

Государственное образовательное учреждение
Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко
Бендерский политехнический филиал



НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ВЕДОМОСТИ»

БЕНДЕРСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ФИЛИАЛА
ПРИДНЕСТРОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА им. Т.Г. ШЕВЧЕНКО»

*№ 1(3)/2022г.,
в рамках работы Научно-образовательного центра
ПГУ им.Т.Г. Шевченко в г. Бендеры*

г. Бендеры

Редакционная коллегия

Капитальчук И.П., проректор по научно-инновационной работе ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко», к.геогр.н., доцент

Иванова С.С., директор БПФ ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко» (*ответственный редактор*)

Цынцарь А.Л., зам. директора по научной работе, к.психол.н., доцент БПФ ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко» (*зам. ответственного редактора*)

Гатанюк Е.В., методист Отдела по научной и учебно-исследовательской работе БПФ ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко» (*ответственный секретарь*)

Дмитриева Н.В., зав. кафедрой «Строительная инженерия и экономика», доцент БПФ ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко», к.т.н.

Барабаш М.В., доцент кафедры «Архитектурного и средового проектирования Академии архитектуры и искусств» ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», к.арх.н.

Корсак М.В., доцент кафедры «Архитектура и дизайн» БПФ ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко», к.ф.н.

Кравченко С.А., доцент «Одесской государственной академии строительства и архитектуры», к.т.н.

Дудник А.В., ст. преподаватель кафедры «Строительной инженерии и экономики» БПФ ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко»

Обложка

Долгих Д.Ф., ст. преподаватель кафедры «Архитектура и дизайн» БПФ ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»

За содержание публикаций ответственность несут авторы.

Журнал публикует статьи по следующим направлениям:

- Технические науки: теория и практика (проблемы, реалии и перспективы развития).
- Актуальные проблемы преподавания гуманитарных наук в техническом вузе и вузе.
- Наш вклад в науку (научные работы студентов, магистрантов, аспирантов).

Рекомендовано:

Научной комиссией БПФ ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»
Ученым советом БПФ ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»
Научно-координационным советом ПГУ им.Т.Г. Шевченко

ISSN 2587-3849



9 772587 384002 >

Уважаемые читатели!

Известно, что повышение уровня научной квалификации — это длительный процесс, включающий свои победы и поражения. Научно-исследовательская работа в ВУЗе способствует раскрытию и накоплению интеллектуального потенциала профессорско-преподавательского состава, развитию и совершенствованию его педагогического и профессионального опыта и углублению научных интересов инженеров-исследователей. Результат, с одной стороны - совершенствование научно-исследовательской работы, который обуславливает выработку и апробацию инновационных методов расчета, проектирования и возведения зданий и сооружений, а с другой стороны - стимулирует к прорывам в области научных исследований, формированию научного потенциала, развитию научных направлений, достижению конкретных научных результатов, наконец, внедрение и апробация современных методов и форм проектирования. Возведения зданий и сооружений с применением инновационных материалов и технологий в строительстве.

Научно-исследовательская работа студентов является важным фактором при подготовке будущего инженера. Совершенствоваться нужно как молодым, так и опытным исследователям.

Этот выпуск Научно-практического Журнала «Научно-технические ведомости» посвящен комплексному теоретическому осмыслению научных проблем строительной отрасли и путей их решения. Журнал содержит научные публикации преподавателей и магистрантов Бендерского политехнического филиала ГОУ «Приднестровский государственный университет им.Т.Г. Шевченко», отражающих их научные интересы, результаты исследований и практический опыт региона в развитии и внедрении инноваций в области строительства и реконструкции зданий и сооружений. Материалы представляют интерес для научных сотрудников, преподавателей, студентов, аспирантов и всех интересующихся проблемами проектирования, возведения и реконструкции зданий и сооружений, содержащимися в нем выводами и практическими рекомендациями по результатам, проведённых исследований с применением современных строительных материалов и технологий.

