формирование положительного имиджа территории;
- активизирует частный сектор в вопросах организации занятости местного населения;
- позволит сохранить культурно-исторические памятники региона в условиях развития инфраструктуры территории.

Памятники каменного зодчества севера Гродненщины представляют большой интерес для туристов, их богатое внутреннее и внешнее убранство, многообразие форм, и, на данный момент, хорошее состояние, служат хорошим стимулом, для того, чтобы отправиться в путешествие и посетить костелы Беларуси. Культурно-историческое наследие и костелы Гродненщины могут служить ядрами притяжения туристско-рекреационного кластера.

На севере Гродненской области Беларуси сохранились уникальные памятники археологии, архитектуры и культуры, которые представляют историю становления белорусского государства (рис. 2). Памятники каменной архитектуры и истории Гродненщины занимают значительное место в культурном наследии Беларуси. Наиболее известные из них: костелы в деревнях Михалишки, Гервяты, Дойлидки, Кемелишки, Гудогай; в деревне Ворняны – старинный архитектурный ансамбль 18 века: Юрьевский костел, дом священника, аптекаря, жилая деревенская архитектура. В Ошмянском районе выделяется деревня Боруны, где сохранился уникальный костел; а в местечке Гольшаны сохранились костел, церковь и руины замка рода Сапегов [3]. На территории Сморгонского района в деревне Криво расположены руины одного из самых древних средневековых замков, в далекие времена в этом замке проходили важнейшие государственные события, а сейчас Кревский замок – это один из важнейших архитектурных памятников Беларуси. А в Залесье Сморгонского района находится памятник усадебно-парковой архитектуры XIX века – дворец Огинского.

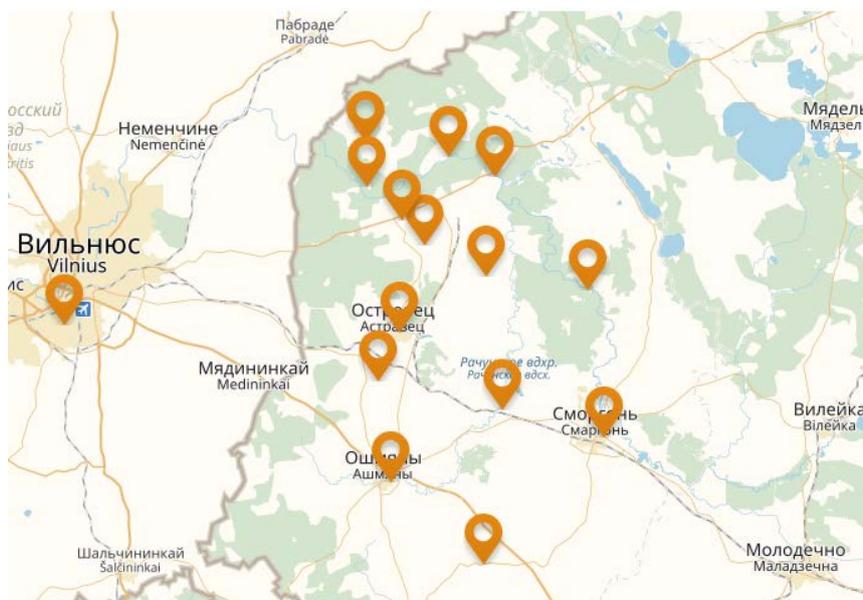


Рисунок 2. – Памятники каменного зодчества северной Гродненщины

Культовые сооружения являются материальным свидетельством богатой истории края. Костелы и монастыри, которые и сегодня украшают исторические центры городов и сельских поселений Гродненщины. Формирование отличительной архитектуры происходило на протяжении длительного времени, но если говорить о северных узорах Гродненской области, то стоит упомянуть применение типов монастырской застройки и организации пространства церкви, которые уже сложились на Западе [4]. Тем не менее на территории Беларуси возникали храмы и монастыри с их характерным обликом, обусловленным богатой культурной традицией края, основанной на взаимовлиянии византийской и римской культуры, особенностях местного климата и уровне строительной техники.

Каменная костельная архитектура северной Гродненщины – общенациональное историко-культурное и туристическое достояние. Эти христианские святыни органично вошли в архитектурное и природное окружение страны, своими монументальными высотами, башнями, включились в структуру городов и деревень Беларуси, формируя их красочные панорамы и силуэты. Они стоят на белорусской земле, строились в ее историческом и культурном окружении и с течением времени срослись с этим

окружением. Деятельность западной христианской церкви оставила в нашей культуре заметный след, и в первую очередь это архитектурные памятники, некоторые из которых считаются общеевропейскими шедеврами, которые просто необходимо рассматривать как туристический потенциал региона.

Создание туристского кластера в северной Гродненщины как точки роста сферы туризма в Республике сформирует условия для образования новых бизнесов и даст возможность повысить конкурентоспособность существующих хозяйствующих субъектов и территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Туристический кластер (туристско-рекреационный кластер) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.concretica.ru/publications/single/article/8/173/>. – Дата доступа: 21.09.2017.
2. Методические основы создания туристско-рекреационного кластера «Заонежье» (Республика Карелия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://esc.vscs.ac.ru/article/399/full?_lang=ru. – Дата доступа: 21.09.2017
3. Збор помнікаў гісторыі і культуры Беларусі. Гродзенская вобласць / гал. рэд. С. В. Марцэлеў. – Мінск : Беларуская савецкая энцыклапедыя імя Петруся Броўкі, 1986. – 408 с. : іл.
4. Кулагін, А.М. Каталіцкія храмы Беларусі / А.М. Кулагін ; фатограф А.Л. Дыбоўскі. – Мінск : Беларусь. Энцыклапедыя імя П. Броўкі, 2008. – 488 с. : іл.

УДК 711

**ВЛИЯНИЕ ТОРГОВО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ
НА ГРАДОСТРОИТЕЛЬНУЮ СИТУАЦИЮ****О.Ю. ЯРМОШ***(Представлено: канд. архитектуры, доц. Г.И. ЗАХАРКИНА)*

Разобраны особенности формирования торгово-развлекательных центров в городской застройке. Представлена концепция, виды и классификация ТРЦ в градостроительной ситуации.

Совместно с торговлей начинала развиваться и эпоха развлечений, в итоге все это привело к формированию такого понятия как торгово-развлекательные центры, где под одной крышей собралось несколько функций, с одной стороны разных, но с другой, уже в современном понимании, не возможные существовать друг без друга, как отдельные самостоятельные единицы.

Сегодняшний торговый центр является не только местом совершения покупок, но также и центром развлечений для своих посетителей.

Для большинства покупателей развлечением является и сам шопинг, для других нужны катки, фитнес-центр, SPA, кафе, автоматы и так далее, ограничивает только фантазия и бюджет.

Большие торгово-развлекательные центры расположены как правило за пределами города, на свободных территориях.

ТРЦ перестает быть только магазинами, приобретая все больший размах и все новые функции, он становится своеобразным “городом в городе”. Никого уже не удивляют торгово-развлекательные «города» сети «МЕГА», к которым покупателей доставляет бесплатный транспорт. Во многих странах мира эта тенденция к укрупнению становится все более заметна. Пример привести несложно – Дубай, экономическая и культурная столица арабского мира – в 2009 году там был построен самый крупный в мире торгово-развлекательный центр «Dubai Mall» (рис. 1), общая площадь которого составляет более 1200000 м².



Рисунок 1. – Торгово-развлекательный центр «Dubai Mall» г. Дубай

Этот комплекс сложно назвать одним объектом, одним зданием или просто торгово-развлекательным центром в привычном нам понимании. Это торгово-развлекательная территория со сложной внутренней структурой, которая не только оказывает влияние на граничащие с ней территории, но и изменяется сама, отвечая на изменения в городской структуре. В этой связи, необходимо выявить основные закономерности формирования и организации торгово-развлекательных центров как территориальных объектов в структуре крупнейших городов для обеспечения устойчивого развития города в целом.

ТРЦ как градостроительные объекты формируются на определенных территориях городов.

И что немаловажно не только ТРЦ влияет на формирование городского образования, но и городское образование диктует свои правила, влияет на площадь территории, определяет конфигурацию участка, внешний облик, функциональную начинку и т.д.

Место расположения торгово-развлекательного центра в структуре города характеризуется следующими параметрами: размещение относительно центра города; площадь участка; плотность транспортных магистралей; конфигурация участка; требования, предъявляемые к архитектуре сооружения на данном участке; влияние окружающей застройки; пассажиропоток, протекающий через данный участок.

Выделяют следующие виды торговых центров:

- районный;
- окружной;
- суперокружной;
- региональный;
- микрорайонный;
- суперрегиональный;
- специализированный.

Для каждого типа торгового центра применяется свой парковочный индекс, который определяется его концепцией и рассчитывается, отталкиваясь от необходимого количества парковочных мест на 100 м² арендной либо общей площади ТЦ.

Концепция торгового центра отражает следующее:

1. Целевые группы покупателей.
2. Тип объекта.
3. Состав арендаторов (якорь, мини-якоря, сопутствующие).

Значения параметров участков зависят от зон, в которых они расположены. С целью точного определения места ТРЦ в структуре города значительное внимание уделено вопросу классификации торговых объектов.

Районный торговый центр предполагает продажу товаров повседневного спроса (продовольственные, непродовольственные товары) и услуги (химчистка, прачечная, парикмахерская, ремонт техники и т.д.) для удовлетворения каждодневных потребностей жителей этого района.

Окружной ТЦ включает в себя широкий спектр товаров и услуг, с большим выбором товаров. Данный тип торгового центра предлагает более глубокий ассортимент и более широкий ценовой диапазон, в отличие от районного торгового центра.

Суперокружной торговый центр соответствует общему профилю окружного центра, но имеет площадь более 20 тыс. м². Можно сказать, что окружной торговый центр является самой сложной категорией торговых центров относительно оценки их размеров и зоны обслуживания.

Региональный центр обеспечивает покупателей широким ассортиментом товаров для дома, одежды, мебели, многообразием услуг, а также мест и отдыха, и развлечений. Торговая зона для этого вида торгового центра находится в 40-ка минутах доступности, а количество посетителей более 150 000 человек.

Микрорайонный ТЦ предлагает товары первой необходимости и услуги повседневного спроса. Общая арендная площадь до 3 тысяч м². Торговая зона – это территория около 10-ти минут пешей доступности, количество покупателей насчитывается около 10 000 человек.

Суперрегиональный торговый центр предлагает широкий ассортимент товаров для дома, одежды, мебели, все для отдыха и развлечений. Арендную площадь около 90 тысяч м². Торговая зона суперрегионального торгового центра достигает около двух часов транспортной доступности, количество покупателей центра – более 300 000 человек.

Специализированные торговые центры – это группа магазинов в рамках любого вида торговых центров, который прямо не подходит под вышеперечисленные виды, и имеют специализированную направленность, например, районный ТЦ, имеющий группу специализированных продуктовых магазинов - гастроном, кондитерский магазин, винный, мясной отдел – вместо обозначения супермаркета, может быть назван специализированным районным центром.

Рассмотрев существующую классификацию, можно сделать вывод, что нет классификаций, основанных на градостроительном, а не на объемно-планировочном анализе.

Из всего этого можно сделать вывод, что в каждой городской зоне целесообразней возведение ТРЦ.

В связи с этим были выявлены основные закономерности формирования ТРЦ как территориальных объектов – в случае малых городов, предлагается ранжировать его территорию с учетом следующих составляющих: удаленность участка ТРЦ от городского центра; доступность ТРЦ на общественном транспорте; сеть транспортных магистралей; инвестиционная привлекательность ТРЦ; историко-культурная, архитектурная и туристическая привлекательность территории ТРЦ; наличие охранных зон памятников истории и культуры вблизи от ТРЦ.

В проведенном исследовании изучена взаимосвязь градостроительных условий и основных параметров торговых центров. Разработана модель пошагового анализа градостроительных особенностей участка проектирования для выбора наиболее подходящего типа ТРЦ, в зависимости от городской зоны, в которой находится участок застройки. Предлагаемое постепенное уточнение всех параметров с помощью последовательного рассмотрения участка застройки со всеми типами зонирования, дает возможность понять, каким должен быть торговый центр на данном участке, и использовать эту информацию в последующей работе – при коммерческом обосновании и проектировании ТРЦ.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Современные тенденции в архитектурном проектировании [Электронный ресурс] // cont-trend-arch-proect.blogspot.com.by. – Режим доступа: http://cont-trend-arch-proect.blogspot.com.by/2014/04/blog-post_6836.html. – Дата доступа: 26.09.2017.
- 2 Дубай Молл [Электронный ресурс] // dubaitrip.ru. – Режим доступа: <https://dubaitrip.ru/shopping/dubai-mall-otzyvy-magaziny.html>. – Дата доступа: 26.09.2017.
- 3 Классификация торговых центров [Электронный ресурс] // trgovlya.info. – Режим доступа: <http://trgovlya.info/trgovye-centry/klassifikacija-trgovyk.html>. – Дата доступа: 26.09.2017.

УДК 72.017.4

**ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ И АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ЦВЕТА
НА СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА****А.В. ФЁДОРОВА, Т.С. РЯБЦЕВА**
(Представлено: Ю.Р. ПАЦУКЕВИЧ)

Рассматриваются аспекты восприятия цвета и использование его в архитектуре, а также вопросы процесса восприятия цвета, аспекты воздействия цвета на человека, влияние цвета на восприятие формы.

Успешность цветокомпозиционного решения фасадов домов современности зависит от учета всех аспектов восприятия цвета человеком в окружающей среде.

Восприятие цвета – сложный процесс, обусловленный физическими и психологическими стимулами. С одной стороны, ощущение цвета вызывается волнами определенной длины, существующими объективно и независимо от нас, с другой стороны – восприятие цвета невозможно без посредничества глаз. Это создает впечатление, что цвет существует лишь в восприятии. Мы всегда видим цвет в определенном окружении, на том или ином фоне, в связи с предметной формой. В ощущении принимает участие и сознание. На качество восприятия цвета оказывает влияние состояние глаза, установка наблюдателя, его возраст, воспитание, общее эмоциональное состояние.

Однако все это лишь до известной степени изменяют качество восприятия, они только смещают его в ту или иную сторону. При определенных условиях освещения человеческий глаз различает до 150 цветовых оттенков. Число замечаемых глазом различий по насыщенности неодинаково для красной, желтой и синей поверхности, они колеблется от 7 до 12 градаций [1].

Наиболее чувствителен глаз к изменению яркости – различает до 600 градаций. Чувствительность глаза к отдельным цветам изменяется не только количественно, но также и качественно в зависимости от освещенности. При слабой освещенности не только понижается чувствительность глаза к различию цветовых тонов вообще, но и происходит смещение этой способности в сторону коротковолновой части спектра (синие и фиолетовые).

Цвет может нравиться или не нравиться, но характер его влияния, специфика его воздействия на психику остаются неизменными, вне зависимости от состояния организма в момент воздействия. Таким образом, символическое значение цвета, его «психологический код» действительно объективны и не зависят от положения того или иного цвета в ряду индивидуального предпочтения.

Каждый цветовой оттенок производит одно и то же действие на любой живой организм, вызывает вполне определенный сдвиг в состоянии всякой биосистемы, будь то мышь или человек.

О влиянии цвета на психику человека много исследований в медицине. Опыты и изучения цвета показали, что цвета лечебно воздействуют на работу организма. Так зеленый цвет влияет на нервную систему. Это болеутоляющий, гипнотизирующий цвет. Голубой цвет – антисептический. Он уменьшает нагноения, может быть полезен при некоторых ревматических болях, при воспалениях и даже при лечении рака. Оранжевый цвет стимулирует чувства и слегка ускоряет пульсацию крови. Не влияет на кровяное давление, создает чувство благополучия и веселья. Красный цвет – теплый и раздражающий. Желтый цвет стимулирует мозг. Может быть эффективен в случае умственной недостаточности. А фиолетовый действует на сердце, легкие и кровеносные сосуды, увеличивает выносливость ткани.

Среди разнообразных аспектов влияния цвета на состояние человека можно выделить некоторые основные – эстетические аспекты. Они могут быть изучены по трём направлениям:

- интеллектуально-символическому (конструктивному);
- чувственно-оптическому (импрессивному);
- психическому (эмоционально-экспрессивному).

В течение длительного времени исторического развития в сознании людей закрепились определенные ассоциативные связи различных цветов или цветовых сочетаний с различными жизненными ситуациями и явлениями. В отдельные периоды истории изобразительного искусства символике цвета принадлежала важная роль, например, в средние века. Тогда белый цвет олицетворял чистоту и непорочность, красный – кровь святого, зеленый – надежду на бессмертие души, голубой цвет символизировал печаль.

Известно символическое значение цвета и в народном творчестве, которое складывалось под воздействием окружающей природы. У многих народов красный – символ солнца и любви, зеленый – надежды, белый – чистоты и невинности.

Когда дело касается изучения эмоционально-экспрессивного воздействия цвета, то мы обращаемся к нашим великим мастерам – Эль Греко и Грюневальду. Чувственно-оптическая (импрессионистическая) сторона воздействия цвета была исходной точкой и основой живописного творчества Веласкеса, Сурбарана, Губерта и Яна Ван Эйка, голландских мастеров натюрмортов и интерьера, также братьев Лёвен, а позже Шардена, Энгра, Курбе, Лейбля и других художников.

Они усердно и пристально наблюдали тончайшие переходы цвета в природе и столь же тонко передавали их на своих полотнах.

Такие художники как Э.Мане, К.Моне, Э. Дега, Писарро, Ренуар и Сислей, называемые обычно импрессионистами. Изучали собственно цвет предметов в его зависимости от солнечного света. Так что в конце концов, эти живописцы всё в большей мере стали отходить от локальных цветов и обращать своё внимание на цветовые колебания, вызванные изменением света в различные часы суток.

Также можно отметить, что каждый из этих аспектов предполагает наличие в цвете и двух остальных.

Влияние цвета на восприятие формы. Все, что окружает человека – нечто иное как в значительной степени сформированная пространственно-организационная среда. Все это наиболее применимо к объектам, которые расположены на открытом пространстве, ведь откровенно говоря очень многое из творений архитектуры мы воспринимаем исключительно визуально, начиная создавать оценочное мнение с самых простых элементов: нравиться нам внешний вид или нет, симпатизирует нам цветовая гамма, на которой остановился дизайнер или же вызывает чувства далекие от симпатии [2].

Использование цвета в различных формах архитектуры издавна присуще русскому зодчеству. Во второй половине XVII в России был построен Коломенский дворец, который, благодаря богатству своей объемной композиции, производил неизгладимое впечатление. Его величие преумножалось роскошной росписью крыш и элементов экстерьера в разные цвета. Рождественский собор Ферапонтова монастыря близ Вологды является памятником, исключительным по значимости полихромии своих фресок. Своеобразный колорит фресок, гармонично сочетающийся с элементами архитектуры, создает неповторимость внутреннего пространства собора. Цвет окружающей среды воспринимается как свойство объемно-пространственной формы. Изменение цвета влечет за собой изменение этой объемно-пространственной формы.

Заметим, что формы одного и того же геометрического вида, величины, массы, фактуры, равно освещенные и расположенные одинаково по отношению к зрителю, воспринимаются по-разному, если различны их цветовые характеристики. Из базовых знаний колористики всем известно явление хроматической стереоскопии. Именно оно во многом обуславливает процесс формообразования с помощью цвета.

Основными характеристиками цвета в стереоскопии являются светлота, насыщенность и контрастность. Светлота, вызывает хроматическую стереоскопию. Если холодные и теплые цвета имеют одинаковую светлоту, то теплые цвета выходят вперед, а холодные стремятся в глубину. Насыщенные цвета выходят вперед по отношению к равным с ними по светлоте ненасыщенным цветам. Сочетая холодные и теплые цвета, насыщенность и количество цвета, можно иллюзорно расширить пространство, создать ощущение простора или, наоборот, как бы приблизить к зрителю объемы, организующие пространство [3].

В зависимости от положения формы в пространстве цвет может значительно менять свою активность. При увеличении дистанции наблюдения активность полихромии снижается, а цвета приобретают холодный оттенок. Важно помнить, что сильная светотень разрушает полихромии за счет наличия сильно высвеченных и слабо освещенных мест. Слабая светотень не нарушает полихромии формы.

Существует и обратная связь цвета и условий освещения: светлые ненасыщенные цвета воспринимаются частью формы, т.е. ее освещенными участками, и наоборот, темные цвета создают ощущение затененных участков формы [4].

В архитектуре, как и везде есть свои правила по использованию цвета. Цвета в здании будут тем более интенсивны, чем больше посетителей будет в нем находиться. Элементарный пример: гостиную зачастую оформляют ярче, чем рабочий офис. Такая тенденция "раскрасить" искусственно созданную среду заметна даже не вооруженным глазом.

Цвет – это один из самых важных элементов архитектуры, ведь большую часть невербальной информации, которую несет в себе здание в целом, человек воспринимает именно от цвета. Кроме того, цвет способен воздействовать на людей не только на эмоциональном, но и на рациональном уровне, ведь он может подталкивать человека к аналитическому мышлению, что в следствии приводит в действие как историческую и культурную память, так и своеобразные "архетипы". Помимо всего этого, палитра красок, выбранных архитектором, может нести в себе множество завуалированной информации.

Таким образом, учитывая освещение и сочетая различные цвета и их насыщенность, можно исказить и создать любую форму объекту. А также можно управлять живой системой и психическими про-

цессами самым естественным образом, достигая значительных результатов правильным подбором цветов и формы здания, интерьера, создавая вокруг себя благоприятную гармоничную цветовую обстановку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравец, В.И. Колористическое формообразование в архитектуре / В.И. Кравец. – Харьков : Издательство «Вища школа», 1987. – 131 с.
2. Ефимов, А.В. Колористика города / А.В. Ефимов. – М. : Стройиздат, 1990. – 272 с.
3. Концепция колористики города [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://life-prog.ru/1_807_kontsepsiya-koloristiki-goroda.html.
4. Теоретические основы исследования колористических особенностей архитектуры г. Екатеринбурга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://book.uraic.ru/project/conf/txt/005/archvuz22_pri1/16/template_article-ar=K21-40-k23.htm.

УДК 72.017.4

МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОЛОРИСТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ГОРОДА**А.В. ФЁДОРОВА, Т.С. РЯБЦЕВА**
(Представлено: Ю.Р. ПАЦУКЕВИЧ)

Статья посвящена существующим методы формирования колористической среды города. Основным понятиям и функциям колористической среды и использование их в архитектуре. Проанализирован процесс использования цвета в архитектуре современного мира, с учетом истории развития архитектуры.

Колористическая среда города понимается нами как целостная система множественности цвета архитектурных и природных объектов, технических сооружений, объектов городского дизайна, произведений искусств и других составляющих. Все это образует подвижное цветопространственное поле. Колористика города определяется тремя данными на основе которых образуются методы формирования цветовой среды города. Данные фиксируются: структурой – связями и конструкцией цветových масс, хроматическим содержанием – цветовой палитрой, динамикой – мерой подвижности структуры и ее хроматического содержания в пространстве и времени.

Колористика города выполняет утилитарную и художественно-эстетическую функции. Ее формирование обусловлено комплексом факторов и происходит в результате сочетания ее самостановления и профессионального управления.

Так же связи и конструкция цветových масс города зависят от функционально-пространственной структуры города, взаимного расположения центра, общественных, жилых и промышленных зон, от формы и функциональной наполненности улиц и площадей, характера застройки. Различается макроструктура (на уровне зон города), мезоструктура (на уровне отдельных массивов застройки, улиц и площадей) и микроструктура (на уровне зданий и сооружений) колористики города.

Утилитарная функция колористики обеспечивает указание, сигнализацию, ориентацию в пространстве города, создает оптимальные условия зрительного восприятия. Такие условия позволяют в течение длительного времени поддерживать высокую работоспособность глаза, вызывать психологические реакции, лежащие в основе устойчивых положительных эмоций.

Художественно-эстетическая функция колористики состоит в том, чтобы вызвать у жителей города эстетические переживания, на основе которых возникают запоминающиеся художественные образы городской среды. Данные возможности образуются из наследования колористикой основ природного и традиций архитектурного многоцветия, а также обогащения новыми хроматическими ценностями. Они возникают в результате соответствия цветовой интерпретации городской среды существованию социально-пространственных процессов, происходящих в городе, и художественно-эстетических тенденций в обществе.

На фундаментальных закономерностях взаимодействия формы и цвета основана композиционная роль колористики города. Она характеризуется независимостью полихромии от структуры градостроительных объемов. На различных уровнях – город, комплекс, здание – колористика обладает разной степенью самостоятельности, которая усиливается при движении от высшего уровня к низшему. Например, если колористика города в целом, тяготеет к выявлению его структуры, то на уровне полихромии отдельного здания возможны значительные контрасты геометрии формы и цвета [1].

Можно выделить четыре фактора цветовой гаммы города: природно-климатическими условиями, структурой города, исторической архитектурной полихромией и цветовой культурой общества. Необходимо рассматривать совокупность факторов как целостность, вызывающую колористику определенного звучания и динамичности. Каждый фактор имеет значение для формирования колористики конкретного города и определяет степень его влияния. Именно это обстоятельство гарантирует появление в каждом городе неповторимой колористики.

К главным факторам относятся климат, в котором расположен город, флора и фауна местности. Иными словами, естественная цветовая гамма территории. Изначальное устройство города на данный момент: структура зданий, их расположение, особенности. Высотность города или, наоборот, преимущественно приземленные постройки – все это факторы, влияющие на выбор колористических решений.

Чем ближе выбранные решения к естественной природной среде, тем больше возможностей гармоничного и позитивного воздействия цветового ряда на психику человека. При этом самое простое решение – использовать один цветовой ряд, играя насыщенностью и глубиной цвета, регулируя баланс светлого и темного.

Интенсивность освещения в разные времена года и время суток напрямую связана с тем, какие цвета должны использоваться для создания гармоничной и комфортной среды. Самый простой пример –

это необходимость использовать больше светлых цветов в регионах, где световой день короток. Температура и влажность, очевидно, также оказывают влияние на требования к цветовой палитре среды города. Холодные регионы необходимо «согреть», используя теплую цветовую палитру, тогда как в жаркой, пустынной местности требуются холодные оттенки.

Исходя из данных внешних факторов выдвигается метод, который предусматривает окраску зданий города в соответствии с окружающей средой.

Выбор цвета, в который будет выкрашен фасад дома, может зависеть и от тех функций, которые выполняет тот или иной цвет. К примеру:

- цвета светлого ряда подчеркивают объемность, а также способствуют тому, чтобы издалека объект казался ближе;
- цвета темного ряда, напротив, зрительно отдаляют здание;
- чем ярче цвет, тем проще с помощью него выделить свой дом среди окружающих;
- яркие цвета способствуют зрительному расширению и увеличению окрашенного пространства (к примеру, фасада);
- с помощью цветов разных оттенков можно усилить впечатление от всевозможных архитектурных элементов дома, подчеркнуть их, сделать заметнее;
- матовая, пористая или грубая поверхность внешней отделки фасада способствуют смягчению и приглушению цвета;
- гладкая и глянцевая поверхность облицовки усиливает его яркость и светлость за счет отражения солнечных лучей.

Так сформировался метод окраски здания, в котором, используя свойства цвета, создают уникально задуманную колористическую окраску здания.

Анализ использования цвета в архитектуре. Цвет в архитектуре – одно из средств архитектурной выразительности. Композиционные задачи в области цвета при возведении зданий, сооружений и архитектурных комплексов решаются путем использования собственного цвета строительных, или отделочных материалов, окрашиванием поверхностей в процессе возведения зданий и сооружений, либо при изготовлении отдельных конструктивных элементов в заводских условиях.

Безусловно выбор цвета определяется: назначением здания, сооружения или помещения, выполняемой в помещении зрительной работой, габаритами здания (помещения), световым климатом района строительства, природным окружением, значением сооружения (либо его части) в общей композиции комплекса сооружений или помещений, характером архитектурных форм, тектонической структурой здания и др.

В ряде случаев цвет обуславливается особенностями архитектурных стилей: для фасадов русской архитектуры 12–15 вв. типичен белый цвет, для сооружений 17 в. – сочетание красных кирпичных стен с белокаменными деталями и разноцветными керамическими (майоликовыми) фризами, вставками и др. Для русского барокко сер. 18 в. характерны сочетания кобальтового голубого или фишашкового (общий фон) цвета с белыми деталями, позолотой, темной бронзой; для классицизма 19 в. – сочетания желтого с белым и серого с белым.

В массовом строительстве по типовым проектам роль цвета более повышается. Средствами цвета можно разнообразить совершенно одинаковые дома, а также детали зданий, не удорожая их стоимости, придавать нарядность и привлекательность самым простым по форме сооружениям. С этой целью в новых городах крупные стеновые панели различного цвета группируются в зданиях по разнообразным схемам взаимного расположения. Широко применяется выделение цветом балконов, лоджий, лестничных клеток, входов и т. п.

Цвет зданий оказывает влияние на уровень средних освещенностей улиц. В городах, где большая этажность застройки и маленькая ширина улиц, цвет сказывается на эмоционально-образной характеристике застройки. Улицы, образованные серыми фасадами зданий, при недостаточно высоком уровне освещенности выглядят мрачными, тусклыми, а образованные желто-белыми фасадами – «солнечными» даже в пасмурные дни.

В советском градостроительстве цвет используется для придания городам и поселкам привлекательности, жизнерадостного характера, преодоления однообразности в строительстве и в остальных целях.

Современная архитектура, использующая преимущества новых, перспективных материалов, создает возможности для инновационного дизайна.

Действительно, новые материалы, созданные за последние десятилетия, дают архитекторам куда более широкие возможности в выборе цветовых решений. Один из самых показательных примеров – металлы, которые до недавнего времени мало что могли предложить архитекторам в плане выбора цвета, особенно, принимая во внимания требования долговечности. Сегодня же такие технологии, как экструзия и порошковые покрытия, заставили рынок буквально взорваться калейдоскопом оттенков.

Имея инновационные материалы и большой спектр цветов важно уметь правильно их сочетать и использовать. Для этого необходимо учитывать факторы, влияющие на восприятие колористического решения архитектурного объекта.

Выделяют факторы внешние, зависящие от окружающей среды, к которым относятся свет, расстояние и тип поверхности, а также внутренние, проистекающие из строения человеческого мозга и глаза: принцип «фигура – фон, цветовая температура, тяжесть и удаленность цвета».

Цвет определенной поверхности зависит от того, какая часть лучей источника света будет поглощена, а какая отражена. Солнечный свет, который падает на поверхность прямо, дает глубокую тень, подчеркивая структуру и форму объекта. Присутствующий гораздо чаще отраженный, рассеянный свет дает слабую тень, из-за чего форма визуально сплющивается и сливается с фоном [2].

На большом расстоянии от объекта теряется яркость, а определить пористость текстуры становится нереально (поэтому слабые различия цветовых оттенков могут восприниматься только с небольшого расстояния).

Согласно теории формы, наблюдатель подсознательно ищет в пространстве четко выделенный объект на фоне, который кажется более крупным и менее детально очерченным. Если зависимость «акцент – фон» явно видна, то данный вид воспринимается позитивно. Если акцентов слишком много, то может возникнуть ощущение хаоса.

Фактором, формирующим визуальную связь между объектом и фоном, считается не только цвет, но также масштаб, пропорции и фактура материалов.

При создании колорита здания надо помнить о структуре фасада. Цветом выделяются следующие части (рис. 1) [3]:

- 1) цокольная часть;
- 2) входная группа;
- 3) пластические элементы (балконы, эркеры, лоджии);
- 4) окна;
- 5) крыша и декоративные элементы.



Рисунок 1. – Фасадные зоны здания

Можно заметить, что в архитектуре тяжелые цвета, как правило, применяются:

- для цоколей – наводят на мысль о связи с землей;
- для крыш – в связи с ощущением визуального покрытия здания;
- для поддерживающих элементов, например, колонн – усиления ощущения безопасности.

В свою очередь легкие цвета – это чаще всего цвета стен объектов.

Изменчивость цветов – реальная и кажущаяся. Восприятие объекта снаружи не является раз и навсегда зафиксированным, но изменяется в зависимости от поры года, дня, а иногда даже часа. Реальная связана с явлением старения краски. Кажущаяся изменчивость цвета связана со сменой освещения, а также взаимным влиянием цветов из-за одновременного или последовательного контраста.

Данные правила должен помнить и учитывать любой архитектор или дизайнер нашего времени. Правильный подбор цветов поможет создать неповторимую форму любому зданию, создать гармоничную колористическую среду города и его пространства. Всё это помогает человеку чувствовать себя естественно в городском окружении.

В современном мире цветовая картина городов постоянно меняется. Но эта смена должна опираться как на исторический опыт, так и на современные тенденции использования цвета. Особенно это важно в исторических сложившихся городах, где в большинстве случаев цветовую картину формируют многочисленные стенды, вывески, рекламы и плакаты, которые создают агрессивную среду. Такое обилие цветной информации приводит к тому, что нарушается целостный образ улицы. Таким образом, можно говорить о необходимости создания модели гармоничной цветовой картины исторической среды, в основе которой будут лежать каноны и правила использования цвета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравец, В.И. Колористическое формообразование в архитектуре / В.И. Кравец. – Харьков : Издательство «Вища школа», 1987. – 131 с.
2. Ефимов, А.В. Колористика города / А.В. Ефимов. – М. : Стройиздат, 1990. – 272 с.
3. Концепция колористики города [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://life-prog.ru/1_807_kontsepsiya-koloristiki-goroda.html.

УДК 72.017.4

**ФОРМИРОВАНИЕ ЦВЕТОКОМПОЗИЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ФАСАДОВ
ЖИЛЫХ ДОМОВ НА ПРИМЕРЕ Г. НОВОПОЛОЦКА****А.В. ФЁДОРОВА, Т.С. РЯБЦЕВА**
(Представлено: Ю.Р. ПАЦУКЕВИЧ)

Рассмотрены проблемы облика жилых многоэтажных зданий города Новополоцка и предложены меры по их устранению. Произведена эскизная разработка цветовых решений фасада жилого дома города Новополоцка и анализ опроса общественного мнения по разработкам новых цветовых решений.

На сегодняшний день та искусственная среда обитания, которую создал человек, не всегда является для него комфортной в плане колористических решений. В процессе исследования визуальной колористической среды центра Новополоцка были выявлены следующие проблемы:

- отсутствие целостной цветовой гармонии;
- несоответствие исторической преемственности: исчезновение первоначальных колоритов, отсутствие символики города. Мы забыли, что уникальность каждого города неразрывно связано с его историей.
- отсутствие уникальности
- фасады зданий постепенно утрачивают цветовую палитру, тем самым разрушая уже существующий городской пейзаж.
- едва заметно цветовое различие между многоэтажными зданиями в пределах района, что затрудняет поиск определённого.

Все эти проблемы негативно сказываются на общем цветовом облике города и отражаются на психоэмоциональном состоянии его жителей, а также могут создать неправильное восприятие цветового единства в архитектуре. Чтобы избежать цветового нагромождения, эстетического беспорядка мы предлагаем:

- выбор цвета должен основываться на принципах колористической гармонии
- разделять здание на функциональные зоны и выделять их цветом
- при создании композиции на фасаде учитывать её интеграцию с природным окружением

Заметим, что формы одного и того же геометрического вида, величины, массы, фактуры, равно освещённые и расположенные одинаково по отношению к зрителю, воспринимаются по-разному, если различны их цветовые характеристики.

Сочетая холодные и теплые цвета, насыщенность и количество цвета, мы иллюзорно пытались расширить пространство или, наоборот, как бы приблизить к зрителю объемы, организующие пространство. Насыщенный холодный цвет всегда кажется ближе, чем теплый с меньшим насыщением. Также яркая краска всегда будет казаться ближе, чем темная [1].

Яркие и насыщенные цвета выступают вперёд, а тёмные – сереют, отступают. Зелёно-голубые тона из-за ассоциации с явлением воздушной перспективы кажутся отдалёнными.

Если комплекс смотрится издали, то вместе с архитектурно-пространственной композицией видны большие цветовые плоскости. Вблизи воспринимается архитектура конкретных зданий с нюансами цветовых соотношений его элементов и деталей. Цветовая гамма для оформления зданий должна хорошо сочетаться с окружающей средой. Размер, масштаб и характер застройки влияет на выбор цветового решения фасадов зданий и сооружений.

Протяженные одноэтажные здания требуют крупных ритмичных цветовых членений. Многоэтажные производственные и административно-бытовые здания не требуют интенсивного цветового решения, поэтому их цвет, как правило, совпадает с цветом стеновых панелей и стен, т.е. естественным цветом материалов.

Существует три основных приема возможных вариантов применения цвета:

- цветового интегрирования, когда все здания и сооружения комплекса имеют один основной цветовой тон. Вспомогательный цвет цоколей, карнизов зданий будет по тону одинаковым с основным, но несколько иным по насыщенности, в частности, цоколи и кровли зданий делают более темными;
- цветового зонирования, который используется как элемент опознавательного выделения групп объектов. Окраска или отделка фасадов зданий определенного производства приобретает черты фирменного цвета;
- цветового акцентирования, основанный на противопоставлении одного или нескольких объектов остальным. Акцентирование возможно по цвету (контрастная гармония) или по тону [2].

Белая и светлая окраска переплетов зданий выделяет их рисунок. Темная окраска скрывает рисунок переплетов в производственных зданиях.

Выбор цвета, в который будет выкрашен фасад дома, может зависеть и от тех функций, которые выполняет тот или иной цвет. К примеру:

- цвета светлого ряда подчеркивают объемность, а также издалека приближает объект;
- цвета темного ряда, напротив, зрительно отдаляют здание;
- чем ярче цвет, тем проще с помощью него выделить свой дом среди окружающих;
- яркие цвета способствуют зрительному расширению и увеличению окрашенного пространства (к примеру, фасада);
- с помощью цветов разных оттенков можно подчеркнуть архитектурные элементы дома, сделать заметнее;
- матовая, пористая или грубая поверхность внешней отделки фасада способствуют смягчению и приглушению цвета;
- гладкая и уж тем более – глянцевая поверхность облицовки усиливает его яркость и светлость за счет отражения солнечных лучей [3].

В результате исследования на основе изученных аспектов был выбран жилой объект города Новополюцка (рис. 1).



Рисунок 1. – Отделка здания на данный момент

Здание кирпичное, двухсекционное, девятиэтажное, которое нуждается в отделке. В связи с этим были разработаны цветовые решения фасада жилого дома г. Новополюцка (рис. 2).

В процессе творческой деятельности хотелось внести оригинальности, исторический аспект города, гармоничности, а также культурную составляющую. Были реализованы идеи о стилизации работ знаменитых художников в эскизных вариантах.

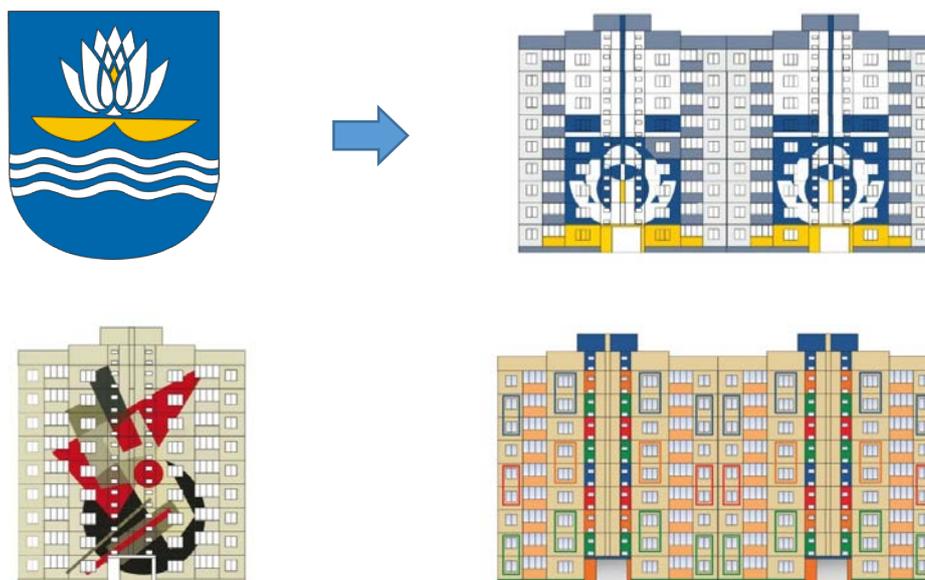


Рисунок 2. – Варианты отделки здания

На основе анкетирования общественного мнения наиболее предпочтительными оказались следующие варианты окраски:

- здания тёплых оттенков;

– нейтральный фон с яркими акцентами.

Также стоит отметить, что значительный интерес вызвали дома, которые мы оформили на основе стилизации Белорусского орнамента, символики города Новополоцка, творческих работы художников М. Шагала и П. Модриана.

Таким образом, исходя из полученных данных, можно сказать, что чем ближе выбранные решения к естественной природной среде, тем больше возможностей гармоничного и позитивного воздействия цветового ряда на психику человека. При этом самое простое решение – использовать один цветовой ряд, играя насыщенностью и глубиной цвета, регулируя баланс светлого и темного.

Среда города создает в сознании человека определенный визуальный образ. На этот образ оказывает неизбежное влияние общественное сознание, которое его формирует, придает ему эмоциональную окраску. В свою очередь город как среда обитания вместе со всеми своими особенностями оказывает влияние на формирование личности человека. В частности, эстетический вкус каждого индивидуума создается под влиянием среды, в которой он рос и воспитывался. Именно поэтому важно, чтобы городская среда была сбалансирована и гармонична в цветовом оформлении, как, впрочем, и в остальных аспектах. Ведь именно от этой гармонии зависит, насколько здоровые, социально активные, культурно образованные и гармоничные личности в данной среде сформируются.

Поэтому, архитектура городских многоэтажных жилых домов может и должна быть улучшена путем изменения цветокомпозиционных решений фасадов зданий, формируемых с учетом цветовой палитры природного и городского окружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимов, А.В. Колористика города / А.В. Ефимов. – М. : Стройиздат, 1990. – 272 с.
2. Линдси, Д. Всё о цвете / Д. Линдси. – Книжный клуб 36.6, 2011. – 432 с.
3. Оствальд, В. Цветоведение / В. Оствальд. – М. : Промиздат, 1926. – 204 с.
4. Концепция колористики города [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://life-prog.ru/1_807_kontsepsiya-koloristiki-goroda.html.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 691. 5. 535

ПРИМЕНЕНИЕ ШЛАМА ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ

А.С. КАТУЛЬСКАЯ

(Представлено: канд. техн. наук. Ю.В. ВИШНЯКОВА)

Рассматривается возможность использования шлама водоподготовки как вторичного сырья в производстве минеральных вяжущих веществ.

В настоящее время вопросам утилизации твёрдых промышленных отходов уделяется особое внимание, так как данное направление является одним из ключевых элементов ресурсосбережения. Накопление значительных масс твёрдых отходов во многих отраслях промышленности обусловлено существующим уровнем технологии переработки соответствующего сырья и недостаточностью его комплексного использования.

Успешное решение вопросов утилизации приводит к тому, что взамен понятия «отходы производства» возникает более целесообразное понятие – «вторичное сырьё», имеющее отношение не только к основному производству, но и к системам регенерации, рекуперации и очистке промышленных выбросов [1]. Вопрос утилизации отходов ТЭЦ, образующихся после водоподготовки, остро стоит вопрос об использовании их в качестве вторичного сырья в одной из самых материалоёмких отраслей промышленности – строительстве.

Отличием шламов от высокодисперсных твёрдых отходов является присутствие воды в химически и физически связанном состоянии, а также свободной. Химически связанная вода находится в составе кристаллогидратных соединений, а физическая – в виде абсорбционно-связанных оболочек на поверхности микродисперсных кристаллических и аморфных частиц.

Многочисленные технологические опыты показали, что основное назначение шламов в составе цементных композиций – это положительное влияние на реологические свойства и седиментацию твёрдых частиц на стадии переработки сырьевых смесей при изготовлении кладочных растворов.

Действие шламов на процессы структурообразования цементных композиций на различных стадиях отличается сложностью, однако можно с уверенностью предположить, что адсорбционно-связанная вода – положительный фактор образования минерального цементно-шламового клея и увеличения адгезионной прочности между вяжущим и заполнителем [2].

Наиболее перспективными с точки зрения применения в цементных и сложных строительных растворах являются карбонатные шламы химводоочистки предприятий энергетики. Карбонатные шламы используются с целью регулирования процессов схватывания и твердения [3]. Кроме того, при использовании шламов совместно с ускорителями твердения достигается не только высокая экономия вяжущего, но и значительное снижение тепловой энергии в процессе термообработки изделий.

Авторы работы [4] предлагают использовать шлам водоподготовки в качестве наполнителя вяжущего в присутствии химической добавки суперпластификатора Melflux 1641F. Использование шлама позволяет снизить водопотребность гипсового вяжущего и замедлить сроки схватывания гипсового теста, а также повысить прочность и водостойкость гипсового камня. Оптимальным количеством добавки отходов является 14,5% от массы гипсового вяжущего.

Для применения шлама химводоочистки в цементных системах необходима его предварительная обработка, т.е. сушка и помол. Использование шлама в малых дозировках эффективно для модифицирования цементного камня. Однако превышение дозировки наполнителя приводит к снижению прочности цементного камня, что связано с увеличением водопотребности смеси [5].

С целью модификации физико-технических свойств гипсовых вяжущих проведено дополнительное изучение возможности утилизации шлама предочистки [6] как наполнителя вяжущего в присутствии химической добавки – суперпластификатора С-3. Последний представляет собой натриевые соли комплексного продукта конденсации нафталинсульфокислоты и формальдегида.

Результаты качественного фазового анализа сухого шлама химводоочистки свидетельствуют о том, что материал представлен основной кристаллической фазой CaCO_3 [7]. Большое количество карбоната кальция в шламе водоподготовки ещё раз подтверждает возможность его использования при произ-

водстве гипсовых вяжущих веществ, при этом можно использовать раствор серной кислоты, являющийся отходом некоторых химических производств.

Физико-механические исследования [8] показали, что отходы водоочистки цеха ВВС ЗАО «Северодонецкое объединение Азот» могут быть использованы в качестве исходного кальцийсодержащего компонента при производстве глиноземистого цемента. Установлено, что полученные цементы относятся к гидравлическим вяжущим материалам с водоцементным отношением 0,26 – 0,35; являются быстротвердеющими, высокопрочными материалами. Пониженную прочность цемента состава, содержащегося 60 масс.% шлама, можно объяснить хорошей закристаллизованностью полученных фаз, строение которых приблизилось к идеальному.

Рентгенофазовыми исследованиями [9] установлено, что ускоряющее действие нейтрализованного гипсосодержащего шлама на цементные системы на раннем этапе твердения связано с активацией образования гидросульфатоалюминатов кальция моно- и трёхсульфатной формы. Оптимальным количеством шлама в цементно-песчаных растворах является 5 – 10% от массы вяжущего. В этом случае обеспечивается стабильное повышение прочности на 10 – 15%. При больших дозировках отмечается снижение прочности, связанное с образованием экранирующих слоёв кристаллов Aft-фазы на частицах вяжущего и замедлением гидратации. Замедляющее действие шлама при повышенных дозировках (более 20% от массы вяжущего) снижается при уменьшении цементно-песчаного отношения.

Изучение надатомной структуры шламов различного минерального химико-минералогического состава [10] установило, что средний радиус рассеивающих структур в шламах составляет от 40 до 50 нм. Полученные результаты позволяют отнести эти отходы производства к нанодисперсным материалам техногенного происхождения. Фрактальная размерность карбонатного шлама, рассчитанная с помощью компьютерной программы, составляет порядка 1,9 – 2,0, что значительно выше, чем у цементных частиц. Это ещё раз подтверждает, что одним наноразмерных наполнителей вяжущих можно считать карбонатные шламы, которые активно участвуют в формировании структуры и свойств контактной зоны при изготовлении кладочных растворов.

Вместе с тем, в отношении механизмов действия шламов водоподготовки многое остаётся неизвестным, и чем совершеннее и точнее становятся методы исследований, тем более сложными представляются нам процессы химической активации накопленных цементных систем. Во многих исследованиях, касающихся механизмов гидратации и твердения цементных систем, наполненных тонкодисперсным кальцитом отличается значительное повышение прочности водо- и коррозионной стойкости материалов. Однако механизмы карбонатной активации гидратации, протекающие на молекулярном уровне, исследованы недостаточно.

В результате можно сделать следующие **выводы**:

- 1) применение шлама в производстве минеральных вяжущих веществ помогает решению актуальной эколого-экономической задачи по утилизации скопившихся в шламонакопителях и на полигонах отходов установок водоподготовки;
- 2) шлам водоподготовки положительно влияет не только на реологические свойства растворов смесей, но также оказывает положительное воздействие на адгезионную прочность между наполнителем и вяжущим;
- 3) оптимальным количеством шлама в цементно-песчаных растворах является 5 – 10% от массы вяжущего.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исхакова, Р.Я. Очистка сточных вод предприятий химической промышленности карбонатным шламом (на примере ОАО «Казанский завод синтетического каучука») / Р.Я. Исхакова. – Казань : КГЭУ, 2014. – 138 с.
2. Якушин, И.В. Минеральные реомодификаторы цементных композиций / И.В. Якушин // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2006. – № 26. – С. 344–350.
3. Николаева, Л.А. Ресурсосберегающая технология утилизации шлама водоподготовки на ТЭС / Л.А. Николаева, Е.Н. Бородай. – Казань : КГЭУ, 2012. – 110 с.
4. Валеев, Р.Ш. Способ применения шламовых отходов водоподготовки в строительных материалах с использованием суперпластификатора MELFLUX 1641F / Р.Ш. Валеев, И.Г. Шайхиев // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15, № 10. – С. 111–113.
5. Влияние шлама химической водоочистки в комплексе с суперпластификатором на физико-механические свойства цементного камня / В.И. Авксентьев [и др.] // Известия КГАСУ. – 2014. – № 4. – С. 249–254.

6. Валеев, Р.Ш. Рекуперативная технология утилизации шламовых отходов водоподготовки в строительных материалах с использованием пластификатора С – 3 / Р.Ш. Валеев, И.Г. Шайхиев // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 11. – С. 41–45.
7. Рециклинг шламов химической водоподготовки / Т.И. Красненко [и др.] // Уральская горная школа – регионам : Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 8–9 апрель, 2013. – С. 490–491.
8. Ворожбян, Р.М. К вопросу об использовании отходов водоочистки в производстве глиноземистого цемента / Р.М. Ворожбян, Г.Н. Шабанова, А.Н. Корогодская // Вестник нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Химия, химическая технология и экология. – Харьков : НТУ "ХПИ". – 2011. – № 27. – С. 164–173.
9. Тарасеева, Н.И. Структурообразование и твердение цементных материалов, модифицированных солевыми и шламовыми отходами предприятий энергетики : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.23.05 / Н.И. Тарасеева ; Пензенский гос. университет арх. и строительства. – Пенза, 2005. – 24 с.
10. Коренькова, С.Ф. Нанодисперсный наполнитель цементных композиций / С.Ф. Коренькова // Нанотехнологии в строительстве. – 2009. – № 4. – С. 71–75.

УДК 691.32

ФИБРОБЕТОН: КОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

О.А. КАМЕКО

(Представлено: канд. экон. наук, доц. С.Н. КОСТЮКОВА)

Рассматривается фибробетон как материал с высокими показателями прочности и долговечности, а также отличными свойствами. Описан международный опыт применения материала в строительстве и дано обоснование для использования материала в отечественном строительстве.

Сегодня приоритетное направление в строительстве – сокращение сроков и снижение стоимости за счет сокращения затрат на всех стадиях инвестиционно-строительного цикла. Способствует этому использование сертифицированных современных материалов [1]. Однако ряд материалов с отличными свойствами не применяются в белорусском строительстве из-за отсутствия нормативной документации и недостаточного опыта применения. Одним из них является фибробетон.

Фибробетон представляет собой материал, включающий дополнительно распределенную в объеме фибровую арматуру. Дисперсное фибровое армирование позволяет в большой степени компенсировать главные недостатки бетона – низкую прочность при растяжении и хрупкость разрушения [2].

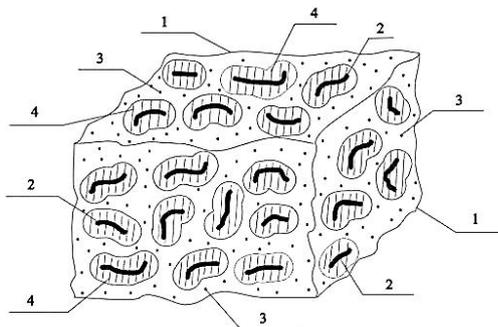


Рисунок 1. – Схематичная структура фибробетона:
1 – граница макроскопической ячейки; 2 – фибра; 3 – матрица бетона;
4 – зона контактного взаимодействия армирующих волокон с бетоном

Источник: [3].

Отличительной особенностью фибробетона являются высокие прочностные характеристики (табл. 1) в сравнении с аналогичными параметрами обычного бетона.

Таблица 1. – Прочностные характеристики фибробетона

Показатель	Значение
Прочность при растяжении	4 – 30 МПа
Прочность на сжатие	35 – 80 МПа
Ударная прочность	13,8 кг/м
Прочность на срез	4,5 – 8,5 Мпа

Источник: собственная разработка, основанная на [2–3].

Помимо указанных показателей, фибробетон имеет высокую трещиностойкость, вязкость разрушения, морозостойкость, водонепроницаемость, сопротивление кавитации, жаропрочность и пожаростойкость. По показателю работы разрушения фибробетон может в 15–20 раз превосходить бетон. Это обеспечивает его высокую технико-экономическую эффективность при применении в строительных конструкциях и их ремонте [2].

Отличительным от обычных бетонов компонентом в составе фибробетонов является фибра. Различают две группы фибры [3]:

– металлическая – исходным веществом является сталь, которая имеет различную форму и размеры;

– неметаллическая – производится из таких материалов, как стекло, акрил, хлопок, базальт, полиэтилен, карбон, углевод и другие.

Свойства фибробетона как композиционного материала определяются свойствами составляющих его компонентов. В определенной степени важнейший компонент – фибра. Основные характеристики материалов, используемых в настоящее время для изготовления фибры, приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Характеристика волокон

Материал фибры	Характеристика
Сталь	Обладает повышенной прочностью к нагрузкам, не усаживается и не образует трещин во время службы. Наиболее примечательные качества – длительный срок эксплуатации, плотность и стойкость к износу. Не теряет свойства под действием низких температур, влаги и огня.
Стекло	Обладает высокими качествами упругости, что наделяет его пластичностью. Однако щелочная среда вредна этому материалу. Стойкость к химическому влиянию обеспечивается полимерной пропиткой, путем добавления в бетон добавок на основе глиноземистого раствора. В конечном варианте вы получаете раствор с высокой прочностью, устойчивостью к высоким температурам, гидроизоляцией, стойкостью к воздействию химических средств и истиранию.
Хлопок	Придают специфические особенности бетону, армированному фиброй из стали.
Вискоза	
Нейлон	
Асбест	Характеризуется долговечностью, стойкостью к щелочной среде, нагрузкам и термозащитными качествами.
Базальт	Имеет повышенную прочность. Подходит для конструкций, которые подвержены постоянным нагрузкам, деформации и вокруг которых существуют факторы для появления трещин
Другие волокна	Это защита от воздействия химических веществ, прочность на деформацию, стойкость к перепадам температур и неспособность проводить электричество. Благодаря синтетичной природе материалов вес бетона снижается

Источник: собственная разработка на основе [2–4].

Самыми популярными волокнами являются стеклянные и металлические. Однако с каждым днем все большую популярность приобретает полипропиленовая фибра. Что касается материалов из базальта и углерода, то они применяются крайне редко в связи с высокой стоимостью.

Для приготовления изделий из фибробетона применяются две основные технологии. Первая основана на предварительном смешении фибры с сухой смесью песка и цемента, а во втором случае, волокно добавляется в уже затворенный раствор. Выглядит это более кропотливо и трудоемко, но в конечном результате этот способ не только позволяет получить более качественный и прочный фибробетон, но и сократить время его приготовления. Единственное, что требуется для реализации этой технологии – создание дополнительных рабочих мест для предварительного смешения и ответственности исполнителей.

В случае добавления фибры в предварительно затворенный и перемешанный раствор существует большая вероятность некачественного смешения и образования скоплений волокон в растворе. Для того чтобы избежать подобного, требуется увеличить время перемешивания раствора и производить периодически контроль над качеством приготовления фибробетона [5]. Как следствие, для реализации технологии необходимы создание дополнительных рабочих мест для предварительного смешения компонентов и повышенная ответственность исполнителей при безусловном достижении однородного распределения частиц фибры в бетоне.

Установлены следующие области рационального применения фибробетонов:

- монолитные конструкции и сооружения – автомобильные дороги, покрытия, промышленные полы, выравнивающие полы, мостовые настилы, ирригационные каналы, взрыво- и взломоустойчивые сооружения, водоотбойные дамбы, огнезащитная штукатурка, емкости для воды и других жидкостей, обделки тоннелей, пространственные покрытия и сооружения, оборонные сооружения, ремонт монолитных конструкций полов, дорог и др.;

- сборные элементы и конструкции – железнодорожные шпалы, трубопроводы, склепы, балки, ступени, стеновые панели, кровельные панели и черепица, модули плавающих доков, морские сооружения, взрыво- и взломоустойчивые конструкции, плиты аэродромных, дорожных, тротуарных покрытий и креплений каналов, карнизные элементы мостов, сваи, шпунт, обогревательные элементы, элементы пространственных покрытий и сооружений, уличная фурнитура.

Практически все вышеуказанные конструкции из фибробетона широко применяются за рубежом, имеется положительный опыт их эффективного использования и в отечественном строительстве

(табл. 3). Конструкции могут изготавливаться как с фибровым, так и с комбинированным армированием, когда имеется фибра и стержневая или проволочная арматура [2].

Таблица 3 – Зарубежный и отечественный опыт применения фибробетона

Период	Страна	Применение	Дополнительная информация
Начало 20-го века	Великобритания	Производство изделий и возведении зданий из фибробетона с разнообразным составом (в том числе разработка специализированного оборудования для производства объектов из фибробетона)	1945 г. Создание материала. 1975 г. Создание международной ассоциации фибробетона на стекловолокне (GRCA).
С 1970-х гг.	США	Изготовление фасадных и внутренних облицовочных панелей, использование в качестве стенового материала каркасных и бескаркасных зданий	Фибробетон используют в качестве «укрепителя» зданий для районов с высокой сейсмической активностью.
С 1960-х гг.	Франция	Применение в промышленном и гражданском строительстве.	2005 г. Создание сверхпрочного фибробетона. 2013 г. Возведение моста Республики из фибробетона: толщина моста – 80 см, длина – 74 м, ширина – 17 м. Опирается на 2 ряда опор. Мост включает 2 полосы движения по 3.3 м, 2 велодорожки и 2 тротуара.
С 1970-х гг.	Германия	Применение в промышленном и гражданском строительстве.	Наиболее известная компания, работающая с фибробетоном – Reischer Chemie und Technik – занимается производством бетонов, волокон, специальных добавок и наполнителей, пигментов.
С 1960-х гг.	Япония	Применение в промышленном и гражданском строительстве, дорожном строительстве, а также при строительстве железнодорожных путей сообщения.	1963 г. Японская ассоциация по цементу. Занимается изучением бетонов с применением волокон.
1980-е гг.	СССР	Применение при строительстве аэродромов, площадок, некоторых элементов объектов строительства.	Технология не получила большого развития. Это обуславливается низким качеством волокон заполнителя и недоработкой технологии производства.
С 1990-х гг.	Россия	Применение в промышленном и гражданском строительстве.	Не получил широкого применения.
С 1990-х гг.	Республика Беларусь	Апробация в складском строительстве, при строительстве спортивных сооружений.	Результат положительный. Малые объемы использования объясняются недостаточным пониманием белорусскими строителями возможностей и преимуществ материала, отсутствием нормативной документации, недостатком обоснованной рекламы товарных бетонов и растворов, отсутствием целенаправленной работы по применению фибробетонов, бетона и раствора в строительстве. Проверка сталефибробетона в обычных и в зимних условиях была проверена на строительных площадках.

Источник: собственная разработка на основе [6–11].

Каждый материал имеет плюсы и минусы. Фибробетон не является исключением.

Выделяют следующие достоинства фибробетона:

- снижение затрат на строительство при использовании фибры для армирования вместо армирующей сетки или каркаса;
- высокая продуктивность работы по фибробетону;
- расход бетона с применением фибры значительно меньше;
- в отличие от остальных видов бетона фибробетон не теряет своих технических характеристик даже после окончания срока службы, поскольку благодаря фибре материал становится вязким;
- фибробетон обладает хорошими адгезионными качествами;
- фибра может применяться как в газо-, так и в пенобетонных конструкциях;
- в ходе армирования в газобетоне происходит процесс поризации;

– фибра в пенобетоне повышает его прочность.

Минус этого бетона один – высокая стоимость относительно обычного бетонного раствора [3].

Исходя из вышеизложенного международного опыта, можно сказать, что применение фибробетонов с различными наполнителями является крайне рациональным. Превосходящие по всем показателям простые бетоны, материал с фиброй является более прочным и долговечным. Из-за отсутствия нормативного обоснования использования материала, с использованием его в массовом строительстве возникают проблемы. Именно поэтому нужно детально рассмотреть вопрос внедрения материала в строительное производство страны и разработать документацию, согласно которой станет возможным широкое применение фибробетонов с различными волокнами в составе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальная стратегия устойчивого социально- экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года [Электронный ресурс] // Министерство экономики Республики Беларусь. – Минск, 2015. – Режим доступа: www.esomony.gov.by/ru/nac-strategia.pdf. – Дата доступа: 12.03.2017.
2. Фибробетон в строительстве [Электронный ресурс] // современные строительные материалы. – 2017. – Режим доступа: http://www.flevel.ru/article/article_fiber_concrete/. – Дата доступа: 08.04.2017.
3. Характеристика фибробетона [Электронный ресурс] // Все о бетоне. – 2017. – Режим доступа: <http://kladembeton.ru/vidy/drugie/fibrobeton.html>. – Дата доступа: 02.03.2017.
4. Волокна для фибробетона [Электронный ресурс] // Строительство каркасных домов. – 2017. – Режим доступа: <http://domikarkas.ru/wp-content/uploads/2016/11/Fibrobeton>. – Дата доступа: 02.03.2017.
5. Характеристика волокон фибробетонов [Электронный ресурс] // Бетонный завод «Техно-бетон». – 2017. – Режим доступа: <http://betonocement.ru/beton/fibrobeton-texnologiya.html>. – Дата доступа: 28.03.2017.
6. Association [Электронный ресурс] // International glassfibre reinforced concrete association. – 2017. – Режим доступа: http://www.flevel.ru/article/article_fiber_reinforced_concrete/. – Дата доступа: 07.03.2017.
7. Стеклофибробетон в США [Электронный ресурс] // Русский искусственный камень. – 2017. – Режим доступа: <http://ti-kam.ru/steklofibrobeton-v-amerike>. – Дата доступа: 02.04.2017.
8. AR Glass Fibres [Электронный ресурс] // Fibre Technologies International. – 2017. – Режим доступа: <http://fibretch.org/products/ar-glass-fibres/>. – Дата доступа: 01.04.2017.
9. Pont de la république [Электронный ресурс] // Lamoureux & Ricciotti ingénierie des structures. – 2017. – Режим доступа: <http://lamoureux-ricciotti.com/projets/pont-de-la-republique/>. – Дата доступа: 12.04.2017.
10. Produkte RCT [Электронный ресурс] // reisacher chemie und technik. – 2017. – Режим доступа: <http://www.rct-germany.de/de/produkte.html>. – Дата доступа: 10.03.2017.
11. Развитие технологии фибробетона в Республике Беларусь [Электронный ресурс] // Бетоника. – 2017. – Режим доступа: <http://www.betonika.by/index.pl?act=PRODUCT&id=325>. – Дата доступа: 10.03.2017.

УДК 699.844

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

И.О. САВЧЕНКО, Е.А. ХЛЕБКОВИЧ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. О.Н. ПЕТРОВИЧ)

Рассматриваются звукоизоляционные характеристики образцов из пенополистирола марок ПСБ-15 различной толщины. Для проведения экспериментов по определению уровня звукового давления использовалась ранее изготовленная учебная акустическая камера.

Современный мир нельзя представить без различных источников шума, число которых возрастает с каждым днем. Поэтому вопрос звукоизоляции становится крайне актуальным, особенно для домов и помещений в многоквартирных постройках, расположенных вблизи дорог и в черте города. Звуковая волна, являющаяся ключевым источником возникновения шума, может возникать из-за взаимодействия множества источников. По своей природе шумовые факторы могут быть воздушные и ударные. Звукоизоляция – это понижение показателей давления звука, когда волна проходит через такие поверхности, как стены, пол и т.д. [1]. Рекомендовано сформировать надежные меры по звукоизоляции еще в момент проектирования объекта. В зависимости от типов шума и особенностей объекта применяются звукопоглощающие или звукоизолирующие материалы.

Цель данной работы заключалась в изучении звукоизолирующих свойств пенополистирола марок ПСБ-15 различной толщины. Измерения проводились в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами 100 - 4000 Гц, в соответствии ТКП 45-2.04-154-2009 [2].

Принцип работы. Работа производилась с помощью изготовленной акустической камеры и подготовленных исследуемых образцов. Сущность метода заключалась в последовательном измерении уровня звукового давления в пустой акустической камере и в камере с различными образцами и последующем сравнении выходных данных.

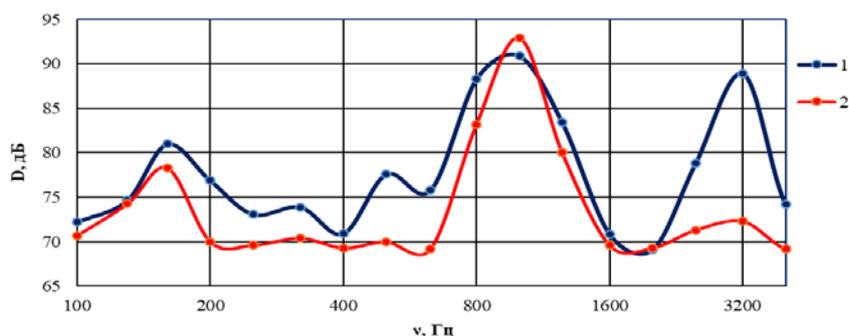


Рисунок 1. – Зависимость уровня звукового давления от частоты в камере:
1 – без звукоизоляционной перегородки; 2 – с перегородкой из пенополистирола толщиной 20 мм

Анализ приведенных выше графиков показал снижение уровня шума в среднем на 4,1дБ, в сравнении с исходными данными.

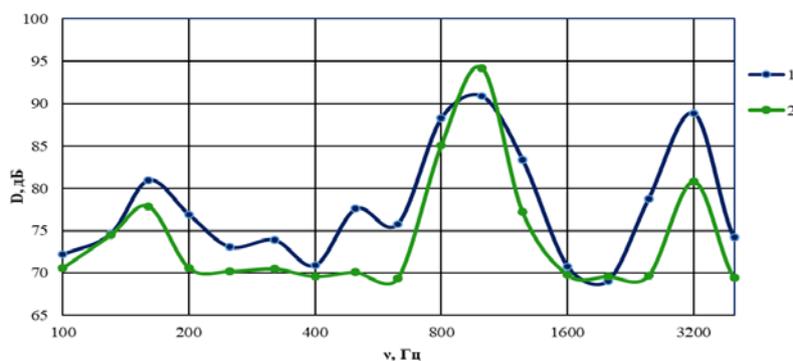


Рисунок 2. – Зависимость уровня звукового давления от частоты в камере:
1 – без звукоизоляционной перегородки; 2 – с перегородкой из пенополистирола толщиной 30 мм

Сравнительный анализ приведенных выше графиков показал снижение уровня шума в среднем на 4,3 дБ, в сравнении с исходными данными.

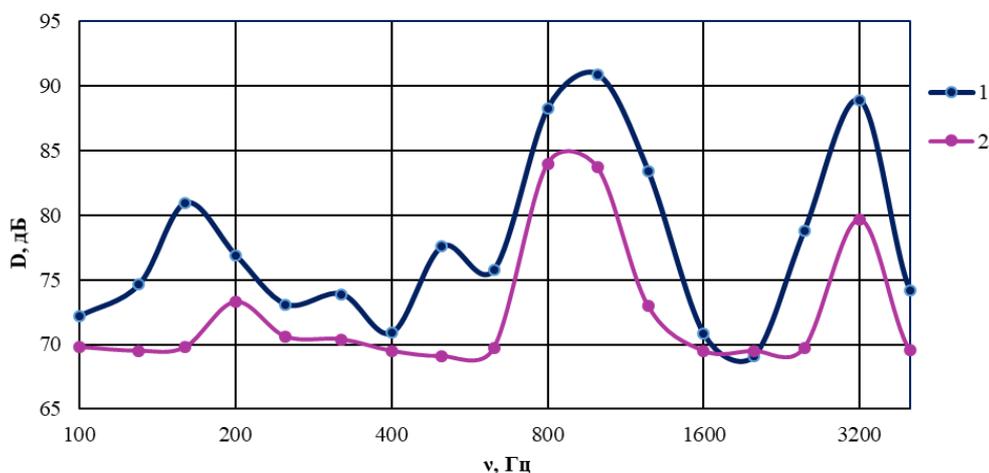


Рисунок 3. – Зависимость уровня звукового давления от частоты в камере:
1 – без звукоизоляционной перегородки;
2 – с перегородкой из пенополистирола толщиной 50 мм

Анализ приведенных выше графиков показал снижение уровня шума в среднем на 5,2 дБ, в сравнении с исходными данными.

Зависимость уровня звукового давления от частоты во всех приведенных опытах имеет вид спектра с четкими максимумами на частотах 1000 Гц и 2000 Гц. Это объясняется возникновением резонанса в результате образования стоячих волн с учетом конструкции акустической камеры:

$$\nu = \frac{n\nu}{2l},$$

где ν – частота, n – волновое число, ν – скорость звука, l – длина конструкции.

Сравнительный анализ звукоизолирующих способностей перегородок толщиной 20 мм и 30 мм, показал, что значительной разницы в звукоизолирующей способности нет. Так что целесообразней и более экономично использовать материал толщиной 20 мм, если не важны другие характеристики кроме звукоизоляции, например, теплопроводность. Если сравнивать с звукоизоляционным материалом, толщиной 50 мм происходит кардинальное изменение амплитуд. Материал толщиной 50 мм обладает наилучшими звукоизолирующими свойствами, в сравнении с другими испытываемыми образцами. Данный метод позволит в дальнейшем рассчитать индекс звукоизоляции как для данных образцов, так и для других строительных материалов [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковригин, С.Д. Архитектурно-строительная акустика / С.Д. Ковригин. – М. : Стройиздат, 1968. – 412 с.
2. Защита от шума. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-2.04-154-2009.
3. Акустика. Лабораторные измерения звукоизоляции строительных конструкций и изделий. Ч. 2. Измерение изоляции воздушного шума : СТБ EN ISO 10140-2-2013

УДК 72.012

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ
В ЭКСТЕРЬЕРЕ И ИНТЕРЬЕРЕ ЗДАНИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ****С.А. МОНИЧ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. О.В. ЛАЗАРЕНКО)*

Рассказывается об озеленении фасадов здания и их интерьеров: преимущества, положительные качества и влияние озеленения на человеческую деятельность. Рассмотрены типы и виды фасадных систем «зеленых конструкций», конструкций, применяемых в интерьерах. Подчеркнута необходимость озеленения пространства с различных точек зрения – фасадных систем и интерьерного пространства.

Современная среда обитания человека представляет собой сильно урбанизированное пространство: от мегаполисов с населением в миллионы человек до небольших городов и городских поселков. Городская жизнь различным образом влияет на окружающую среду и человека. В результате всё более плотной застройки городской территории зданиями – как жилыми домами, так и производственными площадями – катастрофически уменьшается количество зелёных насаждений – парков, скверов, палисадников. По этой причине застройщики, архитекторы, проектировщики и строители внедряют ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии, используют экологически чистые материалы, которые уменьшают негативное воздействие объектов недвижимости на здоровье людей и на окружающую среду. При разработке проекта строительной единицы они учитывают факторы, в основном характерные для крупных городов, влияющие как на состояние города в целом, так и на человека индивидуально: эффект теплового острова, большой уровень задымления, повышенная концентрация парниковых газов, отсутствие естественных зелёных пространств в черте города.

Эффект теплового острова является серьёзной проблемой для многих крупных современных городов. Известно, что температура воздуха в городах всегда выше, чем в сельских поселениях или на периферии, поскольку в них значительно больше источников тепловой энергии: транспорт, промышленное производство, механическое оборудование, строительные материалы с отражающими поверхностями. Температура же в сельской местности значительно ниже из-за отсутствия вышеупомянутых условий и наличия больших зелёных массивов. По данным агентства США по охране окружающей среды среднегодовая температура в городах с населением 1 млн. человек (и более) выше, чем в его окрестностях примерно на 1–3 °С. По вечерам разница температур может достигать 12 °С. Помимо вреда, приносимого экологии и здоровью человека за счет увеличения объёма выбросов парниковых газов в атмосферу, эффект теплового острова приводит к увеличению затрат на кондиционирование зданий.

В ситуации острой нехватки зелёных пространств в городах, количество парниковых газов, поступающих в атмосферу, превосходит количество преобразованных растениями. Ежегодно потребность в кислороде для одного человека может быть выработана за счёт одного дерева с кроной диаметром 5 метров, что аналогично 40 квадратным метрам зелёной стены. [1] Под улучшением качества воздуха подразумевается снижение количества ЛОС – летучих органических соединений, то есть ионизация воздуха. ЛОС – это химические субстанции, которые поднимаются в атмосферу, соединяясь с окисью азота и озоном.

В городе источниками ЛОС является автотранспорт, промышленные предприятия, строительные площадки, однако наибольшее содержание ЛОС фиксируется внутри зданий. В городской атмосфере летучие органические соединения, смешиваясь со смогом, образуют фотохимический смог. К основным источникам фотохимического тумана относятся автомобильные выхлопы. Такие соединения являются сильными окислителями и легко переносятся ветром. Наиболее сильно страдают жители мегаполисов. Такие вещества как оксиды углерода, азота, серы вызывают воспаление органов дыхательной системы, уменьшение лёгочной функции, затруднение процесса дыхания, кашель и насморк.

Во многих городах мира уровень шума превышает нормативные показатели, препятствуя спокойствию и концентрации горожан, что в дальнейшем сказывается на физическом и психологическом здоровье.

Комплекс мер по озеленению зданий помогает минимизировать негативное влияние высотного здания на окружающую среду. Благодаря растениям, которыми озеленяют здания, удастся эффективно бороться с вредными факторами.

Актуальность темы экстерьерного и интерьерного озеленения связана с тем, что мегаполисы не располагают достаточным количеством зелёных территорий и не имеют свободного пространства для их создания. В этом случае, альтернативой паркам могут стать зелёные стены.

За счёт организации зелёных территорий, снижается эффект теплового острова. Затенение растениями конструкции здания снижает температурный градиент, предполагает уменьшение теплопроводности конструкций и инфильтрации воздуха внутрь помещений, снижает потребление электроэнергии зданием [2].

Растительный покров снижает уровень шумового загрязнения и создает эффект естественной природной звуковой среды. Интеграция систем внутреннего и внешнего озеленения позволяют снизить энергопотери, улучшить качество микроклимата, оказывает положительное влияние на психологическое состояние человека. Озеленение снижает теплопотери здания – растения повышают теплоизоляцию и обеспечивают солнцезащиту и охлаждение за счёт испарения влаги и снижения скорости ветра.

Растения повышают общее качество атмосферы. Способность растений улучшать качество воздуха объясняется процессами фотосинтеза, во время которого растения преобразуют углекислый газ, воду и солнечную радиацию в кислород и глюкозу.

Растения обладают свойством менять химический состав и ионизировать молекулы воздуха. При слабой вентиляции помещения количество лёгких ионов внутри помещения уменьшается на фоне роста концентрации тяжёлых ионов, углекислого газа, бактерий. Искусственная ионизация вызывает ряд побочных эффектов, в то время как насыщение воздуха ионами естественным методом обеспечивает количество, не превышающее нормы, и не приводит к отрицательным последствиям.

Листья растений способны поглощать вредные выбросы: частицы тяжёлых металлов из атмосферы, в том числе кадмий, медь, свинец и цинк [3]. Растения могут минимизировать количество вредных химических соединений в атмосфере путём их переработки.

Растения повышают качество воздушной среды за счет выработки ими фитонцидов. Фитонциды – образующие растениями биологически активные вещества, убивающие или подавляющие рост и развитие бактерий, микроскопических грибов, простейших. Это является немаловажным преимуществом, поскольку в воздухе помещений существует большое количество разных микроорганизмов, бактерий и грибов – стафилококки, стрептококки, микрококки, аспергиллы.

С эстетической стороны вопроса зелёные стены являются хорошим способом скрыть визуально непривлекательные поверхности стен построек.

К нынешнему времени используются разнообразные технологии озеленения экстерьера и интерьера зданий.

Типы озеленения внешней конструкции здания можно классифицировать следующим образом:

– Озеленение вьющимися растениями, например, виноградными лозами. Виноградники хорошо разрастаются по вертикальным поверхностям стен, нуждаются в меньшем количестве питательного состава, это одно из самых выносливых и неприхотливых растений, которое эффективно избавляет воздух от углекислого газа и перерабатывает в 60–100 раз больше кислорода, чем дерево аналогичной массы [1].



Рисунок 1. – Примеры зданий, озелененных вьющимися растениями

– Эксплуатируемые «зеленые» крыши – это частично или полностью засаженные живыми растениями крыши зданий. Растения, высаженные прямо в грунт, для чего между зелёным слоем и крышей помещается водонепроницаемый мембранный слой; также могут использоваться дополнительные слои, защищающие крышу от корней, дренаж и системы полива.



Рисунок 2. – Примеры озелененных крыш

– Вертикальные сады – это перпендикулярно расположенная конструкция, в которой посажены растения. Выделяют два вида конструктивных систем: конструкция для высадки растений в грунт или другой, заменяющий его состав, и конструкция на основе гидропоники, то есть беспочвенное озеленение.



Рисунок 3. – Примеры вертикальных садов в городах

В интерьерах здания применяют другие конструкции:

- традиционная этажерка, на которой расположены горшки с растениями;
- готовые вертикальные модули;
- панно из суккулентов или мха, конструкция которого подвешивается к потолку, стене или устанавливается на горизонтальную поверхность;
- конструктивные системы с автополивом.

Данные технологии озеленения внешней и внутренней площади зданий позволяют городу и людям находиться в симбиозе с природой. Влияние зеленых растений на городскую среду и микроклимат помещений трудно переоценить: происходящие благодаря растениям процессы позволяют не только улучшить состояние самочувствия человека, но и значительно преобразовать городскую среду. Вертикальное озеленение фасадов придает естественный, приятный глазу человека облик городу, помогает снижать электрозатраты на обслуживание зданий, улучшает общий состав воздушной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Князева, В.П. Экологические аспекты выбора строительных материалов в архитектурном проектировании : учеб. пособие / В.П. Князева. – М. : Архитектура-С, 2006.
2. Wood, A. Green Walls in High-Rise Buildings / A. Wood, P. Bahrami, D. Safarik. – НК : Everbest Printing Co Ltd, 2014.
3. Дорожкина, Е.А. Влияние растений на микроклимат помещений и организм человека / Е.А. Дорожкина // Международный научный журнал «Символ науки». – 2015. – № 4.
4. Здания высоких технологий [Электронный ресурс] / Озеленение как инструмент экологических решений. – Режим доступа: <http://zvt.abok.ru>. – Дата доступа: 25.09.2017.
5. Википедия [Электронный ресурс] / Озеленение крыш. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/>. – Дата доступа: 25.09.2017.
6. FB.RU [Электронный ресурс] / Вертикальные сады. – Режим доступа: <http://fb.ru>. – Дата доступа: 25.09.2017.
7. Строительный портал [Электронный ресурс] / Вертикальное озеленение в интерьере. – Режим доступа: <http://bouw.ru>. – Дата доступа: 25.09.2017.

УДК 631.589.2

**ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОРОШЕНИЯ ФИТОМОДУЛЯ
ПРИ ВЕРТИКАЛЬНОМ ОЗЕЛЕНЕНИИ ИНТЕРЬЕРА****С.А. МОНИЧ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. О.В. ЛАЗАРЕНКО)*

Рассмотрены существующие системы орошения фитомодулей, проанализированы положительные и негативные аспекты конструкции орошения. Рассмотрено удобство каждой конструкции в эксплуатации. Предложен собственный вид орошения растений в вертикальном озеленении стен.

Гидропоника – это способ выращивания растений в искусственной среде без почвы. Питание растения получают из питательного раствора, в который погружены корни. Преимущество беспочвенного разведения растений в возможности регулировать условия выращивания: создавать режим питания для корневой системы, полностью обеспечивающий потребности растений в питательных элементах, контролировать концентрацию углекислого газа в воздухе, наиболее благоприятную для фотосинтеза, регулировать температуру воздуха и корнеобитаемого пространства, влажность воздуха, интенсивность и продолжительность освещения. Создание оптимальных условий для роста и развития растений обеспечивает получение очень высоких урожаев, лучшего качества и за более короткие сроки. Выращивание растений этим способом менее трудоемко, чем в почвенной культуре, вода и питательные вещества расходуются экономнее. В условиях гидропонии практически отпадает борьба с сорняками.

Корневая система растений при выращивании способом гидропонии развивается на твердых субстратах, не имеющих питательного значения, в воде или во влажном воздухе.

В качестве субстратов выступают пористые химически нейтральные материалы. Они позволяют корням растений дышать и поддерживают нужное количество раствора с минеральными веществами, необходимыми для роста. За долгие годы развития технологий гидропонии опробовано большое число пригодных для этой цели материалов. Используют такие материалы как речной песок, гравий, кокосовую стружку, перлит, каменную вату, которая признана самым удобным субстратом для промышленных гидропонных плантаций.

Каменная вата производится из расплавленной горной породы путём создания стеклообразных волокон, которым предаётся различная форма. Упругие волокна ваты создают условия для оптимальной доставки воды и воздуха к корням растения. Этот вид субстрата отличается высокой биологической устойчивостью к различного рода заболеваниям, в том числе грибковым, а также возможностью повторного использования после промывки и обеззараживания. Каменная вата используется для проращивания семян, а также длительного роста любых растений кроме корнеплодов.

Среди других видов гидропонных субстратов интересным является кокосовая стружка. Она используется в качестве органического беспочвенного материала. Такой корневой субстрат защищает от грибков, болезней и при этом самовозобновляется в отличие, например, от торфяных быстро истощаемых брикетов, размываемых водой.

Долгое время в практике гидропонии основным материалом был перлит. Он изготавливается из пористых стеколных гранул. Этот лёгкий материал хорошо удерживает кислород. К его недостаткам относится высокая скорость смывания водой.

Субстраты бывают не только из природных материалов, но и, например, из пластика. Одна из последних разработок – специальная губка Perfect Starts из биоразлагающегося полимера и органических отходов, созданная благодаря внедрению современных нанотехнологий. Она не разрушается во время пересадки растения, что хорошо защищает корневую систему.

Также растения выращивают в водной среде: корни растения непосредственно помещены в питательный раствор без использования твердого субстрата.

Аэропоника – это процесс выращивания растений в воздушной среде без использования почвы, питательные вещества к корням растений доставляются в виде аэрозоля. В отличие от гидропонии, которая использует в качестве субстрата воду и пористые материалы, аэропонный способ выращивания растений не предполагает использование почвенного субстрата.

Основной принцип аэропонного выращивания растений – распыление аэрозолем в закрытых или полузакрытых средах питательного, богатого минеральными веществами, водного раствора. Само растение закрепляется опорной системой, а корни просто висят в воздухе, орошаемые питательным раствором. Смесь подается к корням непрерывно или через короткие промежутки времени так, чтобы корни не успевали высохнуть. Листья и ствол растения изолированы от зоны распыления. При таком подходе среда остаётся свободной от вредителей и болезней, связанных с почвой. Благодаря этому растения могут

оставаться здоровыми и расти быстрее, чем другие, выращенные в почве. Использование аэропоники позволяет создавать полностью автоматические системы выращивания растений, которые значительно проще систем с использованием субстрата.

По способу орошения существует две разновидности гидропонных систем: «пассивные» и «активные». В «пассивных» системах питательный раствор не подвергается какому-либо механическому воздействию и доставляется к корням за счет капиллярных сил. «Активные» системы требуют циркуляции питательной жидкости, что достигается при помощи насосов.

Существует множество модификаций гидропонных систем, но все они состоят из шести основных типов или их комбинаций:

- фитильная система;
- система глубоководных культур (метод «плавающей платформы»);
- система периодического затопления;
- техника питательного слоя;
- система капельного полива;
- аэропоника.

Для подачи питательного раствора в конструкции интерьерного фитомодуля используют такие же принципы орошения. Учитывая то, что в фитомодулях выращивают декоративные растения, а не культуры для массового потребления, наибольшую популярность приобрели следующие способы полива:

1. Капельный автоматический полив. Предусматривает систему трубочек, которые проведены к каждому растению. Через трубочки подается определенное количество воды в день. Вода подается из водоснабжения здания.

2. Проточный автоматический полив. При таком виде полива, вода идет через систему каналов фитомодуля сверху вниз, обычно 2 раза в день по 15 минут. В системе конструкции имеется бак с водой, которая перекачивается помпой. Плюс такого полива в том, что вода равномерно распределяется и получает доступ ко всем растениям и ни одно из них не окажется без влаги в случае какого-либо сбоя в гидравлике. Также стоит отметить, что при таком поливе, все удобрения, находящиеся в баке, используются на 100%.

3. Фитильный полив. Данный полив предполагает, что растение получает влагу к корням посредством матерчатого либо другого иного фитиля, по которому вода проходит благодаря ее физическим свойствам натяжения. Положительным аспектом фитомодуля, оснащенного фитильным поливом, представляется отсутствие подключения к каким-либо источникам электрического питания. Применение фитильного полива подходит для невлаголюбивых растений, которые боятся переливов и любят сухие каменистые почвы.

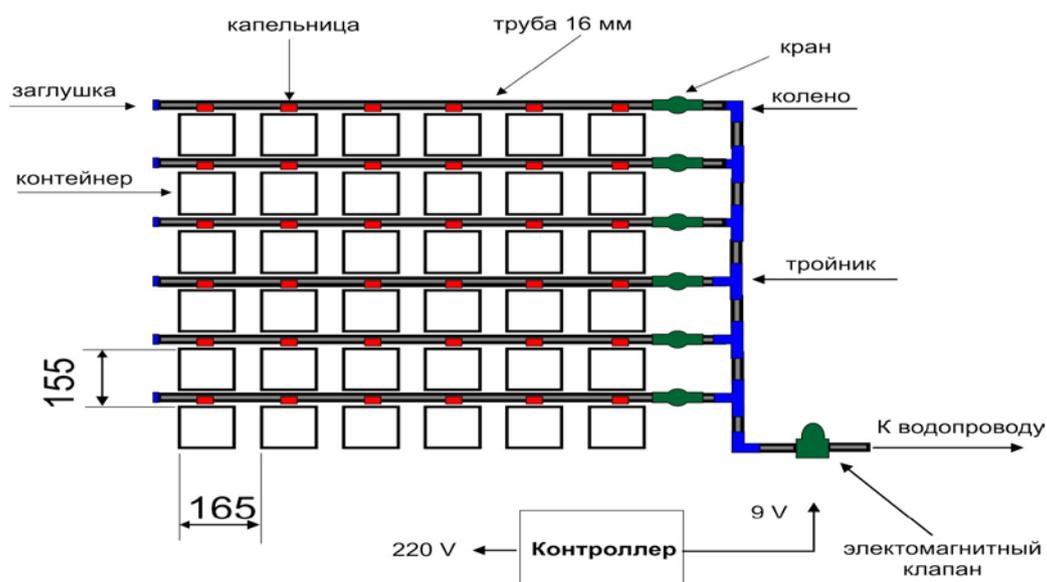


Рисунок 1. – Пример автополива растений в фитомодуле

Несмотря на положительные свойства каждого из типов орошения, все они не лишены недостатков:

1. При капельном поливе крайне важно качество воды. Если качество водопроводной воды низкое – это гарантированный известковый налет на всей гидравлической системе. Со временем капилляры

забиваются известью, а ввиду того, что на каждое растение идет отдельный капилляр, отследить вовремя отсутствие подачи воды практически невозможно. Капли, попадая на корень растения, оставляют после себя высолы, которые со временем обволакивают корневую систему растения, что может привести к гибели саженца.

2. Проточный полив предполагает, что питательный раствор стекает по ткани несколько раз в день, что приводит к интенсивному испарению раствора в атмосферу, к возможности образованию грибов и мхов на поверхности ткани. За достаточно короткий период появляется неприятный запах.

3. Минусом фитильного полива является то, что получить пышную стену с помощью данной подачи воды, довольно трудно.

Рассмотрев более подробно устройство фитильного орошения, нами разработан вариант, комбинирующий некоторые принципы.

В данную систему заложен принцип передачи жидкости одним гигроскопичным материалом – жгутом или веревкой, другому – гигроскопичному материалу. Высота подъема жидкости не зависит от давления атмосферы и обратно пропорциональна радиусу жгута, веревки. Тем самым появляется возможность регулировать количество подачи питательного раствора к корням: чем больше радиус жгута, тем больше жидкости он будет в себя впитывать и передавать корням растений.

В качестве гигроскопичного материала выступает полимерный войлок. Он имеет капиллярную структуру, которая впитывает воду и проводит её через себя до всех рядов растений. Жгуты-фитили, которые будут напитывать войлок влагой, изготовлены из синтетических материалов: они хорошо проводят воду и не гниют, в отличие от натуральных материалов.

Метод предлагаемого фитильного орошения предполагает:

- использование для жидкости резервуара любого объема и формы;
- отсутствие внешних источников энергии и систем управления для организации орошения;
- низкую стоимость организации орошения.

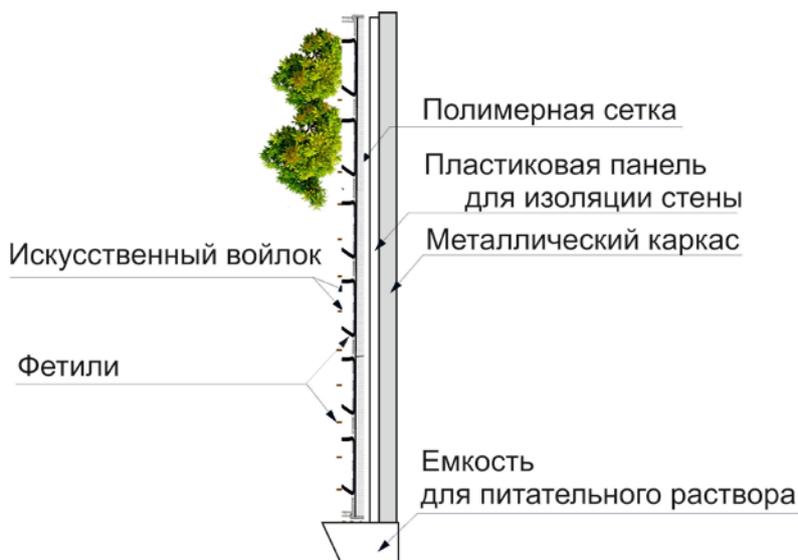


Рисунок 2. – Схема орошения растений в фитомодуле фитильным способом

Данный метод обеспечит:

- стабильно контролируемый рост растений;
- отсутствие развития грибков и плесени в фитомодуле;
- отсутствие шума от насоса или помпы;
- привлекательную эстетическую составляющую фитомодуля.

Подводя итоги, можно выделить положительные стороны беспочвенного выращивания растений в фитомодулях. Первое – такая конструкция действует в качестве естественного воздушного фильтра: очищает помещение от грязных потоков воздуха, эффективно воздействует на самочувствие и здоровье человека. Второе – беспочвенное выращивание растений позволяет избежать осыпания грунта из емкости с растением, распространения грибков и паразитов, обеспечивает корни растения всеми необходимыми для роста компонентами. Подобранный фитильная система орошения делает возможным максимально экономично и комфортно выращивать растения в фитомодуле, делая интерьер не только привлекательным, но и экологически полезным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Википедия [Электронный ресурс] / Гидропоника. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/>. – Дата доступа: 26.09.2017.
2. ОгородСадовод [Электронный ресурс] / Что собой представляет гидропоника и зачем она нужна. – Режим доступа: <http://ogorodsadovod.com>. – Дата доступа: 26.09.2017.
3. Википедия [Электронный ресурс] / Аэропоника. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/>. – Дата доступа: 26.09.2017.
4. Ландшафтный дизайн Rozari [Электронный ресурс] / Обустройство фитомодуля. – Режим доступа: <http://rozarii.ru>. – Дата доступа: 27.09.2017.
5. Гидропоника [Электронный ресурс] / Фитильная система. – Режим доступа: <http://www.ponics.ru>. – Дата доступа: 27.09.2017.
6. Комнатные растения [Электронный ресурс] / Как создать «ковровый» вертикальный сад. – Режим доступа: <https://www.domrastenia.com>. – Дата доступа: 27.09.2017.

УДК 72.012

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИЗАЙН-ПРОЕКТА ИНТЕРЬЕРА

С.А. МОНИЧ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. О.В. ЛАЗАРЕНКО)

Рассмотрены разновидности конструктивных систем для вертикального озеленения интерьера, проведен анализ и сравнение конструкций, предложен оптимальный вариант конструкции с точки зрения эстетичности, энергозатрат и экологичности.

Вертикальное озеленение – это выращивание декоративных растений на различных конструкциях в вертикальном направлении. Озеленение зданий практикуется уже несколько столетий. Здания озеленяют с помощью садов на крышах, тем самым крыша становится полезной эксплуатируемой площадью. Озеленяются фасады зданий вьющимися растениями, которые располагаются на стене без какой-либо конструкции или опоры. Особой вехой в развитии «зеленых» фасадов послужило изобретение французского ботаника и архитектора Патрика Бланка. Его идея – выращивание растений в беспочвенной среде. По мнению Бланка «почва – всего лишь механическая поддержка. Растениям важны только вода и минералы, которые находятся в этой почве, а также свет и углекислый газ для фотосинтеза». Патрик Бланк разработал конструкцию гидропонного вертикального озеленения фасадов зданий, тем самым решив вопрос орошения растений.

В настоящее время существует некоторое количество конструктивных систем для беспочвенной высадки растений на вертикальную плоскость фасадов. Постепенно озеленение перешло с экстерьера здания в интерьер, но суть озеленения не изменилась: растения по-прежнему получают питательные вещества из обогащенного водного раствора, а не из почвы. В интерьере вертикальное озеленение имеет следующие виды: фитомодуль, который может быть стационарным или переносным, фитокартина, как самый компактный способ озеленения без серьезного вмешательства в существующую отделку, фито-стена – большая стационарная конструкция от пола до потолка. Выбор размера и конструктивного решения зависит от назначения помещения, его функций, места расположения относительно стороны света и площади помещения.

Вертикальные сады Патрика Бланка легли в основу дальнейших разработок конструкций гидропонных модулей. «Зеленая» стена Бланка состоит из трех частей: металлического каркаса, слоя ПВХ и слоя войлока. Металлический каркас вешается на стену или может стоять рядом с ней. Каркас обеспечивает подачу воздуха, служа системой изоляции тепла и звука.

Слой ПВХ в 1 см крепится к металлическому каркасу. Этот слой придает крепость всей структуре, делая ее водонепроницаемой. К слою ПВХ крепится слой войлока из полиамида. Этот войлок с микрокапиллярной структурой не гниет, а его повышенная капиллярность позволяет равномерно распределять воду. Этот метод устройства садов запатентован, поэтому другие дизайнеры применяют похожий по своим свойствам природный материал – мох-сфагнум.

Корни растений растут в войлочном слое. Растения размещают в виде семян, побегов или уже сформировавшихся растений. Плотность высадки примерно 30 растений на квадратный метр.

Полив осуществляется сверху. Воду из-под крана необходимо снабжать питательными веществами. Полив и удобрение происходит автоматически.

Для насыщения зелеными насаждениями интерьера здания используют похожие конструктивные системы.

Одним из них является готовый модуль из ПВХ. Он представляет собой простой тип конструкции: легко устанавливается, мобильный и не требует подключения к водопроводной трубе. Резервуар для воды находится прямо под растениями. Насос-помпа подает воду наверх, откуда она через форсунки питает



Рисунок 1. – Вертикальное озеленение по Бланку



Рисунок 2. – Модуль ПВХ



Рисунок 3. – Горшочная система «Urbio»

систем. Например, настенные модули от компании «Urbio». Система «Urbio» состоит из цветочных горшков из эко-пластика, которые могут располагаться на любой вертикальной поверхности. Для крепления модулей предусмотрен мощный магнит, но также модуль можно прикрепить к стене с помощью дополнительных болтов. Модули MINI-GARDEN – это мобильная система озеленения: модули можно передвигать, ставить друг на друга, создавая нужную высоту и длину зеленой стены.



Рисунок 4. – Текстильные системы на войлочной основе



Рисунок 5. – Сетчатая система с закрепленными растениями

растения влагой. Излишки воды возвращаются обратно в резервуар. Образуется замкнутая система полива. Время от времени вода в резервуар доливается до необходимого уровня. Сам модуль крепится к стене без необходимости предварительной гидроизоляции, так как в каркасе модуля предусмотрен гидроизолирующий слой

гаются строго в отведенном ему отсеке модуля (горшочке). Также, конструкция самого модуля будет видна, если растение недостаточно пышное или имеет мелкие листья, что ухудшит эстетический вид. Система из сетки с закрепленными на ней готовыми модулями сложна в монтаже, занимает большую площадь и крепится исключительно к стене, что не позволяет, впоследствии, переместить конструкцию без полного ее демонтажа. Войлочная система является оптимальным вариантом для создания в помещении вертикального озеленения вне зависимости от размеров. При монтаже данной конструкции стоит обустроить гидроизоляцию стены, у которой будет находиться конструкция.

Учитывая вышеуказанные недостатки, нами разработана следующая конструктивная схема беспочвенного озеленения:

- металлический каркас;
- пластиковая панель для изоляции стены;
- полимерная сетка;
- два слоя гигроскопичного искусственного войлока;
- емкость для питательного раствора;
- растения высаживают в прорези в войлоке.

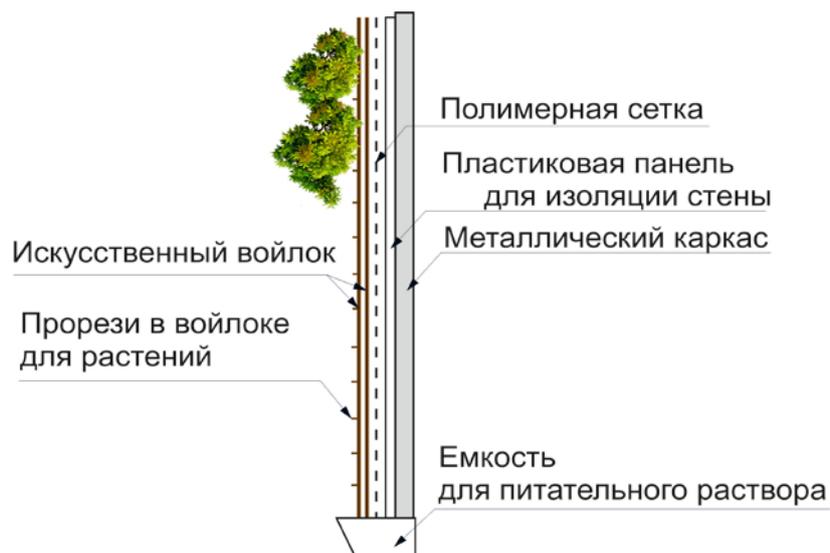


Рисунок 6. – Схема конструкции модуля

Подводя итог статьи, можно выделить, что вертикальное озеленение имеет место быть не только на фасадах зданий, но также и в его интерьерах. Современные технологии позволяют максимально разнообразить конструктивную систему: вариативность размеров, материалов, каркасов и систем полива. Такой выбор помогает дизайнеру создавать неповторимые композиции из зеленых насаждений и оригинально использовать их в интерьере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Укдом [Электронный ресурс] // О вертикальном озеленении. – Режим доступа: <https://ykdom.ru>. – Дата доступа: 20.09.2017.
2. Syl [Электронный ресурс] // Вертикальные сады: конструкция, особенности ухода. – Режим доступа: <https://www.syl.ru>. Дата доступа: 20.09.2017.
3. RussiaPost [Электронный ресурс] // Вертикальные сады Патрика Бланка. – Режим доступа: <http://www.russiapost.ru>. – Дата доступа: 21.09.2017.
4. Ландшафтный дизайн [Электронный ресурс] / Как создать вертикальный сад. – Режим доступа: <http://landscapedesign.ru>. – Дата доступа: 23.09.2017.
5. Ландшафтный дизайн RozaG [Электронный ресурс] / Вертикальное озеленение. – Режим доступа: <http://rozagii.ru>. – Дата доступа: 23.09.2017.
6. Бесплатная интернет библиотека [Электронный ресурс] / Вертикальное озеленение как способ экологического формирования предметно-пространственной среды офисных помещений. – Режим доступа: <http://book.lib-i.ru>. – Дата доступа: 26.09.2017.

УДК 691.327.333

**К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ СКОРОСТИ НАБОРА
ПЛАСТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ПЕНОБЕТОНОМ****М.С. КОРШУНОВА***(Представлено: А.А. ДРАГЕЛЬ)*

Рассмотрены основные добавки, применяемые для ускорения набора пластической прочности пенобетоном. Приведены принцип действия, область применения, дозировка и основные физико-химические свойства данных добавок. Рассмотрена методика определения пластической вязкости, предложенная С.Я. Вейлером, основанная на выдерживании рифлёных пластинок из пенобетонной смеси.

При изготовлении бетонных изделий после перемешивания компонентов и уплотнения смеси в результате физико-химического взаимодействия частиц цемента с водой в течение длительного времени наблюдаются объёмные изменения бетона – расширение или усадка. Этими явлениями стремятся управлять в зависимости от требуемых свойств конечной продукции путём введения добавок.

Технология изготовления пенобетона постоянно совершенствуется, вносятся предложения по использованию новых и эффективных добавок, модернизации технологических процессов, что позволяет повысить уровень и стабильность качества стенового материала. Основная идея исследований заключается в поиске эффективных добавок и способов их введения для модификации пенобетонной смеси с целью уменьшения усадочных деформаций и повышения прочности, водостойкости, паропроницаемости пенобетона, а также для повышения теплозащиты и трещиностойкости ограждающих пенобетонных конструкций.

При выборе цемента для пенобетона, прежде всего надо обратить внимание на те качества, которые сокращают сроки схватывания цементного теста. Чем быстрее схватится пенобетон в форме – тем качественней получится его структура. По некоторым технологиям пенобетона смесь находится в формах по двое-трое суток, но схватываться она должна максимально быстро. Главное – *быстрое схватывание цемента обеспечивает качественную структуру пенобетона*. Объясняется это следующим образом: пористость пенобетону придаёт пенообразователь, стабильность пены – не безгранична, очень хороший пенообразователь сможет выдержать бетонную массу всего лишь несколько часов, затем наступает разрушение пузырьков воздуха и проседание (усадка) пенобетона [1].

Сроки схватывания цемента обозначают время, за которое твердение цементного теста переходит из коагуляционной в кристаллическую фазу и фактор этот не зависит от технологии пенобетона. Коагуляционные процессы начинаются с момента затворения цемента водой и переходят в кристаллизацию по окончании сроков схватывания. Во время коагуляции цемент можно замешивать, транспортировать в формы, разравнивать без ущерба для будущего качества бетона – во время кристаллизации, любое механическое воздействие на цементное тесто приводит к невозвратному разрушению ещё слабой, не набравшей прочности, структуры бетона. Особенно пагубно сказывается нарушение кристаллизационной структуры на прочность цементного камня при производстве пенобетона по любой из технологий. Если пенообразователь уже не может удерживать на своих пузырьках цементную массу, а раствор ещё не схватился и не в состоянии держать отформованный объём самостоятельно, происходит проседание и разрушение кристаллизационной структуры пенобетона.

Эффект применения ускорителей твердения бетона заключается в активации процессов гидратации цемента. Результатом энергичных реакций обмена, вызванных применением ускорителей схватывания, является активное выделение свободной извести и повышение растворимости силикатных составляющих цемента. Увеличение скорости коагуляции коллоидного раствора, посредством применения ускорителей схватывания, приводит к стремительному сближению частиц гидратных новообразований и зёрен цемента [3].

Характер воздействия разных добавок-ускорителей на цементное тесто неодинаков, это даёт возможность достижения необходимого эффекта именно в данном конкретном случае применения бетонного раствора.

Классический ускоритель – хлорид кальция. Его обычно добавляют 1-2% от массы цемента в растворе. Главная проблема, связанная с его применением, что в отличие от обычных бетонов, в пенобетоне одна из составляющих – пенообразователь, должна поддерживать форму пузырьков в течение нескольких часов. Хлористый кальций реагирует с пенообразователем и поэтому возможна большая усадка [4].

В процессе исследования рынка, было выяснено, что на данный момент есть только несколько ускорителей твердения, разработанных специально для пенобетона. Рассмотрим некоторые из них.

Один из ускорителей выпускается 2-х типов и, соответственно, называется Простон-Д18 и Простон-Д19. Они позволяют производить пенобетон при температуре до 5 градусов и ускоряют процесс первичного схватывания примерно в 3 раза, и последующего твердения примерно на 50%.

Применение:

- при производстве пенобетона для ускоренного схватывания и более полной реакции за короткий срок, что позволяет значительно уменьшить усадку;

- при производстве любых бетонов (пенобетонов) при низких (менее +10 °С) температурах. Особенно незаменим, когда после дневной заливки бетона (пенобетона) температура в ночное время может опускаться ниже нуля. Позволяет выдерживать временное понижение температуры до –10 °С без потери качества бетона (пенобетона);

- при производстве любых бетонов (пенобетонов) при высоких (более +25 °С) температурах. Позволяет прореагировать цементу до испарения воды из раствора, что понижает вероятность растрескивания;

- улучшает обрабатываемость бетона и снижает водоотделение.

Асилин-12 – жидкий ускоритель твердения для работы с бетонами при пониженных и повышенных температурах. Безвреден для человека. Не горюч, не токсичен, не взрывоопасен. За счет того, что ускоритель находится в жидком состоянии, реакция с бетоном проходит более полно, чем в случае с порошкообразными растворителями и это улучшает результат примерно на 30%.

Асилин-12 представляет собой пастообразную жидкость темного цвета. Рекомендуется для использования при температурах ниже +10 градусов по С и выше +25 градусов по С. Добавляется в раствор на стадии замеса. Позволяет сократить цикл бетонных работ (при заливке в формы или опалубку) в 1,5 – 2 раза.

Применение:

- при производстве пенобетона для ускоренного схватывания и более полной реакции за короткий срок, что позволяет значительно уменьшить усадку;

- при производстве любых бетонов (пенобетонов) при низких (менее +10 градусов по С) температурах. Особенно незаменим, когда после дневной заливки бетона (пенобетона), ночью может стать температура ниже нуля. Позволяет выдерживать временное понижение температуры до –10 градусов по С без потери качества бетона (пенобетона);

- при производстве любых бетонов (пенобетонов) при высоких (более +25 градусов по С) температурах. Позволяет прореагировать цементу до испарения воды из раствора, что понижает вероятность растрескивания;

- улучшает обрабатываемость бетона и снижает водоотделение.

Комплексная добавка для пенобетона Форт УП-2ПБ применяется при производстве неавтоклавных пенобетонных изделий для ускорения процессов гидратации цемента. Её применение обеспечивает через 8 – 12 часов распалубочную прочность изделий. Помимо увеличения кинетики набора прочности, добавка также существенно снижает усадку пенобетона, вследствие чего не появляются усадочные трещины и не снижается отпускная прочность изделий. Если при изготовлении пенобетонной смеси при помощи добавки Форт УП-2ПБ снижать водоцементные отношения, то можно достичь ярко выраженного эффекта ускорения набора прочности. Дозировка, в зависимости от марки цемента, подбирается индивидуально – минимальная – 0,5% максимальная – 0,7% от массы цемента по сухому веществу.

При температуре воздуха на производстве +10°С и выше:

- уменьшить сроки нахождения пенобетона в форме;

- получить более полную реакцию цемента, что позволяет значительно уменьшить усадку пенобетона;

- увеличить отпускную прочность изделий;

- обеспечивает ускорение схватывания и твердения, а также даёт более полную реакцию цемента за короткий срок, что позволяет значительно уменьшить усадку пенобетона;

- контактируя с низкократной пеной стабилизирует и бронирует её;

- повышает удобоукладываемость и уменьшает расслаиваемость пенобетонной смеси;

- при производстве пенобетона при высоких (более +20°С) температурах позволяет прореагировать цементу до испарения воды из раствора, что понижает вероятность растрескивания;

- снижает водопотребность пенобетонной смеси на 15–20 % и повышает конечную прочность;

- при введении модификатора по методу сухой минерализации даёт дополнительный нагрев пенобетонной смеси;

- снижает сроки нахождения пенобетона в форме и тем самым сокращается суммарный период значительной усадки.

Для определения эффективности влияния добавок-ускорителей на кинетику набора пластической прочности используется метод выдергивания пластины, разработанный С.Я. Вейлером. Его сущность заключается в определении усилия, необходимого для сдвига рифленой пластинки, погруженной в исследуемую систему [2].

Прибор для определения пластической прочности пенобетонной смеси состоит из лабораторных равноплечих весов, на одном конце коромысла которых чаша для грузиков, на втором – рифленая пластинка размером 2×3 см, которая опускается в испытываемую смесь. Схема прибора приведена на рисунке 1.



Рисунок 1. – Установка для опыта

Для проведения эксперимента изготавливают пенобетонную смесь и заполняют ею одинаковые мерные емкости (пластиковые стаканчики). В каждую из проб исследуемой смеси погружают рифленую пластинку на одинаковую глубину. Количество проб должно соответствовать количеству временных интервалов, по истечению которых будет определяться пластическая прочность (обычно 10–12 проб). Испытания проводят через час с момента изготовления смеси и далее с таким же интервалом до тех пор, пока рифленая пластина не перестанет выдергиваться из смеси.

Пластическую прочность, г/см^2 ($\text{Па} \times 10^{-1}$), выраженную предельным напряжением сдвига, определяют по формуле:

$$P_m = \frac{F}{2 \cdot S},$$

где F – величина нагрузки, необходимая для сдвига пластины, погруженной на одну и ту же глубину исследуемой массы, и численно равная массе грузок на чаше весов, г;
 S – площадь пластинки, см^2 .

Таким образом, в данной работе рассмотрены современные добавки-ускорители твердения пенобетона. Приведены их принципы действия, область применения, физико-механические свойства. Для дальнейших исследований по данной тематике будет использован метод С.Я. Вейлера, основанный на выдёргивании рифлёной пластины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Портник, А.А. Всё о пенобетоне / А.А. Портник, С.Р. Ружинский, А.В. Савиных. – СПб., 2003. – 224 с.
2. Исследование свойств пенобетонных смесей [Электронный ресурс] // Сборник научных трудов студентов России. – Режим доступа: <http://www.cs-alternativa.ru/text/2114>. – Дата доступа: 24.03.2017.
3. Состав и материалы для производства пенобетона // Стройбетон [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ibeton.ru/othermaterials1.php>. – Дата доступа: 04.06.2017.
4. Добавки для производства пенобетона [Электронный ресурс] // Стройбетон. – Режим доступа: <http://www.ibeton.ru/a52.php>. – Дата доступа: 17.02.2017.

УДК 691.327.333; 624.94.014.2

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ПЕНОБЕТОНА И ЛСТК**М.С. КОРШУНОВА***(Представлено: А.А. ДРАГЕЛЬ)*

Представлена история возникновения и развития пенобетона, как эффективного строительного материала. Изучен мировой опыт производства зданий и сооружений из ЛСТК, рассмотрены основные достоинства и недостатки совместного использования ЛСТК и пенобетона при возведении зданий различного назначения.

История пенобетона берет свое начало в тридцатых годах прошлого века. Советский ученый, строитель-экспериментатор Брюшков добавил в цементный раствор мыльный корень - растение, обитающее в Средней Азии и образующее пену. В итоге появился новый строительный материал - пенобетон. На основе этих разработок стали изготавливать строительные материалы из пенобетона - блоки, перегородки, стеновые панели, которые по своим теплоизоляционным свойствам превышали кирпич и тяжелые бетоны в 3-5 раз. Но, не смотря на свои уникальные теплотехнические свойства, этот строительный материал прижился не сразу. Строители предпочитали использовать в основном традиционные строительные материалы – кирпич, железобетон, древесину.

В постсоветский период, в связи с резким ростом цен на энергоносители, снова возрос интерес к строительству из пенобетона. Использование энергоемких и громоздких автоклавов стало нерентабельным, и производство пенобетона стало происходить по другим технологиям. Самым распространенным способом стало изготовление неавтоклавного пенобетона с помощью парогенератора. Готовый закрытопористый пенобетон имеет более низкий коэффициент водопоглощения, чем автоклавный пенобетон, более прочен, долговечен и дешевле [3].

Пенобетон подвергли анализу и провели ряд испытаний. Для эксперимента выложили две стены – одну из кирпича, другую из пенобетона. Оказалось, что для того, чтобы одинаково сохранить тепло в помещении, кирпичная стена должна быть в пять раз толще пенобетонной. Кроме того, испытания показали, что данный материал является хорошим звукоизолирующим материалом.

В Германии, Голландии, Скандинавских странах, Чехии пенобетон пользуется особой популярностью. Причем, в Чехии блоки из него называют «биоблоками», поскольку в качестве исходного сырья используются только экологически чистые природные компоненты: цемент, песок, вода. Популярность пенобетона не случайна и объясняется тем, что его легко произвести не только на больших заводах с дорогим оборудованием, но и непосредственно на стройке или на небольшом производстве. А практика давно доказала, если технология стала доступной для мелкого и среднего бизнеса, то её ждет большое развитие [1].

Пористая структура полностью формируется в очень короткий промежуток времени в условиях механического перемешивания под избыточным давлением. Поэтому температура окружающей среды, точность дозирования компонентов, в том числе строгое выдерживание водоцементного отношения, постоянство свойств вяжущего и кремнеземистых заполнителей не оказывают в этом случае большого влияния на свойства материала, как для газобетонов. Основной показатель ячеистого бетона - средняя плотность, легко корректируется непосредственно в ходе технологического процесса. Это очень важно при изготовлении таких бетонов на малых предприятиях или строительных площадках.

В условиях постоянного истощения природных ресурсов очень важным критерием при постройке зданий и выборе строительных материалов является степень обеспечиваемой ими теплоизоляции, т.к. потеря тепла в большом количестве осуществляется через ограждающие конструкции зданий. Стоит отметить, что в современном строительстве применяется широкий спектр теплоизоляционных материалов, уже нашедших применение в строительстве. Это, прежде всего, минераловатные утеплители, пенополистирол, пенополиуретан. Однако, многие из них, в сравнении с пенобетоном, имеют существенные недостатки. К примеру, минераловатные утеплители дают осадку, намокают, что с одной стороны уменьшает теплозащиту, а с другой – увеличивает нагрузку при их применении в утеплении кровель. Новая конструкция с применением пенобетона в качестве утеплителя обладает рядом преимуществ, представляя, тем не менее, основу для дальнейших совершенствований ее свойств.

Экологическая чистота, влагостойкость, долговечность, высокая огнестойкость, малый вес, лёгкость в обработке, хорошая тепло- и звукоизоляция, морозостойкость, – все эти достоинства позволяют использовать пенобетон в качестве теплоизоляционного материала при возведении зданий и сооружений из ЛСТК.

Совмещение лёгких стальных тонкостенных конструкций и монолитного пенобетона позволяет строить здания высокого уровня качества. Прочные, надёжные и долговечные сооружения идеально подойдут как для частного проживания, так и для коммерческого использования.

Технология строительства зданий с использованием легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) успешно применяется в развитых странах по всему миру, начиная с середины прошлого столетия. Опыт развитых стран мира показывает, что во многих из них достаточно широко и эффективно используется технология строительства зданий. Эта технология развивалась на стыке строительства и машиностроения. Разработка альтернативной технологии является плодом многолетнего тесного сотрудничества инженеров-конструкторов, архитекторов, производителей и подрядчиков. Возведение каркасного жилья стало возможно во многом благодаря введению в строительную индустрию машиностроительных методов, которые позволили повысить качество и точность строительства, снизить затраты и сократить сроки [5].

Именно использование машиностроительных методов обеспечило высокую эффективность данной технологии и позволило перенести большую часть строительных проблем в заводские условия. Благодаря этому объем работ на строительной площадке сокращается до минимума, а соответственно резко возрастает скорость строительства без ущерба качеству.

Во всем мире растет потребление металла. Он признан одним из самых перспективных материалов будущего. В то же время с каждым годом увеличиваются мощности по производству металла во всем мире. Соответственно цены на металл как на сырьё для дальнейшей обработки одни из наиболее стабильных, и не существует опасности возникновения дефицита металла в будущем [6].

Строительство с применением ЛСТК бурно развивается в Европе (больше в ее скандинавской части), Восточной Азии, США и Австралии. В Великобритании доля ЛСТК занимает приблизительно 20% в общем объеме жилого строительства. Доля ЛСТК в объеме строительства жилых домов по США в зависимости от региона составляет 5-15%. В Канаде – около 10%. Для Беларуси строительство с применением легких стальных тонкостенных конструкций – это достаточно новая область, однако в течение последнего десятилетия наблюдается развитие строительства с использованием ЛСТК.

Совместное применение ЛСТК и пенобетона дает дополнительное положительное воздействие друг на друга. Монолит придает жесткость конструкции, снижая эффект скручивания ЛСТК, что позволяет уменьшить металлоемкость здания. С другой стороны, несущая способность ЛСТК дает возможность уменьшить плотность пенобетона для улучшения теплопроводных качеств.

Удобство монолитно-каркасной технологии заключается ещё и в том, что не требуется привлечение тяжёлой строительной техники. Металлический каркас коттеджа (до 200 кв. м) строительная бригада из шести человек соберёт всего за неделю.

Скорость строительства тормозит заливка пенобетоном, поскольку это происходит постепенно (слоями не более метра), иначе пенобетон начинает уплотняться под действием собственного веса. И, чтобы укладывать второй слой, нужно, чтобы первый набрал определенную прочность.

Преимущества конструкции в сравнении с традиционными аналогами:

1. Комплексная экономия материальных, трудовых и энергоресурсов.
2. Сокращение сроков строительства.
3. Всесезонность строительства (независимость от погодного фактора).
4. Легкие фундаменты: экономия на нулевом цикле.
5. Универсальность конструкций.
6. Возможность индивидуальных архитектурных, планировочных и отделочных решений.
7. Высокая прочность, сейсмостойкость и огнестойкость.
8. Возможность экономичного строительства в сложных климатических зонах.
9. Долговечность и надежность.
10. Энергоэффективность, снижение эксплуатационных расходов на отопление и кондиционирование.
11. Экологичность (возможность рецикла).
12. Элементы зданий и их соединений унифицированы, что позволяет в короткие сроки выполнить проектирование, изготовление и монтаж конструкций здания.
13. Снижение себестоимости накладных расходов (на транспортировке до места стройки; на значительном снижении потребности в подъёмных механизмах; на уменьшении площадей складирования на строительной площадке; на отсутствии необходимости в устройстве лесов)
14. Возможность использовать наружную стену для скрытой прокладки инженерных сетей
15. Увеличение продаваемой жилой площади за счет уменьшения толщины стен на 10 и более сантиметров, что дает 10-15% к площади.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что данная технология совместного применения пенобетона и ЛСТК экономически целесообразна и перспективна, не смотря на ряд существенных недостатков, одним из которых является медленный набор прочности. Решение существующих проблем позволит данной технологии занять одну из лидирующих позиций на рынке возведения зданий и сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Махамбетова, У.К. Современные пенобетоны / У.К. Махамбетова, Т.К. Солтанбеков, З.А. Естемесов. – СПб. : ГУПС, 1999. – 161 с.
2. Портик, А.А. Всё о пенобетоне / А.А. Портик, С.Р. Ружинский, А.В. Савиных. – СПб., 2003. – 224 с.
3. История развития пенобетона [Электронный ресурс] // Справочник строителя. – Режим доступа: http://baugum.ru/_library/?cat=easy_concrete&id=4623. – Дата доступа: 05.09.2017.
4. Открываем предприятие по производству пенобетона [Электронный ресурс] // Журнал бизнес-идей. – Режим доступа: https://vproizvodstvo.ru/idei/proizvodstvo_penobetona/. – Дата доступа: 13.07.2017.
5. Строительство домов ЛСТК: всё о технологии [Электронный ресурс] // РКЗВХ. – Режим доступа: <http://lstkclub.ru/stroitelstvo-domov-lstk/>. – Дата доступа: 17.08.2017.
6. Мезенцева, Е.А. Быстровозводимые здания из легких стальных конструкций / Е.А. Мезенцева, С.Д. Лушников // Вестник МГСУ. Спецвыпуск. – 2009. – № 1. – С. 62–64.
7. Орлова, А.В. Энергетическая эффективность домов из ЛСТК / А.В. Орлова, Е.Н. Жмарин, К.О. Пармонов // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2013. – № 6 (11). – С. 1–13.

УДК 666.973.2

**ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ОЧЕСА ВОЛОКНА ЛЬНА
МЕТОДОМ СВЕТОВОЙ МИКРОСКОПИИ****С.А. РОМАНОВСКИЙ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.А. БАКАТОВИЧ)*

Рассмотрены результаты исследований по изучению микроструктуры очеса волокна льна с помощью световой микроскопии. Установленные морфометрические параметры льняного очеса, а также подтверждение наличия пустотного канала в элементарном волокне обеспечивает возможность применения очесов в качестве сырья для теплоизоляционных материалов.

Современное состояние строительного рынка отражает положительную тенденцию в направлении создания новых теплоизоляционных материалов, что обусловлено политикой энергосбережения, в условиях критичного удорожания энергетических ресурсов. Обеспечение необходимых показателей теплового сопротивления предопределяет широкое использование утеплителей. На сегодняшний день большое внимание уделяется научным исследованиям по рациональной утилизации отходов растениеводства. Растительное сырье, в качестве основных компонентов строительных материалов, используется при возведении различных объектов многие сотни лет, так как обладает ценными свойствами, такими как, доступность и распространённость, низкая плотность и низкая теплопроводность, невысокая стоимость. Перечисленные положительные характеристики обеспечивают востребованность и большие возможности для применения в строительстве [1]. Перспективным сырьем для производства теплоизоляционных материалов являются очесы волокна льна. Использование данного вида сырья для производства утеплителей позволит не только удовлетворить возрастающий спрос на теплоизоляционные материалы, но и решить проблему переработки очесов льна.

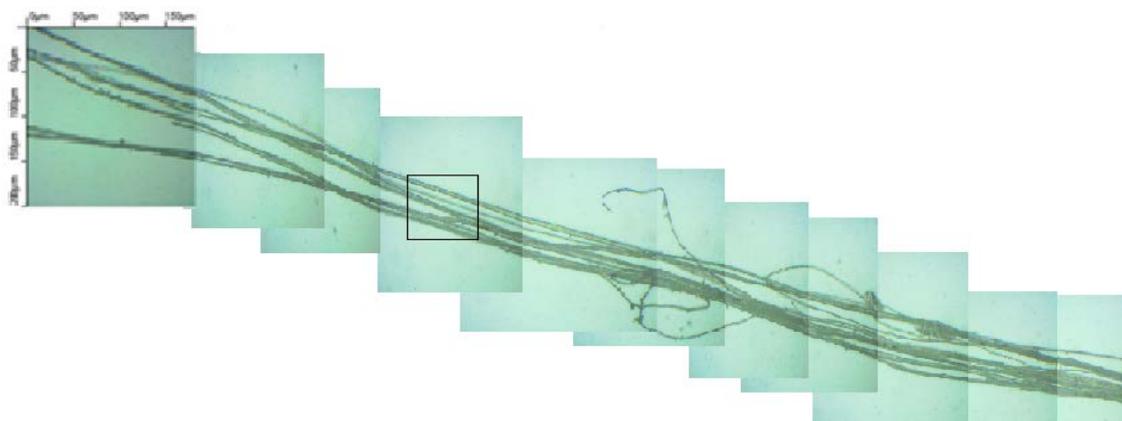
После созревания лен теребят и расстилают на поле в виде ленты для того, чтобы под воздействием естественной влаги на льне начали развиваться грибки, разрушающие пектиновые вещества, соединяющие волокно с древесиной стебля [2]. В результате из льняной соломки получается треста, с облегченным отделением волокна от стебля. Затем, полученное таким образом, льняное сырье поступает на льнозаводы для первичной переработки льна. На мяльно-трепальных агрегатах в процессе мятья и трепания волокна приобретают вид длинных прядей. Часть волокон при этом обрывается и попадает в отходы трепания. Для дальнейшей переработки льноволокно обычно поступает на льнокомбинаты, где длинное трепаное волокно подвергают чесанию. В результате чесания трепаного льна получают от 40–50% очесов волокна льна.

Пряжа, полученная из очесов, является достаточно жесткой и плотной, так как льняной очес является неоднородным по составу и содержит большое количество волокнистых пороков, что не позволяет получать из очесов конкурентоспособную пряжу низких плотностей. Несмотря на данный недостаток, очесы льна имеют достаточно широкую область применения. Из льняных очесов длиной 5–10 см изготавливают материалы для производства широкого ассортимента тканей технического и бытового назначения: бивочных, тарных, портьерных, мебельных и пр. Также очесы льна применяют для получения основы под отделочные материалы и напольные покрытия. Очесы, не подвергнутые прядению, используют для уплотнения резьбовых соединений трубопроводов [3]. Однако поиск путей максимального эффективного использования очесов для среды обитания человека на сегодняшний день остается открытым вопросом. Получение эффективных утеплителей с высокими теплотехническими показателями, обеспечивающие экологическую безопасность для человека, характеризующиеся пониженной горючестью, и не содержащих в составах органических, синтетических связующих, а также полимерных компонентов наполнителей будет являться наиболее актуальным решением поставленной задачи. На первоначальном этапе необходимо исследовать и проанализировать микроструктуру льняного очеса для установления параметров, обуславливающих физико-механические характеристики теплоизоляционных материалов.

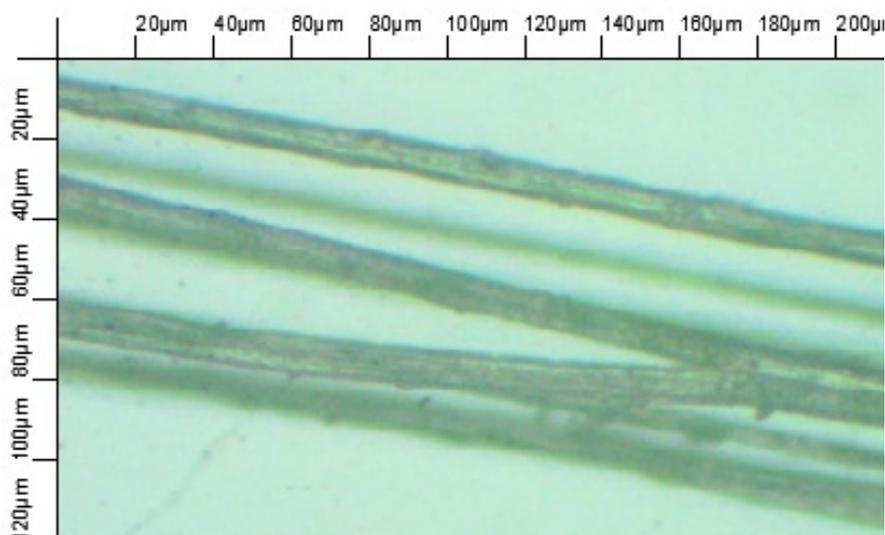
Изучение микроструктуры очеса волокна льна проводили с помощью световой микроскопии. Исследование микроструктуры на оптическом микроскопе «Альтами МЕТ 5С» позволяет получить изображения структуры поверхности исследуемых объектов. Данный микроскоп имеет специальный осветитель, установленный со стороны объектива, и построен по схеме отраженного света. Система призм и зеркал направляет свет на объект, далее свет отражается от непрозрачного объекта и направляется обратно в объектив. Образец помещали на предметный столик и фиксировали с помощью покровного стекла толщиной 3 мм. Полученное изображение выводилось на экран монитора и записывалось на жесткий диск компьютера. Использование компьютерной программы «Altami Stadio» позволяет совмещать полу-

ченные последовательные фотоснимки фрагментов образцов для увеличения участка изображения исследуемого материала.

С помощью световой микроскопии получены изображения внешнего вида очеса льна путем совмещения фотоснимков последовательно расположенных участков исследуемого образца. Например, на рисунке 1 *а* представлено изображение льняного очеса длиной 6 см. На изображении очеса волокна льна рамкой выделен фрагмент, увеличенный на рисунке 1 *б*.



а



б

Рисунок 1. – Световая микроскопия очеса волокна льна:
а – внешний вид очеса; *б* – элементарные волокна в очесе

Полученные изображения указывают на то, что очес волокна льна состоит из растрепанных пучков элементарных волокон (см. рис. 1 *б*). В очесе элементарные волокна периодически связываются друг с другом за счет хаотически расположенных контактных соединений. В результате формируется сетчатый волокнистый каркас, обеспечивающий прочное продольное соединение всей структуры очеса льна. Сетчатая пространственная волокнистая структура образуется благодаря боковым ответвлениям в виде элементарных волокон, связывающих очесы между собой. Элементарное волокно представляет собой растительную клетку веретенообразной формы. На микроснимке (см. рис. 1 *б*) в элементарных волокнах отчетливо просматриваются узкие внутренние каналы диаметром 4–6 мкм. Длина элементарных волокон варьируется от 10 до 40 мм при диаметре 8–12 мкм.

В структуре элементарного волокна различают несколько концентрически расположенных слоев, отличающихся различным светопреломлением [4]. Первая область оболочки является довольно тонкой и состоящей в основном из пектиновых веществ, склеивающих клетки между собой. Состоящая из целлю-

лозы первичная стенка со значительным содержанием гемицеллюлозы, пектинов и часто лигнина образует следующую область. Вторичная стенка состоит из целлюлозы и характеризуется различными показателями светопреломления из-за меньшего количества примесей вышеуказанных веществ. В начале развития элементарные волокна представляют собой клетки округлой формы, заполненные плазменным содержимым. По мере роста соответствующей зоны данные клетки удлиняются, оболочка их сильно утолщается с внутренней стороны и достигает такой толщины, что внутренняя полость с плазменным содержимым становится заметной лишь в виде очень узкого канала. Таким образом, результаты световой микроскопии по изучению строения волокна полностью подтверждают наличие пустотного канала в элементарном волокне.

По результатам световой микроскопии установлено, что льняные очёсы представляют собой растрепанные пучки элементарных волокон, имеющих хаотически расположенные контактные соединения между собой. Такая структура обуславливает формирование сетчатого волокнистого каркаса очёса льна. При контакте между собой очёсы волокон льна образуют пространственную сетчатую тонковолокнистую систему, что создаёт предпосылки для получения высокоэффективного теплоизоляционного материала.

Низкая теплопроводность утеплителя будет обеспечиваться за счет растрепанных пучков элементарных волокон, представляющих собой микротрубки диаметром 8–12 мкм, с пустотным каналом диаметром 4–6 мкм, что сопоставимо с размерами полнотелых волокон минеральной ваты, обеспечивающих формирование эффективной изолирующей структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Plant wastes in wood concrete manufacturing / S. Romanovsky [etc.] // European & national dimension in research. Architecture and civil engineering. – 2016. – С. 78–79.
2. Технология производства [Электронный ресурс] // Сайт проекта «Linen Mosclute"г». – Режим доступа: http://linen.moscluster.com/?page_id=43 /. – Дата доступа: 25.07.2017.
3. Очёсы льняные из длинного льноволокна [Электронный ресурс] / Сайт компании «Flagma». – Режим доступа: <https://minsk.flagma.by/ochyosy-lynyanye-dlinnogo-lnovolokna-o1858990.html> /. – Дата доступа: 25.07.2017.
4. Рогаш, А. Р. Льноводство / А.Р. Рогаш, Н.Г. Абрамов, Я.А. Лебедев. – М. : Изд-во Колос., 1967. – 139 с.

УДК 666.973.2

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
МИКРОСТРУКТУРЫ ВОЛОКНА КОРЫ МАСЛИЧНОЙ ПАЛЬМЫ****С.А. РОМАНОВСКИЙ***(Представлено: канд. техн. наук Н.В. ДАВЫДЕНКО)*

Представлены результаты исследований волокна коры масличной пальмы с помощью электронной микроскопии. Установлено, что волокно коры имеет шероховатую рельефную поверхность и по форме представляет полнотелый цилиндр с изменяющимся по длине диаметром от 40 до 200 мкм. Микроструктура волокна формируется из последовательно расположенных клеток диаметром 5–40 мкм. Полученные данные обеспечивают возможность применения волокна коры в качестве сырья для теплоизоляционных материалов.

Решение проблемы энергосбережения невозможно без применения высокоэффективных теплоизоляционных материалов. Однако, несмотря на то, что в последние годы вопросам расширения номенклатуры и повышения качества утеплителей уделяется большое внимание, на строительном рынке по-прежнему ощущается дефицит данной продукции. Постепенное истощение природных сырьевых ресурсов вызывает интерес к получению теплоизоляционных материалов из отходов сельскохозяйственного производства. С экономической точки зрения производить такие материалы необходимо вблизи объектов потребления, чтобы снизить транспортные издержки, а это в свою очередь, способствует вовлечению в производство местного сырья. В странах с теплым климатом многотоннажным волокнистым отходом являются волокна коры масличной пальмы, удовлетворяющие условиям получения недорогих высокоэффективных теплоизоляционных материалов.

С XV века масличную пальму стали выращивать в разных частях Африки, Юго-Восточной Азии и Латинской Америки [1]. В 1870 году пальмовые деревья впервые завезли в Малайзию и использовали как декоративное растение для украшения улиц городов. Промышленное выращивание масличной пальмы началось в XX веке. На тот момент производством масла из плодов пальмы занимались компании, производящие мыло и маргарин. В 1911 году голландские компании начали в больших масштабах разведение масличной пальмы в Индонезии, а в 1919 году англичане заложили первые плантации пальмового дерева в Малайзии. В этот период стали расширяться площади с посадками пальм в африканских странах. Все это привело к быстрому расширению площадей под выращивание масличной пальмы.

В последние десятилетия по причине мирового роста потребления пальмового масла в пищевой и косметической индустрии существенно увеличились посадочные площади плантаций пальмовых деревьев. Ведущую позицию в производстве пальмового масла занимает Малайзия [2]. Однако, на сегодняшний день, малайзийские производители масла столкнулись с проблемой утилизации большого количества вырубленных старых пальмовых деревьев. Как правило, стволы вырубленных деревьев гниют, или сжигают на плантациях. Однако волокна коры обладают высокой стойкостью к загниванию, поэтому разложение естественным способом является долговременным процессом и требует привлечения дополнительных земельных площадей. Кора масличной пальмы легко снимается со ствола и имеет волокнистую структуру. Волокна коры масличной пальмы нигде не используют, в результате каждый год необходимо утилизировать порядка 110 тыс. тонн коры. Анализ проблемы утилизации волокон коры позволяет предположить, что волокна коры пальмы в качестве основного компонента теплоизоляционных материалов может являться инновационным и перспективным решением по использованию данных отходов. На первоначальном этапе, для установления факторов, обуславливающих физико-механические характеристики теплоизоляционных материалов, необходимо исследовать и проанализировать микроструктуру волокон коры масличной пальмы.

Исследование морфологических особенностей волокна коры масличной пальмы осуществляли с использованием сканирующего электронного микроскопа «JSM-5610 LV». Наличие низковакуумного режима работы микроскопа дает возможность получать изображение с реальной поверхности и исследовать непроводящие объекты без пробоподготовки и нанесения проводящих покрытий. Присутствие двух типов детекторов позволяет получать изображения в режимах вторичных и обратноотраженных электронов. Все действия с микроскопом проводятся с помощью программного компьютера. Интерфейсная часть программного обеспечения микроскопа, состоящая из управляющей программы INCA Energy 450, запускается на персональном компьютере и служит для отображения, обработки и сохранения результатов измерений. Результаты измерений заносятся в протокол, генерируемый программой, и хранятся на жестком диске компьютера. Искажение данных при передаче через интерфейс связи исключается параметрами протокола.

В процессе исследований с помощью электронной микроскопии получены микроснимки поверхности, продольных и поперечных срезов волокна коры масличной пальмы. Например, на рисунках 1 и 2 представлены изображения поверхности и продольного среза волокна коры.

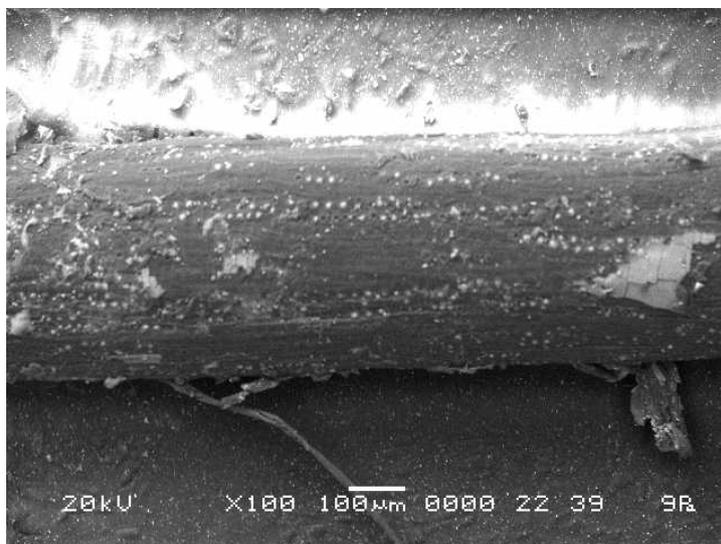


Рисунок 1. – Электронная микроскопия поверхности волокна коры масличной пальмы

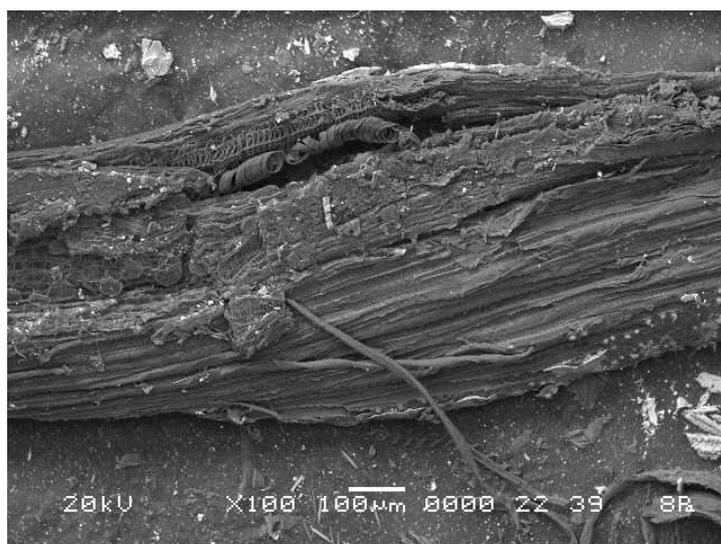


Рисунок 2. – Продольный разрез волокна коры

Полученные фотоснимки указывают на то, что волокно коры масличной пальмы имеет рельефную, шероховатую поверхность, что положительно влияет на прочность сцепления с вяжущим. На поверхности волокна также видна инкрустация microfibrил, обусловленная присутствием нецеллюлозных полисахаридов и пектина. При контакте с водой данные образования разрушаются. Волокно коры масличной пальмы имеет наружную и внутреннюю область, с расположением microfibrил по спирали. Наружная область состоит из целлюлозы и по структуре представляет более или менее характерные спирали диаметром 5–10 мкм, заполненные межклеточным веществом, содержащим лигнин, вследствие чего многие спирали не просматриваются. На долю внутренней области приходится до 80% от общего волокна. Отличительной особенностью данной области является то, что microfibrиллы закручены в одном направлении вдоль оси волокна. Каждая клетка в диаметре 20–40 мкм отделена от соседней тонким слоем межклеточного вещества, а связь между соседними клетками осуществляется через тонкие цитоплазматические тяжи – плазмодезмы, пронизывающие стенки.

По результатам электронной микроскопии установлено, что волокно коры по форме выглядит как полнотелый цилиндр с изменяющимся по длине диаметром от 40 до 200 мкм. Поверхность волокна коры

масличной пальмы имеет шероховатую рельефную фактуру, что должно обеспечивать высокую прочность сцепления с вяжущим. Микроструктура волокна формируется из последовательно расположенных клеток диаметром 5–40 мкм с увеличением толщины стенок во внешнем направлении. Возможно предположить, что при использовании волокон в качестве заполнителя ячеистая микроструктура будет способствовать получению утеплителя с высокими теплоизоляционными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Масличная пальма самая урожайная [Электронный ресурс] // Здоровье семьи. – Режим доступа: <https://lidialuchnina.ru/maslichnaya-palma-samaya-urozhajnaya/>. – Дата доступа: 14.01.2017.
2. Давыденко, Н.В. Теплоизоляционные плиты на основе отходов растениеводства и неорганического вяжущего : дисс. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Н.В. Давыденко. – Новополюк, 2016. – 48 с.

УДК 691: 676.034

**ВЛИЯНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ БАМБУКА НА ПРОЧНОСТНЫЕ И ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ СТЕНОВОГО МАТЕРИАЛА****А.В. ДОЛЖОНОК, С.А. РОМАНОВСКИЙ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.А. БАКАТОВИЧ,
канд. техн. наук, доц. Н.В. ДАВЫДЕНКО)*

Представлены результаты исследований по разработке стенового материала содержащего в качестве крупного заполнителя дробленый бамбук. Проанализированы показатели прочности, плотности и теплопроводности полученных образцов. Выполнена электронная микроскопия крупного заполнителя. Рассмотрено влияние микроструктуры бамбука на теплофизические и прочностные характеристики стенового материала.

В последние годы растет интерес к использованию природного растительного сырья в качестве заполнителя для композитных материалов. С повышением требований по энергосбережению и экономии природных ресурсов возрастает целесообразность использования экологически чистых альтернативных материалов. Значительный интерес вызывает применение бамбука, в качестве заполнителя для стеновых материалов. Учитывая соответствующие механические показатели, быструю возобновляемость и низкую стоимость, бамбук может являться реальной альтернативой традиционным растительным заполнителям, применяемым для производства арболита.

Бамбук относится к роду многолетних вечнозеленых растений семейства Злаки. Растет в основном в тропических и субтропических регионах Азии, особенно распространен во влажных тропиках [1]. Ствол бамбука представляет собой композиционный материал, состоящий из длинных и параллельных целлюлозных волокон, проросших в одревесневшей матрице. Интегрированная структура бамбука помогает выдерживать экстремальную природную среду, включая ветровые нагрузки, и представляет собой уникальный пример однонаправленного армированного волокном композита [2].

Ученые Массачусетского технологического института вместе с архитекторами и деревообрабатывающими компаниями из Англии и Канады ищут способы переработки бамбука в строительный материал, более похожий на древесные композиты. Задача исследования состоит в том, чтобы нарезать стебель бамбука на мелкие фрагменты, а затем соединять их вместе, для формирования прочных блоков. Структурный продукт такого рода предназначен для возведения более устойчивых зданий, особенно в таких странах, как Китай, Индия и Бразилия, где произрастает бамбук [3].

Для проведения исследований физико-механических свойств стеновых материалов на основе бамбука в лаборатории кафедры строительного производства изготавливали образцы - кубы размером 150×150×150 мм (рис. 1).

Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Физико-механические характеристики стенового материала

№ состава	Расход компонентов на 1 м ³ , массовая доля							Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
	Бамбук				Опилки	Цемент	Вода			
	крупная фракция		мелкая фракция							
шероховатая фактура	гладкая фактура	шероховатая фактура	гладкая фактура							
1	-	0,36	-	-	-	0,41	0,23	660	0,8	0,16
2	0,36	-	-	-	-	0,41	0,23	660	1,2	0,16
3	-	0,24	-	-	0,12	0,29	0,35	800	1,4	0,13
4	0,24	-	-	-	0,12	0,29	0,35	800	1,6	0,13
5	-	-	-	0,35	-	0,4	0,25	660	1,2	0,16
6	-	-	0,35	-	-	0,4	0,25	660	1,7	0,16
7	-	-	-	0,25	0,11	0,29	0,35	800	1,9	0,13
8	-	-	0,25	-	0,11	0,29	0,35	800	2,3	0,13

При сопоставлении результатов испытаний образцов составов 1 и 2 на крупной фракции бамбука, установлено, что прочность на сжатие образца 2 возросла на 44%. Увеличение прочности обусловлено повышением адгезии цементного камня к шероховатой поверхности бамбука. Использование мелкой фракции бамбука с шероховатой поверхностью (состав 6) позволяет увеличить прочность на сжатие на 39 % по сравнению с составом 5 на мелкой фракции и гладкой фактурой. Анализ данных по образцам 1 и 5 показывает, что за счет дополнительного измельчения бамбука, несмотря на его гладкую фактуру, прочность воз-

растает на 53%. Повышение прочности происходит за счет увеличения геометрической площади боковых граней с шероховатой поверхностью, образующихся при расщеплении вдоль волокон в процессе получения мелкой фракции бамбука. Аналогичная зависимость отмечается и для составов 2, 6 с шероховатой поверхностью. Так, для состава 6 прочность возрастает на 48% по сравнению с составом 2.

Для заполнения пустот каркаса из дробленого бамбука вводили древесные опилки, обладающие высокой теплоизолирующей способностью. Поэтому, несмотря на увеличение плотности стенового материала с 660 до 800 кг/м³ за счет введения опилок, произошло снижение коэффициента теплопроводности с 0,16 до 0,13 Вт/(м·°С). Кроме того, присутствие древесных опилок повысило связность структуры композитного материала, что повлияло на прочность при сжатии. При анализе данных испытаний составов 1–4 на крупной фракции бамбука, установлено, что введение опилок обеспечивает увеличение прочности стенового материала на 33-75% независимо от фактуры поверхности крупного заполнителя. Такая же зависимость прослеживается и для составов 5-8 на мелкой фракции бамбука, где присутствие опилок позволяет повысить прочность на 35–58%.

Выполнение комплекса технических решений связанных с введением опилок в качестве мелкого заполнителя, обработкой поверхности стволов для придания шероховатости и применением мелкой фракции бамбука оказывает существенное влияние на физико-механические характеристики стенового материала. В результате при увеличении плотности на 21%, повышается прочность на сжатие стенового материала в 2,9 раза и уменьшается коэффициент теплопроводности на 0,03 Вт/(м·°С). Стеновые материалы на основе бамбука возможно использовать в виде блоков для кладки стен, а также при возведении монолитных стен из смеси, изготавливаемой непосредственно на объектной строительной площадке.