**С уважением,
Директор БПФ ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»**

С.С. Иванова

УДК 691:620.18

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНО-ДРЕВЕСНЫХ ПОКРЫТИЙ

Вудвуд Максим Русланович

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»
преподаватель; г. Бендеры, Приднестровье
e-mail: max-vudvud@mail.ru

Дмитриева Нина Викторовна

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»
к.т.н., доцент; г. Бендеры, Приднестровье
e-mail: dmitrieva.nv76@gmail.com

***Аннотация.** Исследование свойств цементно-древесных покрытий, для расширения области использования древесных отходов в строительстве. Используется системный подход к анализу, обобщению и классификации известных строительных материалов на основе отходов деревоперерабатывающей промышленности. На основе полученных результатов можно сделать вывод, что использование строительных материалов на основе древесных отходов актуально.*

***Ключевые слова:** цементно-древесные покрытия, ресурсосбережение, опилки, жидкое стекло, элементы мощения.*

STUDIES OF STRENGTH PROPERTIES CEMENT AND WOOD COATINGS

***Annotation.** The aim of the work is to investigate the properties of cement-wood coatings, to expand the use of wood waste in construction. A systematic approach to the analysis, generalization and classification of known construction materials based on wood waste is used. On the basis of the results, it can be concluded that the use of construction materials based on wood waste is relevant.*

***Keywords:** cement-wood coatings, resource saving, awdust, liquid glass, paving elements.*

В виду ограниченности природных ресурсов, затрачиваемых на изготовление строительных материалов и изделий, чрезвычайно актуальной проблемой XXI века является ресурсосбережение и повышение эффективности использования отходов производств для изготовления строительных материалов. Минимизация использования природных ресурсов и использования отходов, дает значительный эффект ресурсосбережения, улучшение экологии, позволяет экономить и делает жилье более качественным, комфортным и экологичным.

Потребление древесины для производства строительных материалов показывает, что заготовка и переработка протекает с огромными потерями. До 55% перерабатываемой древесины составляют отходы, большая часть из них сжигается или направляется в отвал. Данные отходы могут являются ценным сырьем для производства множества строительных материалов. Поэтому вторичное использование отходов древесины набирает обороты, что позволяет удовлетворить потребность строительства во многих конструктивных и теплоизоляционных материалах [4].

Новые исследования и технологии в этой области ориентированы на переработку древесных отходов с получением высокоэффективного, экологически чистого

композиционного материала, обладающего повышенными теплофизическими и прочностными показателями.

Одним из современных направлений в архитектурно-ландшафтном дизайне является устройство эксплуатируемых кровель. Покрытия эксплуатируемых кровель в виде террас, смотровых, спортивных площадок, летних кафе подвергается воздействию пешеходных нагрузок и оборудования.

Цель исследований представленных результатов, являлась получение покрытий эксплуатируемой кровли на основе древесных отходов, обладающих малым весом, требуемыми прочностными и теплоизоляционными показателями.

Изучение этих вопросов и разработка теоретических подходов в расчёте и прогнозировании прочностных свойств представляются нам актуальной задачей в области проектирования и изготовления для реальных условий эксплуатации цементно-древесных материалов и изделий на их основе.

Цементно-древесные покрытия — это изделия в основу которых входят такие составляющие как измельченная древесина, ее отходы (в качестве армирующего наполнителя) и связующее вещество цемент.

Прочность — показатель, свидетельствующий о способности материала оказывать сопротивление естественному разрушению, а также необратимому изменению в виде пластической деформации при воздействии внешних нагрузок. Из основных характеристик выделяют следующие [5]:

- предел прочности;
- предел текучести;
- относительное удлинение;
- ударная вязкость;
- модуль упругости.

Согласно ГОСТ 26816-2016[1], цементно - стружечная плита (ЦПС) – это композитный листовой материал, созданный из смеси древесных стружек с цементом.

- цемент – 70%; (марки М500)
- стружка – 20%; (средней и мелкой фракции)
- вода – 8—9%; (очищенная)
- минерализующие и гидратационные добавки, – 2—3%. (жидкое стекло + сульфат алюминия), так же могут использовать хлористый кальций, сернокислый алюминий, хлористый алюминий, силикаты натрия).

Экспериментальные исследования включали в себя несколько этапов: методологический, подготовительный, экспериментальный, численно-аналитический.

Методологический этап включал в себя планирование эксперимента, выбор факторов и уровней варьирования. Использование теории планирования сокращенного эксперимента позволяет проведение достаточного количества экспериментов для качественной и количественной оценки влияния основных исследуемых факторов и их совокупности на исследуемые показатели [2].

Ожидаемые закономерности и связи в исследовании являются нелинейными, где причины и следствия неизмеримы, и описываются с помощью дифференциальных уравнений.

В качестве факторов варьирования принято соотношение количества следующих компонентов цементно-древесной смеси: древесной стружки, вяжущего (цемент М400 Рыбницкого цементного завода) и жидкого стекла, приведённых в таблице №1.