Рисунок 1. – Внешний вид образца стенового материала на основе бамбука и опилок

Для установления факторов, обуславливающих прочностные и теплотехнические характеристики стенового материала, изучена структура крупного заполнителя – дробленого бамбука с применением микроскопии. В процессе исследования получены изображения внешней поверхности бамбука, поперечных и продольных срезов с использованием сканирующего электронного микроскопа «JSM-5610 LV».

Покровный наружный слой (рис. 2) представляет собой эпидермис, содержащий волокна, по всей окружности стебля, связанных лигнином, и имеющих довольно толстые стенки. Наружные волокна уплотняются в процессе роста бамбука, и в тоже время их больше по количеству, чем во внутренней части. Поверхность наружного слоя покрыта восковым налетом. Кроме того, в области «а» волокна более уплотнены, чем в области «б» и формируют ровную практически гладкую поверхность. Плотное расположение волокон в области «а» внешней поверхности дополнительно ухудшает адгезию с цементным камнем, что объясняет уменьшение прочности материала на 17-29% (составы 5, 6 и 7, 8, таблица 1), в сравнении с образцами содержащих бамбук с шероховатой поверхностью.

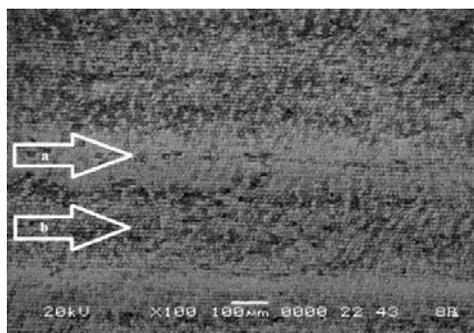


Рисунок 2. – Электронная микроскопия гладкой внешней поверхности бамбука (увеличение 100 крат)

Для обеспечения шероховатости с помощью наждачного абразива удаляли наружный покрывной слой с восковым налетом, и получали поверхность в виде оголенной волокнистой структуры с нарушенной целостностью строения эпидермиса. На микроснимке (рис. 3) отчетливо выражена рельефная бороздчатая структура с возросшим количеством пиков и впадин, в следствии удаления поверхностного слоя и нарушения целостности строения волокон. Глубина образовавшихся борозд, как в продольном, так и в поперечном направлении, достигает 20-30 мкм. Соответственно повышается адгезия бамбука, как крупного заполнителя с цементным камнем, что положительно влияет на прочностные характеристики стенового материала.

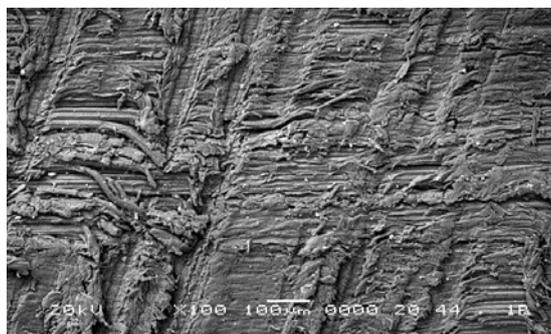


Рисунок 3. – Электронная микроскопия шероховатой поверхности бамбука (увеличение 100 крат)

На продольном разрезе (рис. 4) четко различима область паренхимных клеток длиной 50-70 мкм. В междоузлиях клетки ячейки ориентированы в осевом направлении. Все структурные области бамбука взаимодействуют друг с другом и играют определенную роль в укреплении и усилении материала. Стенки бамбуковых волокон обладают пластичностью, что увеличивает устойчивость материала к разрушению при воздействии внешних нагрузок.

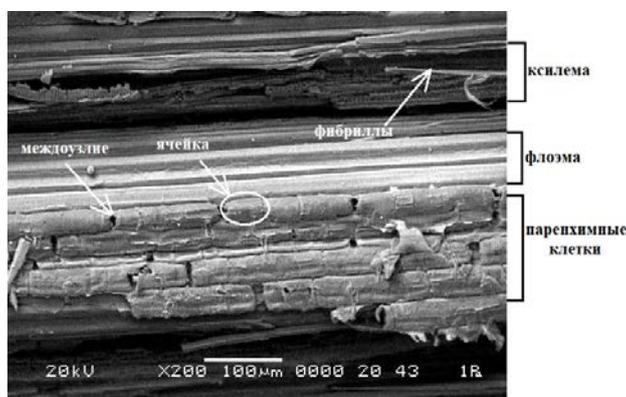


Рисунок 4. – Электронная микроскопия продольного среза бамбука (увеличение 200 крат)

Сосудистые пучки на торцевом срезе бамбука (рис. 5, 6), находящиеся вблизи гиподермиса тесно запакованы и слабо просматриваются. В каждом пучке имеются две области - ксилема и флоэма. В ксилеме есть два сосуда (кольцевой, спиральный) диаметром 50-70 мкм, а в флоэме полость, предназначенная для пропускания питательных веществ. Сосуды и полость расположены в форме «У» и окружены сплошной структурой клеток склеренхимы. К внешней области сосуды становятся эллиптическими, а к центру наоборот округляются. За счет большого количества волокон и их плотного расположения в гиподермисе обеспечиваются высокие прочностные показатели бамбука, как строительного материала.

Паренхимные клетки имеют пятиугольную форму в поперечном сечении и образуют сотовую структуру. Размер клеток в поперечном направлении составляет 20-60 мкм. Таким образом паренхимные клетки можно рассматривать в виде ячеек, имеющих форму правильной пятигранной призмы. По своим размерам образующиеся призмы близки к ячеистой структуре пенополистирола и препятствуют передаче тепла или холода, т.е. обеспечивают изолирующие свойства бамбука. Каждая стенка ячейки бамбукового волокна обладает уникальной многослойной конфигурацией, где каждый слой армирован целлюлозными

фибрами под разными углами. Такая структура определяет механические свойства волокон и вносит вклад в прочность бамбуковой матрицы.

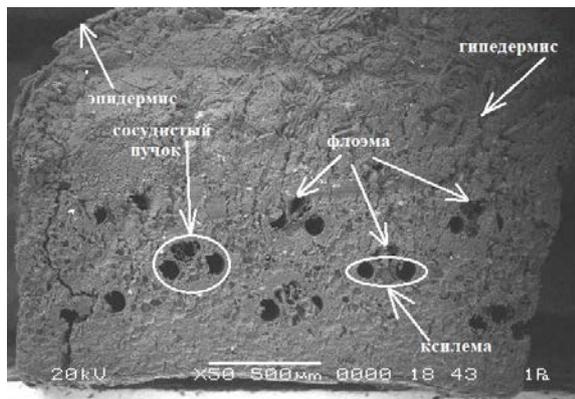


Рисунок 5. – Электронная микроскопия торцевого среза бамбука (увеличение 20 крат)

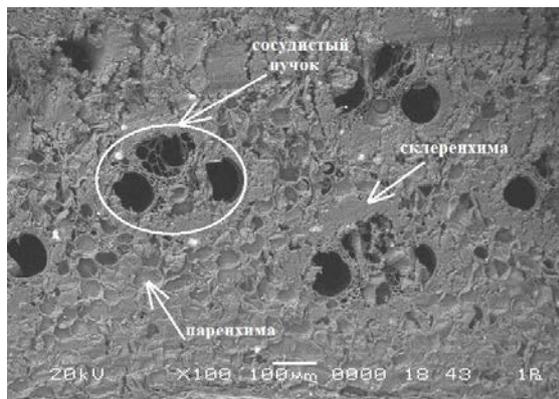


Рисунок 6. – Электронная микроскопия торцевого среза (увеличение 100 крат)

Бамбуковое волокно обладает многими преимуществами, такими как высокая прочность, технологичность, стойкость к гниению, антисептическим действием, по сравнению с другими природными растениями. Проведенный анализ микроструктуры бамбука подтвердил повышение адгезии цементного камня с бамбуком (шероховатая фактура), за счет удаления наружного покрывного слоя, включая восковый налет. Сотовое расположение паренхимных клеток, а также наличие проводящих сосудистых пучков в структуре волокон бамбука, повышает теплотехнические свойства стенового материала. Основной областью применения стенового материала на основе бамбука является возведение стеновых ограждений на высоту одного этажа до 3 м. Стеновой материал на основе бамбука возможно использовать в виде блоков для кладки стен, а также при возведении монолитных стен из арболитовой смеси изготовленной непосредственно на объектной строительной площадке. При этом стеновой материал из бамбука выполняет не только функцию стенового ограждения, но и одновременно обеспечивает высокие звуко- и теплоизолирующие свойства наружных стен, что также актуально для стран с теплым климатом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интернет портал [Электронный ресурс] / Злаки. – Режим доступа: <http://www.board74.ru/drevesina/92474352.html>. – Дата доступа: 29.09.2017.
2. Ray, A.K. Microstructural characterization of bamboo / A.K. Ray, S.K. Das, S. Mondal // Journal of material science. – 2004. – № 39. – P. 1055–1060.
3. Интернет портал [Электронный ресурс] // Researchers study bamboo for engineered building material. – Режим доступа: <https://phys.org/news/2014-07-bamboo-material.html>. – Дата доступа: 02.10.2017.

:

УДК 666.9

**КРИТЕРИИ ПРИГОДНОСТИ ЗОЛ ТЭС ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТЕНОВЫХ
КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ****П.А. ЗАДОРА***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л.М. ПАРФЕНОВА)*

Рассмотрены критерии, определяющие пригодность зол ТЭС для производства стеновых керамических материалов. Представлен краткий обзор влияния химического и минералогического состава, дисперсности, гранулометрического состава, содержания несгоревшего топлива зол ТЭС на физико-механические характеристики керамических материалов.

Керамические стеновые материалы занимают лидирующие позиции на строительном рынке благодаря своим физико-механическим, теплофизическим свойствам, долговечности, экологичности и архитектурной выразительности. Промышленность керамических строительных материалов является одной из самых материалоемких и энергоемких отраслей нашей республики. В общем объеме потребляемого топлива в строительном комплексе расходы на производство кирпича керамического составляют 4,6 %. Затраты топлива на единицу продукции для керамического кирпича составляют – 204,4 кг у.т. на тыс. шт. (по данным 2006 г.) [1]. Поэтому рациональное использование топлива, сырья и других материальных ресурсов становится решающим фактором конкурентоспособности керамических стеновых материалов на строительном рынке стран СНГ. За последние пять лет в Витебской области за счет реализации государственной политики энергосбережения введены в эксплуатацию 37 энергоисточников на местных видах топлива суммарной установленной мощностью 76,6 Гкал/ч. Доля местных ТЭР в котельно-печном топливе увеличилась с 14,4 до 24 процентов [2], как и увеличилось количество золошлаковых отходов, дальнейшее накопление которых будет усугублять экологическую обстановку в регионах. В связи с этим, актуальным становится вопрос о критериях пригодности зол ТЭС в производстве стеновых керамических изделий.

В качестве первого критерия следует рассматривать химический и минералогический состав зол ТЭС. По химическому и минералогическому составам золы ТЭС близки к глинистому сырью, применяемому для изготовления кирпича. Функциональную пригодность зол в производстве керамических материалов в работе [3] предложено определять по соотношению оксидов $Fe_2O_3/CaO+MgO$, $SiO_2+Al_2O_3/Fe_2O_3$, R20/R0:

- при содержании $Fe_2O_3/CaO+MgO$ более 1, а $SiO_2+Al_2O_3/Fe_2O_3$ менее 2 побочный продукт относится к интенсификаторам спекания;
- при содержании $Fe_2O_3/CaO+MgO$ менее 1, $SiO_2+Al_2O_3/Fe_2O_3$ более 2, R20/R0 менее 2 побочный продукт – отошитель.

К золам, используемым в качестве добавок при производстве стеновых керамических изделий, предъявляются также следующие требования [4]: количество SO_3 не должно превышать 2% от общей массы, а шлаковых включений размером более 3 мм – 5%. Недопустимы включения размером более 1 мм в виде плотных каменных зерен. Колебания содержания топлива в золе должны быть минимальны и не превышать ± 4 % от средних принятых величин.

Химический состав зол ТЭС позволяет их использовать не только в качестве добавочных материалов, но и в качестве основных сырьевых компонентов. Зольную керамику выпускают из массы, включающей 60–80% золы-уноса, 10–20% глины и другие добавки. Установлено [4], что на основе зол с высоким содержанием суммы оксидов алюминия и кремния (75–95%) можно получить керамические стеновые материалы, характеризующиеся достаточно высоким пределом прочности при сжатии (10–60 МПа); предел прочности при сжатии керамического материала на основе зол с низким содержанием суммы названных оксидов (30–50%) составляет лишь 2–6 МПа. Низкое содержание оксидов Al_2O_3 и SiO_2 в золе осложняет процесс обжига из-за незначительного интервала спекания и пониженной вязкости расплава и приводит к неравномерному обжигу изделий. Оплавление и вспучивание локальных участков в верхней части изделий, недожог в нижней части определяют непригодность зол и шлаков в качестве основного керамического сырья.

Существенное влияние на процессы структурообразования золокерамических материалов оказывают значительные колебания содержания CaO , обеспечиваемого карбонатными включениями и свободным оксидом кальция. Установлено [4], что золы, содержащие до 4,5% CaO , могут быть использованы в качестве исходного сырья без предварительного измельчения на технологической линии с вальцами тонкого помола, которые позволяют измельчать карбонатные включения. Золы с более высоким содержанием CaO необходимо предварительно измельчать до размеров карбонатных включений, не превышающих

1нм. Зола, содержащая CaO 30–50%, непригодна для получения золокерамических материалов. Процессы увлажнения и обработки смесей на основе зол с высоким содержанием оксида кальция сопровождаются экзотермической реакцией гидратации, тепло которой вызывает высушивание массы и вследствие этого ее рассыпание, что затрудняет процесс формования изделий.

Критерием эффективности золошлаковых добавок является также их дисперсность. Исследования [5] показали, что керамические образцы с содержанием 60 % золы в шихте дисперсностью 1800 $\text{см}^2/\text{г}$ имеют прочность при сжатии в пределах 19 МПа, а замена на более дисперсную золу (2700 $\text{см}^2/\text{г}$) повысила значение прочности при сжатии до 26 МПа. При полусухом способе формования рост прочности при сжатии керамических образцов наблюдался при использовании зол с удельной поверхностью не более 2700–3000 $\text{см}^2/\text{г}$. При содержании более дисперсных зольных порошков в шихте прочность несколько снижалась. Это объяснено особенностями прессования сырца при полусухом способе производства, а именно удалением воздуха из сырца. При прессовании порошков высокой дисперсности могут образовываться локальные напряжения внутри сырца, обусловленные невозможностью выхода излишков воздуха за счет создания плотной структуры, сложенной из частиц пресс-порошка малых размеров, на ранних стадиях прессования. Таким образом, был сделан вывод, о том, что использование зол с удельной поверхностью более 2700–3000 $\text{см}^2/\text{г}$ в производстве стеновых керамических изделий методом полусухого прессования может стать неэффективным.

Прочность при сжатии сырца в свежесформованном состоянии с использованием в составе шихты измельченных зол ТЭС повышается по сравнению с золами до помола, что объясняется [5] физическими особенностям компоновки порошка, имеющего высокую дисперсность. Отмечается, что более плотная упаковка пресс-порошка позволяет уменьшить как количество пор, так и их размер. При разрушении крупных зольных агрегатов в процессе помола образуются открытые поры в неостеклованных частицах, тем самым повышая способность удерживать влагу, и, как следствие, несколько повышая пластические и формовочные свойства сырья [5].

Плотность золокерамических образцов с увеличением содержания зол ТЭС в шихте уменьшается по линейной зависимости. Данный эффект объясняется особенностями зольного порошка, пористые частицы которого не подвержены структурным изменениям в процессе обжига при 975–1000 °С, т.к. получены при более высоких температурах (1200–1600 °С) [5].

При определении оптимального содержания золы в шихте следует учитывать ее теплотворную способность и пластичность применяемого глинистого сырья. Известно [6], что при введении зол в массы из высокопластичных глин эффективность добавки увеличивается при больших количествах золы на 40–50%. При этом прочность изделий достаточно высока, а объемная масса значительно уменьшается. Оптимальное количество золы, вводимой в среднепластичные глины, составляет около 30%. Ввод золы-уноса в массы из малопластичной глины в количествах 10–20% обеспечивает улучшение формовочных и сушильных свойств масс, повышение прочности изделий, при этом достигается экономия топлива около 20% [6].

При использовании золы необходимо также учитывать ее зерновой (гранулометрический) состав. Мелкозернистые фракции золы увеличивают выход трещиноватого сырца. В этом случае для снижения брака при сушке дополнительно вводят отощитель крупностью 0,2–0,3 мм. Требуемое соотношение мелкозернистой золы к грубозернистому отощителю уменьшается с увеличением коэффициента чувствительности глин при сушке от 3:1 до 1:1. Мелкозернистая зола, ухудшая сушильные свойства сырца, вместе с тем повышает прочность готовых изделий, спекаясь с глинистой породой при обжиге. Как отощающая добавка золошлаковая смесь наиболее эффективна при максимальном размере зерен 1,5 мм и содержании фракции менее 0,3 мм не более 30% [6].

Область применения зол ТЭС при производстве стеновых керамических материалов определяется также температурой размягчения и содержанием топлива. Так, для изготовления полнотелого и пустотелого кирпича и керамических камней рекомендуется использовать легкоплавкие золы с температурой размягчения до 1200 °С. Зола и шлаки, содержащие до 10% топлива, применять как отощающие добавки, а 10% и более – как топливосодержащие [4]. При выгорании несгоревших частиц, содержащихся в золе, в изделиях образуются полузакрытые и закрытые поры. Стенки их смачиваются стеклофазой, образуемой за счет взаимодействия компонентов зологлиняной смеси, что обеспечивает прочность и морозостойкость золокерамическим стеновым материалам, уменьшает их объемную массу, теплопроводность, улучшает газопроницаемость черепка и условия обжига. Благодаря наличию в золе мелкокораздробленного топлива, сгорающего в теле сырца и способствующего равномерному обжигу, улучшается качество изделий и полностью исключается ввод угля в состав шихты, что позволяет значительно экономить топливо [4].

Таким образом, эффективность применения золы ТЭС в производстве керамических материалов определяется следующими критериями: химическим и минералогическим составом зол ТЭС, дисперсно-

стью и гранулометрическим составом, содержанием несгоревшего топлива, пластичностью применяемых глин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Парфенова, Л.М. Основы энергосбережения : учеб.-метод. комплекс для студентов спец. 1-70 02 01, 1-70 02 02 и слушателей ИПК УО «ПГУ» спец. 1-70 02 71 / Л.М. Парфенова. – Новополоцк : ПГУ, 2009. – 200 с.
2. Инновации в энергосбережении – инвестиции в будущее : научно-популярное издание. – Витебск : Витебский областной центр маркетинга, 2016. – 76 с.
3. Абдрахимов, В.З. Строительные керамические материалы на основе отходов цветной металлургии, энергетики и нетрадиционного природного сырья : автореф. дис. ...докт. техн. наук : 05.23.05 / З.И. Абдрахимов. – СПб., 2002. – 306 с.
4. Дворкин, Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности : учебно-справочное пособие / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 368 с.
5. Юрьев, И.Ю. Стеновые керамические изделия с использованием микродисперсных алюмосиликатных отходов ТЭС : автореф. дис. ...канд. техн. наук : 05.23.05 / И.Ю. Юрьев. – Томск, 2013. – 23 с.
6. Саибулатов, С.Ж. Золокерамические стеновые материалы / С.Ж. Саибулатов, С.Т. Сулеименов, А.В. Ралко. – Алма-Ата, 1982. – 292 с.

УДК 666.9

НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ
КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

П.А. ЗАДОРА

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л.М. ПАРФЕНОВА)

Рассмотрены основные технологические этапы производства керамического кирпича методом пластического формования. На основе краткого анализа наилучших технологий, показано, что снижение энергопотребления в современной технологии керамики невозможно без оптимизации сушки и обжига, совершенствования конструкции и тепловой работы туннельных печей.

Керамические стеновые материалы благодаря высоким потребительским свойствам широко используются в строительстве. Производство стеновых керамических материалов в Республике Беларусь осуществляют ОАО «Минский ЗСМ», ПРУП «Горынский КСМ», ОАО «Радошковичский КЗ», КУП «Лоевский КСМ», ОАО «Керамика» (г. Витебск), Керамический завод ОАО «Керамин», ОАО «Брестский КСМ», ОАО «Обольский керамический завод», ЗАО «Столбцовский керамический завод» и еще несколько сезонных предприятий годовой мощностью по 1–3 млн шт. условного кирпича. Затраты технологического топлива на производство составляют от 143 кг усл. топлива в ОАО «Радошковичский КЗ» и ОАО «Керамин», до 260 кг – в ОАО «Керамика» и ПРУП «Горынский КСМ». Средний расход электроэнергии на производство 1 тыс. шт. усл. кирпича от 95 до 164 кВт·ч [1]. Производители керамического кирпича, работающие в странах Западной Европы, имеют значительно меньшее удельное энергопотребление. Сопоставление удельного потребления энергии, характерного для производителей керамического кирпича, работающих в различных странах, приведено на рисунке 1 [2].

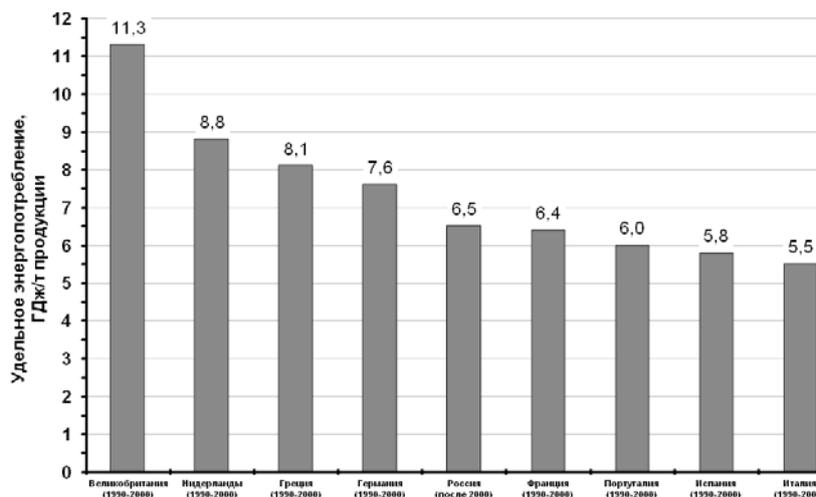


Рисунок 1. – Удельное энергопотребление в производстве керамического кирпича в различных странах (в скобках указаны годы постройки/реконструкции предприятий) [2]

При производстве керамического кирпича на заводах республики используются два основных метода производства: метод полусухого прессования и метод пластического формования. В связи с тем, что большинство месторождений республики представлено легкоплавкими глинами, наибольшее распространение получил метод пластического формования.

Технология производства керамического кирпича “отработана” и подробно представлена в литературе [3]. Основные технологические этапы: добыча глины и подготовка шихты; формование и сушка кирпича; обжиг. Применение метода пластического формования предусматривает приготовление глиняной массы с содержанием влаги 15–20%. Также применяют различные добавки. Добавками могут быть отходы углеобогащения или любые местные отходы (например, золошлак, отходы угледобычи). Количество добавок составляет примерно 30% [3].

Куски глины тщательно измельчаются до размеров 100–150 мм, а затем при помощи специальных конвейеров с набором вальцов происходит последовательное дальнейшее измельчение глиняной массы (до размеров 1 мм) и удаление мелких каменных вкраплений. Затем в смесителе с фильтрующей решеткой глиняная масса увлажняется и тщательно перемешивается. Количество влаги доводится до 18–

25%. В смесителе к глине примешиваются необходимые добавки. И в завершение первого этапа прессами формируется брус, заготовка будущих кирпичей.

На втором этапе отформованный брус разрезается на отдельные изделия, так называемый кирпич сырец. Обжигать сразу кирпич сырец нельзя, так как на данном этапе он имеет очень высокое содержание влаги и при обжиге просто потрескается. Поэтому кирпичи сначала сушат, процесс сушки является обязательным. В это время влага, содержащаяся в изделиях, перемещается из внутренних областей к поверхности, вступает в соприкосновение с теплым воздухом и испаряется. В результате испарения воды освобождается место между частицами глины. Происходит уменьшение объема изделий или усадка. Температура сушки и обжига, а также темп роста температуры, играют важную роль в процессе изготовления кирпичей. Влага начинает испаряться при нагреве изделия в диапазоне температур 0–150°C. Когда температура нагрева достигает 70°C, давление водяных паров может достичь критических значений, что в свою очередь приведет к возникновению трещин. Рекомендуемый темп роста температуры 50–80°C в час. При этом скорость испарения влаги с поверхности, не будет опережать скорость парообразования внутри изделия. После завершения сушки кирпичи отправляются на обжиг в специальные печи.

Завершающая стадия в процессе изготовления кирпичей методом пластического формования – обжиг. Кирпич сырец отправляется в печь, все еще имея небольшое количество влаги, примерно 8–12%. Поэтому в начале обжига происходит досушивание кирпичей. Затем при температурах 550–800°C начинается дегидратация глинистых минералов. Кристаллическая решетка минералов распадается, в результате теряется пластичность глины, происходит усадка изделия. В диапазоне температур 200–800°C выделяются летучие органические примеси глины и добавки. При этом темп роста температуры обжига достигает значений в 300–350°C в час. Далее некоторое время температуру выдерживают до полного выгорания углерода. Дальнейшее повышение температуры, более 800°C, приводит к структурному изменению изделия. На этом этапе темп увеличения температуры составляет 100–150°C в час — полнотелые кирпичи и 200–220°C в час — пустотелые. После того как достигнута максимальная температура обжига, происходит выдерживание температуры, для равномерного прогрева всего изделия. Затем начинают снижать температуру обжига на 100–150°C. При этом кирпичи еще более усаживаются и деформируются. По достижении температуры ниже 800°C темпы охлаждения достигают значений в 250–300°C в час. Время на обжиг партии изделий при таких условиях составляет примерно 6–8 часов. После обжига структура изделия полностью меняется. Теперь это камневидный предмет, водостойкий, прочный, устойчивый к перепадам температур, а также обладающий другими полезными свойствами.

Анализируя технологию производства кирпича, с точки зрения энергозатрат, очевидно, что основными потребителями топлива являются сушилка и печи. Теплота сжигаемого топлива расходуется в них на физико-химические преобразования в сырце и компенсацию различных тепловых потерь в агрегате. Затраты теплоты на физико-химические преобразования определяются исходным сырьем и его состоянием, а компенсационные затраты зависят от организации процессов сушки и обжига и потерь в самих структурах агрегатов [4].

Снижение энергопотребления в современной технологии керамики невозможно без оптимизации сушки, включая повышение скорости, термической эффективности и снижения потерь. Отмечается [2], что во всех процессах, за исключением длительных и мягких режимов сушки, необходимо тщательно контролировать скорость нагревания, режим циркуляции воздуха, температуру и влажность в сушилке. Горячий воздух в сушилке подают в основном от газовых горелок или из зоны охлаждения печей. Керамические массы могут обладать различной чувствительностью к сушке (невозможность высушить образец из данной массы без образования трещин), однако на подавляющее их большинство благотворно влияет предварительный прогрев в условиях повышенной влажности (с минимальным или полностью отсутствующим удалением влаги), за которым следует основной этап сушки более горячим и сухим воздухом. Остаточная влага из полуфабриката удаляется особенно тяжело, требуя применения наиболее сухого и горячего воздуха.

Основные энергозатраты связаны с обжигом керамических изделий. Обжиг проводят в печах, это могут быть печи с выкатным подом и колпаковые печи, кольцевые печи (печи Гофмана), роликовые печи, вращающиеся печи или туннельные печи. Наиболее полно технологии промышленного производства отвечают туннельные печи [2].

Туннельные печи представляют собой сконструированные из огнеупорных материалов туннели, в которых проложены рельсы для перемещения вагонеток. На вагонетках устроены огнеупорные полки, куда в определенном порядке загружают изделия. Вагонетки проталкивают вдоль печи через определенные интервалы против движения воздуха, нагнетаемого одним или несколькими вентиляторами в вытяжной канал вблизи устья печи. Большая часть современных туннельных печей обогревается газом, максимальная температура создается в зоне обжига около центра печи. По мере своего движения входящая садка прогревается горячими топочными газами, а выходящая охлаждается при обдуве подаваемым в печь воздухом, который при этом подогревается. Часть воздуха из зоны охлаждения отбирают в смеж-

ные сушилки, что обеспечивает существенную экономию топлива. Канал печи изолируют от подсоса воздуха из подвагонеточного пространства при помощи песчаного затвора с целью снижения энергопотребления путем создания герметичного рабочего пространства печи. В ряде случаев туннельные печи, оснащенные особыми видами транспортных устройств (например, контейнерами-лодочками), используют для обжига сырья и изделий технической керамики [2].

Неоспоримыми достоинствами туннельных печей являются: непрерывный цикл работы высокая производительность, возможность автоматизации процесса обжига. Недостатки: материалоемкость, инерционность неравномерность обжига, нерациональные затраты тепла на потери с уходящими дымовыми газами, с нагретым продуктом и вагонетками и др. [4].

В работе [4] отмечаются следующие основные направления совершенствования конструкции и тепловой работы туннельных печей:

- разработка индивидуальных проектов печей для конкретных месторождений и технологий;
- разработка и применение скоростных режимов сушки и обжига;
- повышение качества сжигания топлива;
- применение новых эффективных горелочных устройств и импульсных систем отопления;
- оптимизация рабочего пространства печи и садки кирпича;
- уменьшение тепловой инерции и потерь теплоты через стены и свод, с вагонетками и готовым кирпичом и др.;
- применение новых эффективных огнеупорных и теплоизоляционных материалов;
- использование PLC-контроля режимов обжига.

На потребление энергии существенное влияние оказывают химический и минералогический состав шихты, а также введение добавок. Так, например, присутствие в шихте 8 % – 10 % угольной пыли достаточно для того, чтобы вести обжиг за счет энергии сгорания органической добавки. Существенная экономия топлива для обжига достигается при введении в шихту для поризации опилок, а также при использовании так называемых «углистых» глин, характеризующихся повышенным содержанием органических соединений. В то же время с увеличением в сырье глинистых и известняковых компонентов требуется повышенный расход топлива для протекания эндотермических реакций разложения гидроалюмосиликатов и карбонатов. Поэтому в зависимости от типа используемого сырья расход энергии может существенно отличаться независимо от того, каким оборудованием оснащен завод и какая технология применяется [2].

Обобщение наилучших доступных технологий в производстве керамических изделий [2], показало что снижение потребления энергии в производстве керамических изделий может быть достигнуто путем применения совокупности следующих технологических решений и технических приемов: модернизация печей и сушилок; рекуперация избыточного тепла печей, особенно из зоны охлаждения; оптимизация заготовок; оптимизация формы, габаритов, состава и структуры заготовок существенно увеличивает энергоэффективность сушки и обжига при использовании соответствующих сушилок и печей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мелешко, В.Ю. Керамическая стеновая подотрасль Республики Беларусь / В.Ю. Мелешко // Строительные материалы. – № 2. – 2006. – С.8–9.
2. Производство керамических изделий: Информационно-технологический справочник по наилучшим доступным технологиям. – М. : Бюро НДТ, 2015. – 235 с.
3. Пищ, И. В. Технология керамического кирпича : учебно-методическое пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности "Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий" / И. В. Пищ, Р. Ю. Попов. – Минск : БГТУ, 2014. – 186 с.
4. Пилипенко, Р.А. Современные направления в энергосбережении при обжиге кирпича / Р.А. Пилипенко, А.В. Пилипенко, Д.Н. Логвиненко // Промышленная теплотехника. – 2004. – Т. 26, № 6. – С. 191–196.

УДК 691.322

**ПРОЧНОСТЬ И ПЛОТНОСТЬ ПЕНОБЕТОНОВ, АРМИРОВАННЫХ
ОТХОДАМИ СТЕКЛОСЕТКИ****В.А. ХВАТЫНЕЦ***(Представлено: канд. тех. наук, доц. Л.М. ПАРФЁНОВА)*

Рассмотрены достоинства и недостатки использования пенобетонов. Рассматривается возможность использования отходов стеклосетки для армирования пенобетонов, с целью уменьшения существующих недостатков. Проведён опыт по определению эффективности влияния армирования отходами стеклосетки на прочность при сжатии и плотность. Приведены характеристики используемых материалов. По полученным результатам сделан вывод о перспективности исследований по использованию отходов стеклосетки для армирования пенобетонов.

Пенобетон является эффективным строительным материалом, имеющим массу преимуществ перед традиционными строительными материалами [1–2]. Преимущество пенобетона – высокое соотношение прочности к весу изделия, низкий коэффициент теплопроводности, повышенная огнестойкость, долговечность и прочие. Из пенобетона изготавливают бетонные блоки и панели для наружных стен и перегородок, бетонные плиты для покрытий крыш и перекрытий этажей и т.д.

Пенобетон делится на два типа, в соответствии со способом производства [3–4]. Первый метод включает в себя предварительное вспенивание, путём смешивания пенообразователя с водой, и смешивание с цементным раствором. Второй метод подразумевает добавление пенообразователя непосредственно в цементный раствор с последующим смешиванием, в результате чего получается пористая структуру готового пенобетона.

Однако, наряду с преимуществами пенобетон имеет ряд недостатков, таких как хрупкость, низкая трещиностойкость и низкая ударная вязкость [5]. Эти недостатки ограничивают пенобетоны от повсеместного использования. Для борьбы с этими недостатками эффективно дисперсное армирование при помощи различных волокон. Волокна используются для изменения прочность на растяжение и изгиб, ударной вязкости, образования трещин и прочности на сжатие [6–8]. Одним из возможных материалов, используемых в качестве армирующих волокон может являться стекловолокно.

Стекловолокно – экологичный материал, не содержащий вредных добавок, не подверженный гниению и коррозии. В бетоне, армированном стеклянной фиброй, по сравнению с неармированным бетоном, возрастают прочность на изгиб и растяжение, ударная прочность, увеличивается предел прочности на сжатие [9–10]. Но главное преимущество стеклофиброармирования перед армированием другими видами фибры – придание растворам при застывании высокой стойкости к трещинообразованию и расслаиванию, сдерживание отделения цементного "молочка", уменьшение величины деформации при усадке [11].

Отходами производства ОАО «Полоцкстеловолокно» являются обрезки щелочестойкой стеклосетки ССШ-160(100)-1800/1800. Характеристики отходов стеклосетки приведены в таблице 1. Практический интерес представляет изучение возможностей использования отходов в качестве фибры в пенобетонах. В ходе исследований был проведён эксперимент, цель которого заключалась в изучении влияния отходов стеклосетки на характеристики готового изделия, в частности на предел прочности при сжатии и плотность. Также определялся оптимальный процент армирования, при котором будут достигнуты наилучшие показатели прочности при сжатии.

Таблица 1. – Характеристики отходов щелочестойкой стеклосетки

Свойства волокна	Значение
Длина волокна, мм	20-25
Номинальная масса, г/м ²	160
Разрывная нагрузка, Н	1800
Химическая устойчивость	Очень высокая
Электрическая проводимость	Очень низкая

Пенобетонная смесь, используемая в исследованиях, имела В/Ц равное 0,4. Для получения пены был применён пенообразователь Foamix C, характеристики которого приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Характеристики пенообразователя Foamix C

Показатель	Значение
Плотность, г/см ³	1,15
Плотность пены, гр/л	50
Стабильность, час	0,7-2,5
Кратность	80

Испытания по определению прочности на сжатие проводились на образцах в форме куба с номинальными размерами 70×70×70 мм в возрасте 28 суток, в соответствии с [12]. Результаты испытаний представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Прочность и плотность пенобетонных образцов, армированных отходами стеклосетки

Номер образца	В/Ц	Цемент, кг/м ³	Вода, кг/м ³	Пенообразователь, кг/м ³	Процентное содержание фибры, % от массы цемента	Плотность, кг/м ³	Прочность на сжатие, МПа
1	0,4	300	120	3,3	-	307,6	0,566
2	0,4	300	120	3,3	1	386,3	0,809
3	0,4	300	120	3,3	1,5	444,6	0,732
4	0,4	300	120	3,3	2	386,5	0,625

Анализируя данные таблицы, виден увеличение плотности образцов пенобетона с увеличением процентного содержания фибры. Это может являться следствием разрушения части пены в растворе введенными волокнами стеклосетки (рис. 1). Однако, сравнивая полученные данные прочности для образцов 2, 3, 4 видно, что при увеличении содержания фибры от 1% до 2% прочность на сжатие падает. Можно предположить, что при плотности 300–400 кг/м³ оптимальное содержание фибры находится в пределе 1%.



Рисунок 1. – Образцы пенобетона, армированные отходами стеклосетки после испытаний прочности на сжатие:
а) армирование в количестве 1%; б) армирование в количестве 1,5%;
в) армирование в количестве 2%

Оценивая характер разрушения образцов, видно, что при большем содержании обрезков стеклосетки в исходном растворе, разрушение становится менее хрупким (рис 1, в).

Таким образом, можно сделать вывод, что работоспособность пены в растворе понижается с увеличением процентного содержания стеклосетки. Прочность на сжатие увеличивается с применением фибры до 1%, а с дальнейшим увеличением процентного содержания стекловолокна – прочность уменьшается. Так же стоит отметить, что присутствие фибры в виде отходов стеклосетки изменяет характер разрушения образцов и делает его менее хрупким, что является преимуществом для пенобетона, как для строительного материала. Полученные результаты показывают перспективность дальнейших исследований использования отходов щелочестойкой стеклосетки в пенобетонах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Румянцев, Б.М. Технология и оборудование для производства пенобетонов методом сухой минерализации пены / Б.М. Румянцев, Е.А. Зудяев, Д.С. Критарасов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 1999. – № 3–4.
2. Чистов, Ю.Д. К вопросу о некоторых ключевых проблемах неавтоклавных ячеистых бетонов / Ю.Д. Чистов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2003. – № 8. – С. 24–25.
3. Коротышевский, О.В. Новая ресурсосберегающая технология по производству высокоэффективных пенобетонов / Коротышевский О.В. // Строительные материалы. – 1999. – № 2. – С. 32–33.
4. Лобанов, И.А. Основы технологии дисперсно армированных бетонов (фибробетонов) : автореф. дисс. д-ра техн. наук. – Л., ЛИСИ, 1983. – 36 с.
5. Парфенова, Л.М. Физико-механические свойства бетонов с полиакрилонитрильными волокнами / Парфёнова Л.М., Качан М.С. // Вестник Полоцкого государственного университета. Строительство. Прикладные науки. – 2011. – С. 30–34
6. Макаричев, В.В. О ячеистом бетоне, армированном волокнами / В.В. Макаричев // Фибробетон и его применение в строительстве. – М., НИИЖБ, 1979. – С. 28–33.
7. Волков, И.В. Фибровая арматура для бетонов / И.В. Волков, Э.М. Газин // Труды 1-й Всероссийской конференции по проблемам бетона и железобетона. – 2001. – С. 1171–1179.
8. Калугин, И.Г. Пенобетоны дисперсно-армированные базальтовым волокном : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.23.05 / И.Г. Калугин. – Красноярск, 2011. – 22 с.
9. Сари, М. Армированные волокнами вяжущие композиционные материалы: вклад полиамидных волокон / М. Сари, Дж. Лекселент, Р. Решерш // Современные технологии сухих смесей в строительстве "MixBULD" : сб. докладов / под общ. ред. Э.Л. Большакова. – СПб., ГУПС, 2001. – С. 48–60.
10. Моргун Л.В. Свойства фибропенобетонов, армированных полиамидными волокнами. Дисс. к.т.н. Ленинград: ЛИСИ, 1986. -169 с.
11. Моргун В.Н. Структурообразование и свойства фибропенобетонов неавтоклавного твердения с компенсированной усадкой: дис. канд. техн. наук: 05.23.05 / В.Н. Моргун; Ростов-на-дону, 2004. – 178 с.
12. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам: ГОСТ 10180-2012. – Введ. 07.01.13. – Минск: Межгосударственная система стандартизации. Основные положения, 2013.

УДК 691.322

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФИБРЫ В ПЕНОБЕТОНАХ НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

В.А. ХВАТЫНЕЦ

(Представлено: канд. тех. наук, доц. Л.М. ПАРФЁНОВА)

Показаны преимущества пенобетонов. В качестве недостатка пенобетона отмечена усадка при твердении. Рассмотрено применение фибры как эффективной меры предотвращения усадочных деформаций. Выявлены критерии, определяющие эффективность применения фибры в пенобетоне. Рассмотрено влияние базальтовых, полиамидных, полипропиленовых волокон на структурообразование и физико-механические свойства пенобетонов неавтоклавнового твердения.

Ячеистый бетон неавтоклавнового твердения является достаточно популярным материалом в строительстве, благодаря относительно невысокой себестоимости, простоте технологического производства и широкой сфере применения, включающей как изготовление блоков, панелей, перегородочных плит, так и применение в монолитном домостроении. Средняя плотность пенобетона может варьироваться от 300 до 1200 кг/м³. Пенобетоны характеризуются прекрасными звуко- (35...66 дБ), теплоизоляционными (0,05...0,52 Вт/м·°С) свойствами, удобообрабатываемостью (гвоздимость, фрезерование, пиление, сверление и т.п.) при укладке в дело и рядом других полезных свойств [1]. При этом одним из факторов, сдерживающих широкое применение неавтоклавнового пенобетона для производства крупногабаритных изделий и в монолитном строительстве, является усадка при твердении, снижающая его трещиностойкость. В качестве мер, позволяющих исключить возможность проявления усадочных деформаций, широко применяется дисперсное армирование волокнами, отличающимися по своему составу от материала матрицы и способные в процессе работы пенобетона воспринимать более высокие по сравнению с матрицей растягивающие напряжения [2-4]. Материалы, применяемые в качестве фибры, поделены на три класса по величине собственного модуля упругости в сравнении с модулем продольной упругости бетона ($E_s = (0,2...0,25) \cdot 10^5$ МПа): высокомодульную, среднемодульную и низкомодульную фибру. К высокомодульной фибре ($E_f > E_s$) относятся волокна углерода, волокна бора, стальная фибра. К среднемодульной, упругие свойства которой соизмеримы со свойствами бетона, относятся стекловолокно, минеральные и некоторые синтетические волокна. К низкомодульной фибре ($E_f < E_s$) относятся натуральные волокна (хлопок, дерево и др.), полимерные волокна (полипропиленовая фибра и др.). Дисперсное армирование может осуществляться одним видом фибры или смесью разных (табл. 1) [5].

Таблица 1. – Физико-механические свойства волокон, применяемых для дисперсного армирования бетонов

Наименование волокна	Плотность, г/см ³	Модуль Юнга, 10 ⁻³ МПа	Прочность на растяжение, 10 ⁻³ МПа	Удлинение при разрыве, %
Полипропиленовое	0,9	3,5–8	0,4–0,77	10–25
Полиэтиленовое	0,95	1,4–4,2	0,7	10
Нейлоновое	1,1	4,2	0,77–0,84	16–20
Акриловое	1,1	2,1	0,21–0,42	25–45
Полиэфирное	1,4	8,4	0,73–0,78	11–13
Углеродное	2,0	245	2	1
Хлопковое	1,5	4,9	0,42–0,7	3–10
Асбестовое	2,6	68	0,91–3,1	0,6
Стеклоанное	2,6	70–80	1,05–3,85	1,5–3,5
Базальтовое	2,6	80–100	1,6–3,6	1,4–3,6
Стальные фибры	7,8	200	0,80–3,15	3–4

В ходе проведенного в работах [6, 7] анализа были установлены критерии, определяющие эффективность применения фибры в бетонах. Отмечено, что в первую очередь, эффективность дисперсного армирования бетонов зависит от соотношения прочностных и деформативных характеристик армирующих волокон (фибры) и бетонной матрицы. Если модуль упругости фибры существенно (в 3...10 раз) превышает модуль упругости бетона, то следует ожидать повышения механической прочности, трещиностойкости и улучшения других эксплуатационных свойств дисперсно армированного бетона. Если

модуль упругости фибры близок к показателю модуля упругости бетона, либо несколько меньше его, то будет иметь место повышение работы разрушения материала при одновременном снижении конструктивных свойств. В качестве второго критерия предложено рассматривать предельную растяжимость фибры. При использовании фибры, предельная деформативность которой больше предельной деформативности бетона, под действием предельных нагрузок разрушение происходит не мгновенно, как это наблюдается в хрупких материалах, а медленно, то есть вязко.

Калугиным И.Г. в работе [8] установлено, что при использовании базальтовых волокон базальто-пенобетонные конструкции могут выдерживать большие напряженные деформации благодаря тому, что само волокно при растяжении пластических деформаций не имеет. При этом относительная деформация цементного камня без образования трещин достигает $0,9 \div 1,1$ %. Такая деформация в $45 \div 55$ раз превышает граничное удлинение неармированного цементного камня. При использовании волокон прочность практически не уменьшается. Увеличение прочности цементного камня происходит за счет влияния базальтового волокна на концентрации напряжений в местах, ослабленных структурными дефектами, либо повышенной пористости.

В работе [9, 10] были выделены три стадии напряженно-деформированного состояния при нагружении бетонных образцов, дисперсно армированных полиамидными волокнами. Первая стадия - упругая работа материала до появления трещин в растянутой зоне бетона, когда напряжения меньше временного сопротивления бетонной матрицы растяжению и растягивающие усилия воспринимаются дисперсной арматурой и матрицей совместно. Эта стадия характеризуется прогибами, не превышающими $1/900$ пролёта при коэффициенте вариации 19%. Ко второй стадии отнесена работа постепенного накопления трещин в растянутой зоне фибропенобетона. Объединение первичных трещин в магистральную начинается при нагрузке в $1,6 \dots 2,0$ раза превышающей нагрузку первой трещины. Величина прогибов во второй стадии работы разрушения достигает $1/160$ пролёта. Третьей стадии соответствует интенсивное раскрытие магистральной трещины, связанное с тем, что напряжения в дисперсной арматуре достигли предела её текучести. Эта стадия завершается потерей несущей способности образца. Разрушение вызвано прогрессирующим ростом прогибов, величина которых достигает $1/34$ пролёта. Утрата несущей способности не приводит к раздроблению сжатой зоны образцов и разделению их на отдельные куски. Величина разрушающей нагрузки в $2,5 \dots 3,0$ раза превышает нагрузку, соответствующую появлению первой трещины.

Проведенное в работе [11] исследование процессов структурообразования фибропенобетонных неавтоклавного твердения показало, что дисперсное армирование пенобетонных смесей организует структуру зернистых частиц в составе межпоровых перегородок. К фибре как области максимальных сдвиговых напряжений перемещаются при перемешивании мельчайшие частицы твёрдой фазы и плотно укладываются на её поверхности, отжимая свободную влагу в сторону плёнок ПАВ. Фибра после завершения перемешивания смеси, с одной стороны, ограничивает возможность смещения частиц твёрдой фазы при перераспределении межчастичной влаги в ходе гидратации и твердения вяжущего, а с другой стороны - становится тем конструктивным элементом, который является основой для формирования плотного кластера, обеспечивает комфортные условия твердения цементным новообразованиям и, таким образом, становится способной защитить сформированную при перемешивании ячеистую структуру от расслоения при ослаблении упругих свойств водных плёнок ПАВ.

Стешенко А.Б. в работе [12] установлено, что при равномерном распределении базальтовых, полипропиленовых и хризотил-асбестовых волокон диаметром $18-30$ мкм в межпоровых перегородках пенобетона за счет снижения напряжений при структурообразовании поризованных цементных композиций на границе раздела фаз уменьшается пластическая усадка на $37-45$ % и усадка при высыхании на $40-50$ %. При этом при оптимальных дозировках фибры формируется однородная структура с хорошими связями в контактной зоне, что приводит к повышению прочности на сжатие и класса пенобетона. Показано, что при введении микроармирующих волокон прочность цементного камня увеличивается на всех стадиях твердения ($1-28$ суток). При армировании цементного камня базальтовыми волокнами прочность повышается на 5 %, при армировании полипропиленовыми волокнами - на 3 %, а при введении хризотил-асбестовых волокон - на 6 %. Усадочные деформации пенобетона с применением базальтовых волокон уменьшаются на 47 %, с применением полипропиленовых волокон - на 40 %. Максимальное снижение усадочных деформаций при высыхании на 50 % наблюдается при использовании хризотил-асбестовых волокон и пластификатора Неолас.

Улучшение физико-механических свойств фибропенобетона объяснено протеканием следующих процессов: 1) введение микроармирующих волокон и пластифицирующих добавок способствует стабилизации структуры пенобетона, за счет чего образуются замкнутые мелкодисперсные поры и обеспечивается отсутствие протекания жидкости в стенках пор; 2) минеральные волокна, обладая рыхлой веретенообразной структурой, хемосорбционно взаимодействуют с соединениями цементного теста, вызывая в зоне контакта рост новообразований низкоосновных гидросиликатов кальция, что упрочняет структуру матрицы за счет сцепления; 3) введение микроармирующих волокон и пластифицирующих добавок по-

вышает площадь контактов цементной матрицы и ее плотность, увеличивает степень кристаллизации и гидратации цементной системы вследствие хемосорбции волокон.

Таким образом, эффективность фибрового армирования зависит от объемного содержания фибры и их механических и термохимических свойств, соотношение между параметрами фибровой арматуры и параметрами структуры бетонной матрицы, длины фибры и уровня дисперсности армирования. Установлено, что в случае, когда модуль упругости фибры превышает модуль упругости бетона, то повышается трещиностойкость, механическая прочность, а также прочие эксплуатационные характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большаков, В.И. Производство изделий из ячеистого бетона по резательной технологии / В.И. Юольшаков, В.А. Мартыненко, В.В. Ястребцов. – Днепропетровск : Пороги, 2003. – С. 141.
2. Пухаренко Ю.В. Технология теплоизоляционных ячеистых бетонов, армированных синтетическими волокнами. Автореферат дисс. к.т.н., Л., ЛИСИ, 1986. -23 с.
3. Крохин А.М. Автоклавный ячеистый бетон с повышенной прочностью при растяжении. Автореферат дисс. к.т.н., М., НИИЖБ, 1979. - 22 с.
4. Лобанов И.А. Основы технологии дисперсно армированных бетонов(фибробетонов). Автореферат дисс. д.т.н., Л., ЛИСИ, 1983. - 36 с.
5. Парфенова, Л.М. Качан, М.С. Физико-механические свойства бетонов с полиакрилонитрильными волокнами / Л.М. Парфёнова, М.С. Качан // Вестник Полоцкого государственного университета. Строительство. Прикладные науки. – Новополоцк: ПГУ, 2011. – С. 30–34
6. Макаричев В.В. О ячеистом бетоне, армированном волокнами//Фибробетон и его применение в строительстве. М., НИИЖБ, 1979. С.28...33.
7. Моргун Л.В. Физико-химические основы механики композиционных материалов. Ростов-на-Дону, РГАС, 1994. - 75 с.
8. Калугин И.Г. Пенобетоны дисперсно-армированные базальтовым волокном: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.05 / И.Г. Калугин; Красноярск, 2011. – 22 с.
9. Сари М., Лекселент Дж., Решерш Р. Армированные волокнами вяжущие композиционные материалы: вклад полиамидных волокон.// Вкн.: Современные технологии сухих смесей в строительстве "MixBULD". Сб. докладов под общ. редакцией Большакова Э.Л. - С- Петербург, ГУПС, 2001. - С.48...60.
10. Моргун Л.В. Свойства фибропенобетонов, армированных полиамидными волокнами. Дисс. к.т.н. Ленинград: ЛИСИ, 1986. -169 с.
11. Моргун В.Н. Структурообразование и свойства фибропенобетонов неавтоклавного твердения с компенсированной усадкой: дис. канд. техн. наук: 05.23.05 / В.Н. Моргун; Ростов-на-Дону, 2004. – 178 с.
12. Стешенко А.Б. Модифицированный теплоизоляционный пенобетон с пониженной усадкой: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.05 / А.Б. Стешенко; Томск, 2015. – 24 с.

УДК 624.012.454

ПРОЧНОСТЬ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ЦЕНТРАЛЬНО СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С МЕХАНИЧЕСКИМИ СТЫКОВЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРЫ

В.С. ГАРУНОВИЧ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.С. АЛЬ НАХДИ)

Целью представленной в данной работе ставилось получение экспериментальных данных о прочности и трещиностойкости центрально сжатых железобетонных элементов с механическими стыковыми соединениями стержневой арматуры.

Представлены экспериментальные данные о свойствах конструкции механического стыкового соединения арматуры, отличающейся простым устройством, минимальными затратами, а также обеспеченностью необходимой прочностью. Получены результаты исследований работы данных стыковых соединений в натурных образцах – железобетонных колоннах.

В связи с возрастающей долей строительства монолитных зданий и сооружений, а также освоения высотного строительства в Республике Беларусь вопросы стыковки арматурных стержней как никогда актуальны и своевременны. Рассмотрение проблематики данного вопроса говорит о том, что механические стыковые соединения арматуры за последние 10 лет обрели свою нишу в монолитном строительстве в нашей республике и странах СНГ.

В настоящее время существуют множественные варианты муфт для механической стыковки арматурных стержней, построенных на различных принципах передачи усилия между стыкуемыми стержнями. Основными требованиями к способам стыковки арматуры, определяющими их применение, являются:

- гарантированная надежность стыкового соединения;
- минимальная стоимость соединительного элемента;
- минимальные затраты на эксплуатацию оборудования при выполнении стыкового соединения;
- минимальные затраты времени на выполнение стыкового соединения.

Очевидно, что достигнуть одновременного полного выполнения всех условий невозможно [1].

Область применения механических стыковых соединений расширяется и получает новые горизонты в практике монолитного строительства. Разрабатываются отраслевые документы, которые устанавливают требования к стыкованию арматурных стержней, для внедрения механических соединений при проектировании и строительстве сооружений атомных станций. Конструкции были применены на большинстве строящихся объектов [2].

В данной научной работе был поставлен вопрос влияния механического стыкового соединения арматуры на прочность и трещиностойкость сжатых железобетонных элементов, рабочая арматура которых имеет механические стыковые соединения.

Характеристика образцов. В качестве опытных образцов принято 2 серии (8 образцов) железобетонных колонн прямоугольного сечения размером 200х200х2000 мм (рис.1), изготовленных из тяжелого бетона с призменной прочностью 33,5 МПа и 45,8 МПа.

Образцы 2-ух серий армировались рабочей продольной арматурой в виде четырех стержней диаметром 25 мм класса S500, с одним типом соединения концов стержней, представленным на рис.2. Обе серии колонн испытывались на центральное сжатие. Варьируемым фактором экспериментального исследования было принято расположение данных стыков в опытных образцах. 3 вида расположения соединительных муфт использовались для колонн: 4 стыковых соединения в одном уровне; 4 стыковых соединения со смещением; 2 стыковых соединения и 2 цельных стержня.

Поперечное армирование колонн выполнялось гнутыми хомутами, огибающими рабочую продольную арматуру. Соединения продольной арматуры и хомутов осуществлялось вязальной проволокой.

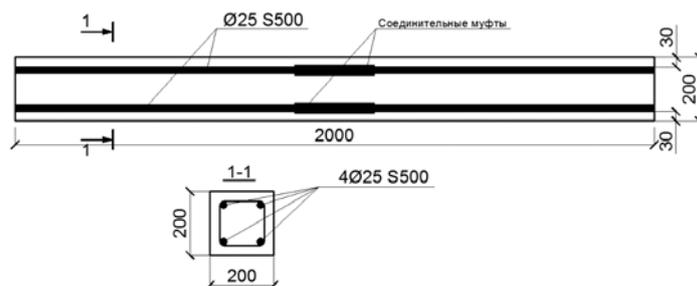


Рисунок 1. – Схема продольного армирования образцов колонн

В торцах колонн использовались оголовки с торцевыми пластинами, приваренными к продольной арматуре.

Предложенная конструкция муфтового стыкового механического соединения приведена на рисунке 2.

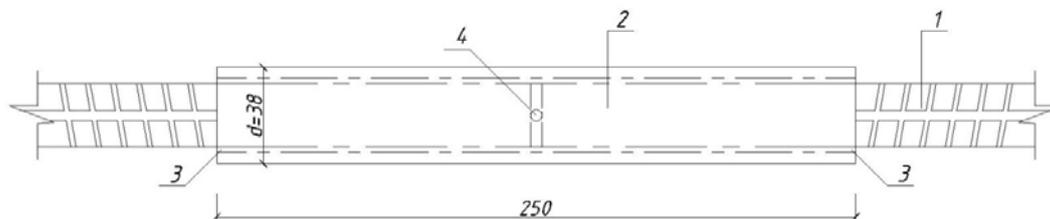


Рисунок 2. – Конструкция муфтового соединения стержневой арматуры:

- 1 – стыкуемые арматурные стержни Ø25 S500; 2 – муфта из трубы $d = 38$ мм со стенкой толщиной 4 мм;
- 3 – полимерная композиция, наполнитель – песок кварцевый; 4 – отверстие диаметром 3 мм

Данный тип характеризуется простотой устройства и минимальными затратами на изготовление [3, 4]. Выбор связующего материала в составе стыка в виде полимерной композиции на основе эпоксидной смолы обусловлен возможностью получения высокопрочного быстротвердеющего в течение суток материала. Длина соединения в данном исходном сочетании принята равной 250 мм (10 диаметров стыкуемых стержней). При длине трубы – муфты 10Ø25 испытания показали стабильные значения разрыва по среднему сечению соединения при усилиях, соответствующих временному сопротивлению стали трубы. Механические характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Средние значения механических характеристик стали

Марка стали	Условный предел текучести, σ_{02} МПа	Временное сопротивление разрыву, σ_{max} МПа	Площадь поперечного сечения, $cm^2 A_s$
S500	551	687	4,9
S300	360	504	4,27

Вся экспериментальная часть работы проводилась с данным типом механического соединения. В работе использовались арматурные стержни диаметром 25мм, плавка 10103 A500СП, изготовленные по ТУ 14-1-5497-2004, производства РУП "Белорусский металлургический завод". По показателям испытаний на растяжение средние значения предела текучести стали 551 МПа, временное сопротивление разрыву 687 МПа, что соответствует требованиям, предъявляемым к арматуре класса S500(A500). Для изготовления муфты использовалась стальная электросварная труба производства ОАО Московского трубопроводного завода «Филит», сделанная согласно ГОСТ 8734-75, наружным диаметром 38 мм и толщиной стенки 4 мм. На внутренней поверхности трубы были нарезаны выступы глубиной 1–1,5мм, для улучшения сцепления. По результатам испытаний на растяжение средние значения предела текучести стали муфты 360МПа, временное сопротивление разрыву 504 МПа, что соответствует требованиям, предъявляемым к арматуре класса S300(A300). Построена диаграмма деформирования для стали основных стержней и стали муфты (рис. 3).

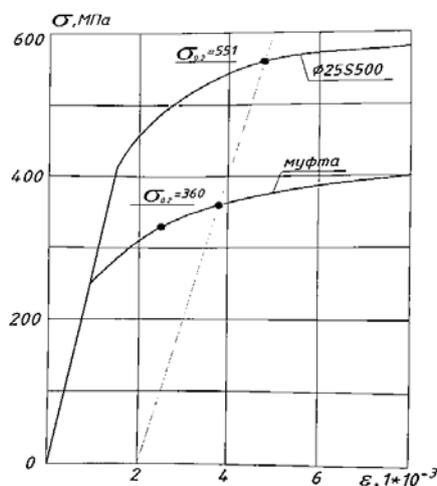


Рисунок 3. – Диаграмма деформирования стали основных стержней и стали трубы муфты

Бетонирование колонн выполнялось на базе Полоцкого государственного университета. Бетон изготавливался на ПРУП «Новополоцкжелезобетон» и доставлялся в испытательную лабораторию УО «ПГУ» в виде готовой смеси. Бетонирование образцов происходило в лаборатории УО «ПГУ». Уплотнение бетонной смеси при укладке в опалубку производилось глубинным вибратором и штыкованием.

Опытные образцы колонн испытывались на гидравлическом прессе с максимальным усилием сжатия 1000т. Для равномерности передачи усилия на колонну, непосредственно перед проведением эксперимента, между оголовками колонн и плитами пресса укладывался слой цементно-песчаного раствора. Приложение нагрузки к колоннам осуществлялось ступенями – $0,1N_{разр}$ с выдержкой 10 мин. Поперечные и продольные деформации бетона замерялись в зоне стыка с помощью тензодатчиков и индикаторов часового типа. Ширину раскрытия трещин измеряли микроскопом МПБ-2.

Таблица 2. – Характеристики опытных образцов-колонн

№ п/п	Шифр образца	Характеристика образца и условное обозначение	Призменная прочность бетона, МПа	Разрушающая продольная сила, кН
1	К-1	контрольные образцы без стыковых соединений (●)	33,5	2100
2	К-2		45,8	2420
3	К-3	4 соединения в одном уровне (x)	33,5	2140
4	К-4		45,8	2500
5	К-5	4 соединения со смещением (▲)	45,8	2400
6	К-6		45,8	2490
7	К-7	2 соединения (v)	45,8	2450
8	К-8		33,5	2200

Проведя данное экспериментальное исследование можно сделать следующие выводы:

1. Экспериментальные испытания колонн с муфтовыми соединениями позволили определить прочность опытных образцов колонн при центральной сжатии.
2. Размещение стыкового соединения в сжатой зоне не привело к образованию дополнительных значительных деформаций в бетоне и не повлияло на прочность, сопротивление образованию и раскрытию трещин, на жесткость опытных железобетонных колонн.
3. Полученные результаты исследований позволяют рекомендовать новую конструкцию муфтового стыкового соединения арматуры к практическому применению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лешкевич, О.Н. Результаты испытаний сварных и механических стыковых соединений арматуры класса S500 / О.Н. Лешкевич, А.И. Чубрик // Строительная наука и техника. – 2010. – № 6. – С. 130–133.
2. Дьячков, В.В. Механические соединения арматуры – применение и тенденция развития / В.В. Дьячков // Бетон и железобетон. – 2013. – № 4. – С. 8–9.
3. Устройство для соединения концов арматуры : пат. 2930 Респ. Беларусь, E04C5/16 / В.В. Чупров, Ю.В. Попков, В.И. Сидоренко ; заявитель Полоц. гос. ун-т. – № U20060002 ; заявл. 03.01.2006 ; опубл. 31.08.2006 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – № 4 – С. 173.
4. Устройство для соединения концов арматуры : пат. 3091 Респ. Беларусь, E04C5/16 / В.В. Чупров, Ю.В. Попков, В.И. Сидоренко ; заявитель Полоц. гос. ун-т. – № U20060201 ; заявл. 03.04.2006 ; опубл. 30.10.2006 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – № 5 – С. 162.

УДК 624.012.454

ПРОЧНОСТЬ МЕХАНИЧЕСКОГО МУФТОВОГО СОЕДИНЕНИЯ СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРЫ

В.С. ГАРУНОВИЧ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.С. АЛЬ НАХДИ)

Рассматривается получение экспериментальных данных о прочности безсварного стыкового муфтового соединения арматуры.

Выбор связующего материала в составе стыка в виде полимерной композиции на основе эпоксидной смолы обусловлен возможностью получения высокопрочного быстротвердеющего в течение суток материала. Длина соединения в данном исходном сочетании принята равной 250 мм (10 диаметров стыкуемых стержней) на основании результатов испытаний при растяжении образцов соединений с разной длиной муфты. При длине трубы – муфты $10 \cdot \varnothing 25$ испытания показали стабильные значения разрыва по среднему сечению соединения при усилиях, соответствующих временному сопротивлению стали трубы.

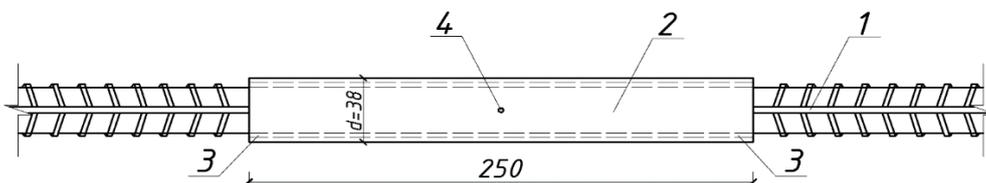


Рисунок 1. – Конструкция муфтового соединения стержневой арматуры:
1 – стыкуемые арматурные стержни $d = 25$ мм; 2 – муфта из трубы $d = 38$ мм;
3 – компаунд эпоксидный; 4 – отверстие диаметром 3 мм

Предлагаемая конструкция с учетом марки стали С235, используемой при изготовлении трубы соединения предлагала длину анкеровки $5d$ (125 мм). В ходе предварительных испытаний на растяжение было испытано три образца. Испытания производились на разрывной машине Р-50 при постоянной скорости нагружения (рис. 2 а).

Испытания на сжатие производилось на прессе П-125 при постоянной скорости нагружения. Для проведения опытов были изготовлены специальные стальные основания призмы, размером $200 \times 200 \times 50$, по две на каждый конец арматуры. В одной из каждой пары призм сверлилось отверстие, в последствии призмы скреплялись болтами. В отверстие призмы вставлялся строго в вертикальном положении арматурный стержень и крепился эпоксидной смолой, затем аналогичная операция проделывалась с другим концом арматуры. Общий вид конструкции в сборе на рисунке 2 б.



а



б

Рисунок 2. – а – испытуемый образец в разрывной машине;
б – общий вид механического соединения в прессе

Наблюдение за линейными перемещениями стыкуемых стержней относительно муфты осуществлялось рычажными механическими тензometрами Гугенбергера с точностью 0,001 мм.

На растяжение и сжатие испытывалось 5 образцов. Стержни, испытываемые на растяжение имели номера 1Р, 2Р, 3Р, 4Р, 5Р. Стержни, контролируемые на сжатие 1К, 2К, 3К, 4К, и стержни с муфтами 1С, 2С, 3С, 4С, 5С. Нагружение осуществлялось пошагово с интервалом 25кН на сжатие и 10кН на растяжение.

Результаты проведенных испытаний приведены в таблице 1.

При сжатии деформации в сечениях муфты значительно меньше деформаций стыкуемых стержней на всех этапах нагружения. Объяснением этому служит меньшая интенсивность напряжения на большей площади сечения. В переходных зонах, в начале и в конце муфты, образуется градиент деформаций, связанный с процессом перераспределения усилий между стыкуемыми стержнями и муфтой. Именно в этих зонах наблюдается **искривление образца в момент потери устойчивости при достижении предельных усилий на сжатие.**

Таблица 1. – Сводная таблица испытаний механических соединений арматуры

Сжатие		Вид разрушения	Растяжение		Вид разрушения
№ образца	Разр. нагрузка		№ образца	Разр. нагрузка	
1С	256кН	Потеря устойчивости	1Р	212кН	выдергивание стержня
2С	256кН	Потеря устойчивости	2Р	210кН	выдергивание стержня
3С	276кН	Потеря устойчивости	3Р	230кН	выдергивание стержня
4С	269кН	Потеря устойчивости	4Р	240кН	выдергивание стержня
5С	270кН	Потеря устойчивости	5Р	240кН	выдергивание стержня

При растяжении, на начальных стадиях нагружения до $0,5N_{max}$ характер распределения деформаций по длине стыка аналогичен характеру распределения при испытаниях на сжатие. На более высоких этапах нагружения, приближающихся к критическим, отчетливо проявляется зона анкеровки, проявляющееся за счет работы сил сцепления на участках интенсивной передачи усилий между стержнями и муфтой. Также на высоких стадиях нагружения образуется зона нелинейного опережающего деформирования середины стыка, где в дальнейшем вследствие достижения временного сопротивления стали и происходит разрыв муфты.

Проведя данное исследование можно сделать следующие выводы:

– испытания на растяжение предлагаемой конструкции механического соединения в принятой комплектации показали стабильные значения усилий разрыва по среднему сечению, соответствующие временному сопротивлению стали трубы муфты;

– предельная сжимающая нагрузка при потере устойчивости опытных образцов стыка имела значения, близкие к результатам испытания на растяжение;

ЛИТЕРАТУРА

1. Узел стыкового соединения стержней арматуры в сжатых железобетонных элементах / С.А. Мадатян [и др.] // Бетон и железобетон. – 2008. – № 2. – С. 2–5.

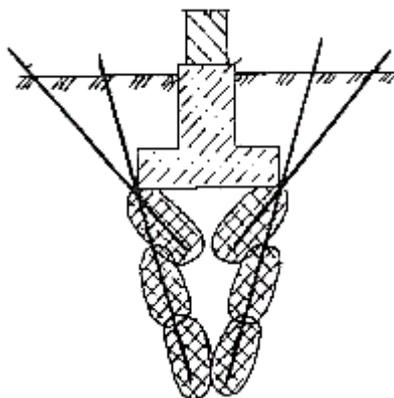
УДК 624.131

МЕТОДЫ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЙ**В.С. ГАРУНОВИЧ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. П. КРЕМЕНЕВ)**Рассмотрены методы усиления фундаментов существующих зданий.*

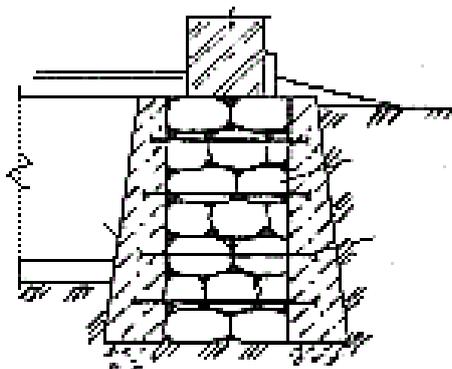
В процессе реконструкции зданий и сооружений часто возникает необходимость усиления фундаментов из-за таких проблем как: опасное развитие деформаций фундамента, моральный или физический износ здания, увеличении нагрузки на основание в ходе осуществления надстройки, модернизации здания.

В настоящее время используют следующие методы усиления оснований и фундаментов: закрепление грунтов основания, уширение подошвы фундамента, заглубление фундаментов, применение свай.

Закрепление грунтов основания (рис. 1) достигается принудительным нагнетанием в грунт различных вяжущих материалов, а также воздействием на массив грунта различных физических полей: электрическим током, нагреванием и охлаждением. К вяжущим относят любые порошкообразные, жидкие и пастообразные материалы, превращающиеся в камневидное тело при затворении водой или отвердителем или после взаимодействия с коагулянтом. Для закрепления грунтов наиболее часто используют водно-цементные суспензии в чистом виде или с различными отощающими добавками; водные глинистые суспензии; расплав битума; эмульсии битума в воде; раствор жидкого стекла с плотностью $1,05-1,32 \text{ г/см}^3$; некоторые виды синтетических смол. Название способа закрепления грунтов даётся по виду инъекционного раствора или природе физического поля, искусственно прилагаемого к массиву грунта.

**Рисунок 1. – Закрепление грунтов основания**

Уширение подошвы фундамента (рис. 2) предполагает увеличение опорной площади существующего фундамента за счет присоединения к его боковым граням дополнительных железобетонных или бетонных элементов. При уширении подошвы происходит перераспределение нагрузки на большей поверхности основания, что дает возможность повысить нагрузку на фундамент, снизить осадку, уменьшить вероятность потери несущей способности основания. Уширение подошвы также применяется для выравнивания эпюры контактных давлений, стабилизации крена фундамента.

**Рисунок 2. – Уширение подошвы фундамента**

К увеличению глубины заложения фундаментов (рис. 3) прибегают реже из-за значительной трудоемкости. Однако этот способ применяют в случае необходимости увеличения глубины подвала, переноса подошвы фундамента на более плотные нижележащие слои грунта и т. д.

Для ленточных фундаментов эту процедуру выполняют в такой последовательности. Сначала в несущей стене прорубают отверстия, через которые пропускают разгружающие балки, устанавливаемые на бетонные тумбы или специальные опоры. Учитывая возможность осадки грунта, целесообразно опирать балки на домкраты, что позволяет регулировать положение опор при увеличении деформации основания.

Работы по увеличению глубины заложения ведут отдельными захватками длиной 2,5...3 м.

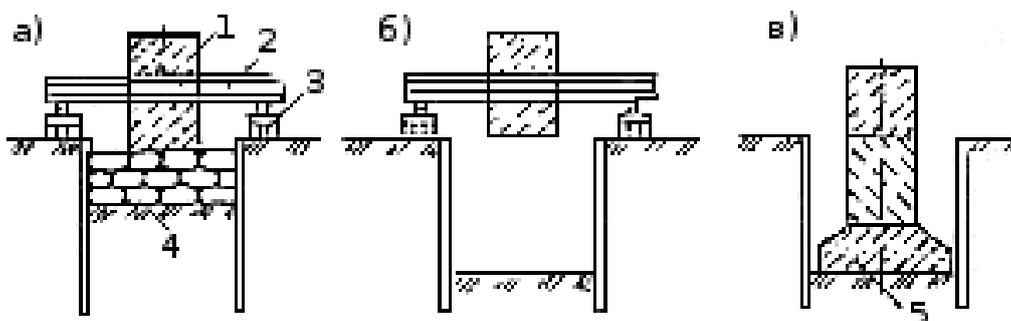


Рисунок 3. – Увеличение глубины заложения фундамента.

При усилении оснований используются буровые и буроинъекционные сваи, металлические закручивающиеся сваи (рис. 4). Особенность свайных технологий заключается в необходимости применения малогабаритной техники для работы в низких помещениях (подвалы, первые этажи зданий).

В стесненных подвальных условиях рациональнее всего применять закручивающиеся сваи так как:

- оборудование для закручивания имеет небольшие габариты;
- сваи можно завернуть в грунт вручную;
- сваи можно сделать сборными;
- минимально нарушается структура грунта.

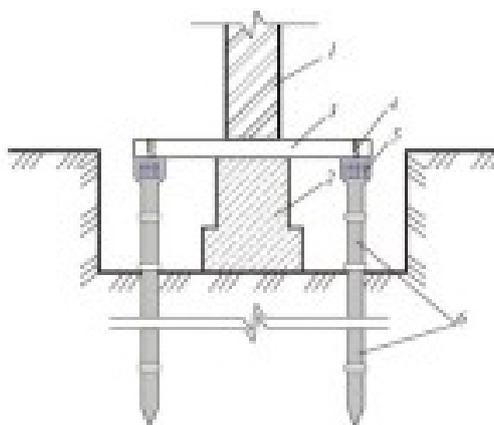


Рисунок 4. – Усиление фундаментов при помощи свай

В результате проведенной работы можно сделать вывод, что самый рациональный метод усиления фундаментов в стесненных подвальных условиях – это усиление при помощи закручивающихся свай.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основания и фундаменты зданий и сооружений : ТКП 45-5.01-254-2012 (02250).
2. Грунты. Классификация : СТБ 943-2007. – Минск, 2006.
3. Далматов, Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты / Б.И. Далматов. – Л., 1988.

УДК 624.131

**УСИЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЙ ВИНТОВЫМИ СВАЯМИ
В ЗАЩИТНОЙ СРЕДЕ ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА****В.С. ГАРУНОВИЧ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. П. КРЕМЕНЕВ)*

Рассмотрен метод усиления фундаментов винтовыми сваями, выполняемых в защитной среде цементного раствора.

Усиление фундаментов в жилых и общественных зданиях, как правило, сопряжено со значительными технологическими трудностями, связанными со стесненностью места проведения работ, невозможностью использования тяжелой техники в подвальном помещении, с высоким уровнем грунтовых вод, подтоплением места работ техногенными и тальми водами. Применение винтовых свай в данных условиях представляется одним из наиболее рациональных методов усиления оснований, позволяющим существенно повысить несущую способность фундаментов при минимальных затратах.

При реконструкции зданий и сооружения наибольшее применение нашли следующие виды свай: буронабивные, буроналивные, вдавливаемые и винтовые сваи. Применение винтовых свай в стесненных подвальных условиях не требует сложного и дорогостоящего оборудования. Установки для завинчивания имеют небольшие габариты, а при необходимости сваи можно завернуть в грунт и вручную. Сваи можно делать сборными различной длины. В процессе завинчивания минимально нарушается структура грунта.

Основной недостаток металлических винтовых свай – низкая коррозионная стойкость. Различного рода защитные покрытия не всегда могут гарантировать требуемую долговечность и прочность на истирании, что неизбежно происходит в процессе завинчивания свай. Использование винтовых свай, выполняемых в защитной среде цементного раствора (патент РБ № 9349) технически легко выполнимо в любых грунтовых условиях и в тоже время цементный камень вокруг металлической сваи будет играть роль защитной среды, предотвращающей коррозию металла.

Технология устройства винтовых свай в защитной среде цементного раствора подробно приведена /5/. Нами в полевых условиях на опытной площадке были выполнены 2 сваи длиной 2 м и диаметром 30 мм. Бурение производилось малогабаритной буровой установкой полыми шнеками (рис. 1 а). После достижения шнеком проектной отметки нижний башмак (долото) открывается и производится заполнение скважины жидким цементным раствором (в/ц 1:1.25) с одновременным подъемом полых шнеков. После извлечения шнека и заполнения скважины цементным раствором в скважину засыпается щебень и производят погружение винтовых свай. После погружения винтовой сваи делается несколько обратных оборотов сваи для уплотнения щебня в пяте сваи. При затруднении свободного погружения секций свая завинчивается буровым станком (рис. 1 б).

*а**б***Рисунок 1. – Последовательность устройства свай:*****а* – бурение скважины полым шнеком и заполнение скважины жидким цементным раствором;*****б* – погружение винтовой сваи**

Несущим элементом является винтовая свая, внутренняя полость которой заполнена цементным раствором по типу трубобетонной конструкции. Раствор, окружающий винтовую свая, после схватывания будет играть роль защитной среды, предотвращающей коррозию металла сваи.

После набора прочности (28 суток) сваи были испытаны статической нагрузкой методом релаксации напряжений (СТБ 2242-2011 /4/). Общий вид свай после испытаний приведен на рисунке 2.

При испытании свай статической нагрузкой предельная нагрузка на сваю составила – 247,6 кН. Несущая способность свай, полученная по данным статического зондирования, составила 108,7кН. Существенное превышение фактической несущей способности свай над теоретической можно объяснить качественным уплотнением забоя скважины и хорошим сцеплением грунта с боковой поверхностью сваи.

Таким образом, данная технология позволяет получить сваю, обладающую высокой несущей способностью.

Был построен график зависимости осадки от нагрузки по которому и определялась несущая способность сваи (рис. 3).



Рисунок 2. – Готовая свая

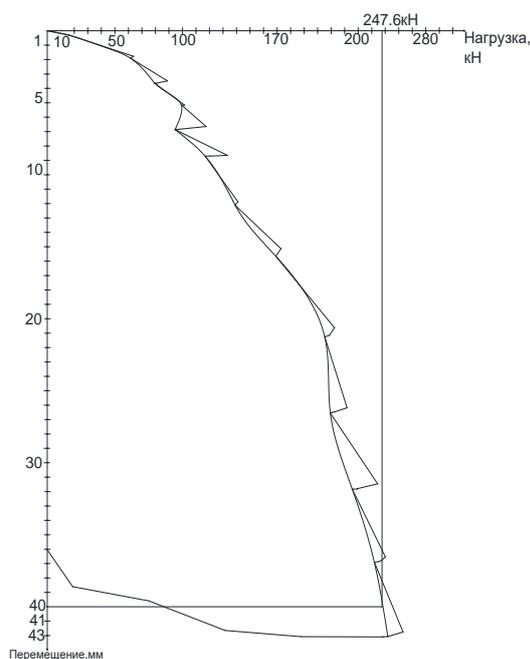


Рисунок 3. – График зависимости осадки от нагрузки

В результате проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Сваи данной технологии легко изготавливаются в стесненных условиях.
2. Несущая способность таких свай в 1,5–2,0 раза больше теоретического значения, в зависимости от грунтовых условий.
3. Данные сваи хорошо себя зарекомендовали в водонасыщенных грунтах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основания и фундаменты зданий и сооружений : ТКП 45-5.01-254-2012 (02250).
2. Грунты. Классификация : СТБ 943-2007. – Минск, 2006.
3. Далматов, Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты / Б.И. Далматов. – Л., 1988.
4. Грунты. Методы полевых испытаний сваями : СТБ 2242-2011. – Введ. 01.07.2012 пост. Госстандарта РБ от 22.12.2011 рег. № 94. – С. 37.
5. Усиление фундаментов существующих зданий при помощи металлических свай, устраиваемых в защитной среде цементного раствора // Геотехника Беларуси: Наука и практика: сб. ст. науч.-практ. конф. / БНТУ. – Минск, 2013.

УДК 624.073.014

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ПЛИТ БЕЗОПАЛУБОЧНОГО ФОРМОВАНИЯ

Е.В. ПИНЧУК, В.Г. КАЗИНЕЦ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Н. БАДАЛОВА)

Исследования заключались в установлении расчетом максимально возможной длины плит безопалубочного формования и расчетной нагрузки. Расчет плит производился в соответствии с требованиями действующих нормативных документов по предельным состояниям несущей способности и эксплуатационной пригодности.

В наших исследованиях рассматривали плиты, которые производятся по технологии фирмы ЗАО «Вибропресс» на заводе «Новополоцкжелезобетон» [1]. В соответствии с технологией ЗАО «Вибропресс» выпуск предварительно напряжённых многопустотных плит производится на стенде длиной 84м. Очистка и смазка формовочных дорожек осуществляется специальными машинами. Напряжение арматуры выполняется с помощью натяжителя «пистолетного» типа. Для осуществления бетонирования формующую машину с помощью мостового крана устанавливают на начало заармированной дорожки. Наличие у формирующей машины двух бункеров позволяет осуществлять непрерывное бетонирование. Отформованную дорожку накрывают теплоизоляционным полотном. Затем производится прогрев изделий при температуре от 30 до 70 °С. Полное время термообработки 20 часов. После набора бетоном изделий 85% гарантированной прочности осуществляется передача усилия для снятия напряжений. Затем производится разметка и раскрой изготовленного бетонного монолита на плиты требуемой длины. Пропил бетонного полотна осуществляется на глубину 213 мм при высоте плиты 220 мм. Снятие готовых плит с производственной дорожки производится специальной траверсой. Качество плит безопалубочного формования высокое, с большой геометрической точностью. Плиты изготавливаются шириной 1195мм и высотой 220 мм. Плиты армированы высокопрочной проволокой диаметром 5 мм класса S1400 в верхней и нижней зоне. Схема максимально возможного армирования плит представлена на рисунке 1.

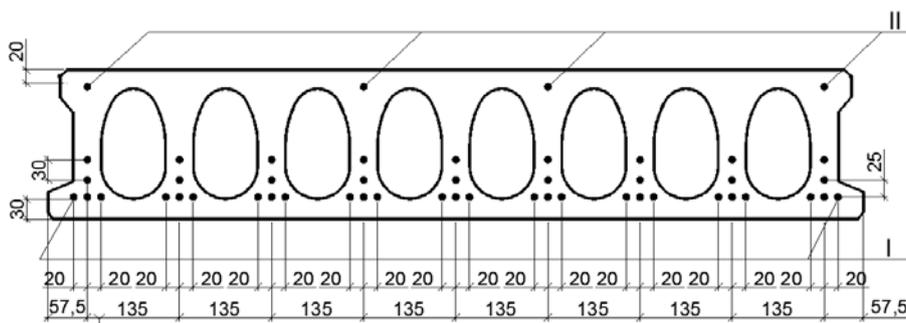


Рисунок 1. – Схема армирования плиты безопалубочного формования

Расчёт плит осуществляется на действие равномерно распределённой нагрузки. Расчётная схема плиты – однопролётная шарнирно опёртая балка. Плиты рассчитываются по предельным состояниям несущей способности и эксплуатационной пригодности.

Расчёт плит по несущей способности осуществляется на действие изгибающего момента и поперечной силы (рис. 2). Подбор продольной арматуры в нижней растянутой зоне плит производится исходя из величины действующего момента с использованием программы Бета 4.2, в которой реализованы требования [2].

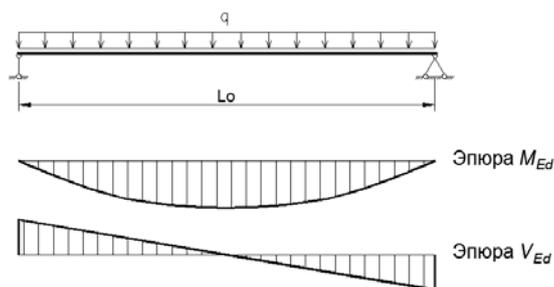


Рисунок 2. – Расчетная схема плиты

В типовой серии содержатся данные для возможности изготовления плит необходимого пролёта под заданную нагрузку (рис. 3).

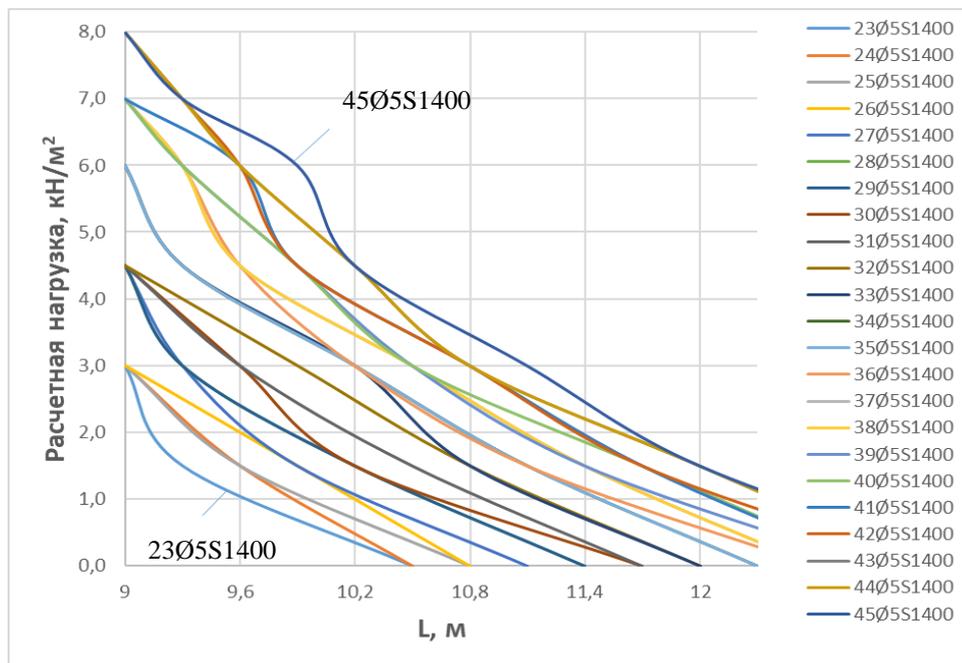


Рисунок 3. – График зависимости расчётной равномерно распределённой нагрузки от пролёта

Установлено, что при максимально возможном количестве проволок (45 шт.) плиту длиной 11,7 м возможно использовать под расчётную нагрузку 3 кН/м².

Для всех большепролётных плит с целью обеспечения прочности наклонного сечения при действии расчётной нагрузки необходимо устанавливать поперечную арматуру. Технология безопалубочного формования не предусматривает установку поперечной арматуры, поэтому после формовки плит выполняется прорезка отверстий в пустотах со стороны верхней грани плиты, в которые в последующем устанавливаются каркасы в приопорной зоне. Пустоты замоноличиваются в месте установки каркасов (рис. 4).

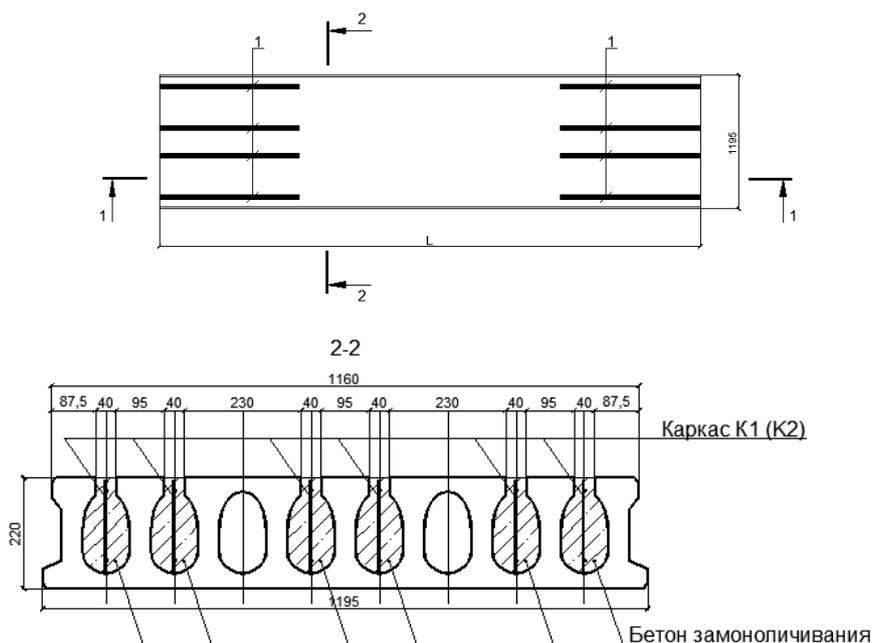
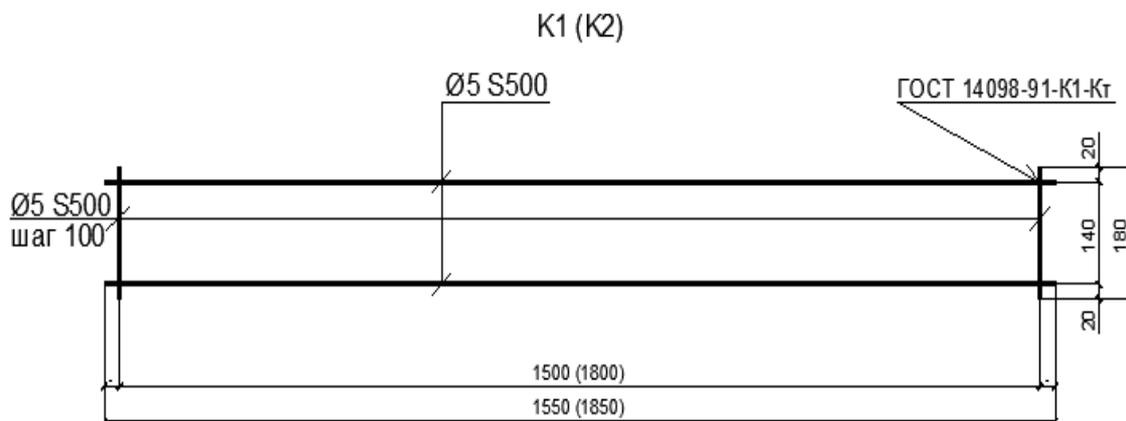


Рисунок 4. – Схема установки каркасов в приопорной зоне плиты



Окончание рисунка 4.

Расчёт по эксплуатационной пригодности включает:

- 1) контроль образования и ширины раскрытия трещин;
- 2) контроль деформаций (сопоставление фактического прогиба плит от соответствующего сочетания нагрузок с максимально допустимым прогибом).

Расчётом установлено, что при действии частого сочетания нагрузок трещины в растянутой зоне плит не образуются.

Расчет по деформациям плит осуществляли исходя из эстетико-психологических (на действие практически постоянного сочетания нагрузок) и физиологических (с учетом нагрузки от людей, возбуждающих колебания) требований. Максимально допустимый прогиб плит по эстетико-психологическим требованиям составляет $(1/250)$ пролета [2]. Фактические значения прогиба от действия практически постоянного сочетания нагрузок не превышают предельных значений (рис. 5). Предельный прогиб плит по физиологическим требованиям определялся согласно [3] для офисных помещений категории В и торговых помещений категории D. Фактические значения прогиба плит, определенные для офисных помещений с учетом нагрузки от людей, возбуждающих колебания, находятся в пределах допустимых значений. Фактическое значение прогиба плиты длиной 11,7 м, определенное для помещений категории D с учетом нагрузки от людей, возбуждающих колебания, превышает предельно допустимое значение (рис. 6).

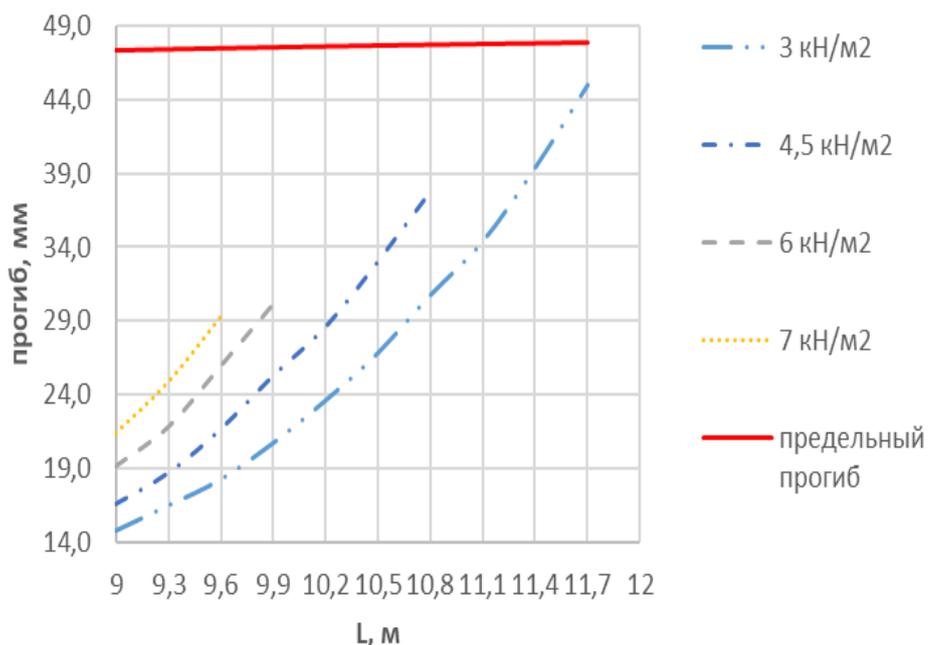


Рисунок 5. – График зависимости прогиба от расчетного пролета плиты при действии практически постоянного сочетания нагрузок

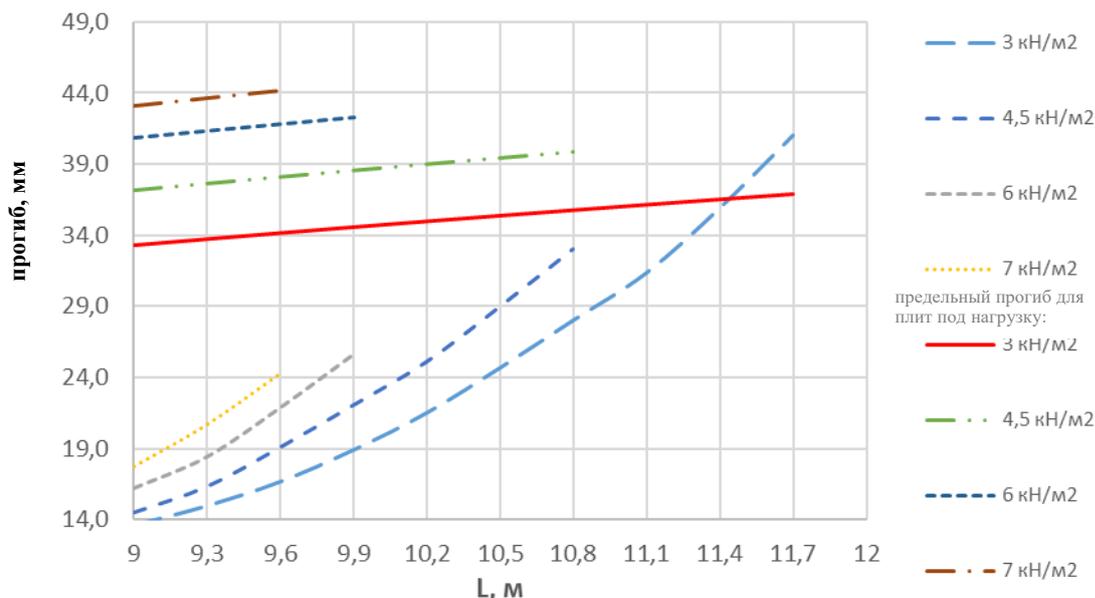


Рисунок 6. – График зависимости прогиба от расчетного пролета плиты по физиологическим требованиям для помещений категории D

Применение большепролетных плит безопалубочного формирования возможно до длины 11,7 м под нагрузку 3 кН/м², что установлено расчетом плит по несущей способности на действие изгибающего момента для помещений категорий А, В. Расчет по прогибам ограничивает применение плит длиной 11,4 м для категории помещений D.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бадалова, Е.Н. Производство многопустотных плит стендового безопалубочного формирования по технологии фирмы ЗАО «Вибропресс» / Е.Н. Бадалова, Е.Д. Лазовский, А.А. Хотько // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь : сб. тр. XV междунар. науч.-метод. семинара : в 2-х т. / под общ. ред. Д.Н. Лазовского, А.А. Хотько. – Новополоцк : ПГУ, 2008. – Т. I. – С. 110–116.
2. Проектирование железобетонных конструкций : ТКП EN 1992-1-1-2009* (02250). Еврокод 2. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2010. – 191 с.
3. Нагрузки и воздействия (Дополнения. Разд. 10. Прогибы и перемещения) : СНиП 2.01.07-85. – Введ. 01.01.1989. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 8 с.

УДК 620.169.2

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ
НА ОСНОВАНИИ ПРОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАТЕРИАЛОВ,
ПОЛУЧЕННЫХ НЕРАЗРУШАЮЩИМИ МЕТОДАМИ КОНТРОЛЯ****Т.Г. КОЗЬЯНИНА***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.И. КОЛТУНОВ)*

Оценка несущей способности железобетонных конструкций при обследовании зданий и сооружений позволяет определить возможность дальнейшего использования данной конструкции, ее надежность и долговечность. При оценке несущей способности конструкций на основании прочностных параметров материалов, полученных неразрушающими методами контроля, необходимо уделить внимание влиянию неоднородной структуры бетона на косвенные показатели. Требуется более детальное изучение вопроса о выборе наиболее оптимальных методов контроля, а также изучение необходимости обработки поверхности исследуемых конструкций непосредственно перед испытаниями.

Каждый из методов неразрушающего контроля имеет свои достоинства и недостатки. Применение того или иного метода в первую очередь определяется необходимой степенью точности показаний приборов, технологическими возможностями применения одного из методов, материальными затратами. Соответствие результатов испытания неразрушающими методами контроля значениям прочности образцов, испытанных стандартными методами достигается подбором градуировочных зависимостей под определенные условия испытания.

Что касается определения прочности бетона, имеется большое число методов контроля, применяемых на практике. Условно их можно разделить на три основные группы: разрушающие, путем отбора, неразрушающие прямые и неразрушающие косвенные. Однако разрушающие методы на практике при обследовании существующего здания применяются крайне редко. Помимо того, что для отбора образцов требуется частичное разрушение конструкции, а, следовательно, и последующее восстановление, что приводит к дополнительным тратам, необходимо также отметить высокую стоимость оборудования, большую трудоемкость процесса извлечения образцов и, конечно, данные методы иногда применить практически невозможно. Поэтому большее преимущество на сегодняшний день у неразрушающих методов.

С ходом времени появляются все более усовершенствованные приборы с применением электроники и микропроцессорной техники, развиваются и увеличиваются их функциональные возможности. Среди них наиболее распространенными на сегодняшний день являются ультразвуковой метод и методы ударного импульса и упругого отскока. Данные методы являются косвенными методами неразрушающего контроля. Для каждого из них необходимо построение градуировочных зависимостей для каждой конструкции непосредственно, что приводит к неизбежному использованию методов первой и второй группы (разрушающих методов контроля и прямых методов неразрушающего контроля). Следует отметить, что все они имеют определенную погрешность, которая влияет в результате на расчетную несущую способность конструкции.

С целью определения влияния погрешностей при определении прочностных параметров методами неразрушающего контроля, на основании проведенных исследований, был выполнен расчет несущей способности плит перекрытия в программном комплексе Beta. Испытания проводились на плитах перекрытия существующей конструкции методами неразрушающего контроля.

Класс арматурных стержней определялся измерение твердости, при помощи портативного ультразвукового твердомера Константа K5V. Было выполнено по 15 испытаний для каждого образца с последующим осреднением полученных значений определением временного сопротивления арматурного стержня по выведенной зависимости «твердость-прочность».

Все испытания статическим твердомером проводились по одной методике. Расположение и диаметр арматуры в железобетонных конструкциях определялись электромагнитным методом с помощью прибора ИЗС-10Н согласно ГОСТ 22904-93 [1]. После чего производилось вскрытие защитного слоя бетона и определение параметров армирования при помощи косвенных характеристик в местах, где арматурный стержень не достигает максимальных изгибающих моментов и не нарушается анкеровка (на расстоянии $\frac{1}{4}$ длины пролета). Поверхность арматурного стержня была очищена с устройством среза необходимой глубины длиной 100 мм. Поверхность образцов в месте испытания дорабатывалась до необходимой шероховатости угловой шлифовальной машинкой (УШМ) с использованием насадки малой зернистости. Параметр шероховатости должен быть не более $Ra = 0,32$ мкм [2].

Прочность бетона определялась с использованием методов неразрушающего контроля (метод пластических деформаций – с помощью молотка конструкции Кашкарова). Было выполнено по 10 испытаний.

Поверхность плит перекрытия в месте испытаний зачищалась металлическими щетками. Поверхность в местах испытаний была ровная, без пор и раковин. Молотком Кашкарова наносилась серия ударов по поверхности бетона под углом 90 градусов. Расстояние между отметками на стержне выдерживалось в пределах 10-12 мм. Расстояние между отпечатками на бетоне составляло не менее 30 мм. При помощи углового масштаба замерялся размер наибольшего диаметра отпечатков из получившихся на бетоне и стержне. При этом отпечатки неправильной формы не учитывались. Из соотношения полученных диаметров отпечатков вычислялось среднеарифметическое значение, т.е. косвенное значение прочности бетона.

После получения прочностных характеристик арматуры и бетона в программе Beta были выполнены расчеты на примере плиты перекрытия серии 1.141-1. Расчет выполнялся для плиты с заводскими характеристиками, которая принималась за эталонную и для плит, параметры которых были определены с помощью методов неразрушающего контроля.

Проверка выполнялась для наиболее неблагоприятных комбинаций показателей. Результаты проведенного расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Результаты расчета, проведенного на основании параметров, полученных методами неразрушающего контроля

	Класс бетона	Класс арматуры	Проектная прочность, кНм
Эталон	C20/25	S800	73.70
По результатам обследования	C20/25	S'964	97.74
	C20/25	S'1323	123.21
	C'9.6/12	S'964	78.93
	C'9.6/12	S'1323	78.29
	C20/25	S'1010	101.91

Анализ полученных результатов показал, что значительное влияние на несущую способность конструкции оказывают параметры арматуры, в то время как параметры бетона не дают значительных изменений. Допустимая нагрузка на конструкцию, полученная с использованием показаний приборов неразрушающего контроля дают сопоставимые результаты с рекомендуемыми в сериях. Таким образом, при использовании методов неразрушающего контроля с учетом погрешностей приборов можно определить несущую способность конструкции. Однако отклонения значений от эталонного составляют от 4.09% до 27.68%, в зависимости от используемых приборов. Стоит учесть, что в расчете принимались максимальное и минимальное значения, полученные на приборах, на практике же при проведении испытаний методами неразрушающего контроля следует проводить серию испытаний с последующим осреднением результатов, что позволяет минимизировать влияние выпадающих значений и более точно определить исследуемый параметр.

На основании изложенного выше можно сделать следующие выводы:

1. При обследовании изгибаемых элементов особое внимание необходимо уделить прочностным характеристикам арматуры, так как они оказывают наиболее существенное влияние на несущую способность.
2. Допустимая нагрузка на конструкцию, полученная с использованием приборов неразрушающего контроля дают сопоставимые результаты при сравнении с рекомендуемыми в сериях.
3. Отклонения значений, полученных методами неразрушающего контроля от эталонного, составляют при наихудших комбинациях от 4,09% до 27,68%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры : ГОСТ 22904-93.
2. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринеллю переносными твердомерами статического действия : ГОСТ 22761-77.

УДК 620.169.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АРМАТУРЫ И БЕТОНА ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ КОНСТРУКЦИЙ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ

Т.Г. КОЗЬЯНИНА

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. И. КОЛТУНОВ)

На сегодняшний день разработка и совершенствование методов и средств контроля технического состояния железобетонных конструкций существующих зданий и сооружений является одним из наиболее актуальных направлений. В данной статье приведен анализ основных методов определения класса арматуры и бетона при обследовании конструкций железобетонных зданий и сооружений.

При детальном обследовании железобетонных элементов зданий и сооружений одной из приоритетных задач является определение прочностных параметров стальной арматуры и прочности бетона. Прочность бетона на сжатие является одним из наиболее часто контролируемых параметров при строительстве и обследовании железобетонных конструкций. Что касается определения параметров арматуры, самым сложным в плане определения, а также первоочередным для выполнения проверочных расчетов является установление принадлежности арматуры к определенному классу, и соответственно присвоение ей определенных прочностных характеристик, так как она всегда скрыта под защитным слоем бетона. Имеется большое число методов контроля, применяемых на практике (табл. 1.).

Таблица 1. – Классификация методов контроля прочностных характеристик арматуры и бетона

Методы контроля	Бетон	Арматура
Разрушающие (путем отбора проб)	Испытание образца на сжатие	Испытание образца на растяжение
Неразрушающие. Прямые	Отрыв Отрыв со скалыванием Скалывание ребра	Испытания на твердость стационарными твердомерами Спектральный анализ
Неразрушающие. Косвенные	Ультразвуковой Упругого отскока Ударного импульса Пластической деформации	По внешним признакам Определение твердости Динамическим Ультразвуковым Статическим твердомерами

Для отбора образцов требуется частичное разрушение конструкции, а, следовательно, и последующее восстановление, что приводит к дополнительным затратам, необходимо также отметить высокую стоимость оборудования, большую трудоемкость процесса извлечения образцов и, конечно, данные методы иногда применить практически невозможно.

Предпочтение отдается неразрушающим методам контроля прочностных характеристик арматуры и бетона. Для определения класса арматуры перспективным считается неразрушающий метод, позволяющий определить класс арматуры по измерению твердости стали. Исследованиям зависимости между прочностью и твердостью сталей на сегодняшний день посвящено много работ. Основополагающая зависимость для сталей отражена в ГОСТ 2276-77 «Металлы и сплавы. Метод измерения прочности по Бринеллю переносными твердомерами статического действия» [1, 2].

Возможность применения данного метода основывается на известной зависимости параметров прочности стали с ее твердостью. Имеется большой выбор портативных приборов, которые позволяют определять твердость стали в полевых условиях. При использовании данной методики нет необходимости в извлечении образцов, что уменьшает трудоемкость работ по определению класса арматуры путем испытания на растяжение, а также по восстановлению несущей способности поврежденного элемента.

На сегодняшний день много ученых занимаются вопросом определения зависимости «твердость – прочность», например, работы таких авторов как Дрозд М.С. «Определение механических свойств металла без разрушения», Хомич В.М., Логвинов Д.Н. «Экспериментальное исследование взаимосвязи предела текучести и некоторых чисел твердости строительных сталей» и другие, направленные на уточнение и анализ зависимости «твердость – прочность» [3, 4].

Однако большинство исследований основано на измерении твердости в лабораторных условиях по отобраным образцам, что также неизбежно приводит к повреждению конструкции при отборе образцов и необходимости последующего усиления [5].

В большинстве изданий указаны зависимости «твердость-прочность стали», полученные при исследовании прокатных профилей (швеллер, двутавр и др.), применяемых для элементов строительных конструкций [3]. Эти стали характеризуются относительно узким диапазоном прочности, небольшим

разнообразием марок и простыми способами термического упрочнения. Всего этого нельзя сказать об арматурной стали различных классов.

Однако, несмотря на всю привлекательность метода определения класса арматуры через зависимость «твердость-прочность», на результаты измерений и их выполнение влияет целый ряд факторов.

- расположение участка измерения (торцевой срез, боковая поверхность);
- ограничения применяемых методов измерения (статический, динамический, ультразвуковой);
- влияние на твердость исследуемого слоя способа подготовки поверхности (обрезка, зачистка, шлифовка, полировка);
- выбор частной градуировочной зависимости между твердостью и прочностью;
- влияние марки стали, упрочнения арматуры (термомеханическое, холодная деформация, вытяжка) на применяемую зависимость;

Пока нет однозначных результатов о влиянии различных видов стали, из которых изготавливаются арматурные стержни, а также видов термомеханического упрочнения арматуры, напряженного состояния и других факторов на существующую зависимость.

Так же влияние на показания твердомера оказывает глубина срезаемой поверхности, т.к. по сечению арматурного стержня твердость распределяется не равномерно, ближе к поверхности образца значения выше, по сравнению с остальными показаниями. Это обусловлено способом изготовления арматурного стержня.

Также часто можно встретить понятие конструкционная прочность. Конструкционная прочность часто зависит от состояния материала в поверхностных слоях детали. Одним из способов поверхностного упрочнения стальных деталей является поверхностная закалка. В результате поверхностной закалки увеличивается твердость поверхностных слоев изделия с одновременным повышением сопротивления истиранию и предела выносливости, что и обуславливает более высокие показания прочности у поверхности сечения и уменьшение к сердцевине арматурного стержня.

Среди наиболее распространенных на сегодняшний день методов определения прочности бетона в конструкциях являются методы третьей группы: ультразвуковой метод по ГОСТ 17624-2012 [6], методы ударного импульса и упругого отскока по ГОСТ 22690-88 [7].

По технике проведения испытаний можно выделить сквозное ультразвуковое прозвучивание, когда датчики располагают с разных сторон тестируемого образца, и поверхностное прозвучивание, когда датчики расположены, с одной стороны. Метод сквозного ультразвукового прозвучивания позволяет, в отличие от всех остальных методов неразрушающего контроля прочности, контролировать прочность не только в приповерхностных слоях бетона, но и прочность тела бетона конструкции. Ультразвуковые приборы могут использоваться не только для контроля прочности бетона, но и для дефектоскопии, контроля качества бетонирования, определения глубины. На зависимость «прочность бетона – скорость ультразвука» влияют следующие факторы, колебания которых нужно учитывать при применении ультразвукового метода контроля:

- количество и зерновой состав заполнителя;
- изменение расхода цемента более, чем на 30%;
- способ приготовления бетонной смеси;
- степень уплотнения бетона;
- напряженное состояние бетона.

Ультразвуковой метод позволяет осуществлять массовые испытания изделий любой формы многократно, вести непрерывный контроль нарастания или снижения прочности. Недостатком метода является погрешность при переходе от акустических характеристик к прочностным. Нельзя ультразвуковые приборы использовать для контроля качества высокопрочных бетонов. Метод сквозного ультразвукового прозвучивания позволяет контролировать прочность не только в приповерхностных слоях бетона, но и прочность тела бетона конструкции [8].

Метод ударного импульса заключается в регистрации энергии удара, возникающей в момент соударения бойка с поверхностью бетона. Приборы, использующие данный метод, отличаются небольшим весом и компактностью, а определение прочности бетона методом ударного импульса является достаточно простой операцией. Результаты измерений выдаются в единицах измерения прочности на сжатие. Также с их помощью можно определять класс бетона, производить измерение прочности под различными углами к поверхности объекта, переносить накопленные данные на компьютер.

Метод упругого отскока, как и метод пластической деформации, основан на измерении поверхностной твердости бетона. Метод упругого отскока заимствован из практики определения твердости металла. Для испытания бетона применяют приборы, называемые склерометрами, представляющие собой пружинные молотки со сферическими штампами. Молоток устроен так, что система пружин допускает свободный отскок ударника после удара по бетону или по стальной пластинке, прижатой к бетону. Прибор снабжен шкалой со стрелкой, фиксирующей путь ударника при его обратном отскоке. При проведе-

нии испытаний после каждого удара берут отсчет по шкале прибора (с точностью до одного деления) и записывают в журнал. Требования к подготовке участков для испытаний, к расположению и количеству мест удара, а также к экспериментам для построения тарировочных кривых такие же, как в методе пластической деформации. [8]

Все выше перечисленные методы являются косвенными методами неразрушающего контроля. Для каждого из них необходимо построение градуировочных зависимостей для каждой конструкции непосредственно, что приводит к неизбежному использованию методов первой и второй группы (разрушающих методов контроля и прямых методов неразрушающего контроля).

Все выше описанные методы имеют свои достоинства и недостатки, каждый из них может применяться в определенных условиях. Однако все они имеют определенную погрешность, которая влияет в результате на расчетную несущую способность конструкции.

На проведение испытаний по контролю прочности бетона неразрушающими методами влияют такие факторы как категория бетонной поверхности, тип цемента, состав цемента, тип заполнителя, условия твердения, возраст бетона, влажность и температура поверхности, карбонизация поверхностного слоя бетона, качество приборов, опыт человека, проводящего испытания и еще ряд других менее значимых факторов.

На основании изложенного ранее можно сделать следующие выводы:

1. Определение класса арматуры портативными твердомерами требует соблюдения определённых условий, изучение которых необходимо в каждом частном случае.
2. При определении прочности бетона и арматуры методами неразрушающего контроля необходимо учитывать допустимую погрешность измерений, зависящие от прибора, которым выполняется исследование, человеческого фактора, условий проведения испытаний.
3. При определении несущей способности конструкций необходимо учитывать влияние изменчивости физико-механических характеристик бетона и арматуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Улыбин, А.В. Методы контроля параметров армирования железобетонных конструкций / А.В. Улыбин // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 1 (27).
2. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. – М. : ЦНИИПРОМЗДАНИЙ, 1997. – 179 с.
3. Хомич, В.М. Экспериментальное исследование взаимосвязи предела текучести и некоторых чисел твердости строительных сталей / В.М. Хомич, Д.Н. Логвинов // Известия вузов. Строительство. – 1999. – № 11. – С. 133–137.
4. Дрозд, М.С. – М. : Металлургия, 1965. – 171 с.
5. Ремнев, В.В. Обследование технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений : учеб. пособие для вузов ж.-д. транспорта / В.В. Ремнев, А.С. Морозов, Г.П. Тонких. – М. : Маршрут, 2005. – 196 с.
6. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности : ГОСТ 17624-2012.
7. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля : ГОСТ 22690-88.
8. Бербеков, Ж.В. Неразрушающие методы контроля прочности бетона / Ж.В. Бербеков // Молодой ученый. – 2012. – № 11. – С. 20–23.

УДК 624.012.45

**ВЛИЯНИЕ ТИПОВ ПОВЕРХНОСТИ НА ПРОЧНОСТЬ КОНТАКТНОГО ШВА
СОСТАВНЫХ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ****К.А. КОСТЮРИНА***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. КРЕМНЕВА)*

Надежность сцепления старого бетона с новым возможна как при соблюдении соответствующей технологии укладки нового бетона, так и подготовки поверхности старого бетона. Особенность технологии состоит в укладке нового бетона на чистую, шероховатую, влажную поверхность. Однако относясь к одной группе по шероховатости, поверхность сцепления различных образцов все же имеет различия, которые можно оценить как визуально, так и инструментально. Вопросу о влиянии этих аспектов на адгезию посвящена данная статья.

Прочность контактного шва старого и нового бетона определяется многими факторами, такими как характер действия сил, условия укладки нового бетона, степень и методы уплотнения, уход за свежесложенным бетоном, обработка сопрягаемой поверхности старого бетона, состав бетонной смеси и многое другое. Однако, благодаря учету междисциплинарных связей и сочетанию материаловедческих, технологических и конструкторских мероприятий можно достичь оптимальной прочности сцепления. Одним из основных факторов является тщательная подготовка поверхности старого бетона, которая требует значительных затрат.

Влияние различных способов обработки поверхности на прочность сцепления между старым и новым бетоном изучалось во многих работах [1–4] и др. Данные работы подтверждают, что сцепление старого бетона с новым обладает высокой чувствительностью к различным факторам, возникающим во время изготовления и хранения образцов, а также подготовки поверхности контакта. Прочность контактного шва может изменяться в пределах до 50% для образцов одной группы, данное явление можно связать с неоднородностью поверхностей сопряжения.

В связи с этим в Полоцком государственном университете были проведены экспериментальные исследования прочности контактного шва в зависимости от подготовки поверхности, согласно современных требований к категориям поверхности [5].

При подготовке поверхности сопряжения с зачисткой металлическими щетками, количество выступающего заполнителя различается в широких пределах. Однако при классификации поверхностей в соответствии с [5], поверхность всех анализируемых образцов была отнесена к одной категории А5.

Оценка шероховатости поверхности образцов определялась методом «песчаного пятна». С помощью данного метода определялась средняя глубина впадин шероховатости поверхности сопряжения. Средняя глубина шероховатости поверхности изучаемых образцов находится в пределах от 0,24 до 0,33 мм. Следовательно, разделить образцы на группы по шероховатости в данном случае так же не представляется возможным.

Однако при визуальной оценке прослеживается разница в количестве выступающего на поверхности заполнителя. Можно заранее предвидеть, что количество заполнителя на поверхности сопряжения различно отразится на сопротивлении контактного шва. Поэтому поверхности образцов были разделены на три группы, в зависимости от количества выступающего заполнителя (рис. 1).

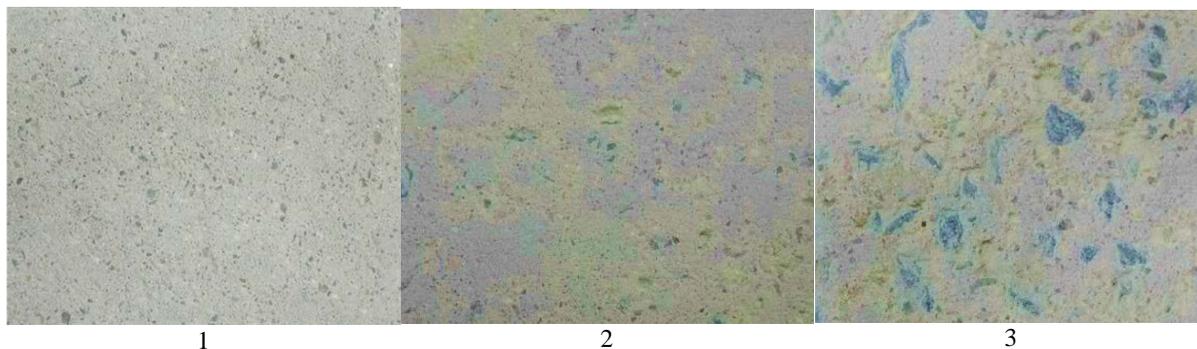


Рисунок 1. – Общий вид поверхности в зависимости от количества выступающего крупного заполнителя по условным категориям: 1 – 0–5% от площади исследуемой поверхности; 2 – 5–10% от площади исследуемой поверхности; 3 – более 15% от площади исследуемой поверхности

И им были присвоены условные категории. К первой условной категории относились образцы, на поверхности которых не проступали частицы крупного заполнителя, ко второй условной категории были отнесены образцы количество крупного заполнителя на поверхности которых составляло 5-10%, к третьей условной категории – более 15%.

После назначения образцам условных категорий поверхности, выполнялась прибетонировка к ним нового бетона с применением прослойки на основе цементных систем. Причем в образцах группы Г-1-0 прослойка не содержала модификатора, а в Г-1-0.7 прослойка была модифицирована гиперпластификатором Стахемент 2000М, в количестве 0,7% от массы цемента. Испытания проводились на Г-образных составных элементах. При проведении исследований определялась прочность контактного шва, результаты приведены в виде гистограммы на рисунке 2.

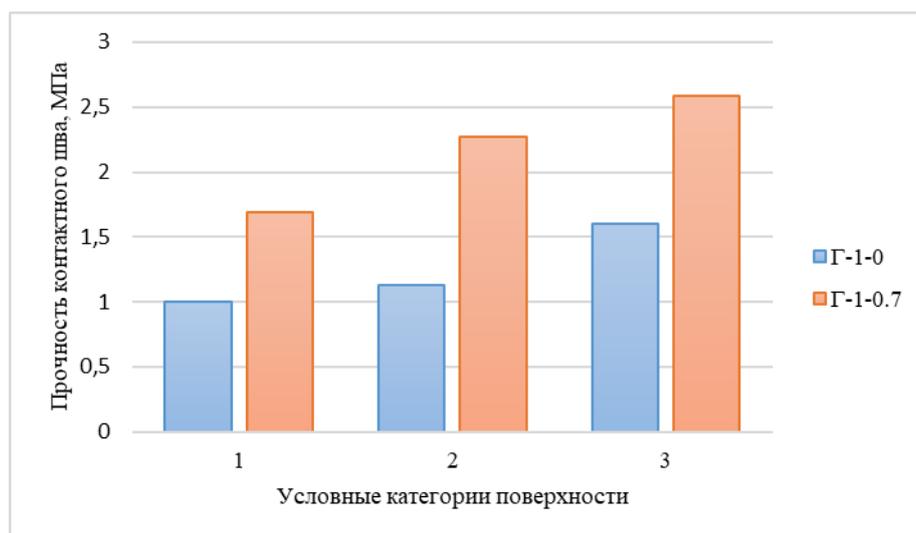


Рисунок 2. – Влияние типа поверхности на прочность контактного шва в зависимости от количества выступающего крупного заполнителя по условным категориям:
1 – 0–5% от площади исследуемой поверхности; 2 – 5–10% от площади исследуемой поверхности;
3 – более 15% от площади исследуемой поверхности

На основании проделанной работы можно сделать следующие выводы:

– сцепление старого бетона с новым обладает высокой чувствительностью к различным факторам, возникающим во время изготовления и хранения образцов. Однако, благодаря учету междисциплинарных связей, а именно: сочетанию материаловедческих, технологических и конструкторских мероприятий можно достичь оптимальной прочности сцепления;

– прочность контактного шва может изменяться в пределах до 50% при различной шероховатости поверхности сопряжения, в пределах одной категории поверхности (в частности А5), в связи с чем в нормативной документации необходимо введение дополнительных условных градаций поверхностей.

– при наличии на поверхности сопряжения частиц крупного заполнителя в количестве более 15 % от общей площади поверхности, прочность контактного шва возрастает на 34-37% в сравнении с прочностью, на которой не проступали частицы крупного заполнителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гвоздев, А.А. Изучение сцепления нового бетона со старым в стыках железобетонных конструкций и рабочих швах / А.А. Гвоздев, А.П. Васильев, С.А. Дмитриев. – М. : ОНТИ, 1936.
2. Хаменок, Е.В. Контактные швы в железобетонных составных конструкциях / Е.В. Хаменок, Е.Г. Кремнева. – Вестник ПГУ. Сер. Ф. – 2011.
3. Калитуха, В.В. Прочность контактного шва железобетонных составных конструкций : дис. ...маг. техн. наук / В.В. Калитуха ; ПГУ. – Новополоцк, 2017.
4. Чикалина, О.П. Усиление железобетонных конструкций намоноличиванием с применением модифицированных бетонов : дис. ...маг. техн. наук : 05.23.01 / О.П. Чикалина ; ПГУ. – Новополоцк, 2003.
5. Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные. Взамен ГОСТ 13015-75 в части технических требований : ГОСТ 13015.0-83. – Введ 22.07.83. – М. : Изд-во стандартов, 1984.

УДК 624.012.45

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОСЛОЕК НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ В СОСТАВНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ**К.А. КОСТЮРИНА***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. КРЕМНЕВА)*

Обеспечение совместной работы слоев бетона и железобетона в составных конструкциях является важным вопросом не только в сборно-монолитном и монолитном строительстве, но и при реконструкции и техническом перевооружении зданий и сооружений. Использование прослоек на основе модифицированных цементных систем может увеличить прочность всей конструкции в целом и свести к минимуму затраты на подготовку поверхности контакта, а также сократить расходы на модифицирующие добавки, применяя их лишь в прослойке между бетонами.

Контактный шов в общем случае представляет собой соединение как минимум двух элементов, например, соединение бетона намоноличивания со «старым» бетоном при реконструкции, сборных элементов с монолитным бетоном при сборно-монолитном строительстве, соединении участков монолитного бетона с вновь уложенным при монолитном строительстве, а также при замоноличивании стыков в сборном строительстве. В основном все работы, посвященные данной тематике, рассматривают наличие лишь одного контактного шва, но при применении пропиток и прослоек конструкция представляет собой систему, состоящую из трех слоев, с двумя швами, что приводит к необходимости решения двух основных задач 1) прочность сцепления «старого» бетона с прослойкой и 2) прочность сцепления прослойки с бетоном намоноличивания.

Совместная работа слоев железобетонной составной конструкции обеспечивается прочностью сцепления, которая осуществляется на основе единства материаловедческих, технологических и конструкторских мероприятий. К материаловедческим аспектам относят вид вяжущего, состав бетонной смеси и применение различного рода модификаторов, а также использование различных пропиток и прослоек. Технологические аспекты в основном включают в себя подвижность и формуемость бетонной смеси, увлажнение поверхности старого бетона и способы подготовки поверхности, а также мероприятия по уходу за бетоном и способы уплотнения бетонной смеси. Конструктивные аспекты сводят к увеличению фактической площади контактного шва, чего можно достичь путем устройства отверстий и пазов, анкерных выступов и змеек, или за счет устройства шпонок различной формы, что учитывается в расчетах конструкций.

На сегодняшний день существует огромное количество пропиток для бетона. На территории Республики Беларусь активно используются пропитки марки «Ceresit» (CD 30, CC 81 и др.). Также хорошо зарекомендовала себя пропитка «Тайфун Мастер», благодаря установленным основным физическим характеристикам (адгезия, прочность при отрыве и сжатии, морозостойкость), а также стоимости. Однако вопрос их использования для повышения прочности контактного шва остается открытым. Пропитки как правило обеспечивают гидроизоляцию поверхности, что неблагоприятно сказывается в первую очередь на адгезионных свойствах бетона. Поэтому при выборе пропиток и прослоек необходимо внимательно изучить предлагаемый ряд товаров. Кроме того, что касается прослоек, то известны исследования с нанесением на поверхность старого бетона цементного раствора, цементного теста и посыпки цементом [1]. По результатам работ К.Хагера и И. Неининга [1], присыпка цементом по смоченной поверхности снизила прочность сцепления, в то время как нанесение на поверхность цементного раствора резко повысило сопротивление сцепления. Так же нанесение на поверхность цементного раствора непосредственно перед укладкой нового бетона встречается в опытах Р. Девиса [1], при изучении сцепления старого бетона с новым. Покрытие поверхности старого бетона слоем цементного раствора непосредственно перед укладкой нового бетона значительно повышает прочность сцепления. Что в очередной раз подтверждает целесообразность применения прослоек на основе цементных систем.

В настоящее время, широкое применение в строительстве получили модифицирующие добавки, на базе Полоцкого государственного университета была проведена работа, посвященная изучению вопроса рациональности использования прослоек на основе модифицированных цементных систем [2].

Испытания проводились на Г-образных составных элементах. Образцы состояли из двух частей: бетона намоноличивания (нового бетона) и сборного (старого) бетона. Поверхность сопряжения перед нанесением прослойки (на основе Стахемент 2000М в размере от 0,4 до 1% от массы цемента) прочищалась металлической щеткой и промывалась водой. Таким образом в момент укладки прослойки поверхность сборного образца была влажной. Затем на данную конструкцию укладывался новый бетон (бетон

намоноличивания). Было выполнено три вида образцов с разным количеством модификатора в прослойке и одна серия была бездобавочной, что представлено в таблице 1.

Таблица 1. – Серии образцов, представленных в работе

Серия	Количество модификатора Стахемент 2000М в % от массы цемента
Г-0-0 (Образцы без прослойки)	Нет прослойки
Г-1-0 (образец с прослойкой без модификатора)	0
Г-1-0,4	0,4
Г-1-0,7	0,7

При проведении исследований определялась прочность контактного шва, результаты испытаний приведены в виде гистограммы на рисунке 1, а также изучался характер разрушения опытных образцов.

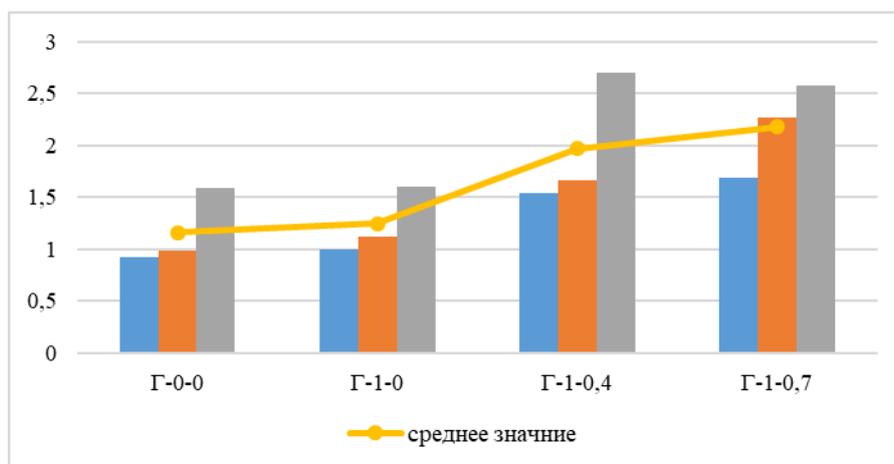


Рисунок 1. – Прочность контактного шва в пределах каждой группы образцов

Разрушение всех образцов произошло по поверхности старого бетона и прослойки, а бетон намоноличивания и прослойка в составной конструкции работали монолитно. Разрушение по этому контакту не зафиксировано.

Для более наглядной оценки поверхности сцепления образцов после разрушения было принято решение определить коэффициент налипших частиц старого бетона на поверхности бетона намоноличивания (k). Коэффициент выводился как отношение площади налипших частиц к общей площади поверхности сцепления. Осредненные значения для групп образцов приведены на рисунке 2.

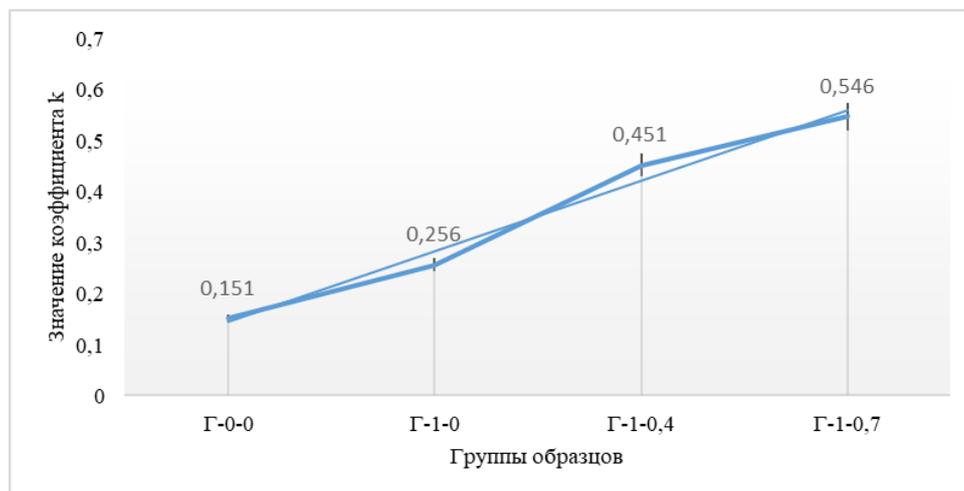


Рисунок 2. – Изменение количества налипших частиц старого бетона в зависимости от группы анализируемых образцов

На основании проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- наличие цементно-песчаной прослойки в зоне сцепления образцов повышает прочность контактного шва в среднем на 6% по сравнению с образцами без прослойки;
- Стахемент 2000М в составе прослойки повышает прочность контактного шва на 37-43% в зависимости от дозировки. В связи с этим возможно отказаться от определенных операций по подготовки поверхности контакта;
- вод добавки Стахемент 2000М в размере 0,7% от массы цемента повышает прочность контактного шва в среднем на 46,5% по сравнению с образцами без прослойки, и на 43% по сравнению с образцами с не модифицированной прослойкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гвоздев, А.А. Изучение сцепления нового бетона со старым в стыках железобетонных конструкций и рабочих швах / А.А. Гвоздев, А.П. Васильев, С.А. Дмитриев. – М. : ОНТИ, 1936.
2. Костюрина, К.А. Применение прослоек на основе модифицированных цементных систем в составных железобетонных конструкциях : дис. ...маг. тех. наук / К.А. Костюрина ; ПГУ. – Новополоцк, 2017.

УДК 691.335

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ И ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОИЗВОДСТВА СЕРОБЕТОНА В СРАВНЕНИИ С ТРАДИЦИОННЫМИ БЕТОНАМИ

*И.В. ЛАЗОВСКАЯ**(Представлено: д-р техн. наук, проф. Д.Н. ЛАЗОВСКИЙ)*

В данной статье освещается опыт применения серобетона, его преимущества и недостатки в сравнении с традиционными бетонами на основе портландцемента. Приводятся особенности технологии изготовления, области применения в строительстве.

Введение. Бетон является наиболее востребованным строительным материалом во всем мире. Он используется практически на всех объектах гражданского и промышленного строительства. При производстве традиционного бетона, состоящего из вяжущего вещества (например, портландцемент), крупных и мелких заполнителей, добавок и воды используются технологии, которые позволяют достичь высокого качества готовых изделий. Однако, строительная отрасль развивается и появляются новые пути повышения качества строительных материалов.

Сера как вяжущее для производства бетонов. В настоящее время в мире и, в частности, в Республике Беларусь имеется тенденция к увеличению объемов товарной серы, связанная с повышением объемов и углублением переработки углеводородов. Сложившаяся ситуация с серой вызывает экономическую и социальную необходимость поиска новых направлений ее применения в ранее неиспользованных областях, среди которых, как один из вариантов, использование серы в строительной и дорожно-строительной отрасли в качестве вяжущего при производстве серобетона и сероасфальта.

Серобетон является композиционным материалом, состоящим из модифицированного серного вяжущего, заполнителей и наполнителей различных фракций. Именно использование серного вяжущего, а также отсутствие в составе воды являются основными отличиями серобетона от традиционного бетона на основе портландцемента.

Сера может соединяться с большинством химических элементов. Являясь одним из самых распространенных неметаллов в природе, соединения серы встречаются в различных агрегатных состояниях. С точки зрения физических свойств сера – это твердое кристаллическое вещество, устойчивое в виде двух видов: ромбическая и моноклинная. Температура плавления серы в зависимости от вида около 120°C, кипения - порядка 450°C. На рынке сера в большинстве своем представлена в комовой, гранулированной и жидкой формах.

Использование серы для соединения элементов конструкций с различными свойствами известно еще в XVII веке. Примером может быть соединение металла с камнем при производстве корабельных якорей. Первоначально исследования возможности применения серы в строительстве проводились в США, затем в СССР. На сегодняшний день вопросы исследования вяжущих свойств серы проводятся во всем мире.

Значительный прорыв в исследованиях серобетона в США и Канаде произошел в 70-х гг. XX века, когда была доказана его безопасность для окружающей среды и были предложены способы модификации серы. Были отмечены его преимущества по отношению к традиционному бетону на основе портландцементного вяжущего: быстрый набор прочности, высокая химическая стойкость, отсутствие в составе воды, низкое водопоглощение и др. К недостаткам серобетонов можно отнести низкую устойчивость к высоким температурам, необходимость поддержания температуры раствора 140 °C при производстве, а также высокие требования к точности соблюдения технологии производства [1].

Первый патент, касающийся свойств и технологии производства серобетона был зарегистрирован в США. В данном патенте впервые было введено понятие модификатора серы для более эффективного ее использования в качестве вяжущего. Впервые массовый выпуск серного вяжущего, серобетона и изделий на его основе наладила Канадская компания StarCrete (ранее она называлась Sulfurcrete) в 1975 г. Данная компания, совместно с Sulfur Innovations Ltd. разработала технологию и подобрала составы для изготовления серобетонов с различными свойствами. В настоящее время компания StarCrete производит коррозионностойкие конструкции и составы для защиты и ремонта покрытий пола на химических и пищевых производствах и др. [1].

В 1991г. в США был зарегистрирован патент, в котором впервые была описана технология производства гранулированного серобетона. Его появление было обусловлено потребностью изготовления материалов на основе серного вяжущего в любое время, в любом месте. Принципиально технология получения гранул серобетона заключалась в помещении готовой смеси в агрегат, в котором смесь подвергается воздействию газа или воды под высоким давлением, что приводит к образованию гранул. Данное

изобретение позволило транспортировать серобетон в расфасованном виде или россыпью на значительные расстояния и производить изделия из него непосредственно на объекте, ведь для дальнейшего использования было необходимо лишь разогреть гранулы до температуры плавления порядка 150 °С.

Другой страной, которая активно исследовала серу на предмет возможного использования в строительстве, был СССР, в котором первое применение серобетона было осуществлено в 70-х гг. XXв.

С развитием технологий и совершенствования серобетона стало известно, что под действием перепадов температур, солнечной радиации и других воздействий структура серы может изменяться путем перехода ее молекул из одного аллотропного состояния в другое, что влечет появление опасных внутренних напряжений, которые могут нарушить целостность материала, тем самым сократив долговечность материала. Кроме атмосферных воздействий, неблагоприятно влияющих на серобетон, особое внимание уделялось хрупкости серы, что приводило к более высокой хрупкости серобетона по сравнению с цементными бетонами. Многие из недостатков удалось устранить путем совершенствования материала и технологии, однако, многие сохранились и до настоящего времени.

С целью уменьшения влияния недостатков, изложенных выше, и расширения области возможного применения серобетонов в серное вяжущее вводятся различные добавки-модификаторы, которые условно разделены на четыре группы: пластификаторы, стабилизаторы, антипирены и антисептики. Модификаторы-пластификаторы вводят в состав серного вяжущего для повышения пластичности состава, снижения его хрупкости, замедления процесса кристаллизации серы в процессе охлаждения. К таким модификаторам относятся: нафталин, парафин, дициклопентадиен, полистирол, кумароновая смола, сажа, графит и др. Стабилизаторы используются для стабилизации и равномерного упорядочивания структуры серы, что приводит к повышению ее прочности и устойчивости к переменным внешним условиям. Наиболее распространенные модификаторы такой группы: дициклопентадиен, тиokol, йод, фосфор, селен, мышьяк, треххлористая сурьма, битум, сажа, нафталин. Антипирены используют для повышения температур плавления и снижения горючести составов на основе серных вяжущих. Антисептики используют для повышения биологической стойкости готовых материалов на основе серного вяжущего, в частности по отношению к тионовым бактериям.

Исходя из свойств модифицированной серы, выделяются основные положительные и отрицательные свойства серобетона [6]. Серобетон обладает рядом преимуществ в сравнении с бетоном на основе портландцемента, и превосходит его по основным показателям, исключая термостойкости. Прочность серобетона на сжатие выше в 2-3 раза, морозостойчивость – в 6 раз, стойкость к истиранию – в 6 раз, кислотостойкость – в 3,5 раза, скорость набора отпускной прочности – в 80 раз, прочности на растяжение – до 2-х раз [2, 3].

Как отмечено выше, основными преимуществами серобетона перед традиционным бетоном являются его более высокие прочностные характеристики, высокая химическая и коррозионная стойкость, а также более низкие показатели водопоглощения и водопроницаемости, высокая морозостойкость, быстрый набор прочности, возможность зимнего бетонирования. Помимо отмеченных преимуществ, изделия, изготовленные из серобетонов, можно подвергать многократной переработке путем переплавления и повторного формования конструкций. Это исключает образование отходов и брака. Стоит отметить еще одно немаловажное преимущество бетонов на серном вяжущем – это отсутствие воды в процессе его изготовления, что позволяет проводить работы при отрицательных температурах. Серобетон абсолютно гидрофобен и практически не впитывает воду, поэтому идеален для изготовления заглубленных фундаментов в основаниях с высоким уровнем грунтовых вод.

При нагревании серы свыше 150 С она способна соединиться с водородом воздуха, образуя сероводород и сернистый ангидрид – газы, обладающие нервно-паралитическим действием и представляющие угрозу для человека. Однако, для производства серобетонов, зачастую не требуется нагрев смеси выше температуры 130–140 С. Однако, учитывая данный факт, особое внимание следует уделять строгому соблюдению технологии производства. ООО СП «Интер-S» (Астраханская область, Россия) обладает технологией изготовления серного вяжущего и материалов на его основе. Данная технология разработана в сотрудничестве с ООО «Астраханьгазпром» и НИИЖБ Минстроя РФ. Однако на данный момент данное предприятие выпускает лишь модифицированную серу (серный цемент) для производства серобетона. Стоит отметить, что производство серного цемента и серобетона в России выполняется по собственным патентам, а технология во многом не имеет зарубежных аналогов. Другой страной постсоветского пространства, активно участвующей в развитии серобетона, является Казахстан, где компания «Серобетон Строй» наладила безотходный процесс производства серобетона.

Использование серобетона способно обеспечить до 100% замены портландцемента в изделиях различных отраслей строительства, а также и решить экологические проблемы нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих регионов путем использования техногенных отходов комовой серы. Ряд европейских стран, таких как Польша, Германия, Франция и др. использует серобетон для производства не

только конструкционных материалов (заменяющих традиционный бетон), но и в дорожном строительстве (для покрытия дорог). [4]

Что касается нашего региона (Витебская область), то в настоящее время, сера, как вяжущее вещество при производстве бетона не используется. Однако, в настоящее время проводятся исследования возможности практического применения и дальнейшего развития в масштабных объемах. Интерес к этой теме обусловлен не только уникальными свойствами серобетонов, но и проблемой утилизации технической серы, запасы которой увеличиваются в связи с постоянно возрастающими объемами переработки серосодержащего углеводородного сырья (газ, нефть) и более глубокой очисткой от серы продуктов нефтепереработки.

Заключение. Исходя из свойств серобетона, использование серы в стройиндустрии Республики Беларусь может являться экономически выгодным направлением, поскольку изделия из серобетона обладают рядом преимуществ в сравнении с традиционными бетонами (лучшие эксплуатационные и физико-механические показатели для некоторых отраслей строительства, увеличенная долговечность). Основываясь на этом, можно сделать вывод об актуальности исследования свойств серобетона, а также технологии его производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аналитический портал химической промышленности [Электронный ресурс] // Newchemistry.ru. – Режим доступа: http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=3861&cat_id=5&page_id=1. – Дата доступа: 25.01.2017.
2. НЕРУД-БКС [Электронный ресурс] // ООО "Неруд-БКС". – Режим доступа: <http://neruds.ru/staty/beton4.html>. – Дата доступа: 25.01.2017.
3. Техничко-экономическое обоснование эффективности строительства и эксплуатации универсальной установки для производства молотой серы, объемом 5 тыс. тонн в год и модифицированной серы объемом 10 тыс. тонн в год [Электронный ресурс] // Техничко-экономическое обоснование. – Режим доступа: <https://sites.google.com/site/serobeton/home/tehkross/tehniko-ekonomiceskoe-obosnovanie>. – Дата доступа 23.01.2017.
4. Маргайлик, Е.Г. Актуальность производства серобетона и серобитума. Использование серы в дорожном строительстве США, Канады, Франции, Польши [Электронный ресурс] / Е.Г. Маргайлик. – Режим доступа: <http://www.решение-верное.рф/serobeton-actual>. – Дата доступа: 24.01.2017.
5. Пастухов, Н. Серобетон и сероасфальт – уникальные технологии и оборудование [Электронный ресурс] / Н. Пастухов. – Режим доступа: <http://www.helpbeton.ru/serobeton-i-seroasfalt-unikalnye-tehnologii-i-oborudovanie-dlya-ix-proizvodstva.html>. – Дата доступа: 24.01.2017.
6. "ИЦ "Химтэк" ООО, Новые модификаторы серного вяжущего для получения серобетонов повышенной прочности [Электронный ресурс] // ООО "ИЦ "Химтэк". – Режим доступа: <http://chemteq.ru/chem-tech/sulpho-concrete.html>. – Дата доступа: 25.01.2017.

УДК 699.844

АКУСТИЧЕСКАЯ КАМЕРА

И.О. САВЧЕНКО, Д.А. ШУРАНОВ*(Представлено: канд. техн. наук, доц. О.Н. ПЕТРОВИЧ)*

Рассматриваются основные виды акустических камер с целью получения информации о принципе работы устройств и их практическом применении. Описаны основные элементы разработанной и изготовленной учебной акустической камеры, в дальнейшем применяемой для изучения звукоизолирующих свойств строительных материалов.

Введение. При проведении лабораторных работ по акустике возникает необходимость в наблюдении распространения звуковых волн, особенно через различные звукоизоляционные перегородки. Поэтому вопрос о внедрении в учебный процесс установок, позволяющих это осуществить, очень актуален. Акустические камеры используются для измерения и исследования акустических характеристик излучателей звука [1]. На настоящий момент они востребованы в промышленности, строительстве, авиации, медицине, торговле. Существует разнообразное количество таких установок, отличающихся между собой по своему назначению и устройству. Перечислим основные виды акустических камер.

Безэховые камеры. Это помещение, в котором не возникает эхо. В акустических камерах не возникает отражения звука от стен, а в радиочастотных – не возникает отражения радиоволн. Ключевой характеристикой безэховой камеры является поглощение волн в камере (безэховость) и удерживанию их внутри камеры, а также препятствование проникновения волн в камеру (экранирование).

Полубезэховые камеры или полностью безэховая комната. Наиболее распространенным типом камер на сегодняшний день является полубезэховая или полуэховая камера. Слово «полу» указывает, что она лишь частично поглощает электромагнитную энергию. Одна из причин этого заключается в том, что металлический пол камеры отражает звуковые волны. Отражающий пол (обычно плоскость заземления) имитирует реальные условия эксплуатации испытываемой аппаратуры и тех мест, где будет потом возникать те или иные источники помех, гораздо ближе, чем свободное пространство.

Открытые измерительные площадки. Полуэховые камеры и открытые площадки являются предпочтительным методом для почти всех стандартов. В экранированных камерах "тишина" обеспечивается ослаблением мешающего измерениям излучения за счет его ослабления стенами камер в сотни тысяч и миллионы раз. На открытой площадке стен нет и ослабить фоновые излучения можно только за счет расстояния, удаления от источников излучения.

Реверберационная камера. Камера реверберации или камера с перемешиванием режимов – это экранированное помещение, но в отличие от безэховых, ее стены не поглощают электромагнитную энергию, а, наоборот, отражают и резонируют. Такие камеры преимущественно используются для проведения испытаний на устойчивость.

Экранированная камера. Это, по сути, основа для полубезэховой камеры. Тщательно смонтированный, хорошо экранирующий металлический корпус, который обеспечивает эффективную защиту электрического и магнитного полей от 50 до 120 дБ в широкой полосе частот.

Камера антенных измерений. Специальные типы безэховых камер, разработанных для измерений характеристик антенн и излучателей. Хотя произвести измерения диаграммы направленности антенны в стандартной полубезэховой камере также возможно, специализированная камера, обеспечит более точные результаты наряду с уменьшением времени измерений.

В данной работе ставилась задача, которая заключалась в разработке и изготовлении учебной акустической камеры. Она представляет собой деревянный корпус, сделанный из фанеры толщиной 12 мм. Внутренняя поверхность камеры отделана звукопоглощающим материалом, для устранения паразитных переотражений звуковых волн. С этой целью использовался войлочный материал. Для крепления исследуемого образца, в центре, поперек камеры имеется выступ. Плотное прилегание пластины с образцом к нему обеспечивается тремя дисковыми замками. Для удобства транспортировки с торца камеры предусмотрены ручки, кроме этого на крышке также имеются ручки. Все стыки в корпусе акустической камеры проклеены, для обеспечения герметичности. На крышке по периметру, с этой же целью приклеена полоса из мягкой пористой резины. Для придания эксплуатационных свойств камера покрыта лаком.