Таблица №1. Уровни варьирования факторов.

	X1, количество цемента, %	X2, количество стружки, %	X3, количество жидкого стекла в % соотношении от массы цемента
-	60	15	10
0	70	20	15
+	80	25	20

В соответствии с теорией планирования эксперимента, которая предполагает, что варьируемые факторы должны находиться в диапазоне -1; 0; + 1. При этом X_i , которое обозначается как -1 соответствует минимальному значению фактора, X_i обозначаемое 1 – максимальному значению, а X_i обозначаемое 0 – среднее значение этих факторов [3]. Уровни варьирования варьируются с одинаковым шагом. Среднее значение факторов принято по количеству компонентов эталонного состава ЦСП согласно ГОСТ 26816-2016.

Варьируемые факторы варьировались в следующем количественном соотношении: цемент (X1) - 10% от эталона; древесная стружка (X2) - 5% от эталона; жидкое стекло (X3) - 5%, мл от массы цемента(X1).

Для проведения эксперимента с тремя независимыми факторами был выбран план, число опытов в котором 15. План эксперимента заключался в исследовании 15 серий образцов, таблица №2.

При расчете экспериментально-статистических моделей принимается ошибка эксперимента в 6 % от максимального значения или меньше.

В соответствии с принятым планом численного эксперимента изготовлено 15 серий образцов.

Подготовительный этап проведения эксперимента заключался в подготовке и взвешиванию всех компонентов смеси и расчёту объёма смеси на 3 образца одной серии. Древесная стружка подвергалась дроблению до необходимого размера (рис. 1). Затем стружка просеивается через два сита, где древесная фракция более мелкого помола отсеивается.

Древесные стружки после просеивания и обработки смешиваются с цементом и водой. Предварительно в воде затворения растворяются все добавки, которые влияют на удобоукладываемость, прочностные и абсорбирующие показатели. После забивки форм цементно-древесной смесью, уплотнялись на вибростоле.



Рис. 1. Фракции заполнителя древесностружечные опилки.

Таблица №2. План эксперимента

	X1	X2	X3	Цемент%	Стружка%	Жидк.Стекло%
1	+	+	+	80	25	20
2	+	+	-	80	25	10
3	+	-	+	80	15	20
4	-	+	+	60	25	20
5	+	-	-	80	15	10
6	-	+	-	60	25	10
7	-	-	+	60	15	20
8	-	-	-	60	15	10
9	+	0	0	80	20	15
10	-	0	0	60	20	15
11	0	+	0	70	25	15
12	0	-	0	70	15	15
13	0	0	+	70	20	20
14	0	0	-	70	20	10
15	0	0	0	70	20	15

Исходя из объёмного веса 1 м³ бетона определили вес каждого компонента в составе бетона, согласно плану эксперимента. Испытания проводились с использованием гидравлического пресса на 10 тонн ПСУ-125 (рис.2).



Рис. 2. Необходимое оборудование вибростол, гидравлический стол.

Для изготовления образцов применялись формы (рис. 3) следующих размеров: длина (а) - 160мм; ширина (b) - 160мм; высота(с) - 40 мм.



Рис. 3. Формы для изготовления образцов.

При испытании образцов на прочности при возникновении первой деформации в тот момент останавливали пресс и фиксировались данные приложенной силы на сжатие к образцу. Предварительно перед началом всех испытаний проводились измерения плоскостей и граней каждого образца с вычислением площади.

Для улучшения наглядности было принято решение о ранжировании результатов испытаний по групповым признакам согласно, количества компонентов в процентном соотношении.

Первая группа — по количеству жидкого стекла.

Исходя из данного графика (рис. 4) видно, что при минимальном уровне варьировании фактора X3 наиболее высокие прочностные показатели показали образцы 2 и 8 серий. При введении в состав 10% жидкого стекла образцы 2-й серии показали прочность в среднем на 20 кПа больше по сравнению с образцами 8 серии, а по сравнению с 6-й серией - на 70. Образец 5-й серии не подвергался испытанию на прочность в связи с дефектами, полученными при изъятии образца из формы.



Рис. 4. График зависимости прочности ЦДП от процентного содержания жидкого стекла (10%).



Рис. 5. График зависимости прочности ЦДП от процентного содержания жидкого стекла (15%).

Анализ диаграммы, приведённой на рис.5, показал, что при введении 15% жидкого стекла в цементно-древесную смесь, двенадцатая серия показала наивысшие показатели, что составляет в среднем 112 кПа. По сравнению с другими сериями, то этот показатель выше в среднем на 20-40 кПа.



Рис. 6. График зависимости прочности ЦДП от процентного содержания жидкого стекла (20%).

Исходя из данного графика видно, что при увеличении процентного содержания жидкого стекла в составе ЦДП до 20% прочность образцов не увеличивается в некоторых сериях уменьшается по сравнению с введением 15 и 10 % жидкого стекла.

Тринадцатая серия показала наивысшие показатели, но не на всех образцах они одинаковы. Наиболее высокие показатели прочности показали образцы ЦДП, в состав которых вводилось 15 % жидкого стекла – от 70-121 Кпа.

Вторая группа — это по количеству цемента.



Рис. 7. График зависимости прочности на сжатие от количества цемента в составе 80%.

Данный график описывает прочность на сжатие при содержании в растворе 80% цемента. Наблюдаем, что вторая серия показала наивысшие показатели. Образцы 3.1 и 5.3 были забракованы, так как получили трещину при изъятии из формы.



Рис. 8. График зависимости прочности на сжатие от количества цемента в составе 60%.

При содержании 60% цемента в составе в 4 и 6 серии показатели колеблются в диапазоне от 22 до 36 кПа. Самый высокий показатель у образца 10.1 - 98 кПа, но образцы из той же серии показали результат на 20-30 кПа меньше.



Рис. 9. График зависимости прочности на сжатие от количества цемента в составе 70%.

Исходя из данного графика, можно сделать вывод, что при наличии 70% цемента двенадцатая серия показала наивысшие показатели. Но мы видим, что в остальных сериях, где по 70% цемента в составе по одному образцу показывают прочность на сжатие в 2-3 раза хуже, чем образцы из той же серии.

Третья группа — это по количеству древесного компонента.



Рис.10. 15% стружки в составе.

Исходя из данного графика, можно сделать вывод, что при введении в цементный состав 15% стружки максимальную прочность на сжатие показали образцы 12 серии. Но стоит заметить, что у восьмой серии показатели хоть и ниже, но примерно на одном уровне и нет резких перепадов.



Рис. 11. 20% стружки в составе.

Исходя из данного графика, можно сделать вывод, что при наличии 20% стружки десятая серия показала наивысшие показатели.



Рис. 12. 25% стружки в составе.

Исходя из данного графика, можно сделать вывод, что при наличии 25% стружки вторая и одиннадцатая серия показала наивысшие показатели. Серия 4 показала стабильные показатели, как и шестая серия. В первой серии один из образцов показал в 2.5 меньше, чем остальные два образца, что не может нас не заинтересовать.

Вывод. В результате экспериментальных исследований определены закономерности изменения показателя прочности от количественного состава компонентов в ЦДП: 15% жидкого стекла, 15% древесной стружки и 70% цента, что соответствует составу образцов 12 серии эксперимента.

Результаты исследований прочностных характеристик цементно-древесных покрытий на основе отходов деревопереработки с использованием сырьевой базы Приднестровья позволили рекомендовать их для устройства эксплуатируемых кровель.

Литература

- ГОСТ 26816-2016 Плиты цементно-стружечные. Технические условия
- Вознесенский, В.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / В. А. Вознесенский, Т. В. Ляшенко, Б.Л. Огарков. – К. : Вища шк., 1989. – 328 с.
- Вознесенский, В.А. Принятие решений по статистическим моделям / В.А. Вознесенский, А.Ф. Ковальчук. – М.: Статистика, 1978. – 192 с.
- [Интернет-ресурс] <https://teplostroy.org/articles/chto-takoe-tssp-oblast-primeneniya-tssp/>
- [Интернет-ресурс] <https://srbu.ru/stroitelnye-materialy/1544-tssp-plita-kharakteristiki-i-primenenie.html>

УДК 666.97.033.14

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ТОРКРЕТИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Гулыч Николай Николаевич

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»
магистрант; г. Бендеры, Приднестровье

Кирилук Станислав Владимирович

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»
к.т.н., доцент; г. Бендеры, Приднестровье

e-mail: kirilstani@ukr.net

Аннотация. В статье описаны свойства материала для ремонта бетонных конструкций. Применяется мелкозернистый торкрет-бетон класса по прочности на сжатие не ниже того, что был принят для старого бетона. Из способов технологии торкретирования для укладки с интенсивным уплотнением мелкозернистых бетонных смесей при ремонте бетонных конструкций наиболее эффективным является способ мокрого торкретирования. При ремонте способом мокрого торкретирования обеспечиваются не только необходимые показатели качества по прочности мелкозернистого торкрет-бетона и высокая адгезия с бетонной поверхностью ремонтируемых конструкций, но и минимальные потери мелкозернистой бетонной смеси в процессе торкретирования.