Рисунок 1. – Внешний вид акустической камеры

Для проведения экспериментов в камеру установлено звуковоспроизводящее и принимающее оборудование. В качестве источника звука используется динамическая головка мощностью 2 ватта. Для обеспечения максимального затухания вибрации источника звука с камерой динамическая головка помещена в каркас из пористого мягкого материала, основание которого имеет минимальную площадь соприкосновения с дном камеры. Кроме этого, вся звукоизлучающая конструкция установлена на песочную подушку [2]. Соединение динамика с усилителем мощности звуковой частоты осуществляется через разъем, установленный в корпусе камеры.

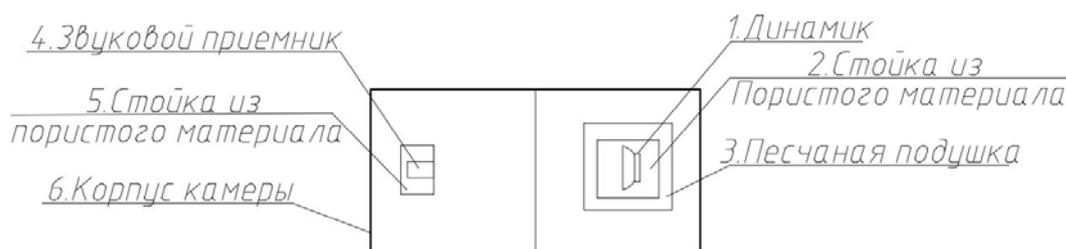


Рисунок 2. – Блок-схема акустической камеры

В качестве приемника звука используются комплект оборудования EinsteinLabMate. Он состоит из микрофона и базовой станции. Микрофон устанавливается в акустическую камеру на подставку из того же материала, что и динамическая головка. Соединение с базовой станцией осуществляется посредством кабеля через отверстие в корпусе акустической камеры. Для жесткого крепления исследуемых образцов изготовлены деревянные рамки из фанеры толщиной 12 мм.

Заключение. Данная учебная акустическая камера предназначена для проведения экспериментов на образцах размером 500×500 мм и различной толщины. Установка предназначена для изучения распространения звуковых волн, звукоизолирующих свойств строительных и отделочных материалов, а также расчета индекса звукоизоляции воздушного шума исследуемых образцов [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Защита от шума. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-2.04-154-2009.
2. Акустика. Лабораторные измерения звукоизоляции строительных элементов. Часть 5. Требования к испытательным установкам и оборудованию : СТБ EN ISO 10140-5-2013.
3. Защита от шума в строительстве. Звукоизоляция ограждающих конструкций. Методы измерения : ГОСТ 27296-87.

УДК 624.012.3

**СЦЕПЛЕНИЕ СОСТАВНЫХ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ,
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГИПЕРПЛАСТИФИКАТОРОМ В ЗОНЕ КОНТАКТНОГО ШВА****В.В. МЕЛЕХОВА***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. КРЕМНЁВА)*

Рассматривается актуальность использования составных конструкций. Обозначается проблема надёжного сцепления элемента в зоне контактного шва составных конструкций. Проводятся исследования прочности контактного шва с использованием гиперпластификатора СТАХЕМЕНТ-2000М в бетон намоноличивания. Делаются выводы по данным полученных результатов.

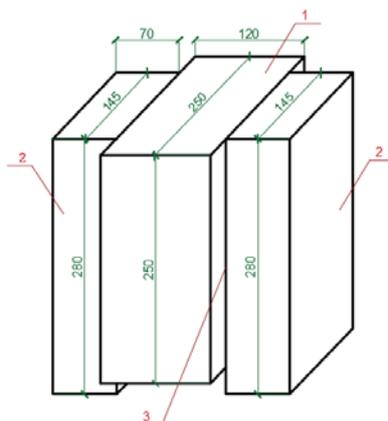
Вопрос об использовании составных конструкций является весьма актуальным и перспективным во всём мире во многих отраслях народного хозяйства, таких как машиностроение, металлообработка, химическая промышленность, медицина, строительство и др. Использование бетонных и железобетонных составных конструкций находит широкое применение как в новом строительстве, так и при реконструкции.

Особое внимание в составных бетонных и железобетонных конструкциях уделяется надёжному сцеплению старого бетона с новым, а именно прочности контактного шва. На сегодняшний день в большинстве случаев хотя бы один элемент составной конструкции модифицирован химическими добавками.

Важное место среди большого многообразия химических добавок в бетон занимают супер- и гиперпластификаторы. Однако не ясно, как повлияют добавки в бетоне на несущую способность составной конструкции и будет ли обеспечиваться при этом надёжная совместная работа такого элемента. Недостаточная изученность применения модифицированных бетонов в составных конструкциях диктует необходимость проведения исследований целью которых становится оценка надёжного сцепления в зоне контактного шва и совместная дальнейшая работа составных бетонных и железобетонных элементов, вплоть до разрушения [1].

Для осуществления заданных целей было проведено исследование прочности контактного шва старого и нового бетонов с применением гиперпластификатора СТАХЕМЕНТ-2000М.

В Полоцком государственном университете были проведены исследования влияния добавки на прочность контактного шва. Испытания проводились на П-образных составных элементах [2,3]. Образцы состояли из трёх частей: двух участков нового бетона (бетона намоноличивания) и старого (сборного) бетона. Схема составной конструкции представлена на рисунке 1 [4].



**Рисунок 1. – Конструкция опытного образца: 1 – сборный (старый) бетон;
2 – новый бетон (бетон намоноличивания); 3 – контактный шов**

Эксперимент был приближен к реальным условиям. Таким образом, старый (сборный) бетон во всех образцах был одного класса, его возраст к моменту проведения эксперимента составлял 1,5 года. Консистенция раствора (подвижность) в новом бетоне (бетоне намоноличивания) была принята одинаковой.

Образцы предназначались для исследования влияния гиперпластификатора СТАХЕМЕНТ-2000М на прочность контактного шва. Таким образом, один состав нового бетона был без добавки гиперпластификатора (эталонный образец С2-0%), другой – с содержанием гиперпластификатора в количестве 0,7% от веса цемента.

При проведении исследований определялась прочность контактного шва, а также изучался характер разрушения опытных образцов. Прочностные характеристики П-образных составных элементов представлены в таблице 1.

Анализ характера разрушения показывает, что все образцы разрушились по контакту сборного бетона и бетона намоноличивания. Разрушение во всех случаях носило резкий и хрупкий характер.

Таблица 1. – Прочностные характеристики составных элементов

№п/п	Используемая добавка	Образец, % добавленного гиперпластификатора	Подвижность бетонной смеси нового бетона	$f_{c,cube}^G$, МПа нового бетона	Условный класс нового бетона
1	Без добавки	C2-0%	ПЗ	39,45	C' ^{31,56/39,45}
2	Стахемент-2000М	C2-0,7%	ПЗ	58,67	C' ^{46,94/58,67}

По итогам эксперимента было выявлено, что у образцов с добавлением гиперпластификатора СТАХЕМЕНТ-2000М поверхность сборного бетона имела приставшие частицы бетона намоноличивания, у бездобавочных – поверхность, по которой происходило разрушение, была относительно чистой и гладкой.

Это связано с тем, что гиперпластификаторы способствуют созданию более мелкопористой и однородной структуры бетона, за счет чего снижается концентрация напряжений в зоне контакта. В свою очередь это приводит к повышению прочности контактного шва [4].

Общий вид поверхностей нового бетона после разрушения представлены на рисунке 2.

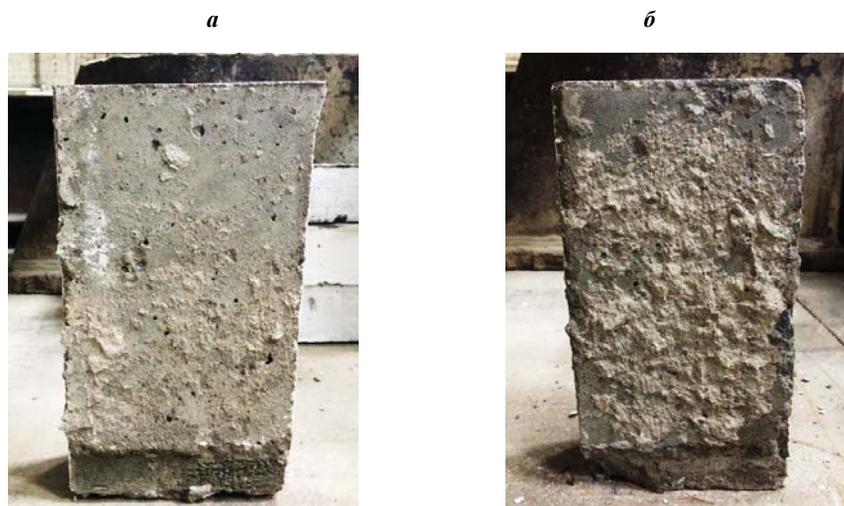


Рисунок 2. – Общий вид поверхностей нового бетона после разрушения:
а – образец без использования добавки; **б** – образец с использованием гиперпластификатора СТАХЕМЕНТ-2000М

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Использование гиперпластификатора СТАХЕМЕНТ-2000М в бетон намоноличивания в количестве 0,7% от массы цемента значительно увеличивает прочность контактного шва.
2. Образцы с добавлением гиперпластификатора СТАХЕМЕНТ-2000М после разрушения имели шероховатую поверхность сборного бетона. Частицы нового бетона образовали надёжное сцепление со старым, что гарантирует обеспечение прочности контактного шва.
3. Образцы без использования добавки после разрушения имели относительно чистую и гладкую поверхность сборного бетона, что значит прочность контактного шва ниже, чем образцы с использованием гиперпластификатора СТАХЕМЕНТ-2000М.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хаменок, Е.В. Особенности подготовки контактных швов в строительстве / Е.В. Хаменок // Тр. молодых специалистов Полоц. гос. ун-та. Строительство. – 2007. – Вып. № 22. – С. 64–66.
2. Чикалина, О.П. Усиление железобетонных конструкций намоноличиванием с применением модифицированных бетонов : дис. ...маг. тех. наук : 05.23.01 / О.П. Чикалина ; ПГУ. – Новополоцк, 2003. – 77 с.
3. Юкневичюте, Я.А. О прочности старого и нового бетона с суперпластификатором С-3 / Я.А. Юкневичюте, В.М. Багочюнас // Бетон и железобетон. – 1986. – № 2. – 33 с.
4. Калитуха, В.В. Прочность контактного шва железобетонных составных конструкций : дис. ...маг. тех. наук / В.В. Калитуха ; ПГУ. – Новополоцк, 2017.

УДК 624.012.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ДОБАВКИ В БЕТОН ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЧНОСТИ СОСТАВНОЙ БЕТОННОЙ КОНСТРУКЦИИ В ЗОНЕ КОНТАКТНОГО ШВА**В.В. МЕЛЕХОВА***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. КРЕМНЁВА)*

Рассматривается актуальность совместной работы составных бетонных и железобетонных конструкций. Анализируются достоинства применения химических добавок в бетон. Проводятся исследования по выявлению оптимальной дозировки гиперпластификатора СТАХЕМЕНТ-2000М, применяемого в бетон, для обеспечения прочности контактного шва. По полученным данным делаются выводы.

Совместная работа составных бетонных и железобетонных конструкций, а также её надежная эксплуатация невозможна без обеспечения прочности контактного шва. Прочность контактного шва зависит как от технологии и качества подготовки, так и от способов бетонирования и составов бетонов. В настоящее время существует большое разнообразие видов соединений бетонных и железобетонных конструкций, которые отличаются материалами, технологией соединения и конструктивными решениями [1].

Одним из способов обеспечения надёжного соединения составных бетонных и железобетонных конструкций в зоне контактного шва является использование химических добавок в бетон. Особой популярностью последние десятилетия во всём мире пользуются пластификаторы, а также супер- и гиперпластификаторы.

Использование добавок в бетон может существенно менять свойства бетонной смеси, бетона. Добавки могут увеличивать подвижность бетонной смеси, позволить уменьшить расход воды затворения без снижения удобоукладываемости смеси, повысить плотность структуры, водонепроницаемость и прочность структуры, уменьшить расход цемента [1]. Однако недостаточно изучен вопрос о влиянии используемых добавок в бетон на прочность контактного шва составной бетонной и железобетонной конструкции

Таким образом, недостаточная изученность применения модифицированных бетонов в составных конструкциях диктует необходимость проведения исследований. Цель исследований заключается в подборе оптимальной дозировки добавки в бетон, что обеспечит надёжное сцепления в зоне контактного шва и дальнейшую совместную работу составных бетонных и железобетонных элементов, вплоть до разрушения [2].

Для осуществления заданных целей было проведено исследование прочности контактного шва старого и нового бетонов с применением гиперпластификатора СТАХЕМЕНТ-2000М. Испытания проводились на П-образных составных элементах [3,4]. Образцы состояли из трёх частей: двух участков нового бетона (бетона намоноличивания) и старого (сборного) бетона. Схема составной конструкции представлена на рисунке 1 [1].

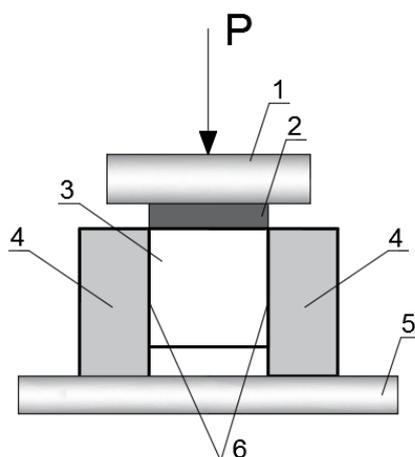


Рисунок 1. – Схема испытаний, принятая в эксперименте: 1 – рабочий шток пресса, создающий сжимающее усилие; 2 – металлическая пластина, передающая нагрузку на среднюю часть образца; 3 – старый бетон; 4 – новый бетон; 5 – опорная площадка пресса; 6 – плоскости среза

Эксперимент был приближен к реальным условиям. Таким образом, старый (сборный) бетон во всех образцах был одного класса, его возраст к моменту проведения эксперимента составлял 1,5 года. Консистенция раствора (подвижность) в новом бетоне (бетоне намоноличивания) была принята одинаковой.

Образцы предназначались для исследования влияния количества используемой добавки в бетон на прочность контактного шва составной конструкции. Таким образом, один состав нового бетона содержал 0,4% гиперпластификатора СТАХЕМЕНТ-2000М от веса цемента, второй – 0,7%, третий – 1,0%.

При проведении исследований определялась прочность составной конструкции в зоне контактного шва. Прочностные характеристики составных конструкций представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Прочностные характеристики составных элементов

№п/п	Используемая добавка	Образец, % добавленного гиперпластификатора	Подвижность бетонной смеси нового бетона	Экспериментальное сопротивление сдвигу τ , МПа	$f_{c,cube}^G$, МПа нового бетона	Условный класс нового бетона
1	Стахемент-2000М	C2-0,4%	ПЗ	0,972	39,45	C' ^{31,56} / _{39,45}
2		C2-0,7%		3,377	58,67	C' ^{46,94} / _{58,67}
3		C2-1,0%		2,057	56,94	C' ^{45,55} / _{56,94}

Анализ характера разрушения показывает, что все образцы разрушились по контакту сборного бетона и бетона намоноличивания. Разрушение во всех случаях носило резкий и хрупкий характер.

Сравнивая результаты эксперимента можно сделать вывод, что оптимальным количеством добавки для увеличения прочности контактного шва является 0,7% от массы цемента.

Общий вид поверхностей нового бетона после разрушения для каждого образца предоставлена на рисунке 2.



Рисунок 2. – Общий вид поверхностей нового бетона после разрушения: а – образец 0,4%; б – образец 0,7%; в – образец 1,0%

По предоставленным изображениям общих видов разрушения образцов видно, что поверхность в каждом случае была шероховатой. Однако шероховатая поверхность образца с добавлением гиперпластификатора в количестве 0,7% имеет наибольшую площадь приклеенных частиц, что образует надёжное сцепление нового бетона со старым и гарантирует обеспечение прочности контактного шва составной конструкции.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. использование гиперпластификатора СТАХЕМЕНТ-2000М в количестве 0,7% от массы цемента является оптимальной дозировкой для достижения наилучших результатов сцепления бетонов;
2. экспериментальное сопротивление сдвигу (τ , МПа) образцов с использованием гиперпластификатора СТАХЕМЕНТ-2000М в количестве 0,4% и 1,0% от массы цемента дали меньшие показания в отличие от образца с дозировкой в 0,7%;

3. прочность и условный класс бетона образца с дозировкой в 1,0% оказались меньше, чем те же данные образца с дозировкой в 0,7%. Таким образом, использование гиперпластификатора в количестве 0,7% от массы цемента является достаточным для дальнейшей работы бетона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калитуха, В.В. Прочность контактного шва железобетонных составных конструкций : дис. ...маг. тех. наук / В.В. Калитуха ; ПГУ. – Новополоцк, 2017.
2. Хаменок, Е.В. Особенности подготовки контактных швов в строительстве / Е.В. Хаменок // Тр. молодых специалистов Полоц. гос. ун-та. Строительство. – 2007. – Вып. № 22. – С. 64–66.
3. Чикалина, О.П. Усиление железобетонных конструкций намоноличиванием с применением модифицированных бетонов : дис. ...маг. тех. наук : 05.23.01 / О.П. Чикалина ; ПГУ. – Новополоцк, 2003. – 77.
4. Юкневичюте, Я.А. О прочности старого и нового бетона с суперпластификатором С-3 / Я.А. Юкневичюте, В.М. Багочюнас // Бетон и железобетон. – 1986. – № 2. – 33 с.

УДК 624.012.3

ВЛИЯНИЕ ПРОПИТКИ БЕТОНА НА НАДЕЖНОЕ СЦЕПЛЕНИЕ СОСТАВНЫХ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗОНЕ КОНТАКТНОГО ШВА**В.В. МЕЛЕХОВА***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. КРЕМНЁВА)*

Анализируются актуальность и широкое применение составных бетонных и железобетонных конструкций, модифицированных химическими добавками. Рассматривается эффективность использования прослоек, клеевых материалов и пропиток в зоне контактного шва. Проводятся исследования по определению влияния пропиток на прочность контактного шва составной конструкции. По результатам исследования делаются выводы.

Задача повышения эффективности и качества бетона и железобетона была и остаётся весьма актуальной и в полной мере не может быть успешно решена без использования в технологии бетона химических добавок. Химические добавки, являясь одним из самых простых и доступных технологических приёмов совершенствования свойств бетона, позволяют существенно снизить уровень затрат на единицу продукции, повысить качество и эффективность большой номенклатуры железобетонных конструкций, увеличить срок службы как конструкций, так и зданий, и сооружений в целом. Поэтому применение химических добавок в технологии бетона в мировой практике уделяется огромное внимание [1].

Использование добавок в бетон для улучшения сцепления и увеличения прочности соединения старого и нового бетонов – это установленный факт, который имеет достаточно большой и убедительный материал в области исследований. Что же касается использования прослоек, клеевых материалов и пропиток, то этот вопрос не получил достаточно полного освещения. На сегодняшний день они являются широкодоступными и способствуют уменьшению трудозатрат, в частности по подготовке поверхности [2].

Помимо прослоек и клеящих составов для укрепления бетонных поверхностей используются пропитки для бетона. Проникающая пропитка для бетона выполняется двухкомпонентным полиуретановым составом – грунтовкой глубокого проникновения, которая эффективно проникает в поры бетона и других минеральных материалов. В общем случае пропитка обеспечивает значительное упрочнение поверхности бетона и увеличение ударной прочности; увеличение износостойкости бетонной поверхности; полное обеспыливание бетонной поверхности и другое.

На сегодняшний день существует огромное количество пропиток для бетона. На территории Республики Беларусь активно используются пропитки марки «Ceresit» (рис. 1, а). Также хорошо зарекомендовала себя пропитка «Тайфун Мастер» (рис. 1, б), благодаря установленным основным физическим характеристикам (адгезия, прочность при отрыве и сжатии, морозостойкость), а также срокам поставки и дешевизне [2–4].



Рисунок 1. – Пропитки для бетона: а – Ceresit; б. – Тайфун Мастер

Однако неизвестно, как использование пропиток повлияет на прочность контактного шва и совместную работу составной конструкции в целом, большая часть которых является несущими. Недостаточная изученность применения пропиток в зоне контактного шва составных конструкций диктует необходимость проведения исследований, целью которых является оценка влияния пропиток на прочность сцепления бетонных и железобетонных элементов.

Для осуществления заданных целей было проведено исследование прочности контактного шва старого и нового бетонов с применением гиперпластификатора СТАХЕМЕНТ-2000М и пропитки для бетона Тайфун Мастер №100. Испытания проводились на П-образных составных элементах [5,6]. Об-

разцы состояли из трёх частей: двух участков нового бетона (бетона намоноличивания) и старого (сборного) бетона. Схема составной конструкции представлена на рисунке 1 [2].

Эксперимент был приближен к реальным условиям. Таким образом, старый (сборный) бетон во всех образцах был одного класса, его возраст к моменту проведения эксперимента составлял 1,5 года. Консистенция раствора (подвижность) в новом бетоне (бетоне намоноличивания) была принята одинаковой. Количество гиперпластификатора СТАХЕМЕНТ-2000М в каждом образце имел равное значение – 0,7% от массы цемента.

Образцы предназначались для определения влияния предварительной обработки поверхности нового бетона намоноличивания пропиткой для бетона Тайфун Мастер №100 на прочность контактного шва составной конструкции. Таким образом, один состав нового бетона соединялся со старым (сборным) бетоном без предварительной пропитки, другой – с предварительной пропиткой поверхности.

При проведении исследований определялась прочность контактного шва, а также изучался характер разрушения опытных образцов. Прочностные характеристики П-образных составных элементов представлены в таблице 1.

Анализ характера разрушения показывает, что все образцы разрушились по контакту сборного бетона и бетона намоноличивания. Разрушение во всех случаях носило резкий и хрупкий характер.

Таблица 1. – Прочностные характеристики составных элементов

Используемая добавка	Использование пропитки Тайфун Мастер №100	Образец, % добавленного гиперпластификатора	Экспериментальное сопротивление сдвигу τ , МПа	Условный класс нового бетона
Стахемент-2000М	нет	C2-0,7%	3,377	C ¹ 46,94/58,67
	да	C2-0,7%*	2,071	C ¹ 46,94/58,67

У образцов с предварительной обработкой поверхности грунтовкой Тайфун Мастер №100 плоскость сборного бетона имела практически гладкую поверхность. Кроме того, в момент разрушения образцов с использованием пропитки, был обнаружен «эффект скольжения».

Это связано с тем, что одним из свойств пропиток является полная гидроизоляция поверхности от внешних воздействий. Таким образом, не был обеспечен процесс взаимного проникновения молекул воды старого бетона с молекулами воды нового бетона, что привело бы к самопроизвольному выравниванию и улучшению сцеплению бетонов. В связи с этим поверхность нового бетона имела более пористую структуру в зоне контакта, что не позволяло двум слоям работать совместно в момент твердения нового бетона. Как результат, после разрушения образца с предварительной пропиткой поверхность контакта была более гладкой по сравнению с образцами без предварительной пропитки [2].

Общий вид поверхностей нового бетона после разрушения представлены на рисунке 2.

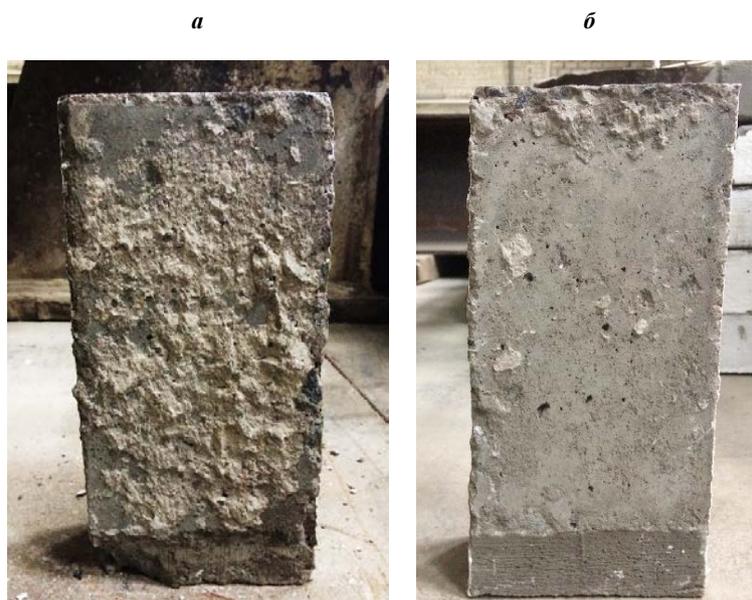


Рисунок 2. – Общий вид поверхностей нового бетона после разрушения: *a* – образец без использования предварительной пропитки; *б* – образец с использованием предварительной пропитки Тайфун Мастер №100

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Пропитка Тайфун Мастер №100 не улучшила сцепление старого бетона с новым по сравнению с такими же образцами (по составу), но без предварительной подготовки путём пропитки сборной части.
2. В Полоцком государственном университете проводятся исследования влияния других существующих пропиток, прослоек и клеевых составов на прочность контактного шва составных бетонных и железобетонных несущих конструкций для получения более точных и обширных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Изотов, В.С. Химические добавки для модификации бетона : монография / В.С. Изотов, Ю.А. Соколова. – М. : Казанский Государственный архитектурно-строительный университет : Издательство «Палеотип», 2006. – 244 с.
2. Калитуха, В.В. Прочность контактного шва железобетонных составных конструкций : дис. ...маг. тех. наук / В.В. Калитуха. – Новополоцк, 2017.
3. CeresitCT 19 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ceresit.by/be/products/etics/primers/ct-19.html>.
4. Тайфун Мастер №100 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.taifun.by/taifun-grunt-other>.
5. Хаменок, Е.В. Особенности подготовки контактных швов в строительстве / Е.В. Хаменок // Тр. молодых специалистов Полоц. гос. ун-та. Строительство. – 2007. – Вып. № 22. – С. 64–66.
6. Чикалина, О.П. Усиление железобетонных конструкций намоноличиванием с применением модифицированных бетонов : дис. ...маг. тех. наук : 05.23.01 / О.П. Чикалина ; ПГУ. – Новополоцк, 2003. – 77 с.
7. Юкневичюте Я.А., Багочюнас В.М. О прочности старого и нового бетона с суперпластификатором С-3 / Я.А. Юкневичюте, В.М. Багочюнас // Бетон и железобетон. – 1986. – № 2. – 33 с.

УДК 624.04

ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ТОНКОСТЕННЫХ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ СТЕРЖНЕЙ ОТКРЫТОГО ПРОФИЛЯ С НАКЛОННЫМИ РЕБРАМИ ЖЕСТКОСТИ

И.А. ДАВЫДЕНКО

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Н. КИСЕЛЕВ)

Рассматривается численный метод расчета тонкостенных призматических стержней открытого профиля с наклонными ребрами жесткости и без ребер на скручивающую нагрузку. Моделирование и расчет производится в программной системе конечно-элементного анализа ANSYS. Произведен анализ полученных данных и вычислены значения коэффициента крутильной жесткости стержней, подкрепленных противокрутильными связями по отношению к стержням не имеющих подкрепления.

Для исследования использовались балки из прокатного профиля 12Б1 по СТО АСЧМ 20-39 с пролетами в 600, 800, 900, 1000, 1200мм. Способ приложения нагрузки их значения, граничные условия, а также обоснование параметров рассматриваемых балок приняты на основании исследования [4–5] и запрограммированы в ANSYS (рис. 1).

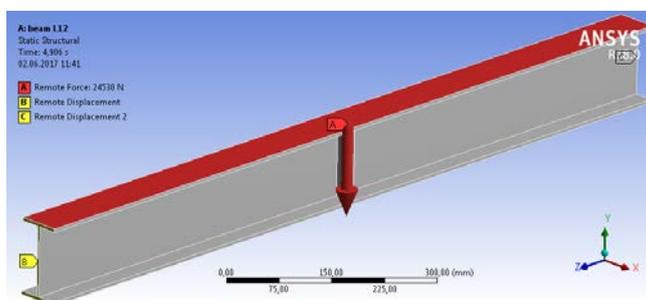


Рисунок 1. – Схема приложения нагрузки и граничных условий в ANSYS

Для описанных выше балок проведен численный расчет выполнен с использованием программной системой конечно-элементного анализа ANSYS решателем Static Structural с учетом геометрической и физической нелинейности.

Учет физической нелинейности был произведен при помощи задания реальных физико-механических свойств материала полученных в исследовании [6] на основании проведены там испытания плоских образцов на растяжение для определения предела текучести, модуля упругости и диаграммы работы материала испытываемых образцов, с последующим заданием этих параметров для испытываемых моделей через полилинейную диаграмму (рис. 2).

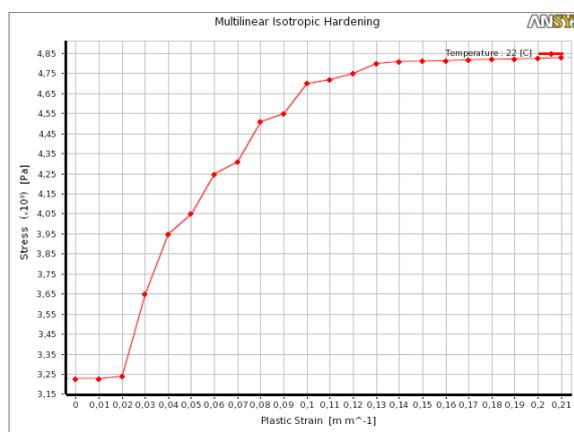


Рисунок 2. – Участок полилинейной диаграммы с пределом текучести

Стержень предварительно создавался в программе AutoCAD с последующим экспортированием в программную систему конечно-элементного анализа ANSYS.

Для расчета балки разбивались на систему конечных элементов типа тетраэдер, согласно рекомендациям для данного типа конструкции [7], с размером элемента 6,0 мм (рис. 3).

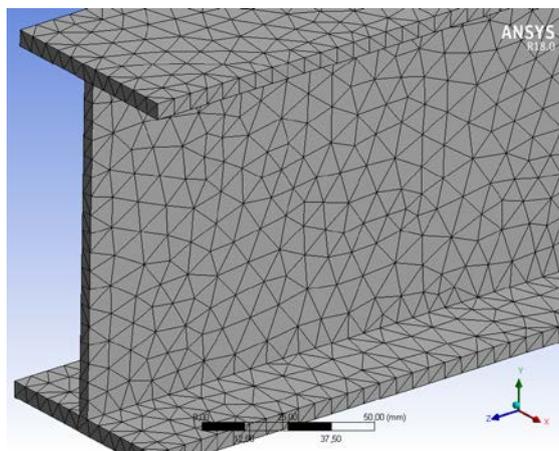


Рисунок 3. – Образец разбивочной сетки модели V12R

Далее проводилось моделирование граничных условий, нагружения и расчет балок, описанных в [1] а также балок с установленными ребрами жесткости (рис. 4,5). По полученным данным были определены углы закручивания балок при данном нагружении. Значения углов поворота и коэффициентов крутильной жесткости сведены в таблицы 1–6.

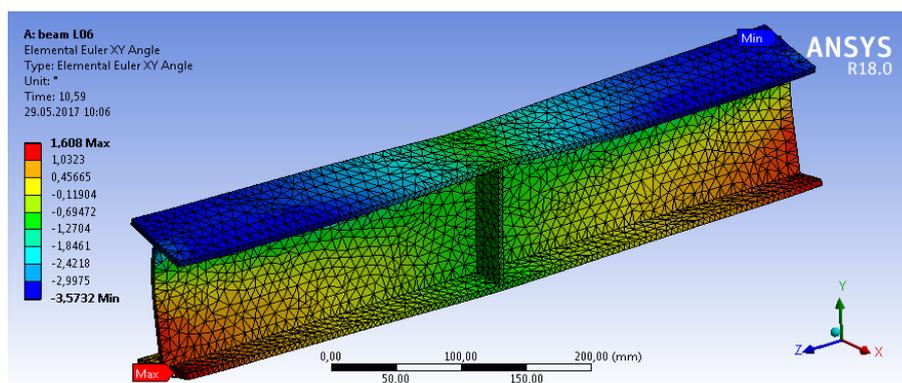


Рисунок 4. – Образец разбивки модели тонкостенного стержня V06

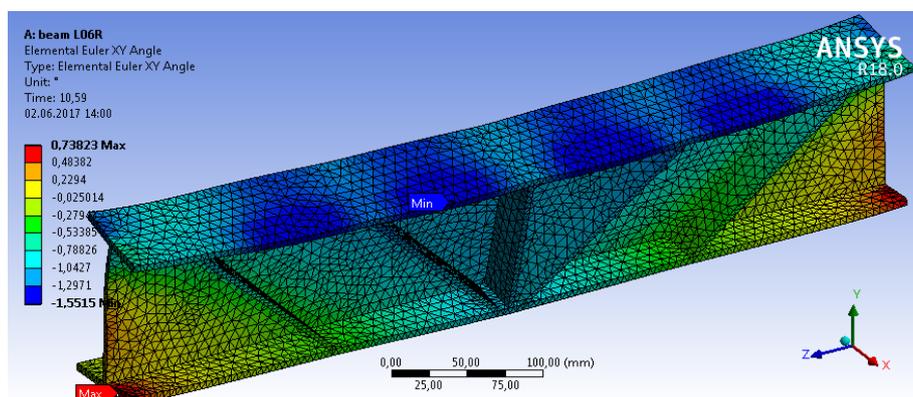


Рисунок 5. – Образец разбивки модели тонкостенного стержня V06R

Для удобства анализа значений изменения коэффициента крутильной жесткости в зависимости от величины нагрузки, а также размеров и формы расположения этих ребер – для шести образцов построена диаграмма изменения коэффициентов увеличения крутильной жесткости m от нагрузки, полученная на основании численного расчета и представленная на рисунке 6.

Таблица 1. – Значения углов поворота и коэффициента m для образцов B06 и B06R

Нагрузка, Н	B06 θ min(°)	Нагрузка, Н	B06R θ min(°)	Время, с	Нагрузка, Н	Коэффициент увеличения крутильной жесткости ($m=\theta/\theta_p$) B06 и B06R
1000	-0,05599	1000	-0,02825	0,2	1000,0	1,9822
2000	-0,11206	2000	-0,05653	0,4	2000,0	1,9822
2064,3	-0,11567	4133,35	-0,09902	1,0	5000	1,9827
2128,65	-0,11928	5000	-0,14159	1,2	6000	1,9828
2225,1	-0,12469	6000	-0,17001	1,4	7000	1,9829
2369,8	-0,13282	7000	-0,19847	1,7	8500	1,9831
2586,85	-0,14500	8500	-0,24122	2	10000	1,9833
2912,45	-0,16329	10000	-0,28405	2,2	11000	1,9835
3400,8	-0,19073	11000	-0,31265	2,4	12000	1,9836
4133,35	-0,23193	12000	-0,34128	2,7	13500	1,9838
5000	-0,28073	13500	-0,38429	3	15000	1,9840
6000	-0,33710	15000	-0,42739	3,2	16000	1,9842
7000	-0,39355	16000	-0,45616	3,4	17000	1,9843
8500	-0,47837	17000	-0,48497	3,7	18500	1,9844
10000	-0,56336	18500	-0,52826	4	20000	1,9847
11000	-0,62013	20000	-0,57162	4,2	21000	1,9847
12000	-0,67696	21000	-0,60060	4,4	22000	1,9848
13500	-0,76236	22000	-0,62957	4,7	23500	1,9851
15000	-0,84793	23500	-0,67312	5	25000	1,9852
16000	-0,90509	25000	-0,71675	5,2	26000	1,9853
17000	-0,96231	26000	-0,74593	5,4	27000	1,9855
18500	-1,04830	27000	-0,77507	5,7	28500	1,9857
20000	-1,13450	28500	-0,81889	6	30000	1,9860
21000	-1,19200	30000	-0,86281	6,2	31000	1,9864
22000	-1,24960	31000	-0,89218	6,4	32000	1,9873
23500	-1,33620	32000	-0,92149	6,7	33500	1,9889
25000	-1,42290	33500	-0,96561	7	35000	1,9913
26000	-1,48090	35000	-1,00980	7,2	36000	1,9929
27000	-1,53890	36000	-1,03940	7,4	37000	1,9950
28500	-1,62610	37000	-1,06890	7,7	38500	1,9987
30000	-1,71350	38500	-1,11340	8	40000	2,0049
31000	-1,77220	40000	-1,15790	8,2	41000	2,0108
32000	-1,83130	41000	-1,18770	8,4	42000	2,0192
33500	-1,92050	42000	-1,21750	8,7	43500	2,0349
35000	-2,01080	43500	-1,26240	9	45000	2,0572
36000	-2,07140	45000	-1,30750	9,2	46000	2,0756
37000	-2,13250	46000	-1,33760	9,4	47000	2,0980
38500	-2,22530	47000	-1,36790	9,7	48500	2,1372
40000	-2,32150	48500	-1,41360	10	50000	2,1840
41000	-2,38820	50000	-1,45960	10,118	50590	2,2050
42000	-2,45840	50590	-1,47770	10,236	51180	2,2280
43500	-2,56890	51180	-1,49600	10,413	52065	2,2640
45000	-2,68980	52065	-1,52360	10,59	52950	2,3031
46000	-2,77630	52950	-1,55150			
47000	-2,86990					
48500	-3,02110					
50000	-3,18770					
50590	-3,25830					
51180	-3,33310					
52065	-3,44940					
52950	-3,57320					

Таблица 2. – Значения углов поворота и коэффициента m для образцов В07 и В07R

Нагрузка, Н	В07 θ min(°)	Нагрузка, Н	В07R θ min(°)	Время, с	Нагрузка, Н	Коэффициент увеличения крутильной жесткости ($m=\theta_0/\theta_p$) В07 и В07R
1000	-0,056289	1000	-0,037255	0,2	1000	
2000	-0,112700	2000	-0,074581	0,4	2000	1,51111
3500	-0,197530	3500	-0,130700	0,7	3500	1,51132
5000	-0,282640	5000	-0,186980	1	5000	1,51161
6000	-0,339530	6000	-0,224590	1,2	6000	1,51178
7000	-0,396540	7000	-0,262280	1,4	7000	1,51190
8500	-0,482280	8500	-0,318930	1,7	8500	1,51218
10000	-0,568290	10000	-0,375760	2	10000	1,51237
11000	-0,625800	11000	-0,413730	2,2	11000	1,51258
12000	-0,683420	12000	-0,451770	2,4	12000	1,51276
13500	-0,770080	13500	-0,508980	2,7	13500	1,51299
15000	-0,857020	15000	-0,566350	3	15000	1,51323
16000	-0,915140	16000	-0,604690	3,2	16000	1,51340
17000	-0,973380	17000	-0,643100	3,4	17000	1,51357
18500	-1,061000	18500	-0,700870	3,7	18500	1,51383
20000	-1,148900	20000	-0,758800	4	20000	1,51410
21000	-1,207600	21000	-0,797520	4,2	21000	1,51419
22000	-1,266500	22000	-0,836310	4,4	22000	1,51439
23500	-1,355000	23500	-0,894640	4,7	23500	1,51458
25000	-1,443900	25000	-0,953140	5	25000	1,51489
26000	-1,503300	26000	-0,992240	5,2	26000	1,51506
27000	-1,562800	27000	-1,031400	5,4	27000	1,51522
28500	-1,652400	28500	-1,090300	5,7	28500	1,51555
30000	-1,742200	30000	-1,149400	6	30000	1,51575
31000	-1,802400	31000	-1,188900	6,2	31000	1,51602
32000	-1,862700	32000	-1,228500	6,4	32000	1,51624
33500	-1,953600	33500	-1,288000	6,7	33500	1,51677
35000	-2,045000	35000	-1,347700	7	35000	1,51740
36000	-2,106300	36000	-1,387600	7,2	36000	1,51794
37000	-2,167900	37000	-1,427700	7,4	37000	1,51846
38500	-2,260700	38500	-1,488000	7,7	38500	1,51929
40000	-2,354300	40000	-1,548700	8	40000	1,52018
40968	-2,415300	40968	-1,588200	8,1936	40968	1,52078
41936	-2,476800	41936	-1,627900	8,3872	41936	1,52147
43388	-2,570200	43388	-1,687800	8,6776	43388	1,52281
44840	-2,665600	44840	-1,748200	8,968	44840	1,52477

Таблица 3. – Значения углов поворота и коэффициента m для образцов В08 и В08R

Нагрузка, Н	В08 θ min(°)	Нагрузка, Н	В08R θ min(°)	Нагрузка, Н	Время, с	Коэффициент увеличения крутильной жесткости ($m=\theta_0/\theta_p$) В08 и В08R
1000	-0,06090	1000	-0,04730	1000	0,2	1,287677605
2000	-0,12196	2000	-0,09472	2000	0,4	1,287625242
3500	-0,21386	3500	-0,16608	3500	0,7	1,287692678
5000	-0,30611	5000	-0,23772	5000	1	1,287691402
6000	-0,36784	6000	-0,28565	6000	1,2	1,287729739
7000	-0,42971	7000	-0,33370	7000	1,4	1,287713515
8500	-0,52283	8500	-0,40602	8500	1,7	1,287695187
10000	-0,61632	10000	-0,47862	10000	2	1,287702144
11000	-0,67888	11000	-0,52719	11000	2,2	1,287733075
12000	-0,74158	12000	-0,57589	12000	2,4	1,287711195
13500	-0,83596	13500	-0,64918	13500	2,7	1,287716812

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
15000	-0,93072	15000	-0,72276	15000	3	1,287730367
16000	-0,99413	16000	-0,77200	16000	3,2	1,287733161
17000	-1,05770	17000	-0,82135	17000	3,4	1,287757959
18500	-1,15330	18500	-0,89564	18500	3,7	1,287682551
20000	-1,24940	20000	-0,97024	20000	4	1,287722625
21000	-1,31370	21000	-1,02020	21000	4,2	1,287688688
22000	-1,37810	22000	-1,07020	22000	4,4	1,287703233
23500	-1,47510	23500	-1,14550	23500	4,7	1,287734614
25000	-1,57250	25000	-1,22110	25000	5	1,287773319
26000	-1,63770	26000	-1,27180	26000	5,2	1,287702469
27000	-1,70300	27000	-1,32250	27000	5,4	1,287712665
28500	-1,80140	28500	-1,39890	28500	5,7	1,28772607
30000	-1,90010	30000	-1,47560	30000	6	1,287679588
31000	-1,96620	31000	-1,52690	31000	6,2	1,287707119
32000	-2,03260	32000	-1,57840	32000	6,4	1,287759757
33500	-2,13260	33500	-1,65590	33500	6,7	1,287879703
35000	-2,23320	35000	-1,73370	35000	7	1,28811213
35782	-2,28590	35782	-1,77450	35782	7,1564	1,288193857
36564	-2,33880	36564	-1,81550	36564	7,3128	1,288240154
37737	-2,41860	37737	-1,87720	37737	7,5474	1,288408268
38910	-2,49880	38910	-1,93940	38910	7,782	1,288439724

Таблица 4. – Значения углов поворота и коэффициента m для образцов В09 и В09R

Нагрузка, Н	В09 θ min(°)	Нагрузка, Н	В09R θ min(°)	Нагрузка, Н	Время, с	Коэффициент увеличения крутильной жесткости ($m = \theta_0/\theta_p$) В09 и В09R
1000	-0,06875	1000	-0,05839	1000	0,2	1,17747902
2000	-0,13774	2000	-0,11698	2000	0,4	1,177466234
3500	-0,24162	3500	-0,20523	3500	0,7	1,177313258
5000	-0,34603	5000	-0,29394	5000	1	1,177213037
6000	-0,41596	6000	-0,35336	6000	1,2	1,177156441
7000	-0,48609	7000	-0,41295	7000	1,4	1,177115874
8500	-0,59171	8500	-0,50273	8500	1,7	1,176993615
10000	-0,69788	10000	-0,59298	10000	2	1,1769031
11000	-0,76899	11000	-0,65344	11000	2,2	1,176833374
12000	-0,84031	12000	-0,71408	12000	2,4	1,176772911
13500	-0,94774	13500	-0,80544	13500	2,7	1,176673619
15000	-1,05570	15000	-0,89729	15000	3	1,176542701
16000	-1,12810	16000	-0,95883	16000	3,2	1,176538072
17000	-1,20060	17000	-1,02060	17000	3,4	1,176366843
18500	-1,30990	18500	-1,11350	18500	3,7	1,176380781
20000	-1,41980	20000	-1,20710	20000	4	1,176207439
21000	-1,49340	21000	-1,26970	21000	4,2	1,17618335
22000	-1,56720	22000	-1,33260	22000	4,4	1,176046826
23500	-1,67840	23500	-1,42720	23500	4,7	1,176008969
25000	-1,79020	25000	-1,52250	25000	5	1,175829228
26000	-1,86520	26000	-1,58630	26000	5,2	1,175817941
27000	-1,94030	27000	-1,65030	27000	5,4	1,175725626
28500	-2,05350	28500	-1,74670	28500	5,7	1,175645503
30000	-2,16740	30000	-1,84370	30000	6	1,175570863
30812	-2,22940	30812	-1,89650	30812	6,1624	1,175533878
31624	-2,29160	31624	-1,94940	31624	6,3248	1,175541192
32842	-2,38540	32842	-2,02910	32842	6,5684	1,175595091
34060	-2,47970	34060	-2,10920	34060	6,812	1,175659018

Таблица 5. – Значения углов поворота и коэффициента m для образцов В10 и В10R

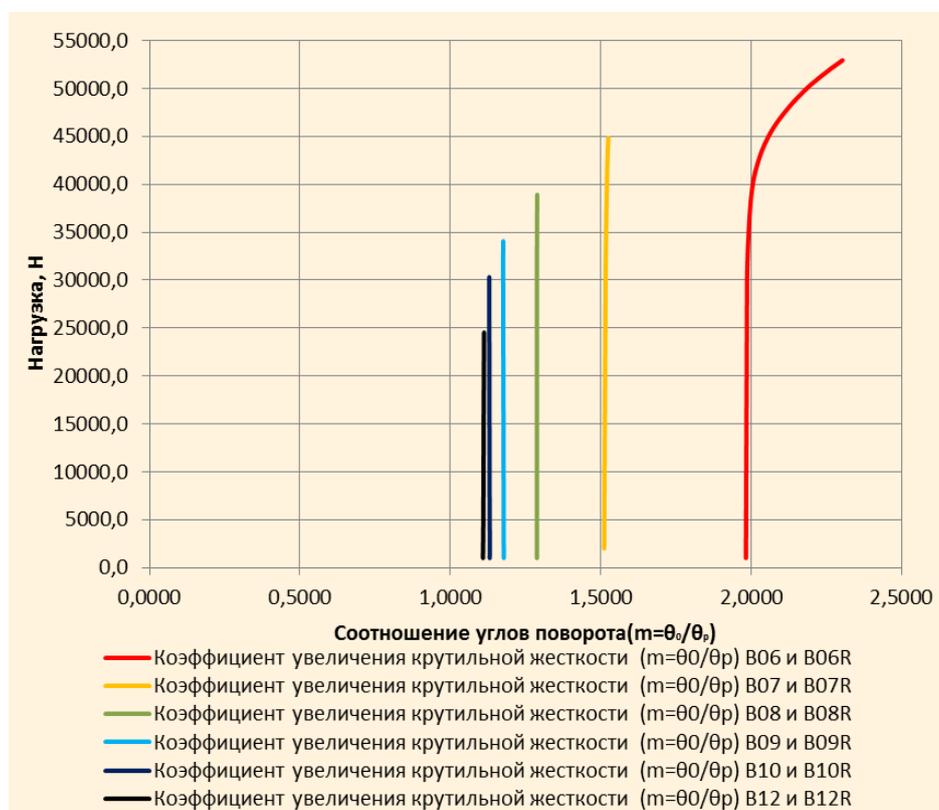
Нагрузка, Н	В10 θ min(°)	Нагрузка, Н	В10R θ min(°)	Нагрузка, Н	Время, с	Коэффициент увеличения крутильной жесткости ($m=\theta_0/\theta_p$) В10 и В10R
1000	-0,07901	1000	-0,06987	1000,0	0,2	1,130749635
1500	-0,11867	2000	-0,14006	2000,0	0,4	1,130872483
1750	-0,13852	3500	-0,24585	5000,0	1,0	1,130761807
1875	-0,14845	5000	-0,35232	6000	1,2	1,130504555
2000	-0,15839	6000	-0,42374	7000	1,4	1,130434783
2187,5	-0,17330	7000	-0,49542	8500	1,7	1,130327434
2468,75	-0,19569	8500	-0,60348	10000	2	1,130236999
2679,7	-0,21250	10000	-0,71224	11000	2,2	1,130191154
2890,65	-0,22933	11000	-0,78523	12000	2,4	1,130126854
3207,05	-0,25460	12000	-0,85847	13500	2,7	1,130056044
3681,65	-0,29256	13500	-0,96889	15000	3	1,12989538
4393,55	-0,34964	15000	-1,08010	16000	3,2	1,129903871
5000	-0,39839	16000	-1,15470	17000	3,4	1,129890199
6000	-0,47904	17000	-1,22950	18500	3,7	1,12976758
7000	-0,56004	18500	-1,34240	20000	4	1,129661424
8500	-0,68213	20000	-1,45610	21000	4,2	1,12959217
10000	-0,80500	21000	-1,53250	22000	4,4	1,129583592
11000	-0,88746	22000	-1,60900	23500	4,7	1,129486808
12000	-0,97018	23500	-1,72450	25000	5	1,129400261
13500	-1,09490	25000	-1,84080	26000	5,2	1,129286087
15000	-1,22040	26000	-1,91900	27000	5,4	1,129274521
16000	-1,30470	27000	-1,99730	28500	5,7	1,129189317
17000	-1,38920	28500	-2,11550	30000	6	1,129111658
18500	-1,51660	30000	-2,23450	30062	6,0124	1,129124436
20000	-1,64490	30062	-2,23970	30124	6,0248	1,129160169
21000	-1,73110	30124	-2,24450	30217	6,0434	1,129085258
22000	-1,81750	30217	-2,25200	30310	6,062	1,129105072
23500	-1,94780	30310	-2,25940			
25000	-2,07900					
26000	-2,16710					
27000	-2,25550					
28500	-2,38880					
30000	-2,52300					
30062	-2,52890					
30124	-2,53440					
30217	-2,54270					
30310	-2,55110					

Таблица 6. – Значения углов поворота и коэффициента m для образцов В12 и В12R

Нагрузка, Н	В12 θ min (°)	Нагрузка, Н	В12R θ min (°)	Время, с	Нагрузка, Н	Коэффициент увеличения крутильной жесткости ($m=\theta_0/\theta_p$) В12 и В12R
1000	-0,10723	1000	-0,09675	0,2	1000	1,108274593
1061,25	-0,11417	1042,9	-0,10113	0,20858	5000	1,109459432
1122,5	-0,12078	1085,75	-0,10530	0,21715	6000	1,1095707
1214,4	-0,13070	1150,05	-0,11156	0,23001	7000	1,109773935
1352,2	-0,14559	1246,55	-0,12095	0,24931	8500	1,109926257
1558,9	-0,16795	1391,25	-0,13505	0,27825	10000	1,110050251
1869	-0,20154	1608,3	-0,15621	0,32166	11000	1,110190329
2334,1	-0,25204	1933,85	-0,18801	0,38677	12000	1,110334498
3031,8	-0,32803	1954,8	-0,19006	0,39096	13500	1,110603829
4078,3	-0,44257	1975,75	-0,19211	0,39515	15000	1,110641948

Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7
5000	-0,54409	2007,15	-0,19518	0,40143	16000	1,11077549
6000	-0,65468	2054,25	-0,19979	0,41085	17000	1,111040426
7000	-0,76631	2124,95	-0,20670	0,42499	18500	1,111193398
8500	-0,93468	2230,95	-0,21708	0,44619	20000	1,111392528
10000	-1,10450	2389,95	-0,23266	0,47799	20906	1,111565258
11000	-1,21910	2628,45	-0,25605	0,52569	21812	1,11171771
12000	-1,33440	2986,2	-0,29120	0,59724	23171	1,111952407
13500	-1,50820	3522,85	-0,34406	0,70457	24530	1,112097973
15000	-1,68340	4327,85	-0,42365	0,86557		
16000	-1,80190	5000	-0,49041	1		
17000	-1,92110	6000	-0,59003	1,2		
18500	-2,10060	7000	-0,69051	1,4		
20000	-2,28180	8500	-0,84211	1,7		
20906	-2,39320	10000	-0,99500	2		
21812	-2,50470	11000	-1,09810	2,2		
23171	-2,67280	12000	-1,20180	2,4		
24530	-2,84230	13500	-1,35800	2,7		
		15000	-1,51570	3		
		16000	-1,62220	3,2		
		17000	-1,72910	3,4		
		18500	-1,89040	3,7		
		20000	-2,05310	4		
		20906	-2,15300	4,1812		
		21812	-2,25300	4,3624		
		23171	-2,40370	4,6342		
		24530	-2,55580	4,906		

Рисунок 6. – Изменения значения коэффициента крутильной жесткости m с ростом нагрузки

Выводы. В результате проведенного исследования получены значения коэффициентов крутильной жесткости, а также выражения углов закручивания для стержней с противокрутильными связями при данном способе закрепления опоры, приложения нагрузок, а также вида противокрутильной связи.

В задаче произведен учет физической и геометрической нелинейности рассматриваемых тонкостенных призматических стержней.

Моделирование производится с использованием объемных призматических элементов.

В качестве конкретного примера используются данные экспериментальных исследований доктора технических наук Туснина А.Р. и Прокича М. Московского государственного строительного университета [6].

На основании полученных результатов было получено, что установка наклонных ребер жесткости увеличивает крутильную жесткость в диапазоне значений от 1,1 до 2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий : ТКП EN 1993-1-1-2009* (02250). – Минстройархитектура, 2014.
2. Власов, В.З. Тонкостенные упругие стержни / В.З. Власов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Физматлит, 1959. – 568 с.
3. Киселев, В.Н. Влияние наклонных ребер жесткости на величину крутильной жесткости стержня / В.Н. Киселев, И.А. Давыденко // Вестник ПГУ. Прикладные науки. – 2016. – № 16.
4. Лалин, В.В. Исследование конечных элементов для расчета тонкостенных стержневых систем / В.В. Лалин, В.А. Рыбаков, С.А. Морозов // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 1(27). – С. 53–73.
5. Li, Z. Modal identification for shell finite element models of thin-walled members in nonlinear collapse analysis / Z. Li, S. Adany, B.W. Schafer // Thin-Walled Structures. – 2013. – Vol. 67. – P. 15–24.
6. Туснин, А.Р. Экспериментальные исследования работы балок двутаврового сечения при действии изгиба и кручения / А.Р. Туснин, М. Прокич // Инженерно-строительный журнал. – 2015. – № 1. – С. 24–31.
7. Бруяка, В.А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench / В.А. Бруяка. – Самара : Самара гос. техн. ун-т, 2010. – 271 с.

УДК 624.04

О ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМ УРАВНЕНИИ ИЗГИБА СЖАТО-ИЗОГНУТОГО СТЕРЖНЯ
С УЧЕТОМ РАЗНОМОДУЛЬНОСТИ МАТЕРИАЛА

Н.А. ВОЙТЕШОНОК, Е.К. КУКОР

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

Сделано обобщение дифференциального уравнения оси сжато-изогнутого стержня для случая, когда конструкционный материал балки характеризуется различными модулями упругости при растяжении и сжатии. Используя метод начальных параметров, получены обобщенные формулы для определения параметров напряженно-деформированного состояния (НДС) в произвольном сечении стержня.

Рассмотрим прямолинейный гибкий стержень, нагруженный постоянной продольной силой и поперечной нагрузкой, показанной на рисунке 1.

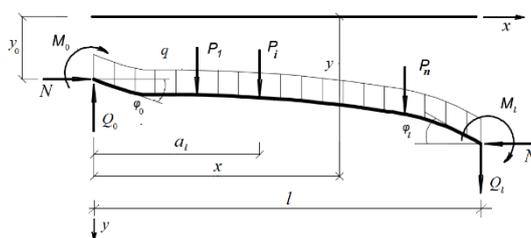


Рисунок 1. – Сжато-изогнутый стержень

Под действием приложенной нагрузки стержень претерпевает деформации сжатия с изгибом. Напряженно-деформированное состояние (НДС) стержня в начале координат характеризуется величинами

$$y(0) = y_0, \quad y'(0) = y'_0, \quad M(0) = M_0, \quad Q(0) = Q_0,$$

которые являются, соответственно, прогибом, углом поворота, изгибающим моментом и поперечной силой в левом сечении стержня и называются начальными параметрами.

Принимается, что стержень выполнен из разномодульного материала. Поперечное сечение стержня симметричное произвольной формы (рис. 2)

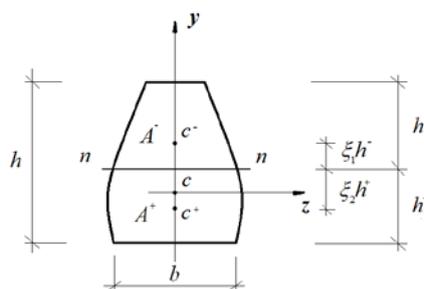


Рисунок 2. – Симметричное поперечное сечение стержня

где A^- – площадь сжатой части сечения с центром тяжести в точке c^- ; A^+ – площадь растянутой части сечения с центром тяжести в точке c^+ . Общая площадь поперечного сечения $A = A^- + A^+$.

Для описания прогибов сжато-изогнутого стержня, выполненного из разномодульного материала, используем приближенное дифференциальное уравнение изогнутой оси такого стержня [1]

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{M(x)}{D(x)}, \quad (1)$$

где $M(x)$ - изгибающий момент в произвольном сечении; $D(x)$ – изгибная жесткость поперечного сечения стержня с учетом разномодульности материала.

Входящий в уравнение (1) изгибающий момент $M(x)$, для рассматриваемой схемы нагружения стержня описывается выражением

$$M(x) = M_0 + Q_0x + N[y(x) - y_0] - \sum P_i(x - a_i) - \frac{qx^2}{2}. \quad (2)$$

При определении момента по формуле (2) в некотором сечении под знаком суммы необходимо учитывать только те силы, которые находятся левее этого сечения.

Входящая в уравнение (1) величина $D(x)$, характеризует изгибную жесткость поперечного сечения с учетом влияния разномодульности конструкционного материала. Эта величина связана с обычной изгибной жесткостью поперечного сечения EI_z соотношением [2]

$$D = \frac{EI_z}{\zeta} \quad (3)$$

где ζ – коэффициент влияния разномодульности конструкционного материала на изгибную жесткость поперечного сечения. Для симметричного поперечного сечения произвольной формы он описывается выражением

$$\zeta = \frac{I_z}{I^+(x) + \mu I^-(x)}.$$

где $I^-(x)$ и $I^+(x)$ характеризуют моменты инерции, соответственно, сжатой и растянутой частей поперечного сечения относительно нейтральной оси; $\mu = \frac{E^-}{E^+}$ – коэффициент разномодульности конструкционного материала, характеризующий соотношение его модулей упругости при сжатии E^- и растяжении E^+ .

С учетом (2), (3) уравнение (1) примет вид

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \zeta \frac{N}{EI_z} y = -\frac{\zeta}{EI_z} \left[M_0 + Q_0x - Ny_0 - \sum P_i(x - a_i) - \frac{qx^2}{2} \right]. \quad (4)$$

Полученное уравнение (4) описывает изогнутую ось гибкого сжато-изогнутого стержня с учетом разномодульности его материала и является обыкновенным неоднородным дифференциальным уравнением 2 порядка с постоянными коэффициентами. При значении $\zeta = 1$ уравнение (4) принимает вид, когда расчет сжато-изогнутого стержня ведется без учета разномодульности материала.

Введя обозначение $n = \sqrt{\frac{N}{EI_z}}$, получим общее решение уравнения (4) в виде

$$y(x) = C_1 \cos \sqrt{\zeta} nx + C_2 \sin \sqrt{\zeta} nx + y^*(x). \quad (5)$$

где C_1, C_2 – произвольные постоянные; $\cos \sqrt{\zeta} nx, \sin \sqrt{\zeta} nx$ – частные решения однородного уравнения, полученного из уравнения (4); $y^*(x)$ - частное решение неоднородного уравнения (4), которое имеет вид

$$y^*(x) = y_0 - \frac{M_0 + Q_0x}{n^2 EI_z} + \frac{\sum P_i}{n^3 EI_z} \left[\sqrt{\zeta} n(x - a_i) - \sin \sqrt{\zeta} n(x - a_i) \right] - \frac{q}{n^4 EI_z} \left[\left(1 - \frac{\zeta n^2 x^2}{2} \right) - \cos \sqrt{\zeta} nx \right]$$

Произвольные C_1, C_2 определяются из граничных условий на левом конце стержня

$$\begin{aligned} y(0) &= y_0 \\ y'(0) &= y'_0 \end{aligned}$$

Используя эти условия, найдем

$$C_1 = \frac{M_0}{n^2 EI_z}, \quad C_2 = \frac{1}{\sqrt{\zeta} n} \left(\varphi_0 + \frac{Q_0}{n^2 EI_z} \right) \quad (6)$$

Подставляя (6) в общее решение (5), получим формулу для прогибов сжато-изогнутого стержня

$$y(x) = y_0 + y_0' \frac{\sin \sqrt{\zeta} nx}{\sqrt{\zeta} n} + \frac{M_0}{n^2 EI_z} (\cos \sqrt{\zeta} nx - 1) + \frac{Q_0}{n^3 EI_z} \left(\frac{\sin \sqrt{\zeta} nx}{\sqrt{\zeta}} - nx \right) + y_p(x). \quad (7)$$

Дифференцируя последовательно (7), получим формулы для углов поворота, изгибающих моментов и поперечных сил сжато-изогнутого стержня

$$\begin{aligned} y'(x) &= y_0' \cos \sqrt{\zeta} nx - \frac{M_0}{nEI_z} \sqrt{\zeta} \sin \sqrt{\zeta} nx + \frac{Q_0}{n^2 EI_z} (\cos \sqrt{\zeta} nx - 1) + y_p'(x) \\ M(x) &= y_0' \frac{EI_z}{\sqrt{\zeta}} n \sin \sqrt{\zeta} nx + M_0 \cos \sqrt{\zeta} nx + Q_0 \frac{\sin \sqrt{\zeta} nx}{n\zeta} + M_p(x) \\ Q(x) &= y_0' EI_z n^2 \cos \sqrt{\zeta} nx - M_0 \sqrt{\zeta} n \sin \sqrt{\zeta} nx + Q_0 \frac{\cos \sqrt{\zeta} nx}{\sqrt{\zeta}} + Q_p(x) \end{aligned} \quad (8)$$

В формулах (7), (8), позволяющие находить параметры НДС в произвольном сечении сжато-изогнутого стержня с учетом влияния разномодульности конструкционного материала, величины $y_p(x)$, $y_p'(x)$, $M_p(x)$, $Q_p(x)$ характеризуют влияние пролетной нагрузки на соответствующий параметр НДС и для нагрузки, показанной на рис.1, определяются по следующим формулам

$$\begin{aligned} y_p(x) &= \frac{1}{n^3 EI_z} \sum_i P_i [\sqrt{\zeta} n(x - a_i) - \sin \sqrt{\zeta} n(x - a_i)] - \frac{q}{n^4 EI_z} \left[\left(1 - \frac{\zeta n^2 x^2}{2} \right) - \cos \sqrt{\zeta} nx \right] \\ y_p'(x) &= \frac{\sqrt{\zeta}}{n^2 EI_z} \sum_i P_i [1 - \cos \sqrt{\zeta} n(x - a_i)] + \frac{q}{n^3 EI_z} [\zeta nx - \sin \sqrt{\zeta} nx] \\ M_p(x) &= -\frac{1}{n} \sum_i P_i \sin \sqrt{\zeta} n(x - a_i) - \frac{q}{\zeta n^2} [\zeta - \sqrt{\zeta} \cos \sqrt{\zeta} nx] \\ Q_p(x) &= -\zeta \sum_i P_i \cos \sqrt{\zeta} n(x - a_i) - \frac{q}{n} \sin \sqrt{\zeta} nx \end{aligned}$$

Полученные дифференциальное уравнение (4) и формулы (7), (8) позволяют получать решения конкретных задач расчета сжато-изогнутых стержней с учетом разномодульности материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амбарцумян, С.А. Разномодульная теория упругости / С.А. Амбарцумян. – М.: Физматгиз, 1982. – 317 с.
2. Турищев, Л.С. К вопросу о расчете стержневых конструкций с учетом влияния разномодульности материала / Л.С. Турищев // Вестник ПГУ. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2010. – № 2. – С. 63–67.

УДК 624.04

ЕДИНИЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СЖАТО-ИЗОГНУТЫХ СТЕРЖНЕЙ С УЧЕТОМ РАЗНОМОДУЛЬНОСТИ МАТЕРИАЛА

Н.А. ВОЙТЕШОНОК, Е.К. КУКОР

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

Получены аналитические выражения для единичных перемещений и внутренних усилий с учетом разномодульности конструкционного материала для двух схем опирания сжато-изогнутых стержней. Рассмотрена зависимость обобщенных функций метода перемещений для таких стержней от коэффициента влияния разномодульности конструкционного материала на изгибную жесткость стержней. Показано, что учет разномодульности материала может существенно влиять на значения единичных параметров напряженно-деформированного состояния сжато-изогнутых стержней.

Рассматриваются стержни с двумя схемами опирания – защемленные двумя концами и одним защемленным, а вторым шарнирно опертым концом, в которых при действии постоянной сжимающей силы N происходят перемещения опорных закреплений – поворот неподвижной защемляющей опоры на угол равный единице или линейное единичное смещение шарнирно подвижной опоры (рис. 1)

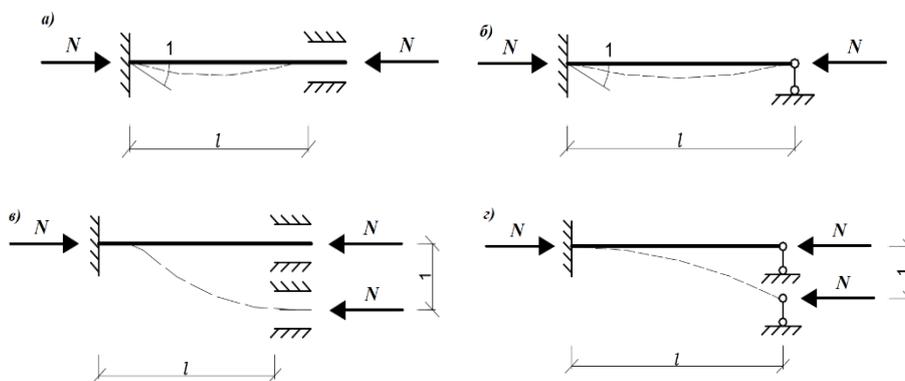


Рисунок 1. – Схемы сжато-изогнутых стержней

Начальные параметры рассматриваемых сжато-изогнутых стержней характеризуются следующими величинами:

– сжатый стержень с двумя защемленными концами при единичном повороте неподвижной защемляющей опоры (рис. 1, а)

$$y_0 = 0, y'_0 = 1, M_0 \neq 0, Q_0 \neq 0, \tag{1}$$

– сжатый стержень с одним защемленным и вторым шарнирно опертым концом при единичном повороте неподвижной защемляющей опоры (рис. 1, б)

$$y_0 = 0, y'_0 = 1, M_0 \neq 0, Q_0 \neq 0, \tag{2}$$

– сжатый стержень с двумя защемленными концами при единичном линейном смещении подвижной защемляющей опоры (рис. 1. в)

$$y_0 = 0, y'_0 = 0, M_0 \neq 0, Q_0 \neq 0, \tag{3}$$

– сжатый стержень с одним защемленным и вторым шарнирно опертым концом при единичном линейном смещении шарнирно подвижной опоры (рис. 1, з)

$$y_0 = 0, y'_0 = 0, M_0 \neq 0, Q_0 \neq 0, \tag{4}$$

С учетом величин начальных параметров формулы для прогибов, углов поворота, изгибающих моментов и поперечных сил сжато-изогнутого стержня примут вид:

– для сжато-изогнутых стержней, показанных на рисунок 1, а, б

$$\begin{aligned}
 y(x) &= \frac{\sin \sqrt{\zeta} nx}{\sqrt{\zeta} n} + \frac{M_0}{n^2 EI_z} (\cos \sqrt{\zeta} nx - 1) + \frac{Q_0}{n^3 EI_z} \left(\frac{\sin \sqrt{\zeta} nx}{\sqrt{\zeta}} - nx \right) \\
 y'(x) &= \cos \sqrt{\zeta} nx - \frac{M_0}{n EI_z} \sqrt{\zeta} \sin \sqrt{\zeta} nx + \frac{Q_0}{n^2 EI_z} (\cos \sqrt{\zeta} nx - 1) \\
 M(x) &= \frac{EI_z}{\sqrt{\zeta}} n \sin \sqrt{\zeta} nx + M_0 \cos \sqrt{\zeta} nx + Q_0 \frac{\sin \sqrt{\zeta} nx}{n \zeta} \\
 Q(x) &= EI_z n^2 \cos \sqrt{\zeta} nx - M_0 \sqrt{\zeta} n \sin \sqrt{\zeta} nx + Q_0 \frac{\cos \sqrt{\zeta} nx}{\sqrt{\zeta}}
 \end{aligned} \tag{5}$$

– для сжато-изогнутых стержней, показанных на рисунке 1, *в, з*

$$\begin{aligned}
 y(x) &= \frac{M_0}{n^2 EI_z} (\cos \sqrt{\zeta} nx - 1) + \frac{Q_0}{n^3 EI_z} \left(\frac{\sin \sqrt{\zeta} nx}{\sqrt{\zeta}} - nx \right) \\
 y'(x) &= -\frac{M_0}{n EI_z} \sqrt{\zeta} \sin \sqrt{\zeta} nx + \frac{Q_0}{n^2 EI_z} (\cos \sqrt{\zeta} nx - 1) \\
 M(x) &= M_0 \cos \sqrt{\zeta} nx + Q_0 \frac{\sin \sqrt{\zeta} nx}{n \zeta} \\
 Q(x) &= -M_0 \sqrt{\zeta} n \sin \sqrt{\zeta} nx + Q_0 \frac{\cos \sqrt{\zeta} nx}{\sqrt{\zeta}}
 \end{aligned} \tag{6}$$

Для определения оставшихся начальных параметров M_0, Q_0 , которыми являются единичные внутренние усилия в сечениях на левом конце стержней, используем граничные условия на правом конце стержней. Эти условия имеют вид:

– сжато-изогнутый стержень (рис.1, *а*)

$$y(l) = 0; \quad y'(l) = 0; \tag{7}$$

– сжато-изогнутый стержень (рис.1, *б*)

$$y(l) = 0; \quad M(l) = 0; \tag{8}$$

– сжато-изогнутый стержень (рис.1, *в*)

$$y(l) = 1; \quad y'(l) = 0; \tag{9}$$

– сжато-изогнутый стержень (рис.1, *з*)

$$y(l) = 1; \quad M(l) = 0; \tag{10}$$

Подчиняя выражения (5), (6) соответствующим граничным условиям (7) – (8), решая для каждого случая систему двух линейных неоднородных алгебраических уравнения и вводя обозначение $\nu = nl$, получим следующие выражения для внутренних усилий в сечениях на левом конце стержней:

– для сжато-изогнутого стержня, показанного на рисунке 1, *а*

$$M_0 = \frac{4EI}{l} \varphi_2(\zeta \nu); \quad Q_0 = -\frac{6EI}{l^2} \varphi_4(\zeta \nu), \tag{11}$$

– для сжато-изогнутого стержня, показанного на рисунке 1, *б*

$$M_0 = \frac{3EI}{l} \varphi_1(\zeta \nu); \quad Q_0 = -\frac{3EI}{l^2} \varphi_1(\zeta \nu), \tag{12}$$

– для сжато-изогнутого стержня, показанного на рисунке 1, *в*

$$M_0 = -\frac{6EI}{l^2} \varphi_4(\zeta \nu); \quad Q_0 = \frac{12EI}{l^3} \eta_2(\zeta \nu), \tag{13}$$

– для сжато-изогнутого стержня, показанного на рисунке 1, *з*

$$M_0 = -\frac{3EI}{l^2} \varphi_1(\zeta v); \quad Q_0 = \frac{3EI}{l^3} \eta_1(\zeta v), \quad (14)$$

где $\varphi_1(\zeta v), \varphi_2(\zeta v), \varphi_3(\zeta v), \varphi_4(\zeta v), \eta_1(\zeta v), \eta_2(\zeta v)$ – обобщенные функции метода перемещений для сжато изогнутых стержней. Эти функции имеют вид

$$\varphi_1(\zeta v) = \frac{v^2 \operatorname{tg} \sqrt{\zeta} v}{3(\operatorname{tg} \sqrt{\zeta} v - \sqrt{\zeta} v)}; \quad \varphi_2(\zeta v) = \frac{v}{4 \operatorname{tg} \sqrt{\zeta} v} \frac{\operatorname{tg} \sqrt{\zeta} v - \sqrt{\zeta} v}{2 \operatorname{tg} \frac{\sqrt{\zeta} v}{2} - \sqrt{\zeta} v}; \quad \varphi_3(\zeta v) = \frac{v}{4 \sin \sqrt{\zeta} v} \frac{\sqrt{\zeta} v - \sin \sqrt{\zeta} v}{\operatorname{tg} \frac{\sqrt{\zeta} v}{2} - \frac{\sqrt{\zeta} v}{2}};$$

$$\varphi_4(\zeta v) = \varphi_1\left(\zeta \frac{v}{2}\right); \quad \eta_1(\zeta v) = \frac{v^3}{3(\operatorname{tg} \sqrt{\zeta} v - \sqrt{\zeta} v)}; \quad \eta_2(\zeta v) = \eta_1\left(\zeta \frac{v}{2}\right)$$

Полученные функции характеризуют влияние продольной силы на внутренние усилия стержней с учетом разномодульности материала. При значении $\zeta = 1$ функции принимают вид, когда расчет сжато-изогнутых стержней ведется без учета разномодульности материала [1].

Используя полученные выражения функций исследуем их зависимость от коэффициента влияния разномодульности материала на изгибную жесткость стержней. Примем согласно [2] интервал изменения коэффициента $0.6 \leq \zeta \leq 1.7$. Значения $\zeta < 1$ соответствуют разномодульным конструкционным материалам с коэффициентом $\mu > 1$, а значения $\zeta > 1$ – с коэффициентом $\mu < 1$.

На рисунке 2 приведены графики зависимости начальных значений функций от коэффициента влияния в указанном интервале изменения

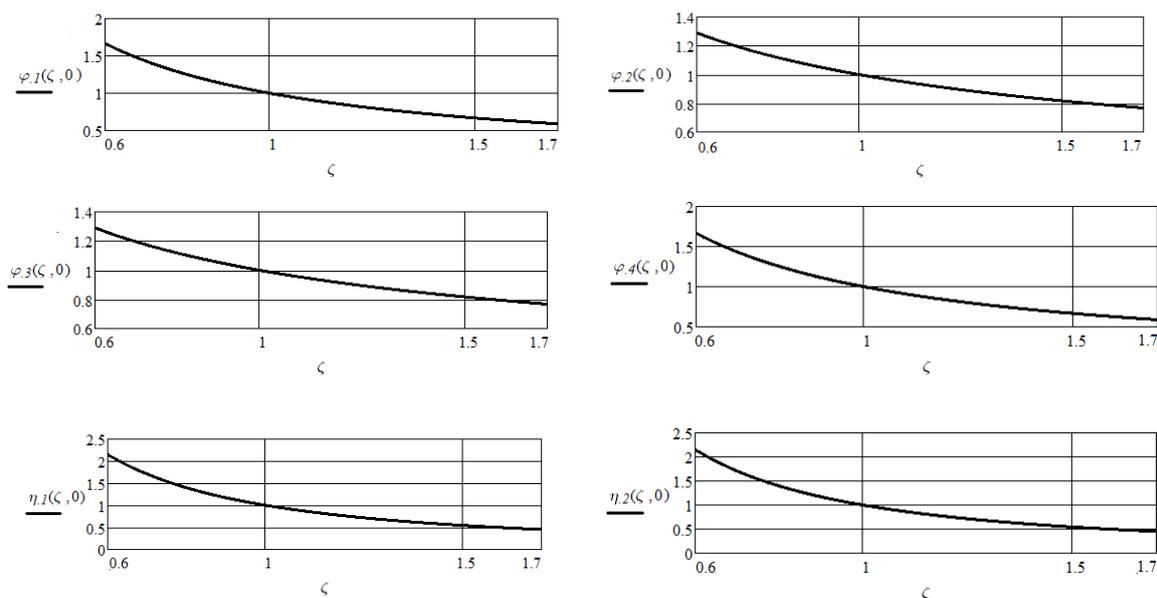


Рисунок 2. – Графики зависимости начальных значений функций метода перемещений

Из полученных графиков видно, что учет разномодульности материала может существенно влиять на значения функций метода перемещений, а, следовательно, на величины единичных параметров напряженно-деформированного состояния сжато-изогнутых стержней. Поэтому при определении единичных перемещений и внутренних усилий в сжато-изогнутых стержнях необходимо учитывать разномодульность конструкционного материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Раевский, А.Н. Основы расчета сооружений на устойчивость / А.Н. Раевский. – М. : Высшая школа, 1962. –160 с.
2. Турищев, Л.С. К вопросу о расчете стержневых конструкций с учетом влияния разномодульности материала / Л.С. Турищев // Вестник ПГУ. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2010. – № 2. – С. 63–67.

УДК 624.04

О ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМ УРАВНЕНИИ ИЗГИБА БАЛКИ НА СПЛОШНОМ УПРУГОМ ОСНОВАНИИ С УЧЕТОМ РАЗНОМОДУЛЬНОСТИ МАТЕРИАЛА

Г.А. КАРАГОЗЯН, О.А. КУРИЛЕНКО

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

Получено дифференциальное уравнение изогнутой оси балки на упругом основании, описываемого моделью Винклера, для случая, когда конструкционный материал балки характеризуется различными модулями упругости при растяжении и сжатии. Введен обобщенный параметр жесткости системы «балка-основание», который учитывает разномодульность материала балки.

Рассматривается изгиб балки переменного поперечного сечения, лежащей на сплошном упругом основании, описываемого моделью Винклера (рис. 1).

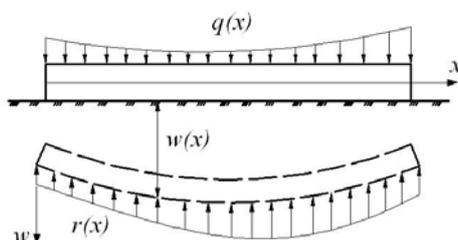


Рисунок 1. – Балка на сплошном упругом основании

Суммарная распределенная нагрузка складывается из внешней нагрузки и реактивного отпора основания

$$p(x) = q(x) + r(x). \quad (1)$$

Реактивный отпор основания, согласно модели Винклера, описывается выражением

$$r(x) = -kbw(x). \quad (2)$$

где b – ширина подошвы балки; k – коэффициент постели, характеризующий жесткость основания.

Принимается, что балка выполнена из разномодульного материала, который характеризуется коэффициентом разномодульности

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

где E^+ , E^- – соответственно, модули упругости при растяжении и сжатии. Поперечное сечение балки симметричное произвольной формы (рис. 2)

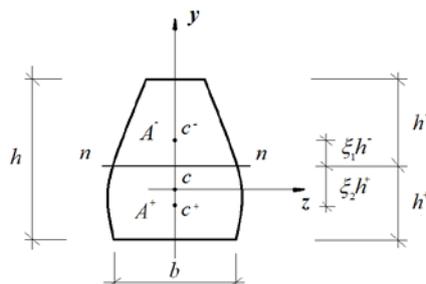


Рисунок 2. – Симметричное поперечное сечение балки

где A^- – площадь сжатой части сечения с центром тяжести в точке c^- ; A^+ – площадь растянутой части сечения с центром тяжести в точке c^+ . Общая площадь поперечного сечения

$$A = A^- + A^+.$$

Для описания прогибов балки, выполненной из разномодульного материала, используем приближенное дифференциальное уравнение изогнутой оси такой балки [1]

$$\frac{d^2 w}{dx^2} = -\frac{M}{D(x)}, \quad (3)$$

где $D(x) = E^- I^-(x) + E^+ I^+(x)$ – изгибная жесткость симметричного поперечного сечения произвольной формы с учетом разномодульности материала. Входящие в $D(x)$ величины $I^-(x)$ и $I^+(x)$ характеризуют моменты инерции, соответственно, сжатой и растянутой частей поперечного сечения относительно нейтральной оси. Положение нейтральной оси определяется с помощью уравнения

$$E^- S^-(x) = E^+ S^+(x),$$

где $S^-(x)$ – статический момент сжатой части поперечного сечения; $S^+(x)$ – статический момент растянутой части поперечного сечения.

Дважды дифференцируя по x (3), с учетом (2) и зависимостей Д.И. Журавского получим дифференциальное уравнение изгиба балки переменного поперечного сечения на сплошном упругом основании с учетом разномодульности материала балки

$$\frac{d^2}{dx^2} \left(D(x) \frac{d^2 w}{dx^2} \right) = q(x) - kbw(x). \quad (4)$$

Далее рассматриваются балки постоянного поперечного сечения. Для оценки влияния разномодульности материала на изгибную жесткость поперечного сечения используем коэффициент влияния [2]

$$\zeta = \frac{EI_z}{D},$$

где $E = E^+$ – модуль упругости при растяжении.

Тогда уравнение (4) примет вид

$$\frac{d^4 w}{dx^4} + 4\beta_p^4 w = \zeta \frac{q(x)}{EI_z}, \quad (5)$$

где $\beta_p = \sqrt[4]{\zeta} \beta$ – параметр жесткости системы «балка-основание» с учетом разномодульности конструкционного материала балки; $\beta = \sqrt[4]{\frac{kb}{4EI_z}}$ – параметр жесткости системы «балка-основание» без учета разномодульности конструкционного материала балки.

Полученное уравнение (5) описывает прогибы балки на упругом основании с учетом разномодульности её материала и является обыкновенным неоднородным дифференциальным уравнением 4 порядка с постоянными коэффициентами. При значении $\zeta = 1$ уравнение (5) принимает вид, когда расчет балки на упругом основании ведется без учета разномодульности материала.

Общее решение уравнения (5) складывается из общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного и имеет вид

$$w(x) = C_1 e^{\beta_p x} \sin \beta_p x + C_2 e^{\beta_p x} \cos \beta_p x + C_3 e^{-\beta_p x} \sin \beta_p x + C_4 e^{-\beta_p x} \cos \beta_p x + w^*(x), \quad (6)$$

где C_1, C_2, C_3, C_4 – произвольные постоянные, определяемые из граничных условий; $e^{\beta_p x} \sin \beta_p x, e^{\beta_p x} \cos \beta_p x, e^{-\beta_p x} \sin \beta_p x, e^{-\beta_p x} \cos \beta_p x$ – частные решения, которые образуют общее решение однородного дифференциального уравнения $w^*(x)$ – частное решение неоднородного дифференциального уравнения (5), которое в начале координат принимает значение $w^*(0) = 0$ и зависит от схемы нагружения балки.

Наряду с уравнением (5) при расчете балок на упругом основании может использоваться другая форма дифференциального уравнения. Для его получения дважды продифференцируем (5) и с учетом (3) получим

$$M^{IV} + 4\beta_p^4 M = \zeta \frac{q''(x)}{EI_z}, \quad (7)$$

Уравнение (7) описывает изгибающие моменты балки на упругом основании с учетом разномодульности её материала.

Уравнения (5) и (7) эквивалентные. Однако если интенсивность распределенной нагрузки постоянная или изменяется по линейному закону $q(x) = a + bx$, то $q''(x) = 0$ и уравнение (7) становится однородным

$$M^{IV} + 4\beta_p^4 M = 0 \quad (8)$$

Тогда общее решение уравнения (8) имеет вид

$$M(x) = C_1 e^{\beta_p x} \sin \beta_p x + C_2 e^{\beta_p x} \cos \beta_p x + C_3 e^{-\beta_p x} \sin \beta_p x + C_4 e^{-\beta_p x} \cos \beta_p x \quad (9)$$

и оно проще решения (6). Поэтому в этом случае при расчете балок использование уравнения (8) является предпочтительным.

Полученные дифференциальные уравнения (5), (7) позволяют получать решения конкретных задач расчета балки на упругом основании с учетом разномодульности материала балки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амбарцумян, С.А. Разномодульная теория упругости / С.А. Амбарцумян. – М. : Физматгиз, 1982. – 317 с.
2. Турищев, Л.С. К вопросу о расчете стержневых конструкций с учетом влияния разномодульности материала / Л.С. Турищев // Вестник ПГУ. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2010. – № 2. – С. 63–67.

УДК 624.04

**РАСЧЕТ ДЛИННЫХ БАЛОК НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ
С УЧЕТОМ РАЗНОМОДУЛЬНОСТИ КОНСТРУКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА**

Г.А. КАРАГОЗЯН, О.А. КУРИЛЕНКО

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

Анализируется влияние разномодульности материала длинных балок на сплошном упругом основании, описываемом моделью Винклера, на параметры напряжено-деформированного состояния таких балок. Получены аналитические выражения для прогибов изгибающих моментов и поперечных сил бесконечно длинной и полубесконечной балок при их нагружениях единичными силами.

Балки на упругом основании, описываемого моделью Винклера, считаются длинными, если их приведенные длины больше 5 [1]. Особенностью расчета таких балок является существование краевого эффекта [2], согласно которому прогибы и внутренние усилия балки быстро затухают по мере удаления от места приложения нагрузки.

С учетом краевого эффекта, возможны два подхода к расчету длинных балок:

– если нагрузка приложена в центральной части балки, то её при расчете считают бесконечно длинной;

– если нагрузка приложена на одном из концов балки, то её при расчете считают полубесконечной.

Для исследования влияния разномодульности материала на параметры НДС длинных балок в обоих случаях рассматривается нагружение балки единичной силой (рис. 1).

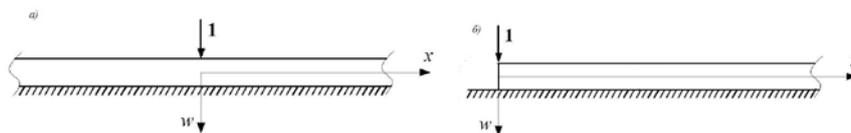


Рисунок 1. – Единичные схемы нагружения длинной балки

Расчет длинных балок для рассматриваемых схем нагружения будем производить с использованием дифференциального уравнения

$$\frac{d^4 w}{dx^4} + 4\beta_p^4 w = \zeta \frac{q(x)}{EI_z}, \tag{1}$$

Так как $q(x) = 0$, то уравнение (1) становится однородным, а его решение имеет вид

$$w(x) = C_1 e^{\beta_p x} \sin \beta_p x + C_2 e^{\beta_p x} \cos \beta_p x + C_3 e^{-\beta_p x} \sin \beta_p x + C_4 e^{-\beta_p x} \cos \beta_p x. \tag{2}$$

В обоих случаях начало координат связывается с местом приложения единичной нагрузки. Для отыскания произвольных постоянных C_1, C_2, C_3, C_4 используем граничные условия задачи.

С учетом найденных значений произвольных постоянных единичные параметры напряженно-деформированного состояния (НДС) бесконечно длинной балки (рис. 1, а) с учетом разномодульности материала описываются следующими выражениями:

– прогибы сечений

$$w(x) = \frac{1}{8D\beta_p^3} \eta(\beta_p x); \tag{3}$$

– углы поворота сечений

$$w'(x) = -\frac{1}{4D\beta_p^3} \eta_3(\beta_p x); \tag{4}$$

– изгибающие моменты

$$M(x) = \frac{1}{4\beta_p} \eta_1(\beta_p x); \tag{5}$$

– поперечные силы

$$Q(x) = -\frac{1}{2}\eta_2(\beta_p x). \quad (6)$$

С учетом найденных значений произвольных постоянных соответствующие единичные параметры напряженно-деформированного состояния (НДС) полубесконечной балки (рис. 1, б) с учетом разномодульности материала описываются следующими выражениями

$$\begin{aligned} w(x) &= \frac{1}{2D\beta_p^3}\eta_2(\beta_p x) \\ w'(x) &= -\frac{1}{2D\beta_p^2}\eta(\beta_p x) \\ M(x) &= -\frac{1}{\beta_p}\eta_3(\beta_p x) \\ Q(x) &= -\eta_1(\beta_p x) \end{aligned} \quad (7)$$

Входящие в (3) – (7) функции $\eta(\beta_p x)$, $\eta_1(\beta_p x)$, $\eta_2(\beta_p x)$, $\eta_3(\beta_p x)$ являются функциями Циммермана, обобщенные для случая разномодульного конструкционного материала балки и имеющие вид

$$\begin{aligned} \eta(\beta_p x) &= e^{-\beta_p x} (\cos \beta_p x + \sin \beta_p x) \\ \eta_1(\beta_p x) &= e^{-\beta_p x} (\cos \beta_p x - \sin \beta_p x) \\ \eta_2(\beta_p x) &= e^{-\beta_p x} \cos \beta_p x \\ \eta_3(\beta_p x) &= e^{-\beta_p x} \sin \beta_p x \end{aligned} \quad (8)$$

Используя полученные решения для бесконечно длинной и полубесконечной балок изучим изменения (поведение) единичных параметров НДС этих балок с учетом разномодульности конструкционного материала. Примем, согласно [3], интервал изменения коэффициента влияния разномодульности на изгибную жесткость балки

$$0.6 \leq \zeta \leq 1.7. \quad (11)$$

Значениям $\zeta < 1$ соответствуют разномодульным конструкционным материалом с коэффициентом $\mu > 1$, а значениям $\zeta > 1$ – с коэффициентом $\mu < 1$. При проведении анализа в выражениях (5) – (10) заменим независимую переменную x безразмерным параметром $\xi = \beta_p x$.

На рисунке 2 для бесконечно длинной балки приведены очертания упругих линий, описывающих единичные прогибы (рис. 2, а), и её единичные эпюры изгибающих моментов (рис. 2, б) и поперечных сил (рис. 2, в) для трех характерных значений коэффициента влияния $\zeta = 0.6, 1, 1.7$.

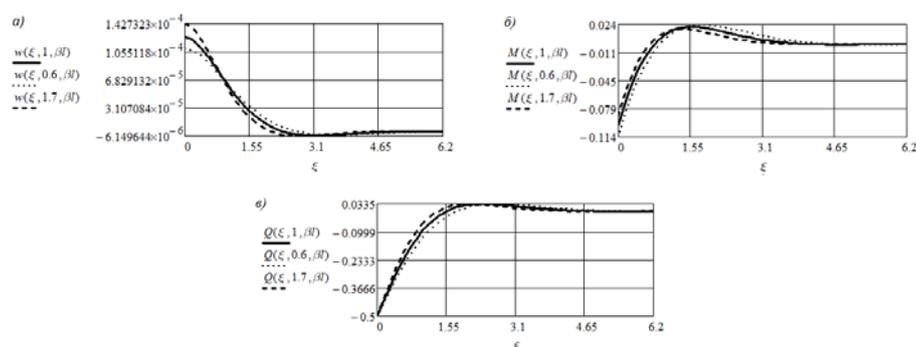


Рисунок 2. – Очертания упругих линий и единичные эпюры внутренних усилий бесконечно длинной балки

На рисунке 3 приведены графики зависимости начальных значений ($\xi = 0$) единичных прогибов (рис. 3, а) и единичных моментов бесконечно длинной балки (рис. 3, б) от её приведенной длины.

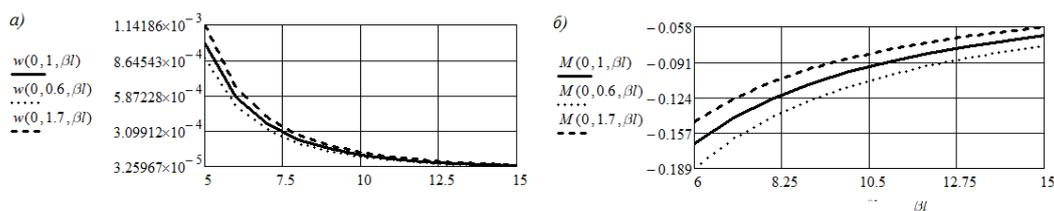


Рисунок 3. – Графики зависимости начальных значений единичных прогибов и изгибающих моментов бесконечно длинной балки от приведенной длины

На рисунке 4 приведены очертания упругих линий, описывающих единичные прогибы полубесконечной балки (рис. 4, а), и её единичные эпюры изгибающих моментов (рис. 4, б) и поперечных сил (рис. 4, в) для тех же значений коэффициента влияния, что и в случае бесконечно длинной балки.

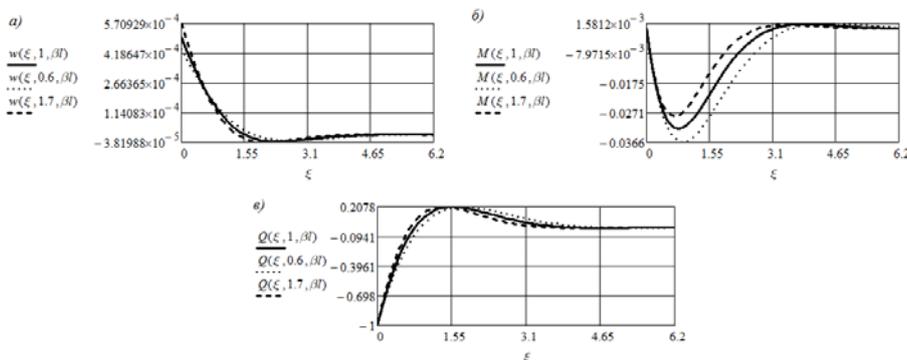


Рисунок 4. – Очертания упругих линий и единичные эпюры внутренних усилий полубесконечной балки

На рисунке 5 приведены графики зависимости начальных значений ($\xi = 0$) единичных прогибов (рис. 5, а) и экстремальных значений единичных моментов полубесконечной балки (рис. 5, б) от её приведенной длины.

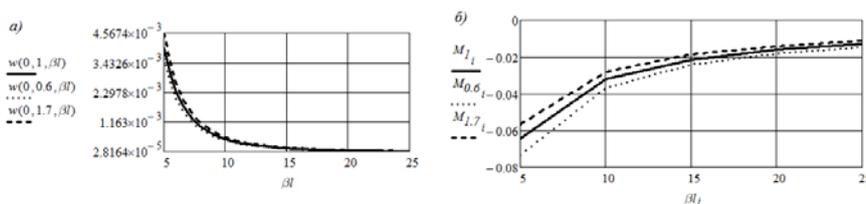


Рисунок 5. – Графики зависимости начальных значений единичных прогибов и экстремальных изгибающих моментов полубесконечной балки от приведенной длины

Из приведенных выше графиков, характеризующих единичные параметры НДС длинной балки согласно двум рассмотренным подходам, следует, что учет разномодульности конструкционного материала может оказывать существенное влияние на величины этих параметров. Так под местом приложения единичной силы может происходить уменьшение прогиба на 14,2%, и увеличение изгибающего момента на 13.6%, в тоже время, как следует из единичных эпюр поперечных сил (рис. 2, в; 4, в) учет разномодульности конструкционного не оказывает заметного влияния на величины поперечных сил.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахметзянов, М.Х. Расчет балок и плит на упругом основании : учеб. пособие / М.Х. Ахметзянов, Т.Ф. Карманова, П.Г. Суворин. – Новосибирск : Изд-во СГУПС, 2014. – 103 с.
2. Соппротивление материалов с основами теории упругости и пластичности : учебник / Г.С. Варданян [и др.]; под общ. ред. Г.С. Варданяна. – М. : Ассоциация строительных вузов, 1995. – 572 с.
3. Турищев, Л.С. К вопросу о расчете стержневых конструкций с учетом влияния разномодульности материала / Л.С. Турищев // Вестник ПГУ. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2010. – № 2. – С. 63–67.

УДК 624.04

РАСЧЕТ КОРОТКИХ БАЛОК НА СПЛОШНОМ УПРУГОМ ОСНОВАНИИ
С УЧЕТОМ РАЗНОМОДУЛЬНОСТИ КОНСТРУКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Г.А. КАРАГОЗЯН, О.А. КУРИЛЕНКО

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

Анализируется влияние разномодульности материала коротких балок на сплошном упругом основании, описываемом моделью Винклера, на параметры напряжено-деформированного состояния таких балок. Получены аналитические выражения для прогибов изгибающих моментов и поперечных сил коротких балок для двух схем нагружения единичными силами.

Балки на упругом основании, описываемого моделью Винклера, считаются короткими, если их приведенные длины меньше 5 [1]. Расчет короткой балки будем производить с использованием дифференциального уравнения [2 статья]

$$M^{IV} + 4\beta_p^4 M = \zeta \frac{q''(x)}{EI_z} \quad (1)$$

Рассматриваются короткие балки, у которых распределенная нагрузка постоянная или изменяется по линейному закону. Такие схемы нагружения наиболее часто встречается в строительной практике. В этих случаях $q''(x) = 0$ уравнение (1) становится однородным и его решение имеет вид

$$M(\beta_p x) = C_1 Y_1(\beta_p x) + C_2 Y_2(\beta_p x) + C_3 Y_3(\beta_p x) + C_4 Y_4(\beta_p x), \quad (2)$$

где $Y_1(\beta_p x)$, $Y_2(\beta_p x)$, $Y_3(\beta_p x)$, $Y_4(\beta_p x)$ – обобщенные функции А.Н. Крылова, учитывающие разномодульность конструкционного материала балки

$$\begin{aligned} Y_1(\beta_p x) &= ch \zeta \beta x \cos \zeta \beta x \\ Y_2(\beta_p x) &= \frac{1}{2} (ch \zeta \beta x \sin \zeta \beta x + sh \zeta \beta x \cos \zeta \beta x) \\ Y_3(\beta_p x) &= \frac{1}{2} ch \zeta \beta x \cos \zeta \beta x \\ Y_4(\beta_p x) &= \frac{1}{4} (ch \zeta \beta x \sin \zeta \beta x - sh \zeta \beta x \cos \zeta \beta x) \end{aligned} \quad (3)$$

Дальнейшее решение задачи проводится методом начальных параметров. В качестве начальных параметров используются величины

$$M(0) = M_0; Q(0) = Q_0; p(0) = p_0; p'(0) = p'_0, \quad (4)$$

характеризующие внутренние усилия и параметры суммарной распределенной нагрузки в начальном сечении балки ($x = 0$). Выразив произвольные постоянные C_1, C_2, C_3, C_4 через начальные параметры (4), приведем общее решение (2) к следующему виду

$$M(x) = M_0 Y_1(\beta_p x) + \frac{Q_0}{\beta_p} Y_2(\beta_p x) + \frac{p_0}{\beta_p^2} Y_3(\beta_p x) + \frac{p'_0}{\beta_p^3} Y_4(\beta_p x). \quad (5)$$

Дифференцируя последовательно (5), получим выражения

$$\begin{aligned} Q(x) &= -4\beta_p M_0 Y_4(\beta_p x) + Q_0 Y_1(\beta_p x) + \frac{p_0}{\beta_p} Y_2(\beta_p x) + \frac{p'_0}{\beta_p^2} Y_3(\beta_p x) \\ p(x) &= -4\beta_p^2 M_0 Y_3(\beta_p x) - 4\beta_p Q_0 Y_4(\beta_p x) + p_0 Y_1(\beta_p x) + \frac{p'_0}{\beta_p} Y_2(\beta_p x) \\ p'(x) &= -4\beta_p^3 M_0 Y_2(\beta_p x) - 4\beta_p^2 Q_0 Y_3(\beta_p x) - 4\beta_p p_0 Y_4(\beta_p x) + p'_0 Y_1(\beta_p x) \end{aligned} \quad (6)$$

Формулы (5), (7), описывающие внутренние усилия и параметры суммарной распределенной нагрузки в произвольном сечении балки, действительны только для случая непрерывной нагрузки по всей длине балки или для её первого участка нагружения.

В случае если балка имеет несколько участков нагружения, согласно [3] при решении дифференциального уравнения изогнутой оси балки методом начальных параметров любую функцию, характеризующую НДС балки на $n + 1$ -ом участке, можно представить в следующем виде

$$S_{n+1} = S_n + \Delta S_a, \quad (7)$$

В (7) S_n – это функция на предыдущем n -ом участке балки; ΔS_a – приращение функции при переходе на участок $n + 1$, индекс которого характеризует расстояние от начала координат до начала $n + 1$ -го участка.

Используем полученные зависимости (5), (6), (7) для расчета свободно лежащей короткой балки для двух схем нагружения единичной силой – на левом конце и посередине балки (рис. 1).

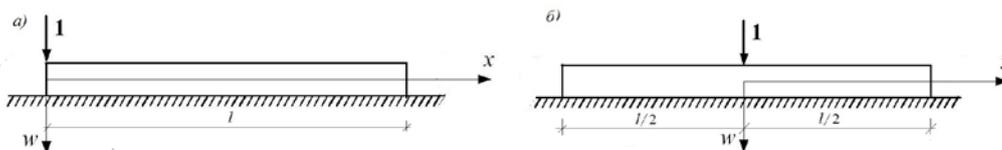


Рисунок 1. – Единичные схемы нагружения короткой балки

Первой схеме нагружения короткой балки (рис. 1, а) соответствует один участок балки. Поэтому для её расчета используются формулы (5), (6). Начальные параметры (4) рассматриваемой балки характеризуются следующими величинами

$$M_0 = 0; Q_0 = -1; p_0 \neq 0; p'_0 \neq 0 \quad (8)$$

С учетом (8) формулы (5), (6) принимают вид

$$\begin{aligned} M(x) &= -\frac{1}{\beta_p} Y_2(\beta_p x) + \frac{p_0}{\beta_p^2} Y_3(\beta_p x) + \frac{p'_0}{\beta_p^3} Y_4(\beta_p x) \\ Q(x) &= -Y_1(\beta_p x) + \frac{p_0}{\beta_p} Y_2(\beta_p x) + \frac{p'_0}{\beta_p^2} Y_3(\beta_p x) \\ p(x) &= 4\beta_p Y_4(\beta_p x) + p_0 Y_1(\beta_p x) + \frac{p'_0}{\beta_p} Y_2(\beta_p x) \\ p'(x) &= 4\beta_p^2 Y_3(\beta_p x) - 4\beta_p p_0 Y_4(\beta_p x) + p'_0 Y_1(\beta_p x) \end{aligned} \quad (9)$$

Используя граничные условия на правом конце балки

$$M(l) = 0; Q(l) = 0. \quad (10)$$

получим следующие выражения для оставшихся начальных параметров

$$\begin{aligned} p_0(\beta_p l) &= \beta_p \frac{Y_2(\beta_p l) Y_3(\beta_p l) - Y_1(\beta_p l) Y_4(\beta_p l)}{Y_3(\beta_p l)^2 - Y_2(\beta_p l) Y_4(\beta_p l)} \\ p'_0(\beta_p l) &= \beta_p^2 \frac{Y_1(\beta_p l) Y_3(\beta_p l) - Y_2(\beta_p l)^2}{Y_3(\beta_p l)^2 - Y_2(\beta_p l) Y_4(\beta_p l)} \end{aligned} \quad (11)$$

Второй схеме нагружения короткой балки (рис. 1, б) соответствуют два участка балки. Поэтому для её расчета используются формулы (5), (6), (7). Начальные параметры (4) рассматриваемой балки характеризуются следующими величинами

$$M_0 = 0; Q_0 = 0; p_0 \neq 0; p'_0 \neq 0. \quad (12)$$

Параметры НДС для первого участка балки описываются формулами (5), (6), которые с учетом (12) принимают вид

$$\begin{aligned}
 M(x) &= \frac{P_0}{\beta_p^2} Y_3(\beta_p x) + \frac{P'_0}{\beta_p^3} Y_4(\beta_p x) \\
 Q(x) &= \frac{P_0}{\beta_p} Y_2(\beta_p x) + \frac{P'_0}{\beta_p^2} Y_3(\beta_p x) \\
 p(x) &= p_0 Y_1(\beta_p x) + \frac{P'_0}{\beta_p} Y_2(\beta_p x) \\
 p'(x) &= -4\beta_p p_0 Y_4(\beta_p x) + p'_0 Y_1(\beta_p x)
 \end{aligned} \tag{13}$$

Параметры НДС для второго участка балки описываются формулами (7), которые с учетом рассматриваемой схемы нагружения принимают вид

$$\begin{aligned}
 M(x) &= \frac{P_0}{\beta_p^2} Y_3(\beta_p x) + \frac{P'_0}{\beta_p^3} Y_4(\beta_p x) - \frac{1}{\beta_p} Y_2(\beta_p (x - 0.5l)) \\
 Q(x) &= \frac{P_0}{\beta_p} Y_2(\beta_p x) + \frac{P'_0}{\beta_p^2} Y_3(\beta_p x) - Y_1(\beta_p (x - 0.5l)) \\
 p(x) &= p_0 Y_1(\beta_p x) + \frac{P'_0}{\beta_p} Y_2(\beta_p x) + 4\beta_p Y_4(\beta_p (x - 0.5l)) \\
 p'(x) &= -4\beta_p p_0 Y_4(\beta_p x) + p'_0 Y_1(\beta_p x) + 4\beta_p^2 Y_3(\beta_p (x - 0.5l))
 \end{aligned} \tag{14}$$

Используя граничные условия на правом конце балки описываются, которые, как и в первом случае описываются соотношениями (10), получим следующие выражения для оставшихся начальных параметров

$$\begin{aligned}
 p_0(\beta_p l) &= \beta_p \frac{Y_2(0.5\beta_p l)Y_3(\beta_p l) - Y_1(0.5\beta_p l)Y_4(\beta_p l)}{Y_3(\beta_p l)^2 - Y_2(\beta_p l)Y_4(\beta_p l)} \\
 p'_0(\beta_p l) &= \beta_p^2 \frac{Y_1(0.5\beta_p l)Y_3(\beta_p l) - Y_2(0.5\beta_p l)Y_2(\beta_p l)}{Y_3(\beta_p l)^2 - Y_2(\beta_p l)Y_4(\beta_p l)}
 \end{aligned} \tag{15}$$

Используя полученные решения для свободно лежащей короткой балки изучим поведение её единичных параметров НДС в интервале изменения коэффициента влияния разномодульности материала на изгибную жесткость балки

$$0.6 \leq \zeta \leq 1.7$$

При проведении анализа в выражениях (9), (13), (14) заменим независимую переменную x безразмерным параметром $\xi = \beta x$.

На рисунке 2 для свободно лежащей короткой балки, нагруженной единичной силой на левом конце, приведены очертания упругих линий, описывающих единичные прогибы (рис. 2, а), и её единичные эпюры изгибающих моментов (рис. 2, б) и поперечных сил (рис. 2, в) для трех характерных значений коэффициента влияния $\zeta = 0.6, 1, 1.7$

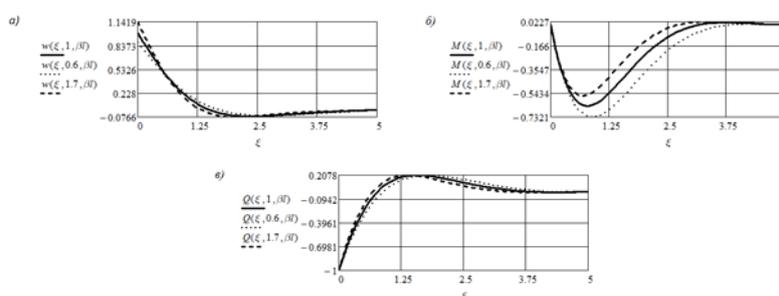


Рисунок 2. – Очертания упругих линий и единичные эпюры внутренних усилий свободно лежащей короткой балки с единичной силой в начале координат

На рисунке 3 для рассмотренной выше свободно лежащей короткой балки приведены график зависимости начальных значений ($\xi = 0$) единичных прогибов от её приведенной длины.

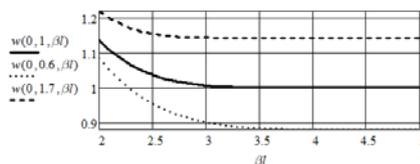


Рисунок 3. – График зависимости начальных значений единичных прогибов, свободно лежащей короткой балки от приведенной длины

На рисунке 4 для свободно лежащей короткой балки, нагруженной единичной силой посередине, приведены очертания упругих линий, описывающих единичные прогибы (рис. 4, а) и её единичные эпюры изгибающих моментов (рис. 4, б) и поперечных сил (рис. 4, в) для трех характерных значений коэффициента влияния $\zeta = 0.6, 1, 1.7$

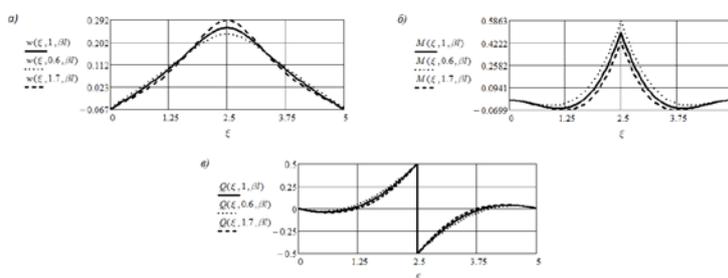


Рисунок 4. – Очертания упругих линий и единичных эпюр внутренних усилий свободно лежащей короткой балки с единичной силой в среднем сечении

На рисунке 5 для рассмотренной выше свободно лежащей короткой балки приведены графики зависимости экстремальных значений единичных прогибов (рис. 5, а) и единичных моментов (рис. 5, б) от её приведенной длины

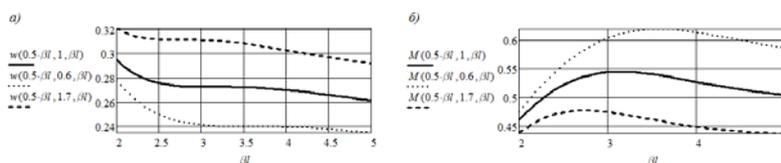


Рисунок 5. Графики зависимости экстремальных значений единичных прогибов и изгибающих моментов свободно лежащей короткой балки с единичной силой в среднем сечении от приведенной длины

Из приведенных выше графиков, характеризующих единичные параметры НДС короткой балки, следует, что учет разномодульности конструкционного материала оказывает существенное влияние на величины этих параметров. При значениях коэффициента влияния $\zeta < 0$ происходит уменьшение прогибов, и увеличение изгибающих моментов, а при значениях коэффициента влияния $\zeta > 0$ происходит увеличение прогибов и уменьшение изгибающих моментов. Изменение модулей этих величин может превышать 12%. В тоже время учет разномодульности конструкционного материала не оказывает заметного влияния на величины поперечных сил.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахметзянов, М.Х. Расчет балок и плит на упругом основании : учеб. пособие / М.Х. Ахметзянов, Т.Ф. Карманова, П.Г. Суворин. – Новосибирск : Изд-во СГУПС, 2014. – 103 с.
2. Цвей, А.Ю. Балки и плиты на упругом основании : учеб. пособие / А.Ю. Цвей. – М. : МАДИ, 2014. – 96 с.
3. Турищев, Л.С. К вопросу о расчете стержневых конструкций с учетом влияния разномодульности материала / Л.С. Турищев // Вестник ПГУ. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2010. – № 2. – С. 63–67.

УДК 624.131

**ВЛИЯНИЕ АНИЗОТРОПИИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТА
ПРИ ИСПЫТАНИИ В ПРИБОРЕ ОДНОПЛОСКОСТНОГО СРЕЗА****В.В. АРТЕМЁНОК, Д.А. КРАСНОВ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.П. КРЕМНЕВ, Н.Н. ВИШНЯКОВ)*

Приводятся результаты исследования анизотропии прочностных свойств ленточных глин озерно-ледникового происхождения, широко распространенных на севере Беларуси. Исследуемые грунты обладают слоистостью, приобретенной при их формировании. Слоистость обуславливает ярко выраженную анизотропию, которая оказывает существенное влияние на прочностные характеристики грунтов.

Согласно многим исследованиям, большинство грунтов обладает анизотропией. Анизотропия-происходит от древнегреческого $\alpha\iota\sigma\omicron\varsigma$ – неравный и $\tau\rho\acute{o}\beta\omicron\varsigma$ – направление. Так, Н.А. Цытович предполагал, что грунты с ярко выраженной слоистостью обладают анизотропией. Сейчас можно сказать, что анизотропией обладают грунты не только с выраженной слоистостью, но и также без нее [1–3].

Ленточные глины в большинстве своем имеют плоскость (направление) слоистости, обусловленную условиями формирования данных грунтов. То есть данные грунты можно рассматривать как трансверсально-изотропную среду, в которой прочностные характеристики грунтов будут различаться в зависимости от угла наклона плоскости слоистости к плоскости сдвига. Поэтому требуется определение прочностных характеристик грунтов как минимум в двух направлениях: вдоль и поперек слоистости.

Основной задачей исследования было показать различия свойств среды при испытании образцов во взаимно перпендикулярных направлениях в приборе одноплоскостного среза, определив прочностные характеристики исследуемого грунта и разницу между полученными значениями.

Для решения поставленной задачи использовался автоматизированный испытательный комплекс АСИС (рис. 1).



Рисунок 1. – Испытательный комплекс АСИС

Комплекс представляет собой совокупность устройств силового нагружения и управления давлением, приспособлений для испытаний образцов при различных видах напряжённого состояния, измерительной системы АСИС, а также программного обеспечения на базе ПЭВМ. При данных исследованиях использовался прибор одноплоскостного среза с автоматической системой нагружения и фиксации перемещений, входящий в комплекс АСИС.

Образцы для испытания отбирались в двух взаимно перпендикулярных направлениях (при горизонтальном и вертикальном направлении слоистости). Размер образцов составлял 71,4 мм – диаметр, 35 мм – высота. Перед испытанием в приборе одноплоскостного среза образцы предварительно уплотнялись в компрессионном приборе с автоматической системой нагружения.

Испытания проводились по консолидировано-дренированной схеме по ГОСТ 12248. Общий вид образцов после испытания представлен на рисунке 2.



Рисунок 2. – Образцы после испытания

Разрушение образцов в большинстве случаев происходило по стандартной плоскости среза. Однако срез нескольких образцов при горизонтальной слоистости при сдвиге произошёл по песчаной прослойке, вследствие чего сопротивление сдвигу оказалось значительно ниже, чем для образцов, в которых срез произошёл не по прослойке.

По результатам испытаний фиксировалось сопротивление грунта сдвигу. После статистической обработки результатов по ГОСТ 20522 были получены графики зависимости касательных от нормальных напряжений (рис. 3).

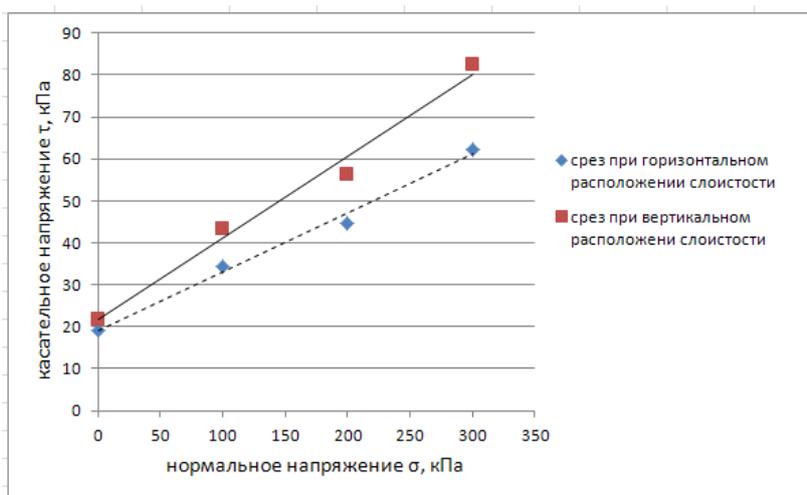


Рисунок 3. – Зависимость касательных от нормальных напряжений

По данным графикам были определены значения угла внутреннего трения и удельного сцепления грунта для образцов, испытываемых во взаимно перпендикулярных направлениях. Значения прочностных характеристик грунтов в зависимости от расположения слоистости представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Прочностные характеристики грунта

Прочностные характеристики грунта	Сдвиг при горизонтальном расположении слоистости	Сдвиг при вертикальном расположении слоистости
Удельное сцепление грунта, c , кПа	19,12	21,77
Угол внутреннего трения, ϕ , градус	7,91	10,98

По результатам испытаний можно сделать следующий вывод: полученные значения удельного сцепления и угла внутреннего трения при сдвиге при вертикальном расположении слоистости соответственно на 12 и 28% больше, чем при сдвиге при горизонтальном расположении слоистости. Данные различия характеристик будут оказывать влияние на расчет фундаментов по первой группе предельных состояний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бугров, А.К. Анизотропные грунты и основания сооружений / А.К. Бугров, А.И. Голубев. – СПб. : Недра, 1993.– 245 с.
2. Иванов, П.Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений / П.Л. Иванов. – М. : Высш. шк., 1991. – 447с.
3. Павловская, И.Э. Полоцкий ледниково-озерный бассейн: строение, рельеф, история развития / И.Э. Павловская. – Минск : Навука і тэхніка, 1994. – 128 с.

УДК 624.131

РАСЧЁТ ФУНДАМЕНТОВ РАСПОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ С УЧЁТОМ АНИЗОТРОПИИ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ

В.В. АРТЕМЁНОК, Д.А. КРАСНОВ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.П. КРЕМНЕВ, Н.Н. ВИШНЯКОВ)

Рассматривается влияние анизотропии прочностных свойств грунтов при расчёте устойчивости фундаментов. В статье приведены примеры расчета устойчивости фундаментов с учетом и без учета анизотропии прочностных свойств грунтов. В расчет были приняты прочностные характеристики грунтов, определенных по результатам испытаний в приборе одноплоскостного среза.

Согласно действующим нормативным документам фундаменты распорных сооружений, на которые действуют значительные горизонтальные усилия, обязательно рассчитываются по первой группе предельных состояний.

Данный расчёт возможно производить с помощью программы FSS-PSU, разработанной в Полоцком государственном университете. Программа является объективно-ассоциативной системой, позволяющей организовать хранение и манипулирование сложноструктурированными данными. Позволяет выполнить расчёт устойчивости по методу круглоцилиндрических поверхностей при любых грунтовых основаниях. При этом поиск наиболее опасных поверхностей скольжения выполняется итерационным методом по специальному алгоритму [1, 2].

Метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения является наиболее универсальным методом, сочетающим в себе относительно небольшую трудоёмкость расчётов и достаточную точность, а также позволяет учитывать неоднородность основания.

По такому методу определяется коэффициент запаса устойчивости на сдвиг из условия:

$$\eta = \frac{\sum M_{s,p}}{\sum M_{s,h}} \geq 1$$

где $\sum M_{s,p}, \sum M_{s,h}$ – соответственно суммы моментов сдвигающих и удерживающих сил на 1 м длины фундамента относительно центра вращения, кН·м.

Важной особенностью программы является возможность учёта анизотропии прочностных свойств грунта. В данной программе анизотропия учитывается по зависимости, предложенной П.Л. Ивановым [3]:

$$\begin{aligned} \tan \varphi_{\alpha} &= \tan \varphi_1 + (\tan \varphi_2 - \tan \varphi_1) \sin^2 \alpha \\ c_{\alpha} &= c_1 + (c_2 - c_1) \sin^2 \alpha \end{aligned}$$

где α – угол наклона площадки сдвига к плоскости слоистости; $\tan \varphi_1, c_1$ – характеристики прочности при сдвиге по направлению слоистости (вдоль плоскости изотропии); $\tan \varphi_2, c_2$ – то же при сдвиге поперёк слоистости (поперёк плоскости изотропии).

Программа FSS-PSU позволяет производить расчёт устойчивости откосов и расчёт несущей способности фундаментов. При расчете несущей способности (устойчивости) фундаментов в программе задаются размеры фундамента, на который действуют вертикальная и горизонтальная силы. Фундамент рассматривается как твёрдое тело, через которое не могут проходить поверхности скольжения. В уровне обреза фундамента прикладываются силы: вертикальная, по центру тяжести фундамента, и горизонтальная. Все поверхности скольжения проходят через левую точку опирания фундамента (рис. 1).

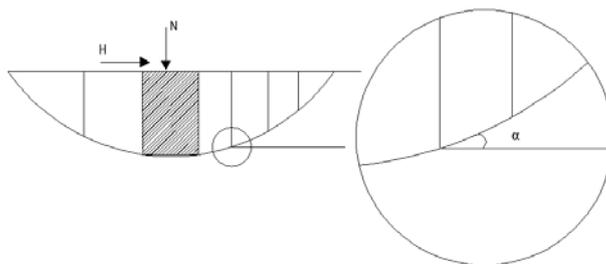


Рисунок 1. – Расчетная схема фундамента с учетом анизотропии прочностных свойств грунта:
 α – угол наклона площадки сдвига к плоскости слоистости; N – вертикальная сила; H – горизонтальная сила

При расчете устойчивости фундаментов необходимо задание прочностных характеристик грунтов. Для определения прочностных характеристик грунтов были проведены испытания в приборе одноплоскостного среза. Испытания проводились по консолидировано-дренированной схеме по ГОСТ 12248 при горизонтальном и вертикальном расположении слоистости. Результаты определения свойств грунтов представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Прочностные характеристики грунта

Прочностные характеристики грунта	Сдвиг при горизонтальном расположении слоистости	Сдвиг при вертикальном расположении слоистости
Удельное сцепление грунта c , кПа	19,12	21,77
Угол внутреннего трения φ , %	7,91	10,98

Данные характеристики грунтов и были взяты в расчет устойчивости фундаментов. Глубина заложения фундаментов принималась 1,2, 1,6, 2,0 м, ширина – 0,6 м. Расчеты производились с учётом и без учёта анизотропии прочностных свойств. Расчетная схема определения устойчивости фундамента приведена на рисунке 2.

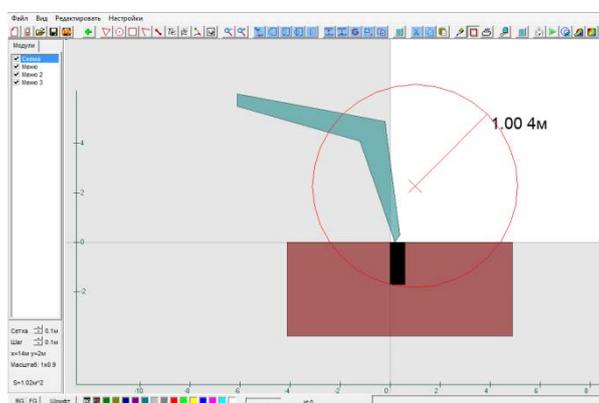


Рисунок 2. – Расчётная схема определения устойчивости фундамента

По результатам расчета определялся коэффициент устойчивости фундаментов. Полученные коэффициенты устойчивости для различных глубин заложения фундаментов с учетом и без учета анизотропии прочностных свойств грунтов представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Результаты расчета устойчивости фундаментов

Глубина заложения фундамента, м	Сдвиг при горизонтальном расположении слоистости		Сдвиг при вертикальном расположении слоистости	
	Коэффициент устойчивости	Радиус скольжения, м	Коэффициент устойчивости	Радиус скольжения, м
1,2	1,0	4,1	1,02	3,98
1,6	0,94	4,73	0,98	5,11
2,0	1,02	3,57	1,03	5,17

По результатам расчётов можно сделать вывод, что анизотропия прочностных свойств грунтов существенно влияет на коэффициент устойчивости фундаментов. Так, коэффициент устойчивости фундаментов с учетом анизотропии прочностных свойств грунтов во всех расчетных случаях получился больше, чем без учета анизотропии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глухов, Д.О. Объектно-ассоциативный подход к построению алгоритмов расчета и визуализации пространства цилиндрических поверхностей скольжения в расчетах устойчивости откосов / Д.О. Глухов, А.П. Кремнев, Т.М. Глухова // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Фундаментальные науки. – 2011. – №4. – С. 43–51.
2. Кремнев, А.П. Определение наиболее опасной поверхности скольжения при расчете устойчивости откосов методом круглоцилиндрических поверхностей скольжения / А.П. Кремнев, Д.О. Глухов, Н.Н. Вишняков / Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф. Прикладные науки. Строительство. – 2011. – С. 37–41.
3. Иванов, П.Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений / П.Л. Иванов. – М. : Высш. шк., 1991. – 447 с.

УДК 624.15

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСЧЕТА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАЙ
ПО МЕТОДУ РЕЛАКСАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ И ЕВРОПЕЙСКИМ НОРМАМ****А.В. КОВАЛЕВА, А.Ю. ШАШКИНА***(Представлено: канд. техн. наук, доц. КРЕМНЕВ А.П.,
канд. техн. наук, доц. ЛОБАЧЕВА Н.Г.)*

Рассматривается сравнение результатов определения расчетной несущей способности забивных свай по данным ускоренных полевых испытаний статической вдавливающей нагрузкой методом релаксации напряжений. Выявлены и обобщены сходства и различия методик расчета по европейским и национальным нормам.

Введение. Постановка проблемы.

В национальных нормах Республики Беларусь [1, 2, 7] и Еврокоде 7 [3] есть ряд похожих положений при испытании свай статическими нагрузками. Однако, несмотря на существующие принципы и расчеты, результаты проектирования остаются различными. Прямое использование европейских норм без учета национальных особенностей проектирования и расчета фундаментов в Республики Беларусь довольно проблематично.

Еврокод 7 [3] содержит длинный список конструктивных соображений для расчета свайных фундаментов, некоторые из которых являются обязательными («должны быть приняты во внимание») и необязательными («следует уделить внимание»). Для свайных фундаментов [3] предусматривает три метода к проектированию:

1. Эмпирические или аналитические расчеты.
2. Испытания свай статической нагрузкой.
3. Испытание свай динамической нагрузкой.

В Еврокоде 7 [3] нет конкретных указаний на количество свай, которые необходимо испытать для целей проектирования и какой тип испытания следует использовать. Еврокод 7 [3] подчеркивает преимущества расчета свайных фундаментов по полевым испытаниям и разделы [3] должны рассматриваться в сочетании с соответствующим национальным приложением, которое предусматривает величины частных коэффициентов и номер(а) проектного подхода для удовлетворения условий той или иной страны.

В национальных нормах [1, 2, 7] четко оговорены методики расчета по полевым испытаниям свай. Так же большое внимание уделено проектированию свайных фундаментов при помощи расчетных формул.

Ускоренные испытания грунтов сваями статической вдавливающей нагрузкой выполняют на этапе инженерных изысканий для строительства ступенчатым нагружением натурной сваи до заданных значений осадок, регламентируемых таблицей Ж.1, в зависимости от грунтовых условий на боковой поверхности сваи и интервала достигнутых осадок сваи по Ж.2 [7]. Испытания проводят до достижения общей осадки сваи не менее 40 мм – для натурной сваи.

Цель работы.

Проведение сравнения результатов определения расчетной несущей способности забивных свай по данным ускоренных полевых испытаний статической нагрузкой методом релаксации и европейским нормам проектирования.

Основная часть.

Расчет несущей способности забивных свай по данным статических испытаний.

Национальные нормы.

Фундамент свайный, забивные сваи $D = 0,3$ м, длиной 2 м. График зависимости осадки сваи от нагрузки, построенный по результатам статического испытания сваи методом релаксации напряжений приведен на рисунке 1. Сваи нагружали до достижения предельной нагрузки 250 кН с учетом коэффициента запаса.

Как видно по графику (рис. 1) при достижении общей осадки сваи 40 мм было получено характерное значение нагрузки 217,6 кН за силу предельного сопротивления грунта основания F_u принимаем нагрузку 217,6 кН, т. е. $F_{u,n} = 217,6$ кН.

При расчете по национальным нормам [1, 2] если число свай, испытанных в одинаковых грунтовых условиях, составляет менее шести, то $F_{u,n} = F_{u,\min}$.

Следовательно, $F_d = 217,6$ кН.

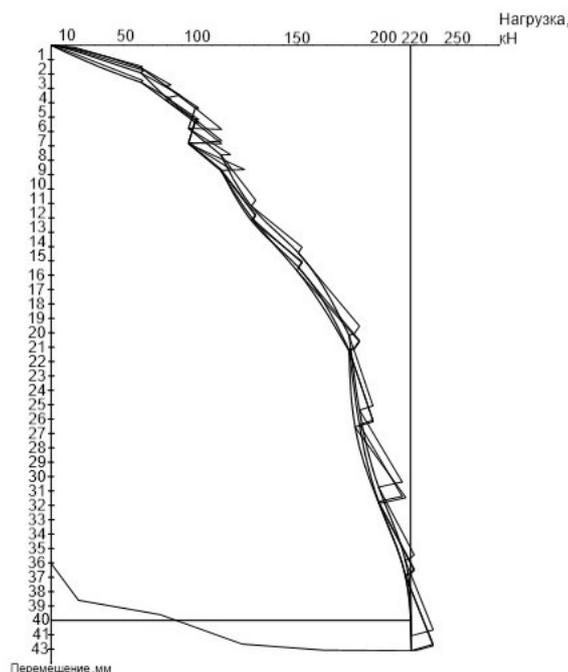


Рисунок 1. – Испытание забивной сваи статической нагрузкой методом релаксации напряжений

Европейские нормы.

Согласно пункту 7.6.1.3 [3] в качестве критерия разрушения принимается осадка сваи, равная 10% диаметра ее основания. $S = 0,1 \cdot 300 \text{ мм} = 30 \text{ мм} = 3 \text{ см}$.

По принципу 8 [3] должна быть выполнена проверка следующего уравнения:

$$R_{c,k} = \min \left\{ \frac{194,4}{1,2}; \frac{195}{1,05} \right\} = 162 \text{ кН} . \quad (1)$$

где 1,2, 1,05 – частные коэффициенты корреляции, представленные в таблице А.9 [3].

В данном случае $R_{m,mean} = R_{m,min} = 162 \text{ кН}$. Средняя величина является главенствующей.

Определим проектное сопротивление сваи [3]. При расчете DA1 является проверка надежности с применением двух различных комбинаций частных коэффициентов. При DA1. С 1. для свайных фундаментов частные коэффициенты корреляции применяются к «нагрузкам» и маленькие коэффициенты корреляции к сопротивлению. Применяем группы А1, М1, R1. В комбинации DA1. С 2. Частные коэффициенты корреляции применяются к сопротивлению и переменной нагрузке, в то время как постоянные нагрузки остаются без изменения. Применяем группы А2, М1, R4.

DA1. С 1.

$$R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_t} = \frac{162}{1,0} = 162 \text{ кН} . \quad (2)$$

DA1. С 2.

$$R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_t} = \frac{162}{1,3} = 124,61 \text{ кН} , \quad (3)$$

Суть расчета DA2 заключается в проверке надежности путем применения частных коэффициентов корреляции к нагрузкам или эффектам нагрузок и сопротивлению. Применяем группы А1, М1, R2.

DA2.

$$R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_t} = \frac{162}{1,1} = 147,27 \text{ кН}$$

Подход DA3 в данном случае не применяется.

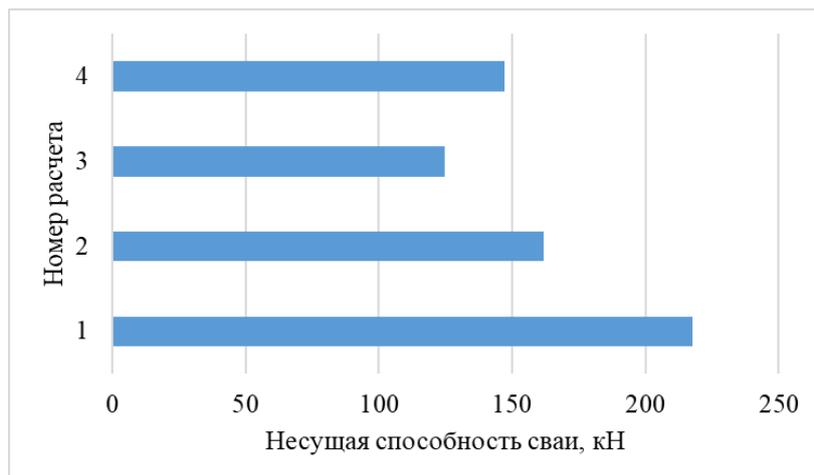


Рисунок 2. – Расчетная несущая способность забивной сваи по данным статического испытания полученная при расчете: 1- СТБ 2242-2011, 2- Еврокод 7 (DA1. С 1.), 3- Еврокод 7 (DA1. С 2), 3- Еврокод 7 (DA2)

Выводы:

1. Значение несущей способности забивной сваи по данным испытаний статической нагрузкой методом релаксации напряжений, полученное путем вычисления по национальным нормам РБ на 25% больше максимальной несущей способности сваи, полученной по европейским нормам (DA1. С 1.), больше на 32,3% несущей способности сваи при расчете DA2 и превышает на 42,7% несущую способность сваи, вычисленную при подходе DA1. С 2.

2. Данное отличие связано с тем, что в качестве критерия разрушения принимается осадка сваи равная 40 мм (метод релаксации напряжений), и осадка сваи равная в данном случае 30 мм (европейские нормы).

3. Еврокод 7 не предусматривает точные алгоритмы к проектированию и не является регламентирующим документом, потому что в разных европейских странах приняты разные расчетные модели. Однако, Еврокод 7 устанавливает общие требования проектирования для всех европейских стран.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Сваи забивные. Правила проектирования и устройства : ТКП 45-5.01-256-2012(02250). – Введ. 01.07.2012. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2013. – 137 с.
2. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-5.01-254-2012(02250). – Введ. 01.07.2012. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2012. – 102 с.
3. Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Часть 1. Общие правила : ТКП EN 1997-1-2009 (02250). – Введ. 10.12.2009. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2010. – 121 с.
4. Франк, Р. Проектирование свайных фундаментов в соответствии с Еврокодом 7 / Р. Франк // Лекция XIII Дунайско-Европейской конференции по геотехнике, Любляне, Словения, 29–31 мая 2006 г. – 11 с.
5. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 7. Геотехническое проектирование / Р. Франк [и др.] ; под науч. ред. А.З. Тер-Мартиняна. – М. : МГСУ, 2013. – 360 с.
6. Eurocode 7: Geotechnical Design. Worked examples / J. Andrew Bond [et al.] // Support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocodes, Dublin, 13–14 June, 2013. – 172 p.
7. Грунты Методы полевых испытаний сваями : СТБ 2242-2011. – Введ. 22.12.2011. – Минск : Госстандарт РБ, 2012. – 37 с.

УДК 624.15

**ПРОВЕДЕНИЕ УСКОРЕННЫХ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ СВАЙ СТАТИЧЕСКОЙ
ВДАВЛИВАЮЩЕЙ НАГРУЗКОЙ МЕТОДОМ РЕЛАКСАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ
В ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ РБ**

А.В. КОВАЛЕВА, А.Ю. ШАШКИНА
(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.П. КРЕМНЕВ,
канд. техн. наук, доц. Н.Г. ЛОБАЧЕВА)

Рассматривается установка для испытания грунтов сваями статической вдавливающей нагрузкой и возможность применения метода релаксации напряжений для моренных грунтов Витебской области.

Введение. Постановка проблемы. Несущая способность свай может быть определена по таблицам и расчетным зависимостям [1,3,4,5]. Но наиболее достоверным методом являются полевые испытания свай. На данный момент большое распространение получил метод испытания свай статическими нагрузками. Данный метод исключает воздействие динамических, шумовых воздействий и хорошо применим в условиях плотной городской застройки. Целью проведения полевых испытаний свай на этапе строительства – является определение фактической несущей способности сваи по грунту.

Одним из наиболее актуальных вопросов, касающихся полевых методов исследования грунтов, является сокращение сроков их проведения. Решить данную проблему позволяет «Метод релаксации напряжений» [1]. Моренные грунты чрезвычайно широко распространены в Витебской области, использование метода релаксации напряжений для определения несущей способности свай является перспективным направлением для данных грунтовых условий.

Цель работы. Обобщение опыта в проведении полевых испытаний натуральных свай статической вдавливающей нагрузкой методом релаксации напряжений с целью дальнейшего его развития на стройках Витебской области. Авторы сделали попытку изложить опыт проведения полевых испытаний натуральных свай статической вдавливающей нагрузкой с увязкой с требованиями действующих нормативных документов с примером на конкретно испытанной свае, выработали рекомендации по ускоренному испытанию натуральных свай статической вдавливающей нагрузкой.

Основная часть. Ускоренное испытание грунтов сваями статической вдавливающей нагрузкой при инженерных изысканиях для строительства проводят ступенчатым нагружением эталонной сваи до заданных значений осадок, принимаемых по таблице Ж1 [1] в зависимости от грунтовых условий на боковой поверхности сваи и интервала достигнутых осадок сваи.

Проводят статическое испытание свай с применением специальной установки (рис. 1), которая соответствует установке, указанной в приложении Б [1]. Она состоит из следующих элементов:

- нагружающее устройство: домкраты или платформа с грузом, массу которого можно произвольно изменять;
- опорная конструкция из железобетонных или металлических ферм с анкерными сваями, передающая нагрузки на испытываемую сваю;
- устройство для измерения величины осадки сваи под нагрузкой (должно обеспечивать точность измерения до 0,01 мм), состоящее из нескольких измерительных приборов, объединенных в одну систему.



Рисунок 1. – Общий вид установки для испытания свай методом релаксации напряжений (вид сбоку)



Рисунок 1. – Общий вид установки для испытания свай методом релаксации напряжений (вид сверху)

По достижении заданного значения осадки, установленного по, производят измерение соответствующего ей сопротивления грунтов основания в следующей последовательности:

- нулевой отсчет – перед нагружением сваи;
- первый отсчет – сразу после достижения заданного значения осадки;
- затем последовательно производят три отсчета с интервалом 5 мин;
- через каждые 10 мин до условной стабилизации нагрузки (прекращения релаксации нагрузки).

За критерий условной стабилизации нагрузки принимают ее конечное значение за последний интервал измерения, при котором была достигнута предусмотренная программой испытаний скорость снижения нагрузки. Скорость снижения нагрузки определяют на основе данных о грунтах испытываемого вида или сравнительных испытаний грунтов и рекомендуемым методом. При этом количество сравнительных испытаний для грунтов испытываемого вида должно быть не менее двух. Испытания проводят до достижения общей осадки сваи не менее 40 мм – для натурной сваи и 20 мм – для эталонной сваи или до нагрузки, предусмотренной программой испытаний. Разгрузку сваи производят после достижения наибольшей осадки ступенями, нагрузкой, равной 0,2 от нагрузки при достижении наибольшей осадки, с выдержкой на ступени не менее 5 мин. Показания приборов для измерения деформаций снимают сразу после каждой ступени разгрузки и через 5 мин наблюдений. Результаты испытаний грунтов оформляют в виде графиков зависимости осадки сваи от нагрузки и изменения нагрузки во времени по ступеням осадки.

В данной работе были проведены испытания свай в грунтовых условиях на Витебской области. Испытания проводились металлической свайей в защитной среде цементного раствора, по боковой поверхности которой был расположен водонасыщенный песок (пльвун), а под нижним концом сваи- суглинок.

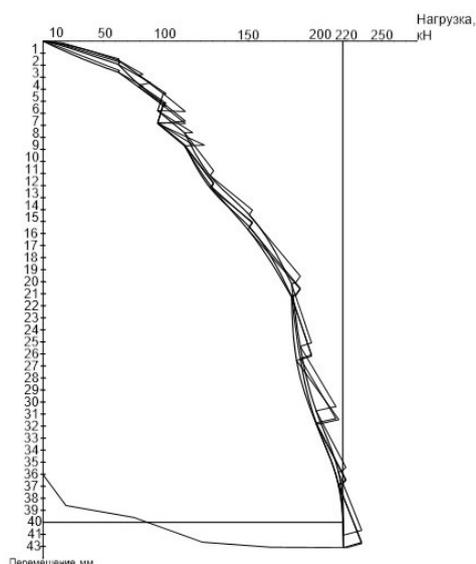


Рисунок 3. – График зависимости осадки S от нагрузки P

При достижении общей осадки свай 40 мм было получено характерное значение нагрузки 217,6 кН, которое удовлетворяет требованиям литературы [4].

Выводы:

1. Проведение ускоренных полевых испытаний свай статической вдавливающей нагрузкой методом релаксации напряжений уменьшает время проведения испытания с 2-3 суток, до 8-10 часов.
2. Метод ускоренного испытания натуральных свай в разы сокращает длительность процесса их проведения, но область его применения ограничена грунтовыми условиями.
3. Применение метода релаксации напряжений является перспективным направлением полевых испытаний свай в Республике Беларусь, в частности в условиях Витебской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грунты Методы полевых испытаний сваями : СТБ 2242-2011. – Введ. 22.12.2011. – Минск : Госстандарт РБ, 2012. – 37 с.
2. Павлов, А.П. Опыт полевых испытаний натуральных свай статической вдавливающей нагрузкой. – Павлов А.П., Теличенко А.И., Шушкевич В.И. – Режим доступа: <http://repo.sau.sumy.ua/bitstream/123456789/2845/1/Павлов%20А.%20П.%20Опыт%20полевых%20испытаний%20натурных%20свай%20статической%20вдавливающей%20нагрузкой.pdf>.
3. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Свай забивные. Правила проектирования и устройства : ТКП 45-5.01-256-2012(02250). – Введ. 01.07.2012. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2013. – 137 с.
4. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-5.01-254-2012(02250). – Введ. 01.07.2012. – Минск: Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2012. – 102 с.
5. Коновалов, П.А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий / П.А. Коновалов. – М., 2000. – 316 с.

УДК 624.15

**ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТОЛБЧАТЫХ ФУНДАМЕНТОВ
ПО НОРМАМ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И EUROCODE 7
«GEOTECHNICAL DESIGN» (PART 1)****С.М. ВОЛКОВ, М.А. САВИЧ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Н.Г. ЛОБАЧЕВА)*

Приведен сравнительный анализ методик расчетов несущей способности столбчатых фундаментов по данным статического зондирования согласно действующим нормативным документам Республики Беларусь и EUROCODE 7 «Geotechnical design» (part 1).

Введение. Постановка проблемы. Еврокоды – это нормативные документы в области строительства, согласованные на уровне Евросоюза и рекомендованные к применению странами-членами союза с учетом национальных особенностей. Национальные приложения к еврокодам предусматривают дополнительные требования к отдельным параметрам строительства, которые могут быть выше, но не ниже общеевропейских. Эти требования каждая страна определяет самостоятельно.

Еврокод 7, принятый в действие в РБ (ТКП EN [1]) является версией перевода с английского немецких DIN EN и великобританских норм BS EN и предназначен для проектирования оснований и фундаментов всех типов сооружений.

Принятые в Европейском союзе Еврокоды внедряются в странах как национальные стандарты – с учетом различий в географических и климатических условиях, которые могут превалировать на национальном, региональном или местном уровне.

Национальные нормативные документы [2, 3], так же как и Еврокод 7 [1], предписывают проектирование различных объектов именно по двум группам предельных состояний (по несущей способности и деформациям) и имеют единую терминологию и обозначения, так что в принципиальном отношении отставания национальных норм РБ от европейских нет. Однако, в отличии от ТКП [2, 3] в Еврокоде 7 [1] более расширен диапазон случаев расчета [5].

Для обеспечения гармонизации стандартов РБ и Еврокодов авторы провели сравнительный анализ расчета несущей способности столбчатого фундамента по Еврокод 7 [1] и национальным нормам Республики Беларусь [2, 3].

Цель работы. Сравнение результатов расчета несущей способности столбчатых фундаментов по данным статического зондирования по национальным и европейским нормам.

Основная часть

Дано: Для данного расчета принимаем, что основание является однородным. Расчет ведем в предположении, что в основании фундамента находится только один слой грунта – песок средний средней прочности.

Грунт: песок средний средней прочности. Характеристики: удельный вес грунта в естественном состоянии $\gamma = 19,0$ кН/м³, удельное сопротивление грунта под наконечником зонда (q_s) = 6,05 МПа, модуль деформации $E = 32$ МПа.

Фундамент столбчатый, глубина заложения фундамента 1,5 м, соотношение длины и ширины фундамента равно 1.

Вертикальная нагрузка на обрез фундамента $N = 1500$ кН (задана условно).

Расчет по европейским нормам.

Каждому подходу соответствует свой набор значений частных коэффициентов надежности (приводятся в EN 1990 [4]). Группа частных коэффициентов A1 или A2 применяется для нагрузок. Группа частных коэффициентов M1 или M2 применяется для параметров грунта. Подходы различаются тем, что запасы вводятся преимущественно либо в нагрузки, либо в показатели сопротивления.

Подход DA1

В этом подходе применяются отдельные расчетные проектные значения из таблиц A1 и A2 [1] по отношению к геотехническим воздействиям, а также прочим воздействиям.

1-й подход к проектированию (DA1) является двойной проверочной процедурой, взятой без изменения из предварительного стандарта Еврокод 7 (часть 1) [1].

При расчёте по подходу 1 частные коэффициенты применяются отдельно к каждой величине (сочетание 1), при расчете по сочетанию 2 главным образом принимаются частные коэффициенты надежности по материалу.

Рассмотрим основные этапы расчёта:

Этап 1. Нагрузки и воздействия.

Вертикальное воздействие V_{d1} и V_{d2} :

$$V_d = \gamma_G (w_{GK} + V_{GK}) + \gamma_Q \cdot V_{QK}, \quad (1)$$

где γ_G, γ_Q – частный коэффициент корреляции, определяемый по табл. А3 [1].

Расчётное давление сопротивлению q_{Ed1} и q_{Ed2} :

$$q_{Ed} = \frac{V_d}{A_B}, \quad (2)$$

Этап 2. Свойства материала и сопротивления

Расчётный угол φ_{d1} и φ_{d2} :

$$\varphi_d = \tan^{-1} \left(\frac{\tan(\varphi_k)}{\gamma_\varphi} \right), \quad (3)$$

Расчетное удельное сцепление c'_{d1} и c'_{d2} :

$$c'_d = \frac{c'_k}{\gamma_c}, \quad (4)$$

Коэффициенты несущей способности $N_{q1}, N_{q2}, N_{c1}, N_{c2}, N_{\gamma1}, N_{\gamma2}$:

$$N_q = \left[e^{\pi \tan(\varphi_d)} \left(\tan(45^\circ + \frac{\varphi_d}{2}) \right)^2 \right]; \quad (5)$$

$$N_c = \left[(N_q - 1) \cdot \cot \varphi_d \right]; \quad (6)$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \gamma_d; \quad (7)$$

Коэффициенты формы основания S_{c1}, S_{c2} :

$$S_q = 1 + \sin \varphi', \quad (8)$$

$$S_c = \frac{S_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} \quad (9)$$

Этап 3. Несущая способность

Давление выше подошвы:

$$\sigma'_{vk,b} = \gamma_k \cdot d. \quad (10)$$

Давление «сверху»:

$$q_{ult1} = (N_q \cdot s_q \cdot \sigma'_{vk,b}). \quad (11)$$

Давление «связности»:

$$q_{ult2} = (N_c \cdot s_c \cdot c_d). \quad (12)$$

Давление собственного веса:

$$q_{ult3} = \left(N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot \gamma_k \cdot \frac{B}{2} \right). \quad (13)$$

Общее сопротивление:

$$q_{ult} = \sum_{i=1}^3 q_{ult_i}. \quad (14)$$

Расчётное сопротивление:

$$q_{Rd} = \frac{q_{ult}}{\gamma_{Rv}}. \quad (15)$$

Выполняем проверку по несущей способности, если $\Delta_{geo} > 1$, то расчёт не проходит

$$\Delta_{geo} = \frac{q_{ed}}{q_{Rd}}. \quad (16)$$

Подход DA2

В этом подходе применяются проектные значения из таблицы А1 [1] по отношению к геотехническим, а также прочим воздействиям [6]; этот подход представляет собой новую процедуру, используя

шую один формат сочетаний воздействий. При расчете по подходу 2 частные коэффициенты применяются одновременно и к воздействию, и к несущей способности.