Ключевые слова: торкретирование, мокрый способ, торкрет-бетон, адгезия, ремонт бетона, состав смеси.

STUDY OF THE SHOTCRETING METHOD FOR REPAIR WORKS OF CONCRETE STRUCTURES

Annotation. The article describes the properties of the material for the repair of concrete structures. Fine-grained shotcrete of a compressive strength class not lower than that adopted for old concrete is used. Of the methods of shotcrete technology for laying with intensive compaction of fine-grained concrete mixtures in the repair of concrete structures, the most effective method is wet shotcrete. When repairing by the method of wet shotcrete, not only the necessary quality indicators for the strength of fine-grained shotcrete and high adhesion with the concrete surface of the repaired structures are provided, but also minimal loss of fine-grained concrete mix during shotcrete.

Keywords: shotcrete, wet method, shotcrete, adhesion, concrete repair, mixture composition.

Способ мокрого торкретирования на полвека моложе способа сухого торкретирования [1-4]. Его появление было обусловлено, прежде всего, возникновением модифицирующих бетонную смесь добавок в результате развития строительной химии. При этом способе готовая (затворённая) бетонная смесь подаётся в установку «мокрого» торкретирования (бетононасос или растворонасос) и гидравлическим способом (сплошным потоком) или пневматическим способом (с помощью сжатого воздуха) подаётся по шлангу к соплу. К соплу по другому шлангу при гидравлическом способе подаётся сжатый воздух, при помощи которого сплошной поток смеси разбивается, ускоряется и с динамическим усилием укладывается на бетонируемой поверхности или полость конструкции. В этом

случае скорость, с которой производится набрызг, существенно ниже (70÷90 м/с). При способе мокрого торкретирования количество отскока снижается до 10 % [4].

При способе мокрого торкретирования высокое качество торкретбетона достигается как введением модифицирующих добавок в свежеприготовленную бетонную смесь, так и технологическими особенностями технологии торкретирования:

- возможность получения высокой адгезии торкретбетона к бетонируемой поверхности в результате нанесения на поверхность готовой бетонной смеси с большой скоростью;
- возможность регулирования толщины слоя торкрета путем введения в свежеприготовленную бетонную смесь ускорителей схватывания;
- возможность регулирования подвижности бетонной смеси для торкретирования путем введения при ее приготовлении пластификаторов и суперпластификаторов при сохранении необходимого водоцементного отношения.

Способ мокрого торкретирования в большей степени, чем способ сухого торкретирования, соответствует индустриальному методу производства работ. Бетонная смесь может приготавливаться на специализированных предприятиях или бетонных узлах на строительной площадке, а главное, квалификация сопловщика при торкретировании играет менее важную роль [5].

Монолитность нового ремонтного бетона необходима в первую очередь для обеспечения ее защитных свойств, позволяющих защитить основной бетон, как от атмосферных воздействий при их расположении выше нулевой отметки, так и от агрессивных грунтовых вод при расположении бетонных конструкций в подземной части здания или сооружения [6, 7, 8].

Условие надежной монолитности соединения нового и основного бетонов количественно может быть записано следующим образом:

$$f_{stk}^k > f_{stk}^c > f_{stk}^o \quad \text{или} \quad f_{stk}^k > f_{stk}^o > f_{stk}^c, \quad (2.1)$$

где f_{stk}^k – предел прочности при растяжении контакта бетона с поверхностью основного бетона;

f_{stk}^c – предел прочности при растяжении нового бетона;

f_{stk}^o – предел прочности при растяжении основного бетона, который ремонтируется.

Из условия надежной монолитности соединения нового и основного бетонов следует, что основным фактором, характеризующим прочность ремонта, является прочность контакта торкрет бетона с поверхностью основного бетона. И если мы достигаем надежной монолитности соединения или достаточной прочности контакта нового и основного бетонов, то в процессе испытания моделей ремонта разрушение будет иметь место либо по торкрет бетону, либо по основному бетону.

Известно, что на прочность контакта торкрет-бетона для ремонта с поверхностью основного бетона ремонтируемой поверхности оказывают влияние ряд важнейших факторов: состояние поверхности основного бетона; состав и свойства торкрет-бетона; способы укладки и уплотнения торкрет-бетона; условия твердения ремонтного торкрет-бетона в месте восстановления [9].

Состояние поверхности основного бетона является главным фактором, влияющим на прочность контакта торкрет бетона, что эффективные способы подготовки поверхности могут приблизить прочность контакта к прочности монолитного бетона. При этом, данные полученные рядом исследователей свидетельствовали, что прочность контакта торкрет бетона с поверхностью основного бетона определяется прочностью поверхностного слоя основного бетона, шероховатостью и чистотой его поверхности. Прочность поверхностного слоя основного бетона, в свою очередь, зависит от свойств бетонных смесей при их изготовлении.

Для достижения высокой прочности контакта торкрет-бетона с ремонтируемыми поверхностями нет необходимости в удалении поверхностного слоя основного бетона, а достаточно очистить эти поверхности от механических загрязнений и отслоенных частей старого бетона. Очистка поверхности основного бетона от механических загрязнений может быть обеспечена при ее обработке воздушно-водяной струей под давлением [1, 9].

Известно, что долговечность контакта различных материалов определяется их физико-химической однородностью. В связи с тем, что бетонные конструкции изготавливаются, как правило, с использованием портландцемента, для получения прочного и долговечного контакта торкрет-бетона поверхностью ремонта рекомендуется для ремонтного торкрет-бетона применять мелкозернистые бетонные смеси, приготовленные на портландцементе [9].

Процесс срастания нового и старого бетонов по контакту имеет физико-химический характер и требует для своего завершения длительного времени, а также определенных условий. При ремонте бетонов на портландцементе в результате химических реакций, происходящих по контакту торкрет-бетона с тщательно очищенной бетонной поверхностью, образуются кристаллы $\text{Ca}(\text{OH})_2$, связывающие оба бетона в одно целое и служащее «сшивкой». Прочность сцепления, обусловленная этим явлением, в первое время весьма невелика, поэтому в начальный период необходимы тщательный уход за бетоном, обеспечивающий полноту реакций его твердения, а также применение мероприятий, способствующих полному контакту бетонов [9].

Помимо вышеперечисленных факторов прочность контакта торкрет-бетона с бетонными поверхностями ремонта в определенной степени зависит от способа укладки и уплотнения мелкозернистого бетона. Известно, что с увеличением интенсивности механических воздействий на бетонную смесь при ее укладке прочность контакта мелкозернистого торкрет-бетона с поверхностью ремонта бетона существенно возрастает [1].

Наиболее эффективной технологией по укладке с интенсивным уплотнением мелкозернистой бетонной смеси повышенной жесткости на поверхность старого бетона, является технология торкретирования при помощи сжатого воздуха. При этом не только обеспечиваются необходимые плотность и прочность нового бетона, но и достигается повышенная адгезия нового бетона с поверхностью старого бетона, которая приближается к прочности монолитного бетона.

Прочность контакта нового бетона с поверхностями старого бетона зависит от степени их смачивания мелкозернистой бетонной смесью в процессе ее укладки. И чем интенсивнее процесс механических воздействий на бетонную смесь при ее укладке в полость конструкции на бетонную поверхность ремонта, тем смачивание этих поверхностей будет лучше и прочность контакта нового бетона с поверхностью старого бетона, будет выше [1, 9].

В процессе укладки мелкозернистой бетонной смеси способом мокрого торкретирования происходит удар частиц мелкозернистой бетонной смеси о бетонируемую поверхность ремонта. При этом вода, смачивающая частицы, частично стекает с них и смачивает бетонируемую поверхность, прижимая к ней частицы и противодействуя их обратному движению после удара. При соприкосновении частиц мелкозернистой бетонной смеси с бетонируемой поверхностью помимо поверхностного натяжения воды на частицу начинают действовать, так называемые, Ван-Дер-Ваальсовы силы. Проявление этих сил обусловлено наличием на поверхности любого твердого тела ненасыщенных силовых полей [10].