Расчёт выполняется аналогично подходу DA1 (см. ф-лы 1-16).

Подход DA3

(DA3) – применяются проектные значения из таблицы A2 [1]) по отношению к геотехническим воздействиям и, совместно с этим, применяются парциальные (частные) коэффициенты из таблицы A1 [1] по отношению к прочим воздействиям [6].

Расчёт выполняется аналогично подходу DA1 (см. ф-лы 1-16).

Расчет по национальным нормам.

Суть расчета по национальным нормам является такой же: среднее давление под подошвой от нагрузок и воздействий на фундамент не должно превышать расчетного сопротивления грунта основания осевому сжатию R, МПа, которое устанавливается исходя из линейной зависимости между напряжениями и деформациями основания, жесткости, конструктивных особенностей объекта и наличия заглубленных помещений по формуле [2, 3]:

$$R = \frac{\gamma_1 \gamma_2}{k} \cdot [M_\gamma k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c \cdot c_{II}] \tag{17}$$

Результаты выполненных исследований

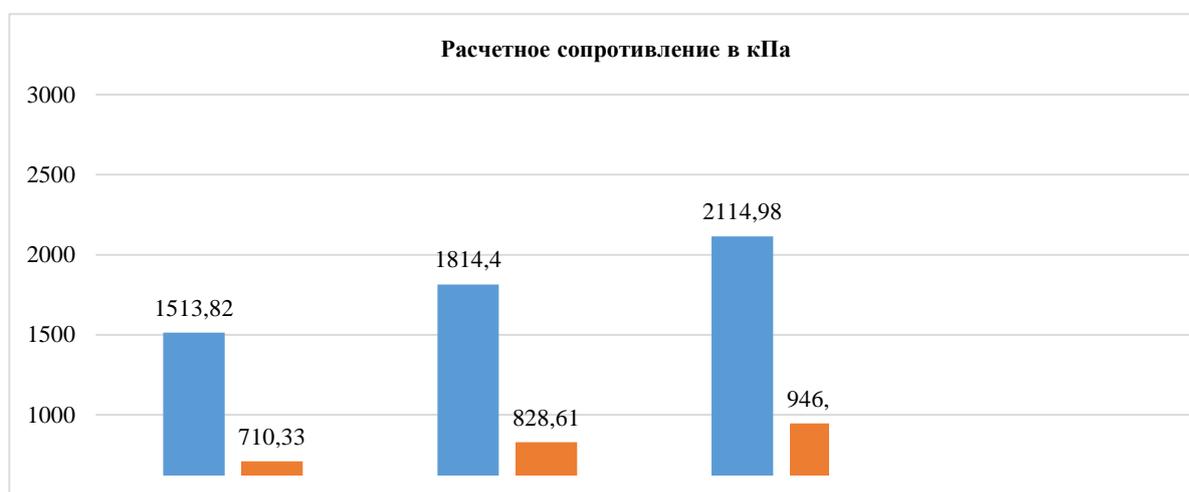


Рисунок 1. – Несущая способность столбчатого фундамента по данным статического зондирования, полученная при расчете DA 1 Еврокод 7 [1]

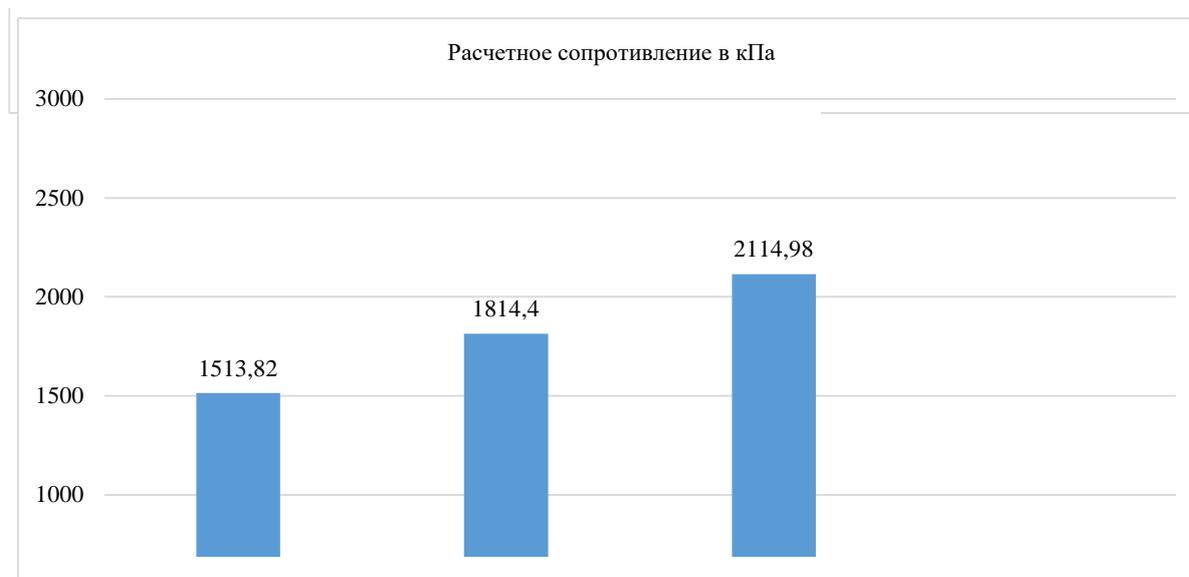


Рисунок 2. – Несущая способность столбчатого фундамента по данным статического зондирования, полученная при расчете DA 2 Еврокод 7 [1]

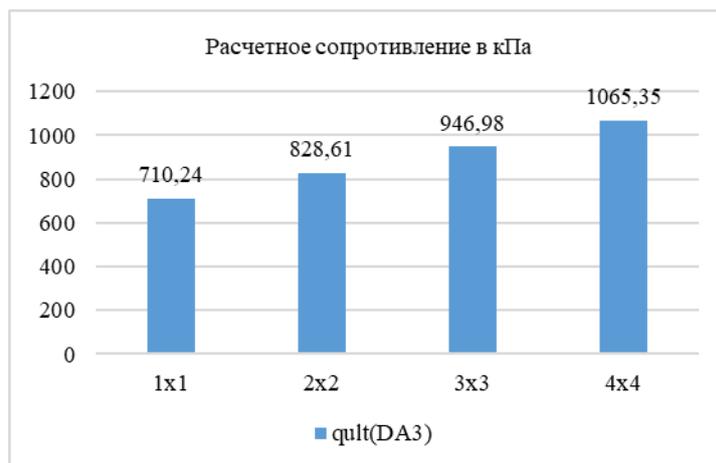


Рисунок 3. – Несущая способность столбчатого фундамента по данным статического зондирования, полученная при расчете DA 3 Еврокод 7 [1]

Таблица 1. – Результаты расчета несущей способности по национальным и европейским нормам

Размеры фундамента, м	DA1	DA2	DA3	R
1×1	1513,82	710,33	710,24	348,01
2×2	1814,4	828,61	828,61	401,64
3×3	2114,98	946,98	946,98	455,26
4×4	2415,56	1065,35	1065,35	508,89

Выводы:

1. Значение расчётного сопротивления грунта под подошвой фундамента площадью 1,4,9,16 м², полученные путем вычисления по национальным нормам Республики Беларусь, в среднем в 3 раза меньше максимального сопротивления грунта, полученного по европейским нормам (DA1. С 1) и DA2, в среднем в 2 раза меньше сопротивления грунта, полученного по европейским нормам (DA3).

2. Из этого следует, что максимально приближенным к грунтовым условиям для песчаных грунтов Витебской области РБ является подход DA3.

3. Еврокод 7 не предусматривает точные алгоритмы к проектированию и не является регламентирующим документом, потому что в разных европейских странах приняты разные расчетные модели. Однако, Еврокод 7 устанавливает общие требования проектирования для всех европейских стран.

4. Следует отметить, что в данной статье рассматривались данные расчетов несущей способности столбчатых фундаментов в песчаных грунтах по данным статического зондирования в Витебской области РБ и, соответственно, данные расчетов несущей способности в других грунтовых условиях будут отличаться от вышеприведенных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Часть 1. Общие правила : ТКП EN 1997-1-2009 (02250). – Введ. 10.12.2009. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2010. – 121 с.
2. Фундаменты плитные. Правила проектирования : ТКП 45-5.01-67-2007 (02250). – Введ. 02.04.2007. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2008. – 137 с
3. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-5.01-254-2012(02250). – Введ. 01.07.2012. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2012. – 102 с.
4. ТКП EN 1990-2011* (02250) (EN 1990:2002, IDT). Еврокод. Основы проектирования строительных конструкций. - Переиздание (апрель) с Изменением N1 (введено в действие с 01.04.2015) ; введ. 01.07.2012. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь : Стройтехнорм : СтройМедиаПроект, 2015. VIII, 86 с.
5. Терентьев, А.Я. Особенности расчёта фундаментов по нормам Республики Беларусь и Eurocode 7 «Geotechnical design» (part 1) / А.Я. Терентьев. –Новополоцк : ПГУ.
6. Кравцов, В.Н. Нормативно правовое обеспечение проектирования и возведения оснований и фундаментов в Республике Беларусь с использованием национальных и европейский норм / В.Н Кравцов. – Минск : БНТУ, 2013.

УДК 624.15

**РАСЧЕТ ПО НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ
ПО НОРМАМ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И EUROCODE 7
«GEOTECHNICAL DESIGN» (PART 1)**

С.М. ВОЛКОВ, М.А. САВИЧ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Н.Г. ЛОБАЧЕВА)

Приведен сравнительный анализ методик расчетов несущей способности ленточных фундаментов согласно действующим нормативным документам Республики Беларусь и EUROCODE 7 «Geotechnical design» (part 1).

Введение. Постановка проблемы

Еврокоды – это нормативные документы в области строительства, согласованные на уровне Евросоюза и рекомендованные к применению странами-членами союза с учетом национальных особенностей. Национальные приложения к еврокодам предусматривают дополнительные требования к отдельным параметрам строительства, которые могут быть выше, но не ниже общеевропейских. Эти требования каждая страна определяет самостоятельно [5].

Национальные нормативные документы [2, 3], так же как и Еврокод 7 [1], предписывают проектирование различных объектов именно по двум группам предельных состояний (по несущей способности и деформациям) и имеют единую терминологию и обозначения, так что в принципиальном отношении отставания национальных норм РБ от европейских тенденций нет. Однако, в отличие от ТКП [2,3] в Еврокоде 7 [1] более расширен диапазон случаев расчета.

Цель работы

Проведение сравнения расчета несущей способности ленточных фундаментов мелкого заложения с учетом воздействия грунтовых вод по национальным и европейским нормам.

Основная часть

Дано: Для данного расчета принимаем, что основание является однородным. Рассмотрим ленточный фундамент шириной $B = 2,5$ м и глубиной $d = 1,5$, которая требуется для сопротивления действующей на него постоянной нагрузки $V_{Gk} = 250$ кН/м и временной $V_{Qk} = 10$ кН/м. Фундамент запроектирован на глине средней прочности с $c_{uk} = 45$ кПа и $\varphi_k = 25^\circ$. Удельный вес $\gamma_k = 21$ кН/м³. Глубина залегания грунтовых вод $d_w = 1$ м. Удельный вес грунтовых вод $\gamma_w = 9,81$ кН/м³ и железобетона $\gamma_{ck} = 9,81$ кН/м³.

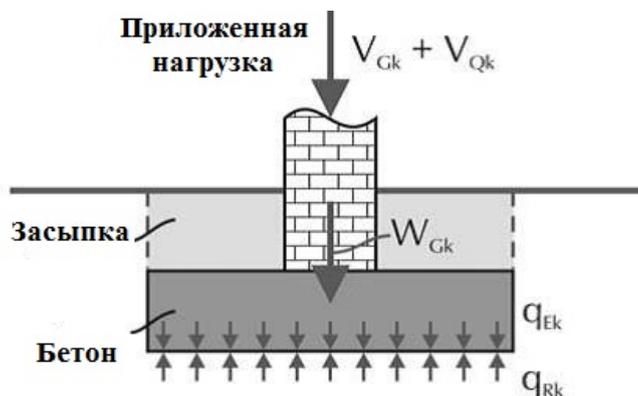


Рисунок 1. – Вертикальные воздействия на ленточный фундамент [6]

Схема показывает характерные вертикальные воздействия V_{Gk} (постоянная) и V_{Qk} (переменная) на фундамент, приложенные на него вышележащей конструкцией. Характерные начения собственного веса основания и обратной засыпки на нем являются постоянными воздействиями (W_{Gk}) [6].

Первый этап расчета. Расчет по европейским нормам.

Согласно Еврокоду 7 [1] расчет ведется с помощью 3-х подходов (DA1, DA2, DA3) для определения предельного состояния GEO.

В EN 1997-1[1] предусматривается следующее требование: Для дренированных условий давление воды рекомендуется включать в виде воздействий. Подразумевается, что сопротивление рассчитывается по эффективным напряжениям. Может возникнуть вопрос, каким образом применять частные коэффициенты к погруженной или частично погруженной в воду конструкции? Сила, вызванная давлением воды и

воздействующая на подошву фундамента, уменьшает значение V_d , поэтому она может рассматриваться в качестве «благоприятной», в то время как общий вес фундамента представляется неблагоприятным. Физически именно вес погруженной конструкции (общий вес минус взвешивающая сила) должен выдерживаться грунтом, для которого несущая способность выражается в виде эффективных сил; один и тот же частный коэффициент может применяться к сумме этих воздействий. Расчетные значения воздействий, вызванных весом погруженного в воду фундамента и грунтовой засыпки, становятся расчетными значениями эффективных весов. Коэффициенты воздействия 1,0 (DA-1, сочетание 2) и 1,35 (DA-1, сочетание 1, и DA-2, и DA-3) применяются к эффективному весу погруженного в воду фундамента и грунтовой засыпки, если они считаются неблагоприятными [7].

Данные для сравнения несущей способности ленточных фундаментов с национальными нормами взяты из примера 10.3 [6].

В примере 10.3[6] рассматривается конструкция полосы на глине, как показано на рисунке 2. Грунтовые воды находятся на глубине d_w ниже поверхности земли. Этот пример демонстрирует использование частных факторов для недренированных и дренированных параметров. Включение подземных вод над основанием опоры иллюстрирует усложнения при применении частных факторов к давлению воды [6].

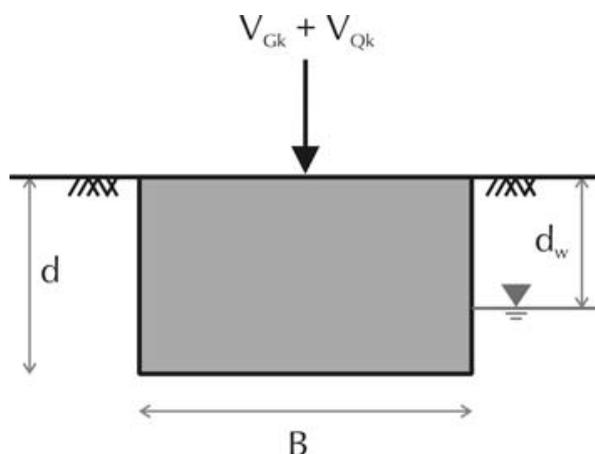


Рисунок 2. – Ленточный фундамент на глинистом основании

Второй этап расчета. Расчет по национальным нормам.

Суть расчета по национальным нормам является такой: среднее давление под подошвой от нагрузок и воздействий на фундамент не должно превышать расчетного сопротивления грунта основания осевому сжатию R , МПа, которое устанавливается исходя из линейной зависимости между напряжениями и деформациями основания, жесткости, конструктивных особенностей объекта и наличия заглубленных помещений по формуле:

$$R = \frac{\gamma_1 \gamma_2}{k} \cdot [M_\gamma k_\gamma b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c \cdot c_{II}] \quad (1)$$

Особенностями расчета по национальным нормам является влияние наличия подвала и его ширины на расчетную глубину подвала d_b . Для сооружений с подвалом шириной $B \leq 20$ м и глубиной более 2 м допускается принимать $d_b = 2$ м, при ширине подвала $B > 20$ м или отсутствии подвала ($d_b = 0$).

Таблица 1. – Результаты вычислений расчетных сопротивлений q_{Rd} и R , кПа по европейским и национальным нормам

	$d_w = 1$ м		$d_w = 0$ м	
	DA1	348.1	257.6	408.7
DA2	248.6		291.9	
DA3	257.6		233	
R при $B \leq 20$ м	454.53		501.31	
R при $B > 20$ м	395.99		430.12	

Результаты выполненных исследований

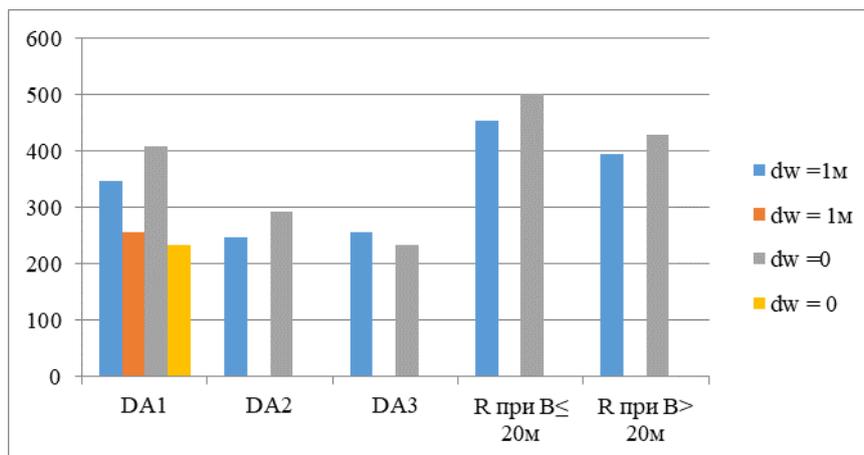


Рисунок 3. – Количественное отношение величин расчетных сопротивлений по европейским и национальным нормам

Таблица 2 – Результаты вычисления степени использования Δ, % по европейским и национальным нормам

	d _w = 1 м		d _w = 0 м	
	DA1	72	76	58
DA2	81		101	
DA3	102		98	
Δ при B ≤ 20м	40		36	
Δ при B > 20м	46		42	

Примечание: Расчет неприемлем, если степень использования > 100%.

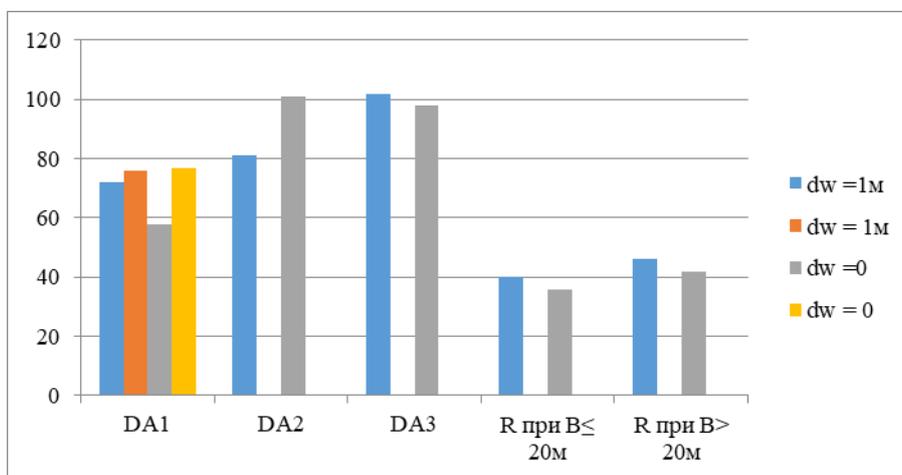


Рисунок 4. – Количественное отношение величин степени использования по европейским и национальным нормам

Выводы:

1. Значение расчётного сопротивления грунта под подошвой ленточного фундамента шириной 2,5 м, полученные путем вычисления по национальным нормам Республики Беларусь, в среднем в 1,5–2 раза больше максимального сопротивления грунта, полученного по европейским нормам.
2. Из этого следует, что максимально приближённым к условиям в нашей стране является подход DA1, который можно рассматривать в качестве основы национального приложения.
3. Еврокод 7 не предусматривает точные алгоритмы к проектированию и не является регламентирующим документом, потому что в разных европейских странах приняты разные расчетные модели. Однако, Еврокод 7 устанавливает общие требования проектирования для всех европейских стран [5].

4. Следует отметить, что в данной статье рассматривались данные расчетов несущей способности ленточных фундаментов в глинистых грунтах по данным литературы [6] и, соответственно, данные расчетов несущей способности в других грунтовых условиях будут отличаться от вышеприведенных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Часть 1. Общие правила : ТКП EN 1997-1-2009 (02250). – Введ. 10.12.2009. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2010. – 121 с.
2. Фундаменты плитные. Правила проектирования : ТКП 45-5.01-67-2007 (02250). – Введ. 02.04.2007. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2008. – 137 с
3. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-5.01-254-2012(02250). – Введ. 01.07.2012. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2012. – 102 с.
4. Еврокод. Основы проектирования строительных конструкций : ТКП EN 1990-2011* (02250) (EN 1990:2002, IDT). – Переиздание (апрель) с Изменением N1 (введено в действие с 01.04.2015) ; введ. 01.07.2012. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь : Стройтехнорм : СтройМедиаПроект, 2015. – VIII. – 86 с.
5. Терентьев, А.Я. Расчет свайных фундаментов по нормам Республики Беларусь и Eurocode 7 «Geotechnical design» (part 1) / А.Я. Терентьев, В.В. Бондарь. – Новополоцк : ПГУ.
7. Eurocode 7: Geotechnical Design. Worked examples / J. Andrew Bond [et al.] // Support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocodes, Dublin, 13–14 June, 2013. – 172 p.
8. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 7. Геотехническое проектирование / Р. Франк [и др.] ; под науч. ред. А.З. Тер-Мартиняна. – М. : МГСУ, 2013. – 360 с.

ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

УДК 697:721.011.25

КОНСТРУКТИВНЫЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОВОЗДУХОСНАБЖЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНЫХ ЗДАНИЙ

К.Д. НИКИФОРОВА, Н.А. ВАСИЛЕВИЧ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.И. ЛИПКО, А.С. ЛАПЕЗО)

Рассмотрены различные технологические схемы тепловоздухоснабжения зданий с указанием всех конструктивных элементов и способов рекуперации теплоты удаляемого воздуха. Все принимаемые конструктивные решения отвечают требованиям надёжности, долговечности и экономии ресурсов.

Энергоресурсосбережение в зданиях реализуется путем применения эффективных архитектурно-планировочных и конструктивных технических решений, энергоэффективных теплоизоляционных материалов, энергоэкономичных конструкций наружных стен и заполнителей световых проемов, оптимальных тепловых и воздушных режимов, создаваемых инженерными системами тепловоздухоснабжения, использующих теплоту удаляемого воздуха и солнечную радиацию для предварительного подогрева наружного приточного воздуха.

Наиболее значительные показатели энергоресурсосбережения достигаются при комплексном подходе к решению проблемы градостроительными приемами, дальнейшим совершенствованием техники управления микроклиматом помещений с рациональным расходом тепловой энергии, широким использованием теплоутилизационных установок, предназначенных для восприятия теплоты из тепловых выбросов. Одним из источников вторичных энергетических ресурсов в зданиях является тепловая энергия воздуха, удаляемого в атмосферу. Общий расход тепловой энергии, затрачиваемой на подогрев приточного вентиляционного воздуха составляет от 40 до 80% от всего объема теплоснабжения зданием в отопительный период, а значительная часть этой теплоты может быть сэкономлена за счет применения теплообменников-утилизаторов.

Комфортные условия среды проживания создаются инженерными системами зданий, из которых наиболее металлоемкими и энергозатратными являются системы теплоснабжения и вентиляции, предназначенные для подачи свежего воздуха и обеспечения теплового комфорта, жизненно необходимых для человека.

Для осуществления организованного комфортного теплового и воздушного режима помещений необходимо исключить влияние внешних факторов и сделать регулируемыми, а значит и управляемыми процессы теплообмена внутри зданий, для чего необходимо выполнение следующих основных условий [1]:

- сделать помещения полностью герметичными;
- обеспечить постоянное удаление выделяющихся вредностей (углекислого газа, избыточной теплоты и влаги) средствами вытяжной вентиляции в объёме расчётного воздухообмена;
- создать технические средства для организованного поступления в помещение свежего наружного воздуха;
- обеспечить комфортные условия микроклимата внутри помещений, отвечающие современным санитарно-гигиеническим требованиям.

Кроме того, все принимаемые конструктивные и технологические решения должны отвечать основным современным требованиям надёжности, долговечности и экономии энергетических и сырьевых ресурсов.

Несовершенство технологии использования топливно-энергетических ресурсов в коммунально-бытовом секторе, потребляющем свыше трети всех видов твёрдого, жидкого и газообразного топлива и электроэнергии является обременительным для экономики Республики Беларусь, импортирующей большую их часть, что повышает энергоёмкость валового национального продукта и понижает конкурентоспособность производимой продукции.

В этой связи энергоресурсоэкономичная технологическая схема тепловоздухоснабжения зданий (рис. 1) включает необходимый набор технических средств, позволяющих обеспечивать экономичный воздушно-тепловой режим многоуровневых зданий с меньшими затратами материальных средств и энергоресурсов за счёт локализации продуктов сжигания газа, рекуперации трансмиссионной теплоты вытяжного воздуха. Все новшества, задействованные в предлагаемой технологии, подтверждены патентами Республики Беларусь [2–4].

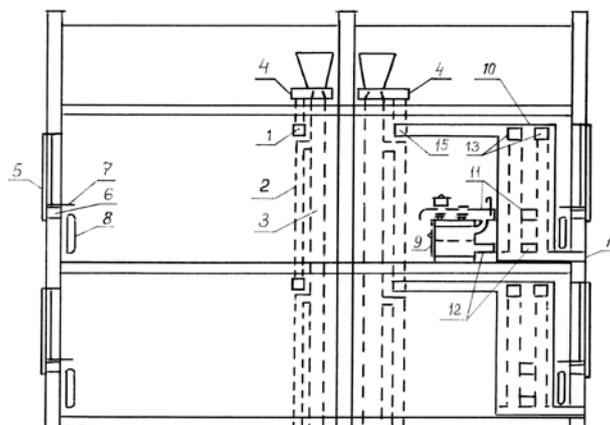


Рисунок 1. – Комплексная схема теплогазоснабжения и вентиляции герметизированных высотных зданий с теплыми чердаками: 1 – вытяжная вентиляционная решетка; 2 – ответвление канала вытяжного вентблока; 3 – ствол вытяжного канала вентблока; 4 – эжекторный оголовок вытяжной вентшахты; 5 – солнечный подогреватель воздуха; 6 – рекуперативный приточный вентиляционный элемент; 7 – подоконная плита; 8 – отопительный прибор; 9 – газовая плита; 10 – теплообменник газовой плиты; 11, 12 – верхний, нижний присоединительные патрубки; 13 – выпускные отверстия; 14 – воздухоприемные отверстия теплообменника газовой плиты; 15 – присоединительный патрубок теплообменника к вытяжному каналу

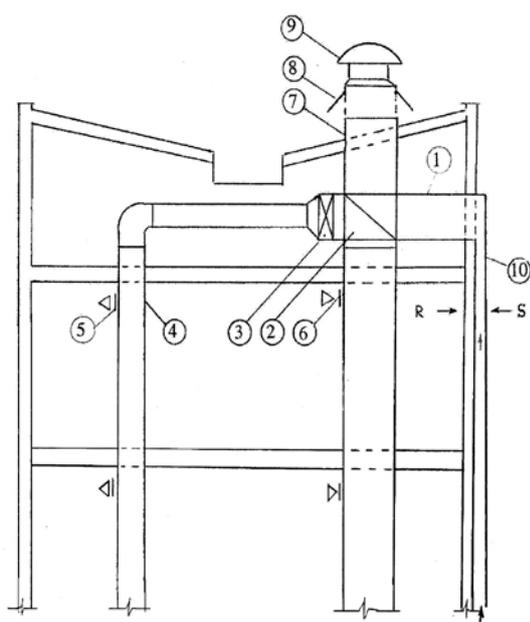


Рисунок 2. – Энергоэффективная система воздушного отопления, совмещенного с вентиляцией и рекуперацией уходящей теплоты: 1 – приточная камера; 2 – утилизатор теплоты; 3 – калорифер; 4 – воздухораспределительный канал; 5 – приточные решетки; 6 – вытяжные решетки; 7 – вытяжная шахта; 8 – створчатый клапан; 9 – шахтный вентилятор

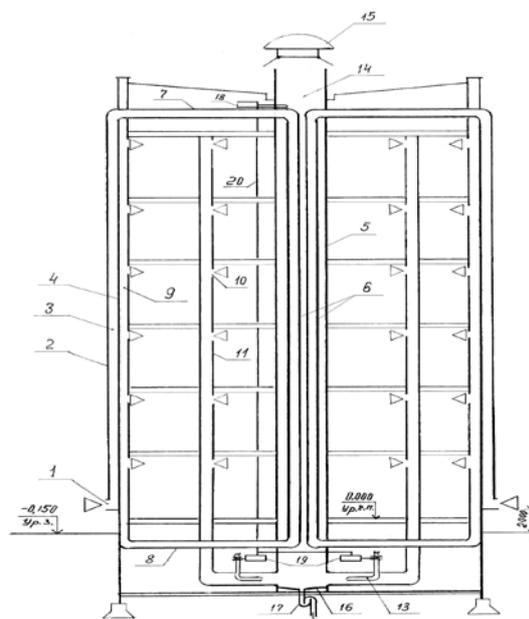


Рисунок 3. – Система комбинированного тепловоздухоснабжения зданий с автоматическим управлением микроклимата

Другая энергоресурсоэффективная технологическая схема тепловоздухоснабжения зданий (рис. 2) позволяет снизить металлоёмкость в шесть раз, теплопотребление на 50% и значительно повысить комфортность микроклимата за счёт использования природной теплоты солнечной радиации, рекуперации теряемой зданием теплоты через наружные ограждения и вместе с удаляемым тёплым воздухом, а также замены водяного теплоносителя на воздушный [5, 6].

Исследования в данном направлении выполняются согласно программы «Энергоресурсосбережение» Республики Беларусь, целью которых является совершенствование отопительно-вентиляционной техники и энергоэффективных технологических схем по созданию комфортных параметров микроклимата системами воздушного обогрева зданий, совмещённых с приточной системой вентиляции, которые значительно снижают затраты материальных средств и энергоресурсопотребления при строительстве и эксплуатации объектов гражданского строительства.

Одна из технологических схем комбинированного тепловоздухоснабжения здания, предлагаемая к внедрению, представлена на рисунке 3, где наряду с первичным источником – природным газом для обогрева и воздуходоснабжения здания активно используются природные и вторичные энергоресурсы в виде солнечной радиации и теплоты удаляемого вытяжного воздуха [5, 6].

Особенностью архитектурно-планировочного решения многоэтажного здания являются приставная лестничная клетка и секционная вытяжная шахта 5, проходящая через всю высоту здания, выполненная в виде вертикального кожухотрубного теплообменника, в нижней части которого расположены газогорелочные устройства для нагревания воздуха 13 и поддон 16 для сбора и удаления конденсата, а в верхней части – створчатый клапан и вентилятор 15 для выброса отработанного воздуха в атмосферу.

Исходя из изложенного, основной задачей является создание благоприятного микроклимата в помещениях герметизированных зданий жилого и общественного назначения. Наряду с экономией теплоэнергетических ресурсов социальная значимость научных исследований связана с жизненно необходимой подачей свежего наружного воздуха в вентилируемые помещения, оздоровлением микроклимата помещений с длительным пребыванием людей, влияющего на оздоровительные функции человека, способствующие повышению производительности труда.

ЛІТЕРАТУРА

1. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : СНБ 4.02.01-03. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства, 2003.
2. Рекуперативный приточный вентиляционный элемент : пат. 4651А Республика Беларусь, МПК (1998) F24F13/08 / В.И. Липко, В.А. Борванов ; заявитель Полоц. гос. ун-т. – №а19980753 ; заявл. 12.08.1998 ; опубл. 30.09.2002 // Афіцыйны бюл / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці, 2002.
3. Отопительно-вентиляционная система здания : пат. 1134 Республика Беларусь, МПК (2003) F24D7/00 / В.И. Липко, В.А. Борванов ; заявитель Полоц. гос. ун-т. – №и20030177 ; заявл. 21.04.2003 ; опубл. 01.08.2003 // Афіцыйны бюл / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці, 2003.
4. Устройство приточно-вытяжной вентиляции здания : пат. 7952 Республика Беларусь, МПК (2011) F24F7/00 / В.И. Липко, С.В. Липко ; заявитель Полоц. гос. ун-т. – №и20110378 ; заявл. 13.05.2011 ; опубл. 15.11.2011 // Афіцыйны бюл / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці, 2011.
5. Липко, В.И. Энергоресурсоэффективное тепловоздухоснабжение гражданских зданий : в 2 т. / В.И. Липко. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2004. – Т. 1. – 212 с. : ил.
6. Липко, В.И. Энергоресурсоэффективное тепловоздухоснабжение гражданских зданий : в 2 т. / В.И. Липко. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2004. – Т. 2. – 392 с. : ил.

УДК 697.922.2

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ
ОТ ТЕПЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Н.А. ВАСИЛЕВИЧ, К.Д. НИКИФОРОВА

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.И. ЛИПКО; О.Н. ШИРОКОВА)

Разработана схема экспериментального стенда и методика проведения исследований по определению эффективности действия с возможностью визуальной и инструментальной фиксации аэродинамических и теплотехнических параметров. В статье представлена технологическая схема экранно-шторной аэрации, ограничивающей тепловые горизонтальные воздействия на работающих в рабочей зоне.

В промышленных зданиях производственные помещения характеризуются многообразием источников и видов выделяющихся вредных веществ, оказывающих негативное воздействие на самочувствие человека, технологический процесс и окружающую среду. Участок литья изделий из чугуна характеризуется значительными избытками теплоты, выделяющимися в рабочую зону от технологических печей, технологического оборудования, нагретых и расплавленных металлов непрерывно или длительно по времени в виде радиационной лучистой тепловой энергии от нагретых поверхностей и конвективной составляющей теплового потока в виде горячих газов или перегретого воздуха, вследствие чего значительно ухудшаются условия труда работающих.

В целях снижения вредного воздействия на работающих высоких температур от нагретых поверхностей активных источников тепlopоступлений для обеспечения безопасных условий труда предлагается в горячих цехах применять технологическую схему управляемой экранно-шторной аэрации, ограничивающей зону высоких температур от рабочей зоны помещений [1–5].

На рисунке 1 представлена схема экспериментального стенда.

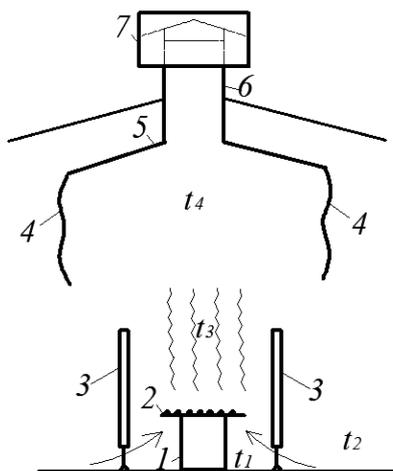


Рисунок 1. – Схема экспериментального стенда для фиксации эффективности действия экранно-шторной аэрации от теплоисточника

Экспериментальный стенд состоит из теплоисточника 1, подключенного в электросеть через лабораторный трансформатор для изменения теплового потока. Над источником теплоты установлена решетка 2 с дымопроизводящим материалом. Для экранирования рабочей зоны установлены легкие переносные экраны 3, выполненные из алюминиевой фольги с жестким каркасом из профильного металла, хорошо защищающих и отражающих лучистую энергию от нагретых поверхностей теплоисточника. Шторы 4 с изменяющейся глубиной свесов, прикрепленных к конструкции зонта 5 из термостойкого материала (стеклоткань), спускающиеся сверху от вытяжной шахты 6 с дефлектором 7 и установленной на крыше, позволяют максимально изолировать рабочую зону от активного воздействия проникающей тепловой радиации от горячих источников, от которых вверх поднимаются конвективные потоки перегретой газовойдушной смеси.

В процессе экспериментальных исследований изменялись параметры мощности теплового потока от источника теплоты, расстояние переносных экранов 3 и свес штор 4 от теплоисточника 1 по горизонтали и по высоте и одновременно фиксировались визуально и инструментально температуры t_1, t_2, t_3, t_4

и расходы воздуха в сечении штормного укрытия 4, которые изменялись в зависимости от мощности источника теплоты 1 и во взаимодействии с работой дефлектора 7. Скорость воздушного потока фиксировалась крыльчатым анемометром в сечении вытяжного зонта.

Параметры микроклимата в рабочей зоне фиксировались психрометром и термопреобразователями сопротивления ТС-Б типа Pt 100, подключенными к устройству для измерения и контроля температуры УКТ38-Щ4-ТС.

Система сбора и обработки информации реализовалась в виде двухуровневого программно-аппаратного комплекса. При этом на нижнем уровне сбора информации использовались термопреобразователи сопротивления, объединенные через контролер с помощью последовательного интерфейса RS-232 с компьютером. Программно-аппаратный комплекс верхнего уровня состоит из компьютера и программы. Передача данных на верхний уровень производилась непосредственно по магистралям RS-232.

Для наблюдения и архивирования данных использовался пакет программ Owen Process Manager 1. X. с отображением результатов в главном окне системы и записи в файлы протоколов.

В процессе моделирования учтены условия геометрического, аэродинамического и термодинамического подобия. Геометрическое подобие осуществлено путем масштабирования модели и натурры.

Аэродинамическое подобие выполнено за счет равенства критерия Рейнольдса

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\eta},$$

где v – скорость воздушного потока, м/с; d – линейный размер канала, м; ν – величина кинематической вязкости, м²/с; ρ – плотность воздуха, кг/м³; η – динамическая вязкость воздуха, кг/(м·с).

Термодинамическое подобие модели и натурры осуществлялось путем равенства критерия Нуссельта

$$Nu = \frac{\alpha \cdot L}{\lambda},$$

где α – коэффициент теплоотдачи, Вт/м²·°С;

L – линейный размер, м;

λ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/м·°С.

Обработка данных выполненных экспериментов по оценке эффективности действия экранно-штормной аэрации определится на основании критериальных зависимостей теории подобия аэродинамических и тепломассообменных процессов с целью оптимизации режимных параметров эксплуатации.

Предлагаемые технические решения для борьбы с тепловой радиацией от источника теплоты горячих цехов отличаются от всех известных аналогичных устройств простотой конструктивного исполнения, экономичностью в изготовлении, малой массивностью, мобильностью в эксплуатации, так как их конструкции могут перемещаться по цеху в пространстве по площади и по высоте и при необходимости устанавливаться в любом месте или демонтироваться на некоторое время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Широкова, О.Н. Методические разработки к расчету управляемой аэрации цехов с теплоизбытками для нормализации микроклимата / О.Н. Широкова, В.И. Липко // Материалы докладов 49 Международной научно-практической конференции преподавателей и студентов : в 2 т. / ВГТУ – Витебск, 2016. – С. 315–317.
2. Широкова, О.Н. Основы теории аэростатики, аэродинамики, тепломассообменных процессов и методики расчета аэрации цехов с теплоизбытками / О.Н. Широкова, В.И. Липко // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания : междунар. науч.-практ. конф. / БрГТУ. – Брест, 2016. – С. 290–297.
3. Королёва, Т.И. Моделирование свободных конвективных потоков от линейных источников теплоты / Т.И. Королёва, О.Н. Широкова // Новое в технике и технологии в текстильной и легкой промышленности : материалы докладов Междунар. науч.-практ. конф. / ВГТУ – Витебск, 2015. – С. 277–278.
4. Королёва, Т.И. Управление конвективными потоками для удаления вредностей от источников теплоты / Т.И. Королёва, О.Н. Широкова // Вестн. Витеб. гос. технол. ун-та. – 2010. – № 1 (18). – С. 119–124.
5. Липко, В.И. Энергоресурсосберегающие новационные технологии тепло-, газо-, воздухоснабжения жилых зданий и использование возобновляемых вторичных и природных энергоресурсов в градостроительстве / В.И. Липко, О.Н. Широкова // Вест. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф: Строительство. Прикладные науки. – 2016. – № 8. – С. 89–95.

УДК 697.922

МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ И ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ
ПРОЦЕССОВ ПРИ АЭРАЦИИ ЦЕХОВ С ТЕПЛОИЗБЫТКАМИ

Н.А. ВАСИЛЕВИЧ, К.Д. НИКИФОРОВА

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.И. ЛИПКО; О.Н. ШИРОКОВА)

Демонстрируется физическое и математическое моделирование естественной вентиляции производственных помещений с точечными теплоисточниками методом аэрации с учетом условий внешней аэродинамики зданий и теплового режима внутри помещений с организованным и регулируемым воздухообменом.

При исследовании аэродинамики вентиляции помещений с точечными источниками тепловыделений необходимо определить интенсивность восходящих конвективных воздушных потоков над перегретыми поверхностями ограниченных размеров, температура которых значительно отличается от температуры окружающего воздуха.

Аэрация, как метод естественной вентиляции, использующий для воздухообмена помещений ветровой напор с внешней стороны здания и разность температур наружного и внутреннего воздуха, осуществляется путем устройства в помещениях с теплоизбытками системы приточных и вытяжных отверстий, размещенных определенным образом в наружных ограждающих конструкциях здания.

Величина скорости, направление пульсации ветра являются величинами переменными, непостоянными, плохо регулируемые факторами и при моделировании аэрации могут быть исключены.

При естественной аэрации аэродинамические и термодинамические процессы формируются за счет разности температур наружного и внутреннего воздуха под действием гравитационного перепада давлений ΔP , величина которого определяется из выражения

$$\Delta P = g \cdot h \cdot (\rho - \rho_o) = g \cdot h \cdot \rho \cdot \beta \cdot \Delta T, \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²; h – расстояние по вертикали между приточными и вытяжными отверстиями, м; ρ, ρ_o – плотность наружного и внутреннего воздуха соответственно, кг/м³;

$$\beta = \frac{1}{T} = \frac{1}{273} \text{ – температурный коэффициент, } ^\circ\text{K}^{-1}.$$

$$\Delta T = T_n - T_e \text{ – разность температур наружного и внутреннего воздуха, } ^\circ\text{K}.$$

При моделировании аэрации применяется критерий Eu , определяющий отношение падения давления в воздушном потоке к его кинетической энергии из выражения

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho \cdot \omega^2}, \quad (2)$$

где ω – скорость потока воздуха, м/с.

Кинетическая энергия восходящего потока на расстоянии Z , м, по высоте от теплоисточника как результат работы подъемной силы (1) запишем в виде

$$\frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = g \cdot \rho \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot Z, \quad (3)$$

из которого следует, что

$$\omega = \sqrt{2g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot Z}. \quad (4)$$

Из выражений (1) и (2) следует, что

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho \cdot \omega^2} = \frac{g \cdot h}{\omega^2} \cdot \beta \cdot \Delta T = Ar. \quad (5)$$

Критерий Ar характеризует отношение между подъемной силой единицы объема $g(\rho - \rho_0)$ и инерционной силой, пропорциональной величине $\frac{\rho \cdot \omega^2}{2}$.

В случае естественной аэрации, когда приток и удаление воздуха сбалансированы между собой, побудителем движения приточного воздуха будет избыточное давление атмосферы со стороны притока, а критериальным уравнением подобия аэродинамических и термодинамических процессов является критерий Eu , для которого процесс будет автомодельным при турбулентном режиме при $Re > 2000$.

При моделировании аэрации помещений с теплоисточниками критерий Re используется для определения границ автомодельности и степени турбулентности процесса, а число Re при этом определится с учетом выражения (4)

$$Re = \frac{\omega \cdot d}{\nu} = \sqrt{Gr \cdot \frac{Z}{d}}, \quad (6)$$

где $Gr = \frac{g \cdot L^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \Delta T$ – число Грасгофа; L – определяющий характерный линейный размер поверхности теплообмена, м.

Критерии Gr и Ar могут при моделировании использоваться равноправно в зависимости от того, какие величины условий однозначности, перепад температур ΔT или скорость восходящего конвективного потока ω , в данном процессе первоначально известны.

Под автомодельностью следует понимать приближенное моделирование, при котором не всегда возможно в большинстве случаев на практике выполнить численные равенства всех определяющих критериев подобия.

Согласно третьей теории подобия, по которой для подобия двух физически-сравнимых процессов необходимо и достаточно, чтобы условия однозначности были преобразованы подобно, а определяющие критерии этих процессов, составленные из величин, входящих в условия однозначности, имели одно и то же числовое значение [1].

Критерий Ar является определяющим при оценке степени перемешивания восходящего воздушного потока (факела) над нагретой поверхностью теплоисточника. Увеличение значения критерия Ar свидетельствует об интенсификации процессов перемешивания, которое приводит к увеличению расхода относительных температурных и скоростных полей.

Таким образом, следует отметить естественно ожидаемое преимущество метода моделирования аэрации помещений с тепловыделениями от точечных источников в условиях естественной конвекции, что критерий Ar является определяющим критерием подобия, так как он состоит из величин, входящих в условие однозначности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявцев, Е.В. Моделирование вентиляционных систем / Е.В. Кудрявцев. – М.: Стройиздат, 1950. – 192 с.
2. Липко, В.И. Энергоресурсосберегающие новационные технологии тепло-, газо- воздухообеспечения жилых зданий и использование возобновляемых вторичных и природных энергоресурсов в градостроительстве / В.И. Липко, О.Н. Широкова // Вестник Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф: Строительство. Прикладные науки. – 2016. – № 8. – С. 89–95.
3. Широкова, О.Н. Экспериментальный стенд и методика исследования эффективности действия экранно-шторной аэрации от теплового воздействия точечного теплоисточника / Широкова О.Н., В.И. Липко // Материалы докладов 50 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной году науки : в 2 т., Витебск, 2017. – С. 322–324.
4. Широкова, О.Н. Методические разработки к расчету управляемой аэрации цехов с теплоизбытками для нормализации микроклимата / Широкова О.Н., В.И. Липко // Материалы докладов 49 Международной научно-практической конференции преподавателей и студентов : в 2 т., Витебск, 2016. С. 315–317.
5. Широкова, О.Н. Основы теории аэростатики, аэродинамики, тепломассообменных процессов и методики расчета аэрации цехов с теплоизбытками / Широкова О.Н., В.И. Липко // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания : Междунар. науч.-практ., Брест, 2016. – С. 290–297.

УДК 697:721.011.25

**НОРМАЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ ВЫТЯЖНЫХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ЗДАНИЙ
С ГЕРМЕТИЧНЫМИ ОГРАЖДЕНИЯМИ****Н.А. ВАСИЛЕВИЧ, К.Д. НИКИФОРОВА***(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.И. ЛИПКО; О.Н. ШИРОКОВА)*

Рассмотрены основные условия создания организованного комфортного режима помещений в жилых и общественных зданиях, отвечающие требованиям надежности, долговечности и экономии энергетических и сырьевых ресурсов.

Для обеспечения организованного комфортного теплового и воздушного режима помещений требуется исключить воздействие внешних факторов и сделать регулируемыми и управляемыми процессы теплообмена внутри зданий, для чего требуется соблюдение следующих условий: выполнить помещения полностью герметичными; организовать удаление выделяющихся вредностей средствами вытяжной вентиляции в объеме расчетного воздухообмена; разработать технические средства для организованной подачи в помещении свежего наружного воздуха; создать комфортные условия микроклимата внутри помещений, отвечающие современным санитарно-гигиеническим требованиям.

Для выполнения первого условия по герметизации помещений необходимо исключить полностью неорганизованную фильтрацию воздуха через наружные ограждения.

Фильтрация воздуха сквозь наружные ограждающие конструкции помещения происходит неорганизованно под действием разности давлений по обе стороны ограждения, создаваемых силами гравитации и ветра, из-за неплотностей в конструкциях и воздухопроницания через щели, поры и трещины пола, потолка и стен. Увлажнение материала строительных ограждающих конструкций происходит за счет воздействия атмосферных осадков снаружи и выделения бытовой и технологической влаги внутри помещений, приводящих к влагообмену через ограждения, способствующего снижению не только теплозащитных свойств, но и долговечности зданий в целом.

Для сокращения безвозвратных теплопотерь, повышения долговечности и экономичности при эксплуатации зданий необходимо рассмотреть динамику формирования микроклимата помещений с учетом законов тепломассопереноса, так как под действием конвективного и лучистого теплообмена и процессов массопереноса, температуры внутреннего воздуха и внутренних поверхностей ограждений взаимозависимы и оказывают существенное влияние на санитарно-гигиенические параметры окружающей среды в зоне постоянного или длительного пребывания человека.

В задачу настоящих исследований входит изучение путей формирования микроклимата вентилируемых помещений жилых и общественных зданий с наружными ограждениями повышенной герметичности. Ограждающие конструкции изолируют помещения зданий от внешних атмосферных воздействий и позволяют создать в них искусственно за счет специальных инженерных систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха желаемый микроклимат.

На тепловой режим помещений в здании оказывают влияние многообразные постоянные и временные факторы и процессы, формирующие тепловую обстановку, которые необходимо рассматривать в неразрывной связи между собой, так как их совместное действие может многократно изменять параметры микроклимата. Например, фильтрация воздуха через наружные ограждения и увлажнение конструкций могут в несколько раз увеличить теплопотери помещения.

Выполнение первого условия нормализации микроклимата, связанного с герметизацией наружных ограждающих конструкций, дает значительную экономию тепловой энергии за счет снижения продуваемости здания и связанных с фильтрацией воздуха безвозвратных потерь теплоты. Одновременно с этим положительным эффектом в условиях повышенной герметичности наружных ограждений в зданиях жилого и общественного назначения нарушается нормальный воздушный режим помещений.

При существующей технологической схеме вентиляции удаление вредностей из помещений (бытовая влага, углекислый газ от людей и технологического сжигания газообразного топлива в газовых плитах) осуществляется вместе с удаляемым воздухом через систему естественной вытяжной или принудительной вентиляции.

В замкнутом объеме герметичного помещения действие вытяжной вентиляции создает вакуум, который вскоре уравнивает располагаемый напор вытяжных систем, после чего движение воздуха внутри помещений полностью прекращается, хотя система вытяжной вентиляции продолжает работать.

К нарушению воздухообмена помещений приводит накопление избыточной влаги и углекислого газа во внутреннем воздухе помещений жилых и общественных зданий от людей и использования в быту систем горячего водоснабжения и газоснабжения, что негативно влияет на здоровье людей, снижает вос-

становительные функции организма человека, которые влияют на производительность труда, и в конечном итоге делают помещения непригодными для длительного и постоянного пребывания в них людей по медико-биологическим соображениям [1, 2].

Помимо указанных нарушений санитарно-гигиенических требований, предъявляемых к зданиям жилищно-культурного назначения, накопление влаги в воздухе помещений приводит к переувлажнению строительных конструкций, при котором снижаются не только их теплозащитные свойства, но и прочностные характеристики, влияющие на прочность и долговечность строительных конструкций и здания в целом.

Для решения этой важнейшей для современного градостроительства проблемы необходимо в кратчайшие сроки создание на индустриальной основе в больших объемах нового строительства и реконструкции действующих объектов жилищно-культурного назначения новейших технических средств для организованного притока свежего наружного воздуха в вентилируемые помещения зданий с ограждающими конструкциями повышенной герметичности.

Исследования в этом направлении проводятся многими научно-исследовательскими организациями не только в нашей стране, но и во всем цивилизованном мире. Аналогичные исследования, в рамках государственной научно-технической программы 1.5.159 "Строительные материалы и технологии" по заданию 2.02.04 Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь, проведены в Полоцком государственном университете на кафедре теплогазоснабжения и вентиляции инженерно-строительного факультета.

В результате выполненных исследований разработаны, изготовлены и испытаны опытные партии технических средств для организованного притока свежего наружного воздуха в вентилируемые помещения жилых и общественных зданий с наружными ограждающими конструкциями повышенной герметичности.

Основными достоинствами предлагаемого для широкого внедрения вентиляционного приточного устройства перед всеми известными мировыми аналогами является простота конструктивного исполнения, экономичность при изготовлении, использование унифицированных элементов из обычных материалов, возможность предварительного подогрева наружного воздуха за счет рекуперации уходящей теплоты, возможность предварительной механической регулировки в период пуско-наладочных работ и способность поддержания автоматического режима регулирования постоянства расхода приточного воздуха без дополнительных специальных средств автоматики.

Помимо отмеченных конструктивных и технологических преимуществ, предлагаемое техническое новшество отвечает основным современным требованиям надежности, долговечности и экономии энергетических и сырьевых ресурсов, то есть соответствует мировому уровню и делает его конкурентноспособным не только на внутреннем, но и на внешнем рынке.

Помимо отмеченных ранее технико-экономических преимуществ, предлагаемое техническое новшество соответствует и четвертому условию, так как при существующей технологической схеме вентиляции наружный воздух, проходя через щели притворов оконных блоков и балконных дверей, в значительной степени понижает температуру внутреннего воздуха особенно при порывах ветра и из-за неуправляемости процессов теплообмена вблизи наружных ограждающих конструкций создается зона дискомфорта.

В соответствии с предлагаемой технологией вентиляции жилых и общественных зданий с ограждающими конструкциями повышенной герметичности для организованной подачи свежего наружного воздуха в вентилируемые помещения применены специальные многофункциональные воздухоприточные устройства, выполняющие, во-первых, функции теплообменника-утилизатора, в котором предварительный нагрев наружного воздуха осуществляется встречным трансмиссионным потоком уходящей теплоты за счет сложных и эффективных процессов теплообмена, предусмотренных конструкцией устройства.

Во-вторых, в конструкции предлагаемого воздухоприточного устройства заложен механизм двухступенчатого регулирования расхода приточного воздуха и скорости выпуска его в рабочую зону помещения, в которой подвижность воздуха регламентируется нормативными положениями в строго ограниченных пределах $v_{дон} = 0,1 \div 0,3$ м/с, например, для жилых помещений [3].

В-третьих, предлагаемое новшество при установке его на фасадах зданий, выходящих на шумные городские транспортные магистрали, обеспечивает эффект звукоизоляции, так как снижает уровень шума до допустимых нормами пределов.

Возможность количественного регулирования расхода воздуха через воздухоприточное устройство также является очень важным преимуществом новой технологии вентиляции жилых и общественных зданий, особенно в многоэтажном исполнении. В высотных зданиях при существующей технологической схеме вентиляции в помещения поступает значительно большее количество наружного воздуха, чем в аналогичные по объему помещения верхних этажей из-за того, что естественная тяга, создаваемая в вытяжных каналах за счет гравитационных сил, пропорциональна разности плотностей наружного и

внутреннего воздуха и высоте вытяжных каналов, которая для помещений разных этажей является величиной переменной. И хотя в проектах используются приемы по выравниванию расхода за счет создания дополнительных сопротивлений движению воздуха уменьшением живого сечения каналов и вентиляционных (регулируемых) решеток, учесть дополнительные факторы воздействия атмосферы (барометрическое давление, порывы ветра и т.п.) не представляется возможным.

Методика расчета конструктивных параметров предлагаемого воздухоприемного устройства позволяет на стадии проектирования обеспечить строго нормируемые параметры по расходу воздуха площади помещений, расположенных на разных этажах многоэтажных зданий. Кроме того, в конструкции устройства предусмотрена дополнительная механическая регулировка расхода воздуха в период пусконаладочных работ.

Таким образом, предлагаемая технологическая схема вентиляции зданий жилсоцкультбыта полностью соответствует условию нормализации микроклимата по санитарно-гигиеническим требованиям, так как наружный воздух не только предварительно подогревается, но и выпускается в вентилируемое помещение с малыми скоростями и в нужном количестве, не снижая при этом комфортных параметров и по звукоизоляции от внешних источников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Липко, В.И. Вентиляция герметизированных зданий : в 2 т. / В.И. Липко. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2000. – Т. 1. – 300 с. : ил.
2. Липко В.И. Вентиляция герметизированных зданий: в 2 т. / В.И. Липко. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2000. – Т. 2. – 244с. : ил.
3. Липко, В.И. Резервы снижения затрат при строительстве и эксплуатации систем теплогасоснабжения и вентиляции герметизированных зданий повышенной теплозащиты / В.И. Липко, О.Н. Широкова // Вестн. БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геология. – 2015. – № 2. – С. 50–52.

УДК 355.415.23

ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВЕННОЙ УБЫЛИ ПРИ ПРИЁМКЕ, ПЕРЕВАЛКЕ И ХРАНЕНИИ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ МОРСКИМ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Е.Н. ЗАЛИЗКО

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л.М. СПИРИДЁНОК)

Рассмотрены проблемы естественной убыли нефти и нефтепродуктов на этапах транспортирования морским и ж/д транспортом, а также проанализированы методы её оценки.

Чаще всего месторождения и место, где добывают нефть, находятся очень далеко от мест сбыта или переработки, поэтому задачи экономически-выгодной её транспортировки, всегда являлись не менее важными, чем сама нефтедобыча.

На сегодняшний день самым экономически выгодным и экологически чистым способом транспортировки нефти и нефтепродуктов является трубопроводный транспорт.

В РБ нефть в основном поступает по нефтепроводу «Дружба», который был построен при СССР. Однако в настоящее время РБ вступает в экономические отношения с новыми странами, что вынуждает искать новые способы транспортировки нефти из стран, которые не соединены с Беларусью нефтепроводами.

Это могут быть морской, железнодорожный и другие способы транспортировки.

С появлением новых способов транспортировки нефти возникает проблема контроля естественной убыли при транспортировке, перевалке и приемке нефти.

Естественная убыль – это потери количества нефти вследствие ее физико-химических свойств, возникающие при транспортировании и хранении, включая погрузочно-разгрузочные операции.

К естественной убыли не следует относить технологические потери и потери от брака, а также потери нефти и нефтепродуктов при их хранении и транспортировке, вызванные нарушением требований стандартов, технических и технологических условий, правил технической эксплуатации, повреждением тары, несовершенством средств защиты нефти от потерь и состоянием применяемого технологического оборудования.

К естественной убыли не следует относить технологические потери и потери от брака, а также потери нефти и нефтепродуктов при их хранении и транспортировке, вызванные нарушением требований стандартов, технических и технологических условий, правил технической эксплуатации, повреждением тары, несовершенством средств защиты нефти от потерь и состоянием применяемого технологического оборудования.

Потери нефти и нефтепродуктов при их транспортировке, перевалке и хранении ж/д и морским транспортом неизбежны. Они обусловлены спецификой применяемых технологий, воздействием внешних условий и физико-химическими свойствами нефти и нефтепродуктов.

В связи с этим в Полоцком государственном университете разрабатывался нормативный документ по учету естественной убыли нефти и нефтепродуктов при их транспортировке морским и ж/д транспортом.

На этапах транспортирования, можно обозначить следующие естественные потери нефти и нефтепродуктов:

- потери нефти и нефтепродуктов при погрузочных и перевалочных работах;
- потери нефти и нефтепродуктов при разгрузочных работах;
- потери нефти и нефтепродуктов при транспортировке;
- потери нефти и нефтепродуктов при хранении.

При погрузочных и перевалочных работах потери происходят за счет распыла, выветривания, испарения, смачивания и прилипания к внутренним поверхностям емкостей, трубопроводов и других коммуникаций и прочих потерь.

При разгрузочных работах потери нефти и нефтепродуктов происходят из-за разбрызгивания, пролива, прилипания к поверхностям емкостей и т.д.

Потери нефтепродуктов от утечек, разлива и разбрызгивания при транспортировке происходят вследствие неплотностей в местах соединения труб, рукавов, задвижек и вентиляей.

При хранении потери в результате определенных химических и физических процессов (испарение), нарушения герметичности задвижек или другого специального оборудования.

Существует несколько методов оценки естественной убыли нефти и нефтепродуктов. К ним относятся:

- опытно-экспериментальный;
- отчетно-статистический;
- расчетно-аналитический;
- комбинированный метод;

– аналоговый метод.

1. Опытный-экспериментальный метод разработки норм естественной убыли позволяет путём проведения замеров потерь в опытном-производственных и опытном-лабораторных условиях непосредственно получать значения этих потерь, что является очевидным преимуществом этого метода, обеспечивающим точность определения потерь. При использовании этого метода следует определять количественные значения потерь отдельно по каждому виду или источнику их образования, сумма которых в целом определяет величину естественной убыли при транспортировании, хранении, а также при проведении погрузочных, разгрузочных, складских операций и реализации.

Однако этот метод создаёт необходимость в многоплановой организационной подготовке, сложном и дорогостоящем научно-техническом обеспечении лабораторных и промышленных экспериментов.

Высокие ресурсоёмкость и финансовые затраты являются существенным ограничителем использования опытно-экспериментального метода для разработки норм естественной убыли для нефти и нефтепродуктов

2. Отчетно-статистический метод разработки норм естественной убыли основан на использовании данных статистической и бухгалтерской отчетности о фактических потерях нефти при транспортировании и хранении. Этот метод требует проведения большой и длительной подготовительной работы по созданию системы сбора информации по значению устойчиво достигнутых величин потерь нефти, полученных на основании данных статистической и бухгалтерской отчетности о фактических потерях на конкретных предприятиях, перечень которых должен быть сформирован, что не всегда возможно в связи с закрытостью данных на предприятии.

3. Расчетно-аналитический метод разработки норм естественной убыли состоит в использовании аналитических зависимостей для поэлементного теоретического расчёта возможных потерь нефти, исходя из её физико-химических свойств.

В настоящее время аналитические зависимости для теоретического расчёта потерь нефти и нефтепродуктов получены только для ограниченного перечня операций, связанных с «большим» и «малым» дыханием при хранении нефти и нефтепродуктов в резервуарах. Для использования даже этих известных зависимостей применительно к задачам разработки требуется проведение специальных экспериментальных и теоретических исследований. Что касается получения аналитических зависимостей для всего перечня транспортно-логистических операций, то эта очень сложная научно-прикладная задача, которая может быть решена в течении длительного времени усилиями многих учёных специалистов. Другими словами, в настоящее время расчетно-аналитический метод для разработки норм естественной убыли нефти и нефтепродуктов использован быть не может.

4. Комбинированный метод – способ разработки норм естественной убыли с одновременным использованием двух или трех перечисленных методов. Наиболее прогрессивным считается сочетание расчетно-аналитического и опытно-экспериментального.

5. Аналоговый метод. Суть этого метода состоит в обоснованном распространении норм убыли, установленных для данных видов продукции на близкие им по физико-химическим свойствам, условиям транспортирования, хранения, проведения погрузочно-разгрузочных работ виды товарно-материальных ценностей.

Разработка Норм осуществляется путём выявления известных значений норм естественной убыли нефти и нефтепродуктов, для всех видов транспортно-логистических операций и групп нефтепродуктов, сравнения и анализа величин значений норм, содержащихся в разных документах и источниках и принятия методологически обоснованных экспертных решений по величинам значений норм.

Из всех методов наиболее приемлемым и экономически выгодным является аналоговый метод, который использовался для разработки нормативного документа.

Для разработки норм естественной убыли нефти и нефтепродуктов были рассмотрены нормативные документы РФ, ЕС, США, СССР по естественной убыли нефти. На основе этих документов был разработан норматив, согласованный с экономическими и технологическими возможностями РБ, т.е. в документе учитываются технологии, используемые в данное время в РБ и максимальные потери, которые не принесут сильного экономического ущерба для предприятия. С развитием технологий данный документ будет пересматриваться и дополняться.

Данный нормативный документ разрабатывался по заказу Белорусской нефтяной компании и в настоящее время принят и используется в РБ для учета естественной убыли нефти и нефтепродуктов на этапах транспортирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новые нормы естественной убыли нефтепродуктов могут быть приняты к 1 января 2007 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.au92.ru/msg/20061011_lqcq4li.html.

2. Лосицкий, О.А. Технологические потери и естественная убыль: налогообложение [Электронный ресурс] / О.А. Лосицкий // Российский налоговый курьер. – 2004. – № 12. – Режим доступа: http://6pl.ru/gost/S_com_NEU.htm.
3. Краснослободцева, Г.К. Нормы естественной убыли : практ. пособие / Г.К. Краснослободцева. – М. : ИТК «Дашков и К^о», 2011. – 224 с.
4. Нормы естественной убыли продукции производственно-технического назначения и товаров народного потребления для предприятий народного хозяйства. Рекомендации Госнаба СССР от 1 января 1999 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.spravka-jurist.com/base/part-hq/tx_esxrku.htm.
5. О Нормах товарных потерь, методике расчета и порядке отражения в учете : Приказ Мин-ва торговли РБ, 2.04.1997 г., № 42.
6. Анищенко, Н. / Недостачи, потери ценностей: отражение в учете, налогообложение [Электронный ресурс] / Н. Анищенко // Главный Бухгалтер. ГБ. – 2005. – № 39. – Режим доступа: http://spravka-jurist.com/base/part-ax/tx_cssuru.htm.

УДК 610.658

**ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОТУРБИН ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
НА МАГИСТРАЛЬНОМ НЕФТЕПРОВОДЕ****В.С. КОВРИЖНЫХ***(канд. техн. наук, доц. П.В. КОВАЛЕНКО, А.Н. ВОРОНИН)*

В целях следования мировым тенденциям экономии энергоресурсов и поиска альтернативных способов получения электроэнергии была предложена возможность использования гидротурбин на магистральном нефтепроводе. Местом размещения гидротурбины на магистральном нефтепроводе был предложен конец самотечного участка трассы нефтепровода.

Введение. За последние несколько десятков лет в большинстве промышленно развитых стран созданы и внедрены достаточно совершенные установки для преобразования энергии органического топлива в электроэнергию. Дальнейшее повышение технико-экономических показателей таких установок требует поиска новых, нетрадиционных методов, с использованием которых было бы возможно существенно повысить технико-экономические показатели работы энергетического оборудования и одновременно улучшить его экологические показатели.

Одной из возможностей решения этой проблемы на промышленных предприятиях, использующих в качестве топлива природный газ или жидкость, является применение детандеров или гидротурбин.

Основная часть. Турбина представляет собой устройство, преобразующее потенциальную энергию энергоносителя в механическую энергию. По виду используемой среды данные установки подразделяются на жидкостные (гидротурбины) и газовые (детандеры).

Детандеры применяются в технологических процессах производств с применением пара в качестве основного энергоносителя (нефтеперерабатывающие и химические заводы), а также на газовых и нефтяных промыслах с использованием транспортируемого сырья.

Гидротурбины по принципу действия делятся на активные и реактивные. Рабочее колесо реактивных турбин полностью погружено в поток воды, в активных же турбинах рабочее колесо работает при атмосферном давлении и приводится в действие отдельными струями воды. Большинство гидротурбин – реактивные, из активных широкое распространение получили только ковшовые турбины, использующиеся в специфических условиях – при очень высоких напорах [1].

По конструктивному исполнению гидротурбины подразделяются на прямоточные и радиально-осевые.

Гидроагрегаты, оснащенные прямоточными трубными гидротурбинами, предназначены для установки на равнинных водотоках с напорами от 3 до 15 м. Максимальная мощность агрегатов, в зависимости от имеющихся напоров и расходов воды, изменяется в диапазоне от 30 до 300 кВт. Агрегаты осуществляют устойчивое энергоснабжение автономных потребителей, а также могут работать в составе энергосистемы.

Гидроагрегаты, оснащенные радиально-осевыми гидротурбинами, предназначены для установки на горных и предгорных водотоках с напорами от 35 до 165 м. Максимальная мощность агрегата, в зависимости от имеющихся напоров и расходов воды, изменяется в диапазоне от 250 до 630 кВт [2].

Работа гидротурбины характеризуется следующими основными энергетическими параметрами: напором (давлением) воды перед входом в турбину, частотой вращения, к.п.д., и требуемым расходом воды.

В мировой практике гидротурбины устанавливаются на гидроэлектростанциях. Гидроэлектростанции обычно строят на природных водных объектах (реках) в открытых руслах, сооружая плотины и водохранилища. Для эффективного производства электроэнергии на гидроэлектростанции необходимы два основных фактора: гарантированная обеспеченность водой круглый год и возможно большие уклоны реки.

В целях следования мировым тенденциям экономии энергоресурсов и поиска альтернативных способов получения электроэнергии нами была предложена возможность использования гидротурбин на магистральном нефтепроводе, т.е. в закрытом русле на технологическом объекте.

Учитывая, что для полноценной работы гидротурбины необходимо соблюдать постоянное наличие потока жидкости и большого уклона потока (трубопровода), размещение гидротурбины на трассе магистрального трубопровода наиболее рационально производить в конце самотечного участка.

Самотечным называется участок трубопровода, на котором жидкость движется неполным сечением, самотеком, под действием силы тяжести. Давление в газовой полости над свободной поверхностью жидкости остается практически постоянным, поэтому течение на самотечном участке называется безнапорным. Хотя разность напоров между сечением начала самотечного участка и сечением конца самотечного участка

существует и равна разности геометрических отметок этих сечений. Стационарные самотечные участки могут существовать только в нисходящих ветвях.

Возвышенность на трассе, от которой нефть приходит на конечный пункт нефтепровода самотеком, называется перевальной точкой. Таких точек может быть несколько.

Расстояние от начального пункта нефтепровода до ближайшей из них называется расчётной длиной трубопровода. При гидравлическом расчёте длина нефтепровода принимается равной расчётной. Если линия гидравлического уклона, проведенная из конечной точки трассы, нигде не пересекается с профилем и не касается его, перевальная точка отсутствует и расчётная длина равна полной длине нефтепровода.

Линия гидравлического уклона на самотечном участке проходит параллельно профилю трубопровода на расстоянии $\rho_0/\rho g$ над ним (ρ_0 – давление газа в полости над жидкостью). Наклон линии гидравлического уклона на самотечном участке характеризуется тангенсом угла, образуемого профилем трубопровода и горизонтом.

За перевальной точкой нефть движется при частичном заполнении поперечного сечения трубопровода. Давление на этом участке ниже, чем в любой другой точке трубопровода: оно равно упругости паров перекачиваемой нефти, т.е. нефть движется в безнапорном режиме. Энергия, теряемая при движении жидкости за перевальной точкой, используется неэффективно. Установка гидротурбины в конце самотечного участка позволит использовать данную энергию движения нефти [3].

В нефтяной трубопроводной системе нашей республики самотечный участок существует на трассе магистрального нефтепровода ОАО «Полоцктранснефть Дружба» за счет превышения геодезической высотной отметки перевальной точки над остальными точками трассы по ходу движения нефти к конечной станции.

Для подбора гидротурбины необходимо располагать данными о располагаемом расходе Q и развиваемом напоре H в конце самотечного участка. Расход в нефтепроводе составляет $1640 \text{ м}^3/\text{ч}$, геодезическая разность отметок между насосными станциями – 68 м, напор перед конечной станцией – 46 м.

В результате сопоставления известных значений напоров и расходов с областями рабочих полей прямой гидротурбины стало известно, что гидротурбина может вырабатывать 100кВт электроэнергии. Установка данного агрегата позволит получить электроэнергию из энергии потока перекачиваемой нефти и решить проблему частичного энергообеспечения данной станции, т.е. даёт возможность понизить потребление от сторонних поставщиков электроэнергии. Получаемой от гидротурбины электроэнергией можно питать электродвигатели насосов на данной станции или другие технологические агрегаты.

С точки зрения эксплуатации магистрального нефтепровода установка гидротурбины перед конечной станцией требует решения нескольких инженерно-эксплуатационных задач.

При монтаже гидротурбины в магистральный трубопровод произойдет сужение потока нефти, что вызовет невозможность запускать очистные сооружения и интеллектуальные инспекционные снаряды. Размещение турбины на байпасной линии вызовет разделение потока жидкости и снижение расхода в два раза, что повлияет на соответствующее снижение выработки электроэнергии генератором гидротурбины.

Нахождение гидротурбины на самотечном участке с неполным заполненным сечением при движении нефти вызовет торможение слоев жидкости и вхождения насыщенных паров нефти в жидкость. При этом произойдет кавитационный процесс, который спровоцирует кавитационную коррозию и разрушение металла трубы.

При нахождении конца самотечного участка на значительном удалении от конечной станции возникает вопрос о способе передачи электроэнергии на конечную станцию.

При установке гидротурбины перед конечной станцией в конце самотечного участка будет наблюдаться потеря напора, расходуемого на работу турбины. Как следствие, конечного напора нефти может не хватить для технологических процессов внутри конечной станции.