Ударившись о поверхность, смоченная водой частица мелкозернистой бетонной смеси, имея определенный запас кинетической энергии, движется к поверхности бетонирования в слое воды до того момента пока ее движению не начинает препятствовать тонкий граничный адсорбционный слой, находящийся на поверхности частицы в том числе и в

зазоре между частями и бетонируемой поверхностью. Как известно, механические свойства жидкости в объеме и тонком граничном адсорбционном слое на поверхности частицы различны. Каждая жидкость характеризуется предельной толщиной слоя, с дальнейшим уменьшением которого переходит в квазитвердое или квазикристаллическое состояние. [10].

По мнению ряда отечественных и зарубежных ученых процесс срачивания нового бетона со старым носит физико-химический характер. Следовательно, помимо физического сцепления в процессе смачивания на контакте со временем происходит химическое взаимодействие продуктов гидратации цемента нового бетона с цементным камнем старого бетона на поверхности ремонта.

Цементный камень старого бетона на поверхности содержит определенное количество кальцита – CaCO_3 . Ряд исследователей считают, что хотя в данном случае и не происходит реакция между CaCO_3 и $\text{Ca}(\text{OH})_2$, образующейся при твердении цемента торкрет-бетона процесс срастания по контакту нового и старого бетона идет за счет роста структуры CaCO_3 при включении в нее $\text{Ca}(\text{OH})_2$ цемента нового бетона и углекислого газа воздуха [10]. По мнению других исследователей, карбонаты, в том числе CaCO_3 на поверхности старого бетона по отношению к цементным вяжущим нового бетона активны, поэтому на границе нового бетона с цементным камнем на поверхности старого бетона наблюдается образование прочных контактных слоев [7].

Таким образом, интенсивные механические воздействия на бетонную смесь в процессе торкретирования поверхности, ускоряют все химические процессы структурообразования и уплотнения структуры цементного камня не только в полости конструкции, но и по контакту нового торкрет-бетона с бетонной поверхностью старого бетона.

Технологические особенности способа мокрого торкретирования создают необходимые условия для эффективного использования в процессе создания надежной монолитности ремонтного бетона, как физических сил, обуславливающих на первой стадии надежный процесс смачивания, так и сил химической связи, способствующих на второй стадии процессу надежного срастания нового бетона с поверхностью старого бетона.

Подбор рациональных составов торкрет-бетонов в любом случае довольно сложная техническая задача и её решение определяется в первую очередь выбором способа укладки и уплотнения мелкозернистой бетонной смеси и соответствующего оборудования для ремонта, а также необходимых показателей качества готового торкрет-бетона, условий нанесения и качеством используемых материалов. Поэтому в исследованиях применяются обычные составы мелкозернистой бетонной смеси, используемые для способа мокрого торкретирования.

Существует практика использования качественных сухих смесей, состоящих из высокоактивных портландцементов, чистых фракционированных заполнителей, эффективных химических добавок. В этом случае торкрет-бетон отличается стабильными показателями качества, при экономичных расходах цемента. Сухие смеси являются наиболее эффективными материалами для ремонта бетонных конструкций.

Как следует из практики строительства структура и физико-механические свойства мелкозернистого торкрет-бетона, и особенно в зоне контакта, зависят не только от применяемых материалов и технологических способов их укладки и уплотнения, но и от формы поверхности ремонта. Зависимость качества заделки от формы поверхности ремонта особенно отчетливо сказывается при использовании для **ремонта** способов торкретирования [1, 9] и в частности способа мокрого торкретирования.

В процессе ремонта способом мокрого торкретирования оказывается, что высокие физико-механические показатели торкрета и высокая прочность сцепления его с основным бетоном не обеспечиваются при ремонте повреждений с параллельными гранями. В параллельных гранях образуются зоны неуплотненного торкрета, являющиеся *ослабленными* участками соединения как по прочности, так и по водонепроницаемости.

Зоны неуплотненного торкрета образуются в результате завихрения воздушного потока с параллельными гранями. Возникновение зон неуплотненного торкрета наблюдается, как правило, по контакту торкрета и боковых поверхностей старого бетона.

Выводы:

1. Определено, что эффективным материалом для ремонта бетонных конструкций, является мелкозернистый торкрет-бетон класса по прочности на сжатие не ниже того, что был принят для старого бетона.

2. Установлено, что из способов технологии торкретирования для укладки с интенсивным уплотнением мелкозернистых бетонных смесей при ремонте бетонных конструкций наиболее эффективным является способ мокрого торкретирования.