Выводы. Несмотря на возникшие эксплуатационные трудности, предложенная нами идея установки гидротурбины на самотечном участке магистрального нефтепровода является новаторской и имеет свои преимущества и относится к альтернативной энергетике, так как позволяет использовать неиспользованную энергию потока нефти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современный инжиниринг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.magi.ru>. – Дата доступа: 20.10.2016.
2. РД 39-00147105-015-98 Правила капитального ремонта магистральных нефтепроводов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energetika.in.ua/ru/>. – Дата доступа: 15.01.2017.
3. Трубопроводный транспорт нефти : учеб. для вузов : в 2 т. / С.М. Вайншток [и др.] ; под ред. С.М. Вайнштока. – М. : ООО «Недра-бизнесцентр», 2004. – Т. 2 – 624 с.

УДК 697.922

**ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЗДУХОВОДОВ
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЙ****В.А. ПШЕНИЧНЮК***(Представлено: Т.И. КОРОЛЁВА, канд. техн. наук, доц. С.В. ЛАНКОВИЧ)*

Рассмотрены преимущества применения текстильных воздуховодов. Представлен сравнительный расчет приведенных затрат на устройство систем с использованием текстильных или стальных воздуховодов. Осуществлён расчет экономического эффекта от применения текстильных воздуховодов.

В настоящее время существуют различные способы подачи и удаления воздуха с использованием разнообразных приточных и вытяжных воздухораспределительных устройств. Очень важно сделать правильный выбор способа подачи и удаления воздуха в каждом конкретном случае, чтобы обеспечить в обслуживаемом помещении соблюдение всех нормируемых параметров микроклимата.

При выборе способа воздухораспределения учитывают направление тепловых потоков и зоны помещений с максимальным поступлением теплоты или влаги.

Текстильные воздуховоды и воздухораспределители относительно новое понятие в вентиляционной технике [1]. Способ распределения воздуха в помещении системами с текстильными воздуховодами отличается от стандартных систем, так как системы с тканевыми воздуховодами не имеют диффузоров или решёток, монтируемых в воздуховоды из жёстких материалов. Текстильный воздуховод уже с момента производства одновременно является воздухораспределителем.

Для обеспечения нормируемых значений параметров микроклимата в обслуживаемом помещении можно задать направление распределения воздушного потока через перфорацию и микроперфорацию, откорректировать количество рядов и диаметр перфорации с использованием программного обеспечения.

Расчёт текстильных воздухораспределителей, а также моделирование воздушных потоков были произведены с помощью программы PRIHODASW. PRIHODASW – программный софт чешской компании-производителя текстильных воздуховодов, предназначенный для проектирования текстильных систем распределения воздуха. Все произведенные в программе расчеты можно выводить в pdf-формате.

Кроме того, программа PRIHODASW позволяет производить моделирование воздушных потоков, на выходе из текстильных воздуховодов [2].

Важным критерием, которым руководствуются при проектировании систем вентиляции, расчете и выборе воздухораспределительных устройств, является минимальные капитальные и эксплуатационные затраты на вентиляцию помещения [3].

Основными критериями при технико-экономическом сравнении вариантов и выборе наиболее оптимального варианта является значение минимальных приведенных затрат, т.е. вариант с наименьшими приведенными затратами является экономически целесообразным.

Приведенные затраты складываются из начальных капиталовложений и эксплуатационных затрат и определяются следующим образом:

$$Z_i = C_i + E_k \cdot K_i, \quad (1)$$

где C_i – текущие эксплуатационные затраты, руб/год; K_i – капиталовложения, определяемые по локальным сметам, руб; E_k – коэффициент эффективности капиталовложений.

Текущие (эксплуатационные) расходы включают в себя расходы на тепловую и электрическую энергию, амортизационные отчисления, расходы на текущий и капитальный ремонт, расходы на заработную плату и управленческие расходы.

Следовательно, годовые эксплуатационные расходы системы вентиляции, руб/год составят:

$$C = T + \mathcal{E} + A + P_m + P_k + 3П + У, \quad (2)$$

где T – расходы на тепловую энергию, руб/год; \mathcal{E} – расходы на электроэнергию, руб/год; A – затраты на амортизационные отчисления, руб/год; P_m и P_k – соответственно затраты на текущий и капитальный ремонт, руб/год; $3П$ – затраты на заработную плату персонала, руб/год; $У$ – управленческие затраты, руб/год.

Расходы на тепловую энергию, руб/год, определяются по формуле:

$$T = Q_m^{год} \cdot T_{map} \quad (3)$$

где $Q_m^{год}$ – годовой расход теплоты на вентиляцию, руб/год; T_{map} – тариф на тепловую энергию, руб/Гкал.

Расходы на электрическую энергию, руб/год, определяют по формуле:

$$\mathcal{E} = N_i \cdot n \cdot m \cdot z \cdot T_{эл}, \quad (4)$$

где N_i – мощность электродвигателей, кВт; n – количество двигателей, шт.; m – продолжительность смены, ч; z – количество дней в году; $T_{эл}$ – тариф на электрическую энергию, руб/кВт·ч.

Амортизационные затраты, руб/год, затраты на текущий ремонт, руб/год, и капитальный ремонт, руб/год, рассчитываются по формулам:

$$A = 0,1 \cdot K; \quad (5)$$

$$P_m = 0,4 \cdot K; \quad (6)$$

$$P_k = 0,5 \cdot K. \quad (7)$$

где K – сметная стоимость, руб.

Затраты на заработную плату персонала, руб/год, составят:

$$ЗП = ЗП_{cp} \cdot n_0 \cdot k_n \cdot q \cdot 12, \quad (8)$$

где $ЗП_{cp}$ – средняя заработная плата рабочих по РБ, руб; n_0 – норма обслуживания на одну установку; k_n – коэффициент начислений на заработную плату; q – число обслуживаемых установок; 12 – число месяцев в году.

Затраты на управление, руб/год, посчитаны следующим образом:

$$Y = 0,3(A + ЗП + P_m). \quad (9)$$

Расчет экономического эффекта произведен для существующей системы вентиляции в действующем гипермаркете «Задиак» г. Новополоцк. Сравнение было произведено для двух вариантов:

– вариант №1: система, выполненная из оцинкованных воздуховодов различных диаметров (710 мм, 630 мм, 500 мм, 355 мм, 315 мм) общей протяженностью 137 погонных метров и 32 воздухораспределительных решеток;

– вариант №2: система, выполненная с использованием текстильных магистральных воздуховодов (710 мм, 630 мм, 500 мм), а также текстильных воздухораспределителей на ответвлениях от магистрали (355 мм, 315 мм) с перфорацией. Общая протяженность – 137 погонных метров.

Поскольку затраты на тепловую и электрическую энергию, затраты на амортизационные отчисления, текущий ремонт, капитальный ремонт, заработную плату и управленческие отчисления объективно можно принять равными, в нашем случае приведенные затраты будут состоять только из капиталовложений. Таким образом, система с минимальными капитальными вложениями окажется экономически целесообразной.

Капиталовложения на устройство рассматриваемых систем складываются из следующих составляющих: стоимости оборудования для устройства системы вентиляции, стоимости транспортировки к строительной площадке, стоимости монтажных работ и работ по регулировке системы. Расчет произведен в ценах февраля 2015 года (на момент начала эксплуатации системы). Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, закупочная стоимость системы с использованием текстильных воздуховодов несколько ниже по сравнению с традиционным исполнением системы. Стоимость транспортировки такой системы в 2 раза ниже, поскольку текстильные воздуховоды занимают небольшой объем в нерабочем состоянии. Стоимость монтажных работ в 3 раза меньше, поскольку такая система очень легко монтируется, что в значительной мере уменьшает время, которое необходимо потратить на данный вид работ. Нет необходимости осуществлять регулирование системы с текстильными воздухораспределителями, что снижает затраты на эксплуатацию.

Таблица 1. – Расчет приведенных затрат по вариантам

№ варианта	Капитальные затраты, млн. руб.				Приведенные затраты, млн. руб.	Экономия, млн. руб.	Экономия, %
	Стоимость оборудования, млн. руб.	Стоимость транспортировки, млн. руб.	Стоимость монтажных работ и работ по регулировке системы, млн. руб.	Итого по капитальным затратам, млн. руб.			
Вариант №1	104,6	5,5	49,4	159,5	159,5		
Вариант №2	86,2	2,4	15,5	104,1	104,1	55,4	34,6

Затраты на капиталовложения представлены в графическом виде на рисунке 1.

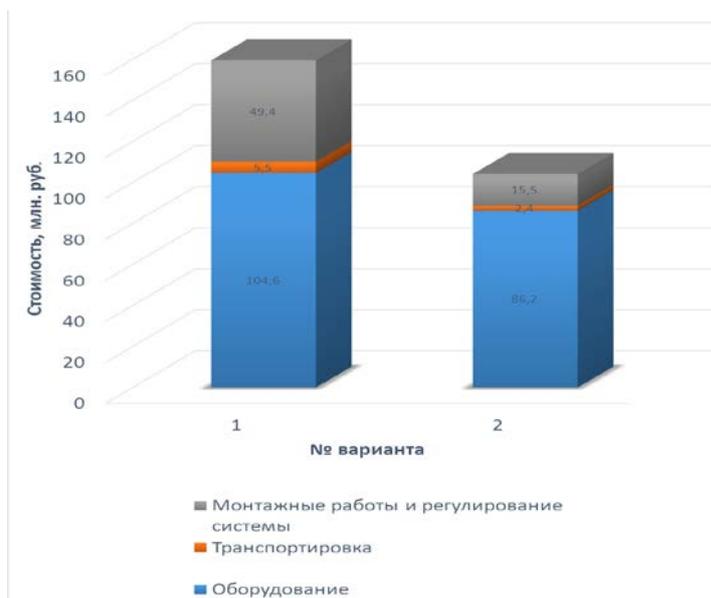


Рисунок 1. – Капитальные затраты на устройство систем по вариантам

Таким образом, одним из важных факторов использования текстильных воздухопроводов является экономический эффект от их применения. Сравнительный анализ по таким критериям как закупочная стоимость, стоимость монтажа, стоимость доставки и пуско-наладочных работ, рассчитанным для металлических и текстильных воздухопроводов, показал, что для последних снижение нагрузки на несущие строительные конструкции здания составляет порядка 97%, а сметная стоимость строительства снижается на 30–40%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кундро, Н.В. Применение текстильных воздухопроводов в помещениях с повышенными санитарно-гигиеническими требованиями / Н.В. Кундро, В.А. Пшеничнюк // Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности : материалы междунар. науч. конф., г. Витебск, 25–26 ноября 2015 г. / Витеб. гос. технол. ун-т ; редкол. О.А. Минаев [и др.]. – Витебск, 2015. – С. 278–280.
2. Королева, Т.И. Преимущества использования текстильных воздухопроводов для обеспечения микроклимата помещений / Т.И. Королева, С.В. Ланкович, В.А. Пшеничнюк // Инновационные технологии в промышленности: образование, наука и производство : сб. материалов Всероссийская науч.-практ. конф. с международным участием. – Уфа : Изд-во «Нефтегазовое дело», 2016. – С. 215–216.
3. Строй, А.Ф. Расчет и проектирование систем вентиляции и кондиционирования воздуха / А.Ф. Строй. – Киев : Феникс, 2000.

ГЕОДЕЗИЯ

УДК 912.648

СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В ПРОГРАММНОМ ПРОДУКТЕ AGISOFT PHOTOSCAN

А. В. ВИЛЬЧИНСКАЯ, Д. С. РУДЬКО
(Представлено: П.Ф. ПАРАДНЯ)

Рассмотрена технология трехмерного моделирования объектов на основе фотографической съемки. Поэтанно описывается создание 3D-модели в программном продукте Agisoft Photoscan российской компании Agisoft.

В современном мире происходит бурное развитие и внедрение во все сферы производства информационных технологий. На данный момент в процессе реконструкции существующих архитектурных сооружений, проектирования и строительства новых объектов, а также их эксплуатации применяются объемные прототипы этих объектов, создаваемые с помощью специализированного программного обеспечения. Данная технология подразумевает использование различных методов получения исходных данных. Одним из таких методов является фотографическая съемка.

В работе в качестве объекта моделирования была выбрана скульптура, расположенная на площади строителей в г. Новополюкче. Были получены 155 снимков, из которых 105 были включены в обработку

Для создания 3D-модели использовали программное обеспечение Agisoft Photoscan российской компании Agisoft. Agisoft PhotoScan – это автономный программный продукт, который выполняет фотограмметрическую обработку цифровых изображений и генерирует трехмерные пространственные данные.

Обработка изображений в нем включает следующие этапы:

- загрузка фотографий в PhotoScan;
- выравнивание фотографий;
- построение плотного облака точек;
- построение трехмерной полигональной модели;
- текстурирование объекта;
- построение тайловой модели;
- построение ортофотоплана;
- экспорт результатов.

Загрузка фотографий

Перед началом работы необходимо определить, какие фотографии будут использоваться в качестве исходных. Сами фотографии не загружаются в PhotoScan до тех пор, пока они не потребуются для процесса обработки. Таким образом, выбирая функцию "добавить фотографии" пользователь только отмечает те снимки, которые будут использоваться при дальнейшей обработке. Для обработки выбрали 105 фотографий с перекрытием семьдесят процентов и более.

Выравнивание фотографий

После того как фотографии были загружены в PhotoScan, необходимо определить положение и ориентацию камеры для каждого кадра и построить разреженное облако точек. Эти операции выполняются в PhotoScan на этапе выравнивания. В ходе обработки была получена 75 101 точка; средний размер точек 3,3 пикселя. Фотографии выравнивались с высокой точностью. Обработка длилась около тридцати минут.

Построение плотного облака точек

PhotoScan позволяет создавать и отображать плотное облако точек. Основываясь на рассчитанных положениях камер, программа вычисляет карты глубины для каждой камеры и на их основе строит плотное облако точек. Плотное облако точек может быть отредактировано и классифицировано при помощи PhotoScan или экспортировано для дальнейшего анализа в других приложениях. После построения плотного облака было получено 5 738 985 точек также с очень высокой точностью. Была выбрана умеренная фильтрация карт глубин. Этот этап обработки занял самый большой промежуток времени – 15 часов. В конце обработки при помощи одного из трех способ выделения выбрали лишние объекты, которые в последствие удалили.

Построение трехмерной полигональной модели

PhotoScan поддерживает несколько методов восстановления трехмерной полигональной модели и предоставляет ряд настроек, позволяющих выполнить оптимальную реконструкцию для конкретного набора фотографий: тип поверхности, исходные данные, количество полигонов, интерполяция и классы точек. Мы выбрали произвольную поверхность, в качестве исходных данных плотное облако точек, а

также включили интерполяцию. В ходе обработки получили 1 147 796 полигонов, 575 176 вершин. Время обработки – 15 минут.

Текстурирование модели

Режим наложения текстуры определяет, каким образом текстура объекта будет храниться в текстурном атласе. Выбор подходящего режима помогает получить оптимальный вид хранения текстуры, что ведет к улучшению качества визуализации итоговой модели. Таким образом, были выбраны общий режим параметризации и режим смешивания мозаика. Обработка длилась меньше пяти минут.

Построение тайловой модели

Формат иерархических тайлов полезен при создании моделей больших по площади объектов, например, городов. Данный формат позволяет визуализировать 3D модели больших объектов с высоким разрешением и детализацией. Для просмотра модели в таком формате рекомендуется использовать Agisoft Viewer - продукт, поставляемый в составе установочного пакета PhotoScan.

Тайловая модель может быть построена на основании плотного облака точек, а текстура для иерархических тайлов создается из исходных фотографий.

Построение ортофотоплана

Ортофотоплан строится на основании данных исходных снимков и реконструированной модели, что позволяет создавать результирующее изображение высокого разрешения. Наиболее часто экспорт ортофотоплана производится при обработке аэрофотосъемки, кроме того, построение ортофотоплана может быть полезно при необходимости создания детального вида объекта. PhotoScan позволяет редактировать линии реза ортофотоплана для более качественной визуализации.

Другие параметры модели приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Некоторые характеристики модели

Основные	
Камеры	105
Выровненные камеры	105
Маркеры	10
Масштабные линейки	0
Система координат	Pulkovo 1942/3-degree Gauss-Kruger zone 7 (EPSG::2523)
Облако точек	
Точек	75,131 из 135,007
СКО репроецирования	0.190415 (0.601756 пикс)
Макс. ошибка репроецирования	0.601756 (24.128 пикс)
Средний размер точек	3.30116 пикс
Эффективное перекрытие	3.02469
Плотное облако точек	
Точек	5,738,985
Модель	
Полигонов	1,147,796
Вершин	575,176
Текстура	4,096x4,096x2, unit8

В результате обработки изображений была получена 3D-модель скульптуры (рис. 1).

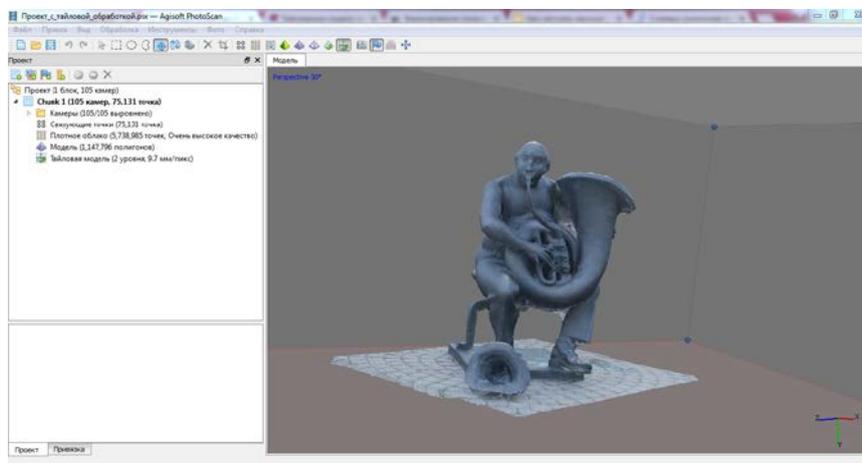


Рисунок 1. – 3D-модель скульптуры в программной среде Agisoft Photoscan

Программный продукт Agisoft Photoscan прост в использовании. Создание трехмерной модели в нем занимает относительно немного времени по сравнению с камеральным дешифрированием снимков. Полученная модель обладает достаточной точностью и наглядностью для решения множества прикладных задач.

УДК 912.648

**ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ
НА ОСНОВЕ ФОТОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЁМКИ****А. В. ВИЛЬЧИНСКАЯ, Д. С. РУДЬКО**
(Представлено: П. Ф. ПАРАДНЯ)

Рассматриваются методы трёхмерного моделирования. Особое внимание уделено моделированию на основе фотосъёмки с беспилотных летательных аппаратов. Приводятся недостатки двумерных чертежей и преимущества 3D-моделей.

На сегодняшний день 3D-моделирование имеет достаточно широкое применение и не ограничивается узкоспециализированными областями человеческой деятельности. Оно используется не только в развлекательной сфере (кино- и игровая индустрия), но и, что немаловажно, в строительстве, архитектуре, машиностроении, управлении городским хозяйством и других отраслях. Трёхмерные модели намного удобнее изучать и интерпретировать, чем двумерные изображения. Кроме того, все более широкое использование современных методов 3D-визуализации позволяет привлекать внимание пользователей всех возрастов и любого уровня образования. И, как следствие, на просторах интернета появилось множество программных средств трёхмерного моделирования. Каждый программный продукт обладает определенным набором функций и предназначен для конкретных целей.

Компьютерное 3D-моделирование может не только создать объёмный объект местности, сооружение, скульптуру или явно выразить рельеф, но и узнать их размеры, изменить их в интерактивном режиме, присвоить физические свойства, изменить цвет, что кардинально сокращает затраты.

Один из методов создания 3D-модели подразумевает использование в качестве исходных данных материалов фотографической съёмки.

Съёмка небольших объектов может производиться камерами телефонов или фотоаппаратами. Главное при этом, чтобы высота объекта не превышала рост фотографа, т.к. для получения правдоподобной 3D-модели необходимы снимки сверху.

Чтобы заснять более крупные объекты такие, как архитектурные постройки и различного вида сооружения, необходимо воспользоваться мультикоптером, вертолётном или самолётом. Вертолёты и самолёты используются для съёмки больших территорий на значительной высоте фотографирования. Материалы таких съёмок используются для создания планов и карт. Мультикоптеры обычно применяют на застроенной территории, поскольку самолёт или вертолёт не смогут детально заснять объекты.

Мультикоптер – это дрон, у которого более одного ротора. В зависимости от количества роторов различают несколько видов мультикоптеров: бикоптеры, трикоптеры, квадрокоптеры (рис.1), гексокоптеры и октокоптеры.

Бикоптер – это устройство с двумя роторами (двигателями), которые вращаются в разных направлениях. Бикоптер небольшого размера и имеет несколько минусов таких, как низкая грузоподъемность и стабильность, при отказе одного из двигателей дрон упадет. Но при таких существенных недостатках есть и положительные стороны. Они недорогие и израсходуют мало электроэнергии.

Трикоптер такое же устройство, как бикоптер, но с тремя двигателями. Два из них (передние) работают в противоположных направлениях, а третий вращается в любую сторону. Как и бикоптеры, трикоптеры малогабаритны, компактны, недорогие и имеют такие же недостатки. У бикоптеров и трикоптеров достаточно сложная конструкция.

У квадрокоптера четыре двигателя. Они вращаются по диагонали в диаметральных направлениях. Из-за отсутствия поворотных механизмов у него простая конструкция. Одним из преимуществ можно считать малую скорость падения при отказе одного из двигателей, что может позволить сохранить камеру.



Рисунок 1. – Квадрокоптер DJI Mavic Pro

Одним из важных преимуществ гексокоптеров и октокоптеров служит то, что при отказе одного или двух (октокоптер) двигателей, дрон не упадет. Гексокоптер обладает 6-ю роторами, октокоптеры – 8-ю. Из-за больших габаритов данных мультикоптеров уменьшается их время полета. Они устойчивы к порывам ветра и могут поднимать грузы.

Мультикоптер может быть коаксиальным, т.е. друг над другом расположены сразу два ротора. Это позволяет повысить стабильность, если откажет двигатель.

В данной работе использовался квадрокоптер DJI Mavic Pro. В качестве объекта моделирования была выбрана скульптура, расположенная на площади строителей в г. Новополоцке (рис. 2). С квадрокоптера были сделаны 155 снимков в облачную погоду. Скульптура снималась со всех сторон с перекрытием не менее 70%.

Для создания трёхмерных моделей объектов существует множество программ. Лидирующими в этой области являются: Autodesk 3ds Max, Autodesk Maya, Autodesk Softimage, Blender.

В нашем случае использовался программный продукт Agisoft Photoscan российской компании Agisoft. В результате была получена модель скульптуры, представленная на рисунке 2.



Рисунок 2. – Реальное изображение и 3D-модель скульптуры

Исходя из проделанной работы, можно сделать выводы о недостатках двумерных методов и преимуществах 3D-моделирования.

Недостатками двумерных методов являются:

1. Отсутствие понимания полной картины.
2. Изучение 2D-чертежа занимает много времени и требует определенных навыков.
3. Несоответствие реальных размеров объектов с размерами на чертеже, т.е. масштабирование.

Достоинства 3D-моделирования:

1. Более наглядное представление объекта.
2. Быстрое получение модели объекта.
3. Упрощенное корректирование чертежа.
4. Удобнее реконструировать памятники архитектуры.

На основании выполненной работы можно сказать, что построение трехмерных моделей местности на основе фотографической съёмки является перспективным направлением. Оно может применяться при создании объемных моделей сооружений, реконструкций зданий, то есть в следующих отраслях производства: геодезия, геоинформационные системы, строительство, архитектура и т.д.

УДК 91:004

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ARCGIS NETWORK ANALYST
ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЗОН ОБСЛУЖИВАНИЯ МЧС ГОРОДА МОГИЛЕВА****А.В. КЛЕПЧА***(Представлено: П.Ф. ПАРАДНЯ)*

Анализируется оценка размещения опорных пунктов МЧС путём моделирования зон доступности с использованием сетевого анализа.

В современном мире критической величиной для принятия решений зачастую является время. Это касается как реагирования в случае чрезвычайных ситуаций, так и элементарного выбора магазина. Сами того не замечая, мы постоянно обрабатываем и анализируем пространственную информацию, выбираем оптимальный маршрут, рассчитываем время. Однако это относительно простые задачи. Иногда задача усложняется: одновременно надо учесть большое число факторов, рассчитать десятки и сотни маршрутов, сориентироваться на незнакомых дорогах по всей стране, континенту. Современные ГИС позволяют быстро решать такие задачи, выполняя математический анализ сетевых данных.

Основой сетевого анализа является линейный векторный слой, который может быть получен с помощью оцифровки растрового картографического материала или же с помощью внедрения ранее созданных тематических слоев.

Важную роль играет подбор качественного картографического материала, удовлетворяющего требованиям. Общие требования к картографическим материалам, вводимым в ГИС:

1. Достоверность – соответствие реальной действительности на данный момент времени.
2. Точность – обуславливается методом графического материала, типом избранной проекции, системой координат.

3. Актуальность – соответствие времени.

Все современные ГИС имеют функцию прямого приема (скачивания) информации с электронных и электронно-оптических регистраторов. С точки зрения достоверности именно эта информация является максимально предпочтительней по сравнению с прочими картографическими материалами.

При выполнении работы в качестве картографического материала использовалась отсканированная карта города Могилева масштаба 1:50000 из Национального атласа Беларуси (издание от 2002 г.) [4]. Атлас Беларуси содержит более 120 тематических карт (климатические, геологические, почвенные, гидрографические и другие). Для осуществления достоверного анализа картографический материал был привязан к системе координат Pulkovo 1942/ Gauss-Kruger 5N.

Существуют разные способы и программные средства для получения векторных данных на основе растровых подложек. Из наиболее популярных программных продуктов для оцифровки можно выделить: Easy Trace, Raster Desk, Spotlight, Vector Magic Desktop и др.

Используя программный комплекс ArcGis, была отвекторизована картографическая основа. На ее основе путем векторизации был получен набор тематических слоев. В атрибутивную информацию слоев заносятся необходимые сведения для корректного построения набора сетевых данных и дальнейшего анализа дорожного графа. Атрибутивные данные могут быть представлены в ГИС в цифровом и аналоговом виде. Аналоговая информация вводится в ГИС с помощью специальных преобразователей: автокамера (цифровая), видеокамера, сканеры разных типов, дигитайзер (англ. «точкообразный»).

Для работы с инструментами Network Analyst необходимы исходные данные, моделирующие дорожную сеть. Любой сетевой анализ требует использования набора данных, представляющих собой логическую сеть.

Особенностью сетевого анализа является наличие затратных единиц (импеданс), по которым в дальнейшем программа будет оценивать дорожный граф. Импеданс – это мера количества сопротивления, или стоимости, которая требуется для прохождения линии от исходного узла до конечного узла, либо для перехода с одной линии на другую через узел. Это может быть мера расстояния пути, времени, скорости умноженной на расстояние, и т.д. Высокий импеданс означает большее сопротивление движению, 0 – отсутствие стоимости. Оптимальный путь по сети – это путь с самым низким импедансом, также называется самым дешёвым путем.

Перед тем как приступить непосредственно к построению набора сетевых данных, необходимо внести в атрибутивную таблицу информацию о затратных единицах. Анализируемый слой должен иметь следующий минимальный состав атрибутивных характеристик для каждого сегмента: длина, время прохождения, скорость движения, признак одностороннего движения, класс иерархии (рекомендуется задавать не более 5), название улиц и дорог (допускаются нулевые значения). В качестве стоимостных еди-

ниц в работе использовалось время в минутах, которое рассчитывалось исходя из скоростного режима ребра графа (рис. 1).

FID	Shape *	FID 111	Движение	lenq	min	тип
747	Полилиния	0	1	242,993	0,242993	0
762	Полилиния	0	1	262,69699	0,262697	0
789	Полилиния	0	1	128,257	0,128257	0
804	Полилиния	0	1	218,28999	0,21829	0
806	Полилиния	0	1	192,866	0,192866	0
817	Полилиния	0	1	129,435	0,129435	0
833	Полилиния	0	1	241,147	0,241147	0
845	Полилиния	0	1	134,461	0,134461	0
907	Полилиния	0	1	149,117	0,149117	0
1168	Полилиния	0	1	245,30099	0,245301	0
1186	Полилиния	0	1	254,043	0,254043	0
1188	Полилиния	0	1	201,32001	0,20132	0
1191	Полилиния	0	1	311,298	0,311298	0
1202	Полилиния	0	1	307,30099	0,307301	0
1216	Полилиния	0	1	349,16599	0,349166	0
1222	Полилиния	0	1	136,783	0,136783	0
0	Полилиния	0	0	77,769798	0,07777	0
1	Полилиния	0	0	61,0224	0,061022	0
2	Полилиния	0	0	7,39193	0,007392	0
3	Полилиния	0	0	74,44599	0,074445	0

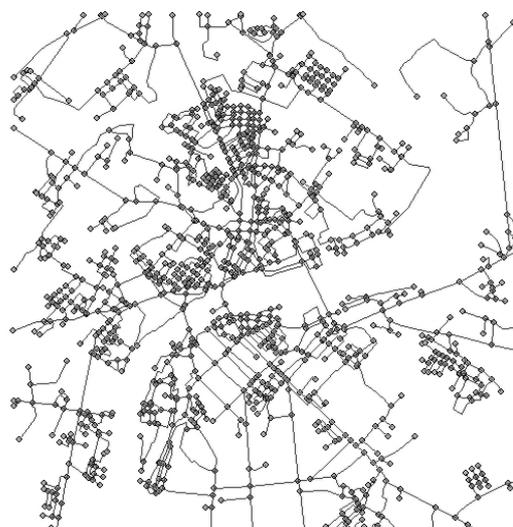


Рисунок 1. – Дорожный граф города Могилева с атрибутивной информацией

Для учета всех исключений в атрибутивную информацию слоя сетевого анализа была добавлена информация об ограничениях, которая в дальнейшем используется при построении графа дорог. Информация об ограничениях была получена с помощью географического интернет-сервиса mapsgator.here.com, который является картографическим сервисом, принадлежащим консорциуму компаний AUDI AG, BMW Group и Daimler AG. Он используется в многочисленных пакетах программного обеспечения, включая системы навигации, а также доступен для веб-браузеров и телефонов на различных платформах. С помощью встроенных функций данного геосервиса была внесена семантика о направлении движений. Данную информацию геосервис предоставляет бесплатно [2].

Набор сетевых данных, представляющий собой граф дорог, строится внутри базы геоданных в одном с линейной темой дорог наборе классов. Через модуль ArcCatalog создается набор сетевых данных. С помощью мастера настройки задаются основные установки и характеристики сети. Граф дорог в среде ArcGIS (рис. 1) строится на основе линейного слоя дорог и состоит из 3 типов элементов:

- ребра (Edges) – линейные сегменты;
- соединения (Junctions) – точечные соединения;
- повороты (Turns) – линейные объекты, моделирующие правила поворотов.

Для корректного построения сетевого набора данных необходимо настроить сетевые атрибуты. Следует указать список атрибутов, их тип применения, единицы измерения и тип данных.

Сетевые атрибуты содержат информацию о наборе сетевых данных. Их существует четыре типа:

- Стоимость (Cost) – суммирует значения по элементам. Требуется, по крайней мере, один атрибут стоимости (расстояние или время).
- Признак (Descriptor) – содержит общую информацию, например, названия улиц и дорог.
- Иерархия (Hierarchy) – разделяет сеть, главным образом, с целью ускоренного проведения сетевого анализа.
- Ограничение (Restriction) – обычно запрещает определенные перемещения сетевых элементов, но может также устанавливать предпочтение или игнорирование элементов.

Завершающим этапом работы является создание зон обслуживания. Для построения зон к векторному материалу добавляется полученный набор сетевых данных, на основе которого будет проводиться анализ.

В ходе анализа, в результате которого будут построены зоны доступности, требуется добавить точки интереса. Это могут быть магазины, остановки и др. В данном случае используется сеть пожарных аварийно-спасательных частей (ПАСЧ) города Могилева, загруженная из заранее созданного точечного слоя, исходя из которых, в совокупности будет моделироваться буферная зона обслуживания.

Для точности моделируемых зон требуется установить барьеры. Барьеры – это классы пространственных объектов в слоях сетевого анализа, которые ограничивают или изменяют стоимость перемещения по ребрам и соединениям связанного набора сетевых данных. Барьеры делятся на три типа геометрии и предназначены для моделирования временных изменений в сети. Они бывают точечные, линейные

и полигональные барьеры. Барьеры помогают добавить и удалить изменения сети оперативно, что идеально подходит для моделирования временных изменений стоимости перемещения по сети: дерево, блокирующее трафик, будет со временем удалено, и наводнение, в конце концов, отступит. После окончания события, которое моделирует барьер, его можно просто удалить [1].

Для добавления барьеров использовался сервис *Mapcam.info*. Это проект, созданный для обмена информацией между водителями о всевозможных опасностях на дорогах.

Произведя настройки свойств сетевого анализа, в качестве диапазонов зон обслуживания были указаны временные рамки 5, 10, 15, 20 минут для пересечения ребер графа.

Расчитав, *Network Analyst* вырабатывает решение, которое становится частью слоя сетевого анализа. Создаются выходные объекты сетевого анализа и обновляются входные/выходные объекты с использованием результатов [3]. Таким образом, построение области обслуживания *Network Analyst* заключается в анализе максимального расстояния вдоль каждого ребра графа, а узлы этих ребер становятся точками на периметре полигона зоны обслуживания.

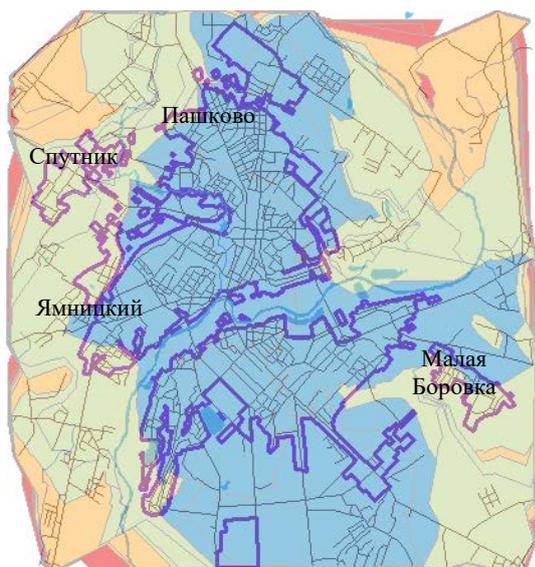


Рисунок 2. Зоны обслуживания ПАСЧ города Могилева

Выполнив работу, была получена карта зон доступности 5, 10, 15, 20 минут от пожарных аварийно-спасательных частей города Могилева (рис. 2). Полученные зоны отражают время, которое необходимо затратить на преодоление пути, рассчитанного от сети пожарных аварийно-спасательных частей.

По результатам выполненного исследования можно выявить территории, которые находятся в удаленном доступе от сети пожарных аварийно-спасательных частей, определить зоны доступности, выработать рекомендации по совершенствованию сети опорных пунктов МЧС.

Подводя итоги можно сделать вывод о том, что около 85 %

территории города Могилева находятся в зоне 5 минут доступа от ПАСЧ; вся городская территория находится в зоне 10 минут доступа. Наиболее удаленными от точек интереса являются такие территории города как: Малая Боровка, микрорайон Спутник, Новое и Старое Пашково, микрорайон Ямницкий.

Для оптимизации работы служб МЧС необходимо совершенствование сети опорных пунктов, которые позволят более оперативно реагировать на вызовы о чрезвычайных ситуациях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барьеры(Barriers)-Справка ArcGIS|Desktop [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.4/extensions/network-analyst/barriers.htm>. – Дата доступа: 15.09.2017.
2. Клепча, А.В. Некоторые аспекты использования географических интернет-сервисов / А.В. Клепча, П.Ф. Парадня // Организация устойчивого землепользования : сб. науч. статей по материалам Международной научно-практической конференции : в 2 ч. / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия ; ред. кол.: П.А. Саскевич. – Горки, 2016. – Ч. 1. – 260 с.
3. ГеоСистемПро- Network Analyst. Первые шаги. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geosys.by/blog/item/8-network-analyst>. – Дата доступа: 15.09.2017.
4. Национальный атлас Беларуси. – Минск : Белкартография, 2002. – 292 с.

УДК 91:004

СЕТЕВОЙ АНАЛИЗ В ARCGIS. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА

А.В. КЛЕПЧА

(Представлено: П.Ф. ПАРАДНЯ)

Посвящается сетевому анализу пространственной информации на основе набора данных, созданного в соответствии с теорией графов на примере построения маршрутов в программной среде ArcGIS с использованием специализированного модуля Network Analyst.

В настоящее время люди больше путешествуют, открывают для себя новые города и страны. Находясь в неизвестном вам городе или стране, сталкиваемся с проблемой выбора маршрута к определенному объекту. В качестве таких объектов могут выступать различные точки интереса: парки, магазины, муниципальные объекты и др. Решающим фактором при этом являются затраты, понесённые на преодоление расстояния. Это может быть время, денежные средства и другие затратные единицы. И задача выбора оптимального маршрута становится достаточно актуальной.

Современные геоинформационные системы внедряют новые технологии пространственного анализа данных. В силу этого они служат мощным средством преобразования и синтеза разнообразных данных для задач управления. Программный комплекс ArcGIS является одним из представителей геоинформационных систем, который позволяет проводить сетевой анализ данных с использованием дополнительного модуля Network Analyst. Он позволяет создавать и управлять сложными наборами сетевых данных и решать задачи с помощью маршрутизации процессов [1].

ArcGIS Network Analyst – мощное средство для расчета и построения маршрутов транспортных средств, предоставляющее полноценную среду для пространственного анализа на основе данных по транспортным сетям (в том числе: анализ местоположений, анализ времени в пути, моделирование пространственного взаимодействия). С его помощью пользователи ArcGIS могут моделировать сценарии решения транспортных задач на основе реальных сетей [2].

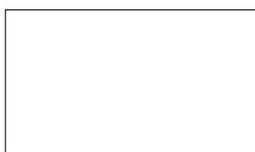
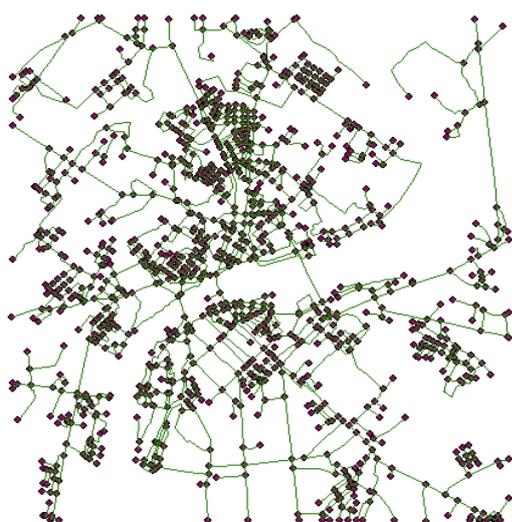
Применяя ArcGIS Network Analyst можно:

- провести анализ времени нахождения на маршруте,
- создать маршрут проезда по заданным пунктам,
- создать описание маршрута,
- определять области обслуживания,
- рассчитать кратчайший путь,
- выбрать оптимальный маршрут,
- найти ближайший пункт обслуживания,
- создать матрицу отправных и конечных пунктов.

ArcGIS Network Analyst позволяет решать широкий спектр задач на основе анализа географических сетей. Он существенно упрощает процесс выбора наиболее приемлемого маршрута, создание путевого листа, поиск ближайших объектов, определение области обслуживания на основе времени в пути и т.п. Для получения оптимального маршрута в Network Analyst включены расширенные возможности сетевой модели данных: сложные повороты, динамический импеданс, веса, барьеры, возможность работы в многопользовательском режиме, точная и иерархическая маршрутизация [2]. Модуль работает, анализируя набор сетевых данных, построенный в виде графа дорог. Граф $G = (V(G), E(G))$, где $V(G)$ – множество вершин графа G , а $E(G)$ – множество ребер графа G [3]. Таким образом, граф – G – это совокупность вершин, соединённых ребрами.

Граф дорог (рис. 1) – это набор векторных данных, состоящих из топологических связанных дуг и узлов, местоположение и свойства которых с заданной точностью и полнотой передают маршруты и организацию движения наземного транспорта. Выделяют три типа элементов графа: ребра (Edges), соединения (Junctions), повороты (Turns). Элементы графа дорог предназначены для использования в задачах по автоматизированной прокладке маршрутов между любыми заданными точками на графе. На этапе построения в семантические характеристики дуг и узлов записывается информация о связности сети и атрибуты для решения поисковых задач. Важной информацией в атрибутивной таблице являются сведения о длине ребра, время его прохождения, скорость движения, признак одностороннего движения, класс иерархии, название элементов.

Средства редактирования графа дорог предназначены для уточнения графа в местах многоуровневых развязок и формирования запретов поворотов. Пользователь имеет возможность вручную удалить, добавить узлы сети, заменить дугу с двусторонним движением на дугу с односторонним движением, провести распараллеливание дорог, создать дуги и развороты, сформировать на перекрестках запреты поворотов.



Поиск кратчайшего пути между точками осуществляется с учетом любых характеристик, записанных в дуги сети (тип дорог, скорость движения, количество проезжих частей). Кратчайший маршрут можно найти либо по минимальной длине пути, либо по минимальному времени прохождения маршрута. При этом имеется возможность исключения некоторых дуг, например, аварийных участков, из поиска с помощью барьеров [4]. Барьеры делятся на три типа геометрии и предназначены для моделирования временных изменений в сети. Они бывают точечные – ограничивающие и дополнительной стоимости, линейные – ограничивающие и масштабирующие стоимость, полигональные – ограничивающие и масштабирующие стоимость.

Network Analyst, анализируя затратные единицы, выбирает оптимальные ребра графа, на преодоление которых будет меньше затрат, и создает путь. Результаты поиска отображаются на карте в виде объекта – маршрута (рис. 2).



Рисунок 2. – Результаты расчёта маршрута разными способами

С учетом исходных данных был построен маршрут из указанных остановок. Функциональные возможности Network Analyst позволяют игнорировать порядковый номер остановки и строить оптимальный маршрут, посещая все точки интереса.

Существует множество разных функций в дополнительном модуле ArcGIS Network Analyst, которые позволяют учесть все необходимые характеристики для создания маршрута.

Преимуществом использования ArcGIS Network Analyst является оперативность решения задач, которая позволяет мгновенно моделировать ситуацию, с возможностью интерактивного добавления условий, и находить наиболее выгодное решение. Модуль строит матрицы стоимости достижения цели, позволяющие прогнозировать прохождение маршрута и рассчитывать затраты. Ещё одним плюсом Network Analyst является возможность использования его в интерактивном режиме, например, для согласования работы общественных служб.

Модуль Network Analyst может использоваться во многих областях деятельности в связи со своими многофункциональными возможностями. Он находит применение в логистике, экономике, строительстве, предпринимательской деятельности, в работе общественных служб и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Что такое модуль Network Analyst?-Справка | ArcGIS Desktop [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/analyze/arcpy-network-analyst/what-is-network-analyst-module.htm>. – Дата доступа: 14.09.2017.

2. ArcGIS Network Analyst. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nrtb.ru/products/arcgis_distrib/arcgis_modules/network_analyst.php. – Дата доступа: 14.09.2017г.
3. Татт, У. Теория графов / У. Татт ; пер. с англ. Г.П. Гаврилова. – М. : Мир, 1988. – 424 с.
4. ГИС ПАНОРАМА-Граф дорог. Создание, редактирование и поиск кратчайших маршрутов по графу сети. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gisinfo.ru/products/editroad.htm>. – Дата доступа: 14.09.2017.

УДК 528.381

**СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВТОРНОГО ВЫСОКОТОЧНОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ,
ВЫПОЛНЕННОГО КОМПЛЕКТАМИ ЦИФРОВЫХ НИВЕЛИРОВ TRIMBLE DINI 0.3
С РАЗНЫМИ ВЕРСИЯМИ ВСТРОЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ****Ю.А. ЧЕРКАС***(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.В. ЯЛТЫХОВ)*

В настоящее время, с развитием цифровых технологий все чаще при высокоточном геометрическом нивелировании применяют цифровые нивелиры. Внедрение в геодезическое производство нового высокоточного оборудования, ускоряющего процесс наблюдений и повышающего производительность труда, требует соответствующей организации контроля измерений. Основная задача контроля заключается в выявлении причин возникновения ошибок, заметно снижающих точность конечного результата. В работе сделана оценка точности повторного высокоточного нивелирования, выполненного комплектами цифрового нивелира Trimble Dini 0.3 на геодинимических полигонах Белоруссии. Сравниваются результаты, полученные аналогичными приборами, но с разными версиями программного обеспечения, и, следовательно, с разными методиками измерений на станции.

Изобретение электронных нивелиров в начале 90-х годов прошлого века способствовало вхождению нивелирования в новую эру. Его особенностью является автоматическое электронное считывание информации с кодированных реек, запись данных во внутреннюю память нивелира с дальнейшей передачей их для камеральной обработки на персональном компьютере.

В массовом производстве в достаточном количестве имеются электронные нивелиры, однако нет ни одного нормативного документа, определяющего порядок работы с этим типом инструментов. Традиционные методики, описанные в инструкциях, руководствах и т. п. создавались исходя из предпосылки превалярования действия случайных ошибок измерений, основным источником которых являлись процессы, связанные с личными ошибками исполнителей. Методика измерений, описанная в существующих инструкциях ориентирована на меры борьбы с ошибками, большинство из которых в цифровых приборах отсутствуют, однако на результаты начинают влиять систематические ошибки. В производстве получают невязки формально допустимые, но с превалярованием одного знака. Оптические нивелиры хотя и являются высокоточными механическими инструментами имеют довольно простое устройство, поэтому не составляет большого труда обнаружить конструкторские погрешности и устранить их, введя поправку за различие температуры реек при эталонировании на компараторе и при нивелировании, а также поправку за отличие средней длины метра комплекта реек от номинала.

Сегодня же производители до конца не раскрывают точность изготовления своей продукции главным образом из-за ее высокой цены. Нивелиры и рейки проверяются и калибруются на заводе изготовителе, там же вводятся поправки в программы измерений и все это держится в секрете в коммерческих целях. При этом у каждого производителя есть свой метод считывания информации с рейки, поэтому не имея специального оборудования нам пользователям не представляется возможным выявить и устранить существующие погрешности. [1].

Методика нивелирования I класса разработана таким образом, чтобы максимально уменьшить влияние случайных и систематических ошибок на измеренные превышения. Она изложена в инструкции по государственному нивелированию [2], в которой также даны основные допуски и требования к производству высокоточного нивелирования. Их надо неукоснительно соблюдать, т.к. для каждого требования существует теоретическая предпосылка.

Методика нивелирования I класса согласно инструкции по нивелированию требует, чтобы нивелирование I и II классов выполнялось в прямом и обратном направлениях, причем нивелирование I класса в каждом направлении прокладывается еще по двум парам костылей (левая и правая нивелировки). При нивелировании в прямом ходе на нечетной станции отсчеты начинаются с задней рейки, на четной – с передней. В обратном ходе, наоборот, на четной станции – с передней рейки, на нечетной – с задней. При этом, как в прямом ходе, так и обратном на каждой станции вначале берутся все отсчеты по левой паре костылей, затем – по правой.

Для сравнения результатов нивелирования будут взяты пять циклов наблюдений, выполненных на Полоцком геодинимическом полигоне (ГДП) с использованием комплекта цифрового нивелира Trimble Dini 0.3, имеющего старую версию встроенного программного обеспечения, и два цикла наблюдений, выполненных на ГДП Белорусской АЭС комплектом цифрового нивелира Trimble Dini 0.3, который имеет новую версию встроенного программного обеспечения, позволяющую работать по программе первого класса.

Методика высокоточного нивелирования при использовании цифрового электронного нивелира на Полоцком геодинимическом профиле отличалась от требований инструкции по нивелированию в следующем:

1) нивелирование выполняется только по одной паре костылей, так как работа электронных нивелиров в автоматическом режиме со старой версией программного обеспечения не предусматривает возможности нивелирования по двум парам костылей, но при двух горизонтах в каждом направлении (2 горизонта прямо, 2 горизонта обратно);

2) допуск на расхождение превышений на станции между двумя горизонтами был ужесточен до 0,3 мм (в I-ом классе допустимое расхождение превышения на станции 0,5 мм).

3) длина плеча допускалась не более 40 м (в I-ом классе не более 50 м).

Статистический анализ результатов нивелирования на Полоцком профиле был осуществлен для эпох 2006-2010 гг. по разностям превышений между первым и вторым горизонтам на станции для каждой секции. Результаты исследования представлены [3, 4].

Технология производства работ и допуски измерений при производстве измерений на ГДП Белорусской АЭС определялись требованиями инструкции [5].

Нивелирование I класса выполнено в прямом и обратном направлениях короткими лучами (до 30 м) при соблюдении равенства расстояний от нивелира до реек. В качестве переходных точек применялись штыри, костыли со сферической головкой с двумя разноуровневыми центрами, при прохождении по асфальтовому покрытию – массивные башмаки.

При нивелировании в прямом направлении (прямой ход) порядок наблюдений на станции:

- 1) отсчёт расстояния до задней рейки;
- 2) отсчёт по задней рейке нижнего центра;
- 3) отсчёт расстояния до передней рейки;
- 4) отсчёт по передней рейке нижнего центра;
- 5) отсчёт по передней рейке верхнего центра;
- 6) отсчёт по задней рейке верхнего центра;
- 7) отсчёт по передней рейке верхнего центра;
- 8) отсчёт по задней рейке верхнего центра;
- 9) отсчёт по задней рейке нижнего центра;
- 10) отсчёт по передней рейке нижнего центра.

Для контроля наблюдений на каждой станции подсчитывались превышения по верхнему и нижнему центрам. Разность превышений – не больше 0,15 мм. При нивелировании в обратном нивелировании порядок наблюдений соблюдается тот же, а нивелирные рейки менялись местами. Расхождение превышений прямого и обратного ходов по секции полученных как среднее из превышений по левой и правой линиям соответствующего направление, не превышали допуск 2 мм, где L – длина секции в км.

По левой линии нивелирования на нечетной и четной станциях отсчеты выполнялись в том же порядке, что и по правой. При нивелировании в обратном направлении наблюдения на нечетных станциях начинались с передней рейки, а на четных – с задней.

Высота луча визирования над подстилающей поверхностью допускалась не менее 0,5 м, согласно [5].

Согласно [5], выполнено четное число станций по каждой секции. На каждой станции подсчитывались значения превышений по наблюдениям при двух горизонтах нивелира. Не допускалось превышение этих расхождений более 0,15 мм. Если расхождение получалось больше допустимого, то измерения на станции повторялись, изменив при этом высоту инструмента не менее чем на 3 см.

При выполнении нивелирования контролировались полученные результаты по секциям. После выполнения прямого и обратного ходов подсчитывались расхождения средних превышений. Допуск не должен превышать, согласно техническому заданию, $2\sqrt{L}$ мм, где L – длина секции в км.

Принимая во внимания разную методику производства нивелирования на двух геодинимических полигонах, далее в статье произведён статистический анализ распределения разностей превышений между горизонтами для анализируемых эпох нивелирования на Полоцком профиле и анализ распределения разностей превышений между левой и правой нивелировками для эпохи нивелирования на геодинимическом полигоне Белорусской АЭС. Для каждого геодинимического полигона был составлен ряд разностей превышений за все эпохи. Исследуемые ряды исследовались на:

- 1) значимость систематического влияния;
- 2) наличие грубых погрешностей;
- 3) выявление неоднородности в исследуемом ряде;
- 4) выявление степени симметричности в исследуемом ряде.

При определении наличия значимых систематических погрешностей в ряде имеют место 2 случая: 1) известно истинное значение определяемой величины;

- 2) истинное значение величины не известно.

Пусть истинное значение измеряемой величины не известно. Тогда наличие в результатах наблюдений постоянной составляющей может быть выяснено по наиболее распространенному в геодезии критерию Аббе. Для этого выдвигаем гипотезу, что с вероятностью P в предложенном ряде отсутствует значимое систематическое влияние. По исследуемым величинам получаем практическую величину критерия (1):

$$\delta = \frac{\hat{\sigma}^2}{\sigma^2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{[d^2]}{[v^2]} \quad (1)$$

Являющуюся отношением двух оценок дисперсий, стандартные отклонения которых получены как (2):

$$\begin{cases} \sigma = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}} \\ \hat{\sigma} = \sqrt{\frac{[d^2]}{2(n-1)}} \end{cases} \quad (2)$$

В формулах (1-2) [...] – символ суммы Гаусса; $v_i = x_i - \bar{X}$ – отклонение i -той величины от среднего; $d_i = x_{i+1} - x_i$ – последовательные разности.

Для сравнения, по заданной вероятности P , числу степеней свободы n получают контрольную величину δ_{α} критерия Аббе. Тогда, при $\delta > \delta_{\alpha}$ принимается гипотеза об отсутствии систематической ошибки с вероятностью $P = 1 - \alpha$. (3)

$$\delta_{\alpha} = 1 + \frac{z_{\alpha}}{\sqrt{n + 0.5(1 + 2/n)}} \quad (3)$$

где z_{α} – квантиль уровня значимости $\alpha = 1 - P$ нормированного нормального распределения, n – число элементов в ряде [6].

На практике также часто используют критерий Смирнова-Граббса для выявления грубых погрешностей. Критерий дает вероятность выполнения выдвинутой гипотезы о том, что максимальное, или минимальное значение из ряда не являются грубыми погрешностями. Для этого по экстремальным значениям выборки X_{\max} и X_{\min} , среднему арифметическому \bar{X} и стандартному отклонению σ вычисляют предельные стандартизованные значения (4):

$$\begin{cases} T_{\max} = \frac{X_{\max} - \bar{X}}{\sigma} \\ T_{\min} = \frac{\bar{X} - X_{\min}}{\sigma} \end{cases} \quad (4)$$

Если $T_{\text{выч}} \leq G_n$, для максимального и минимального значения, то следует принять гипотезу об отсутствии в ряде грубых погрешностей, так как экстремальные значения не являются грубыми. Значения теоретической величины критерия G_n получают по заданному уровню значимости α и числу элементов в выборке n .

Значение G_n статистики критерия Смирнова-Граббса можно достаточно точно получить на основе формулы (5):

$$G_n = \frac{n-1}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{t_{\alpha}^2(\frac{n-2}{n})}{t_{\alpha}^2(\frac{n-2}{n}) + n - 2}} \quad (5)$$

где $t_{\alpha}(\frac{n-2}{n})$ – квантиль t -распределения Стьюдента с уровнем значимости α и 2 степенями свободы и n элементами в ряде [7].

Для выявления степени неоднородности (неравноточности) результатов измерений используем самый простой параметрический F -критерий Фишера. Для этого разобьем исследуемую выборку на две примерно одинаковые подвыборки и для каждой вычислим стандартные отклонения σ_1 и σ_2 . Тогда, если вычисленное значение статистики Фишера $F_{\text{выч}} < F_{\text{кр}}$ (критического значения критерия), то принимается гипотеза с вероятностью P об отсутствии значимой неравноточности в ряде исследуемых величин. Здесь величина $F_{\text{кр}}$ вычисляется по формуле 6, причем в числителе, не зависимо не от чего, должна быть большая дисперсия. Значение $F_{\text{кр}}$ ($n_1, n_2, (1+P)/2$) вычисляют для распределения Фишера по n_1 (для числителя) и n_2 (для знаменателя) степеням свободы и вероятности $(1+P)/2$.

$$F_{\text{выч}} = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} \quad (6)$$

Для выявления степени симметричности результатов измерений используем следующие рассуждения. Если ряд полностью симметричен и случаен, то число положительных ошибок X_+ практически точно равно числу отрицательных X_- . Тогда степень отличия разности этих значений от нуля и будет

характеризовать степень случайности и симметричности ряда измерений. Практически задача решается на основе статистики Т и квантиля нормального распределения Гаусса z для уровня значимости $\alpha/2$ (7):

$$|X_+ - X_-| < \sqrt{n} \cdot z_{(1-\frac{\alpha}{2})} \tag{7}$$

Таким образом, если неравенство (7) выполняется, то с вероятностью Р можно принять гипотезу о симметрии и случайности ряда исследуемых величин [8].

Результаты вычислений представлены в таблице.

Таблица. – Статистический анализ исследуемых рядов

Название параметра	Значение параметра для Полоцкого ГДП	Значение параметра для ГДП БелАЭС
Число разностей n	2752	3916
среднее \bar{X}	-0,032	-0,001
Сумма квадратов уклонения i- той величины от среднего [v ²]	32,296	26,084
Стандартное отклонение σ	0,108	0,082
Стандартное отклонение $\hat{\sigma}$	0,107	0,081
Критерий Аббе		
Сумма последовательных разностей [d]	62,499	51,498
Практическая величина критерия $\hat{\sigma}$	0,968	0,987
Квантиль уровня значимости ($\alpha = 1 - P$) $Z_{0.05}$	-1,645	-1,645
Контрольная величина критерия $\hat{\sigma}_\alpha$	0,969	0,974
Критерий Смирнова-Граббса		
Максимальное стандартизованное значение T_{max}	3,060	4,302
Минимальное стандартизованное значение T_{min}	3,308	3,906
Квантиль t-распределения Стюдента $t_{(n-2)}$	4,136	4,215
Значение статистики критерия Смирнова-Граббса G_n	4,123	4,205
F-критерий Фишера		
Стандартное отклонение σ_1	0,101	0,077
Стандартное отклонение σ_2	0,113	0,063
Вычисленное значение статистики Фишера $F_{выч}$	0,795	0,675
Критическое значение статистики Фишера $F_{кр}$	1,112	1,093
Степень симметричности		
Число положительных разностей X_+	1073	2002
Число отрицательных разностей X_-	1679	1914
квантиля нормального распределения Гаусса $z_{(1-\frac{\alpha}{2})}$	1,96	1,96
$\sqrt{n} \cdot z_{(1-\frac{\alpha}{2})}$	103	123
$ X_+ - X_- $	606	88

Для визуализации полученных результатов при исследовании погрешностей на соответствие их нормальному закону распределения воспользуемся графическим методом с построением гистограммы. Для графического сравнения на соответствие эмпирического распределения теоретическому нормальному закону, построим на гистограмме его теоретический график (гауссиану), вычисляя значения функции плотности **f** в **граничных точках g_i** (рис. 1, 2).

Гистограмма позволяет наглядно представить тенденции изменения измеряемых параметров качества объекта и зрительно оценить закон их распределения. Кроме того, гистограмма дает возможность быстро определить центр, разброс и форму распределения случайной величины.

Визуальный контроль полученных гистограмм показывает, что явных отклонений эмпирического представления закона распределения и его теоретического аналога для ГДП БелАЭС не наблюдается (рис. 1). Это свидетельствует о схожести эмпирического и нормального закона распределения для данного геодезического полигона. Анализ гистограммы Полоцкого ГДП показал на присутствие отклонений эмпирического представления закона распределения и его теоретического аналога (рис. 2). Так же

наблюдается преобладание отрицательных разностей, что согласуется с ранее проведёнными исследованиями (3, 4).

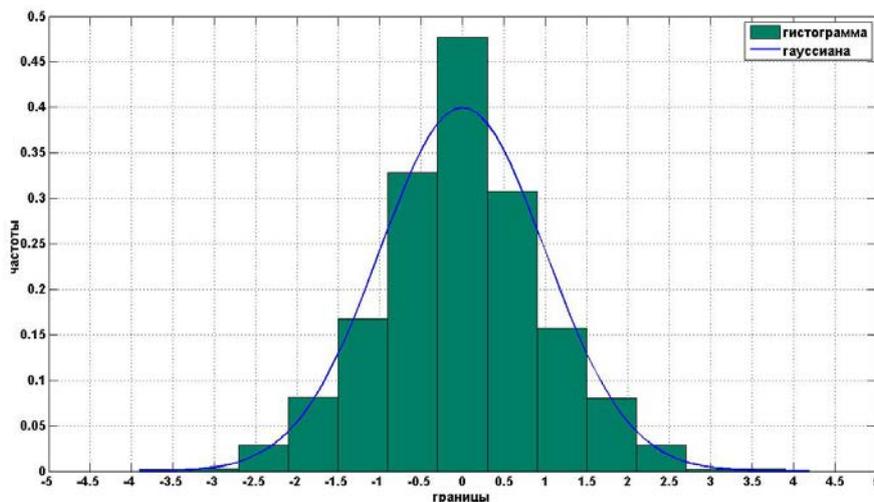


Рисунок 1. – Гистограмма распределения разностей превышений на станции на ГДП БелАЭС

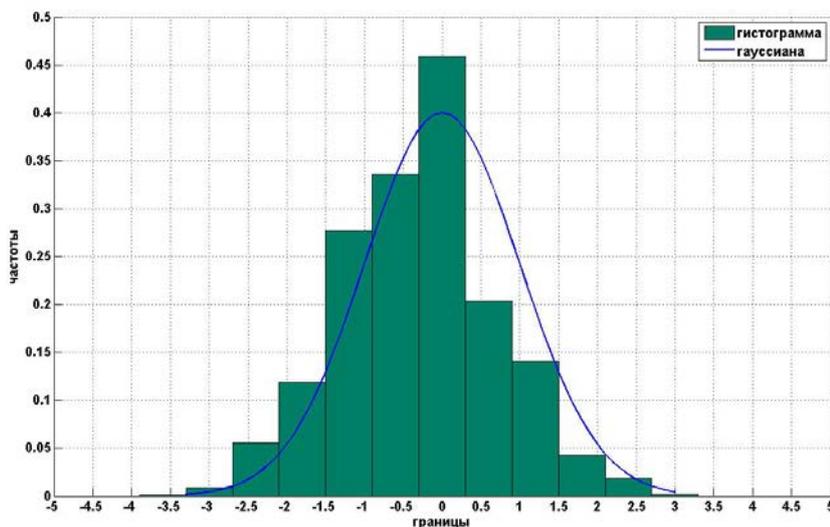


Рисунок 2. – Гистограмма распределения разностей превышений на станции на Полоцком ГДП.

Выводы. Полученные результаты статистического анализа высокоточного нивелирования электронным нивелиром Dini 0.3 на Полоцком геодинимическом полигоне, показали высокую точность результатов наблюдений. Однако разности превышений между первым и вторым горизонтами на станции указывают на присутствие в результатах измерений систематического искажения (согласно критерию Аббе и по степени симметричности). Соответственно принимаемая методика позволяет выполнять нивелирование с заданной точностью, однако она вносит в результаты наблюдений систематическое искажение.

Произведённый статистический анализ результатов нивелирования, выполненного по методике I класса на геодинимическом полигоне Белорусской АЭС, показал:

- 1) согласно критерию Аббе в исследуемом ряде отсутствует значимая систематическая составляющая;
- 2) максимальное значение ряда на 2,3% превысило допустимое значение согласно критерию Смирнова-Граббса, что говорит о присутствии в исследуемом ряде ошибок, близких к грубым;
- 3) в ряде отсутствует значимая неравноточность согласно F-критерию Фишера;
- 4) исследуемый ряд является симметричным.

Следовательно, принимая во внимание результаты анализа и построенные гистограммы можно сделать вывод об отсутствии в результатах нивелирования, выполненного комплектом цифрового нивелира по методике I класса, какого-либо систематического искажения. Таким образом, методика измере-

ний, примененная на геодинимическом полигоне Белорусской АЭС, является более оптимальной и позволяет выполнить измерения с меньшим значением систематической составляющей, что в конечном счете приводит к повышению точности полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Забогонский, С.А. Применение электронных нивелиров при высокоточных измерениях / С.А. Забогонский // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. – 2011. – № 2. – С. 21–22.
2. Государственная нивелирная сеть Республики Беларусь. Порядок создания : ТКП 166 - 2008. – Минск, 2008. – 83 с.
3. Багрова, М.А. Анализ результатов высокоточного нивелирования, полученных электронным цифровым нивелиром / М.А. Багрова, Ю.А. Черкас // Труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета. Строительство. – 2013. – № 67. – С. 182–186.
4. Багрова, М.А. Анализ применения электронных нивелиров при исследовании деформаций земной коры / М.А. Багрова, Ю.А. Черкас // Труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета. Строительство. – 2013. – № 67. – С. 186–187.
5. ГКИНП (ГНТА) Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов. – М., ЦНИИГАиК, 2003.
6. Видуев, Н.Г. Теория математической обработки геодезических измерений / Н.Г. Видуев, А.Г. Григоренко. – Киев : Вища школа, 1978. – 356 с.
7. Большаков, В.Д. Практикум по теории математической обработке геодезических измерений / В.Д. Большаков, Ю.И. Маркузе. – М. : Недра, 1984. – 412 с.
8. Смирнов, Н.В. Теория вероятностей и математическая статистика в приложении к геодезии / Н.В. Смирнов, Д.А. Белугин. – М. : Недра, 1969. – 276 с.

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА

<i>Василевская В.В.</i> Архитектура костёла Успения Девы Марии г. Миоры	3
<i>Василевская В.В.</i> Культовая архитектура исторического центра г. Глубокое	6
<i>Вериго М.А.</i> Реконструкция города Могилева в послевоенный период (1944–1954 гг.)	9
<i>Вериго М.А.</i> Реконструкция города Витебска с 1944 по 1954 года	12
<i>Лысиков К.Г., Хомкова Е.И.</i> Влияние романской архитектуры на зодчество Черниговского княжества в XII–XIII вв.	15
<i>Лысиков К.Г., Хомкова Е.И.</i> Элементы романики в архитектуре церкви Федора Стратилата на Ручью (г. Новгород)	18
<i>Кулакова А.В., Евстратова П.О.</i> Дворец в Поставах	21
<i>Евстратова П.О., Кулакова А.В.</i> Костел Святого Иоанна Крестителя в Камах, Поставский район	24
<i>Кашиникова В.П.</i> Исторические аспекты жилищного строительства на примере города Могилёва	26
<i>Кашиникова В.П.</i> Формирование планировки и застройки города Могилёва	29
<i>Тяпко Т.О.</i> Создание общественных пространств на территории набережной как наиболее эффективный способ повышения ее репрезентативности	33
<i>Тяпко Т.О.</i> Роль и функции малых архитектурных форм при организации пространства набережной	36
<i>Тяпко Т.О.</i> Особенности проектирования набережных. Отечественный и зарубежный опыт проектирования	40
<i>Шавлис М.К.</i> Памятники деревянного зодчества северной Гродненщины как составляющие туристско-рекреационного кластера	45
<i>Шавлис М.К.</i> Памятники каменного зодчества северной Гродненщины как составляющие туристско-рекреационного кластера	49
<i>Ярмош О.Ю.</i> Влияние торгово-развлекательных центров на градостроительную ситуацию	52
<i>Фёдорова А.В., Рябцева Т.С.</i> Особенности восприятия и аспекты влияния цвета на состояние человека	55
<i>Фёдорова А.В., Рябцева Т.С.</i> Методы формирования колористической среды города	58
<i>Фёдорова А.В., Рябцева Т.С.</i> Формирование цветокомпозиционных решений фасадов жилых домов на примере г. Новополюцка	62

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

<i>Катульская А.С.</i> Применение шлама водоподготовки для получения минеральных вяжущих веществ	65
<i>Камеко О.А.</i> Фибробетон: композитный материал нового поколения	68
<i>Савченко И.О., Хлебкович Е.А.</i> Сравнительный анализ звукоизоляционных материалов	72
<i>Монич С.А.</i> Использование зеленых насаждений в экстерьере и интерьере зданий различного назначения	74
<i>Монич С.А.</i> Оптимизация системы орошения фитомодуля при вертикальном озеленении интерьера	77
<i>Монич С.А.</i> Особенности конструктивного решения вертикального озеленения при реализации дизайн-проекта интерьера	81
<i>Коришанова М.С.</i> К вопросу о повышении скорости набора пластической прочности пенобетоном	84
<i>Коришанова М.С.</i> К вопросу о применении пенобетона и ЛСТК	87
<i>Романовский С.А.</i> Изучение микроструктуры очеса волокна льна методом световой микроскопии	90
<i>Романовский С.А.</i> Применение электронной микроскопии для изучения микроструктуры волокна коры масличной пальмы	93
<i>Должонок А.В., Романовский С.А.</i> Влияние микроструктуры бамбука на прочностные и теплотехнические характеристики стенового материала	96
<i>Задора П.А.</i> Критерии пригодности зол ТЭС для производства стеновых керамических материалов ...	100
<i>Задора П.А.</i> Направления энергосбережения при производстве керамического кирпича	103
<i>Хватынец В.А.</i> Прочность и плотность пенобетонов, армированных отходами стеклотекстиля	106
<i>Хватынец В.А.</i> Эффективность применения фибры в пенобетонах неавтоклавного твердения	109

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

<i>Гарунович В.С.</i> Прочность и трещиностойкость центрально сжатых железобетонных элементов с механическими стыковыми соединениями стержневой арматуры	112
<i>Гарунович В.С.</i> Прочность механического муфтового соединения стержневой арматуры	115
<i>Гарунович В.С.</i> Методы усиления оснований и фундаментов существующих зданий	117
<i>Гарунович В.С.</i> Усиление фундаментов существующих зданий винтовыми сваями в защитной среде цементного раствора	119
<i>Пинчук Е.В., Казинец В.Г.</i> Перспективы применения большепролетных плит безопалубочного формования	121
<i>Козьянина Т.Г.</i> Определение несущей способности плит перекрытия на основании прочностных параметров материалов, полученных неразрушающими методами контроля	125
<i>Козьянина Т.Г.</i> Определение прочностных характеристик арматуры и бетона при обследовании конструкций реконструируемых зданий	127
<i>Костюрина К.А.</i> Влияние типов поверхности на прочность контактного шва составных бетонных и железобетонных конструкций	130
<i>Костюрина К.А.</i> Использование прослоек на основе модифицированных цементных систем в составных железобетонных конструкциях	132
<i>Лазовская И.В.</i> Изучение свойств и особенностей производства серобетона в сравнении с традиционными бетонами	135
<i>Савченко И.О., Шуранов Д.А.</i> Акустическая камера	138
<i>Мелехова В.В.</i> Сцепление составных бетонных и железобетонных конструкций, модифицированных гиперпластификатором в зоне контактного шва	140
<i>Мелехова В.В.</i> Определение оптимального количества добавки в бетон для обеспечения прочности составной бетонной конструкции в зоне контактного шва	142
<i>Мелехова В.В.</i> Влияние пропитки бетона на надёжное сцепление составных бетонных и железобетонных конструкций в зоне контактного шва	145
<i>Давыденко И.А.</i> Численный метод расчета тонкостенных призматических стержней открытого профиля с наклонными ребрами жесткости	148
<i>Войтешонок Н.А., Кукор Е.К.</i> О дифференциальном уравнении изгиба сжато-изогнутого стержня с учетом разномодульности материала	156
<i>Войтешонок Н.А., Кукор Е.К.</i> Единичные параметры напряженно-деформированного состояния сжато-изогнутых стержней с учетом разномодульности материала	159
<i>Карагозян Г.А., Куриленко О.А.</i> О дифференциальном уравнении изгиба балки на сплошном упругом основании с учетом разномодульности материала	162
<i>Карагозян Г.А., Куриленко О.А.</i> Расчет длинных балок на упругом основании с учетом разномодульности конструкционного материала	165
<i>Карагозян Г.А., Куриленко О.А.</i> Расчет коротких балок на сплошном упругом основании с учетом разномодульности конструкционного материала	168
<i>Артемянок В.В., Краснов Д.А.</i> Влияние анизотропии на прочностные характеристики грунта при испытании в приборе одноплоскостного среза	172
<i>Артемянок В.В., Краснов Д.А.</i> Расчет фундаментов распорных сооружений с учётом анизотропии прочностных свойств	175
<i>Ковалева А.В., Шапкина А.Ю.</i> Сравнительный анализ расчета несущей способности свай по методу релаксации напряжений и европейским нормам	177
<i>Ковалева А.В., Шапкина А.Ю.</i> Проведение ускоренных полевых испытаний свай статической вдавливающей нагрузкой методом релаксации напряжений в грунтовых условиях витебской области РБ	180
<i>Волков С.М., Савич М.А.</i> Особенности расчета несущей способности столбчатых фундаментов по нормам Республики Беларусь и Eurocode 7 «Geotechnical Design» (Part 1)	183
<i>Волков С.М., Савич М.А.</i> Расчет по несущей способности ленточных фундаментов по нормам Республики Беларусь и Eurocode 7 «Geotechnical Design» (Part 1)	187

ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

<i>Никифорова К.Д., Василевич Н.А.</i> Конструктивные усовершенствования в системах тепловоздухоснабжения герметичных зданий	191
<i>Василевич Н.А., Никифорова К.Д.</i> Методика экспериментальных исследований защитных устройств от тепловых воздействий	194

Василевич Н.А., Никифорова К.Д. Моделирование аэродинамических и тепломассообменных процессов при аэрации цехов с теплоизбытками	196
Василевич Н.А., Никифорова К.Д. Нормализация работы вытяжных систем вентиляции зданий с герметичными ограждениями	198
Зализко Е.Н. Проблемы естественной убыли при приёмке, перевалке и хранении нефти и нефтепродуктов морским и железнодорожным транспортом	201
Коврижных В.С. Применение гидротурбин для получения электроэнергии на магистральном нефтепроводе	204
Пшеничнюк В.А. Экономический эффект от использования текстильных воздуховодов для обеспечения микроклимата помещений	206

ГЕОДЕЗИЯ

Вильчинская А.В., Рудько Д.С. Создание трёхмерных моделей пространственных объектов в программном продукте Agisoft Photoscan	209
Вильчинская А.В., Рудько Д.С. Трёхмерное моделирование объектов на основе фотографической съёмки	212
Клепча А.В. Использование Arcgis Network Analyst для построения зон обслуживания МЧС города Могилева	214
Клепча А.В. Сетевой анализ в Arcgis. Выбор оптимального маршрута	217
Черкас Ю.А. Сравнение результатов повторного высокоточного нивелирования, выполненного комплектами цифровых нивелиров Trimble Dini 0.3 с разными версиями встроенного программного обеспечения	220