3. Определено, что при ремонте способом мокрого торкретирования обеспечивается не только необходимые показатели качества по прочности мелкозернистого торкрет-бетона и высокое сцепление с бетонной поверхностью ремонтируемых конструкций, но и минимальные потери мелкозернистой бетонной смеси в процессе торкретирования.

Литература

1. Бабиченко В. Я. Струменева технологія бетонування із застосуванням еластичних металевих пристроїв: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.23.08 «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва» – В. Я. Бабиченко – Одеса, 2011. – 38 с.

2. Бабиченко В. Я. Технологические особенности обеспечения устойчивости и монолитности несъемной опалубки из фибробетонных элементов / В. Я. Бабиченко, И. К. Бичев, С. В. Кирилюк // Будівельні матеріали та вироби. – 2014. – № 3 – С. 54–55. 46-50

3. Емельянова И. А. Машины и оборудование для возведения зданий и сооружений из монолитного железобетона / Емельянова И. А. – Х.: «Факт», 2008. – 376 с.

4. <http://www.str-t.ru/articles/65/#:~:text=Торкретирование%20—%20это%20метод%20бетонных%20работ,осуществляют%20торкретирование%2C%20называется%20торкрет%20установкой.> (время доступа: 10.07.2022).

5. vest-beton.ru/stati/torkret-beton-eto.html (время доступа: 10.07.2022).

6. Бабиченко В. Я. Прогрессивные конструктивно-технологические решения в современном фундаментостроении / В. Я. Бабиченко, В. И. Данелюк, С. В. Кирилюк, О. А. Поддубный // Зб. наук. праць. – К. : ДП НДІБК, 2013. – Вип. 79. – С. 232–238.

7. Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности / Баженов Ю. М., Король Е. А., Ерофеев В. Т., Митина Е. А. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 320 с.

8. Технология возведения зданий и сооружений / [Теличенко В. И., Лapidус А. А., Терентьев О. М., Соколовский В. В.] – М. : Высш. шк., 2001. – 320 с.

9. <https://erp-mta.ru/pro-beton/kak-obespechit-stseplenie-starogo-betona-s-novym/> (время доступа: 10.07.2022).

10. Дюженко М. Г. Физико-химические основы формирования структуры бетонов струйной технологии / М. Г. Дюженко, В. Я. Бабиченко // Сб. трудов по коллоидной химии и физико-химической механике РАН, МГУ хим. фак. – М. : МГУ хим. фак., 1998. – С. 248.

УДК 691.32

**ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА НА
ОСНОВЕ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА****Данелюк Вадим Ильич**Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»
к.т.н., доцент; г. Бендеры, Приднестровье**Степаненко Николай Анатольевич**Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»
преподаватель; г. Бендеры, Приднестровье
e-mail: Stepanenko-kolya@mail.ru

***Аннотация.** В статье приведены результаты исследований прочностных характеристик мелкозернистого бетона приготовленного на основе отходов металлургической промышленности. Приведены диаграммы влияния количества ингредиентов состава на прочностные свойства бетонной смеси, на основе которых дана оценка эксплуатационной эффективности. Выявлено, что введение максимального количества шлака позволило получить наилучшие показатели прочности на сжатие и марки на истираемость. Рассмотрены методы использования шлака при изготовлении тротуарной плитки и обоснована перспектива её применения в составе бетонной смеси, с минимальным количеством затрат.*

***Ключевые слова:** ресурсосбережение, сталеплавильный шлак, мелкозернистый бетон, эксперимент, прочностные показатели.*

**ABOUT THE STUDY OF THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF FINE-
GRAINED CONCRETE BASED ON STEEL MELTING SLAG**

***Annotation.** The article presents the results of studies of the strength characteristics of fine-grained concrete prepared on the basis of waste from the metallurgical industry. Diagrams of the influence of the amount of composition ingredients on the strength properties of the concrete mix are given, on the basis of which an assessment of operational efficiency is given. It was revealed that the introduction of the maximum amount of slag made it possible to obtain the best compressive strength and abrasion grades. The methods of using slag in the manufacture of paving slabs are considered and the prospect of its use as part of a concrete mixture, with a minimum amount of costs, is substantiated.*

***Keywords:** resource saving, steelmaking slag, fine-grained concrete, experiment, strength indicators*

Промышленность строительных материалов — это одна из энерго- и ресурсоёмких отраслей. Доля сырья в себестоимости продукции промышленности строительных материалов достигает 50 % и более. Снижение затрат на производство стройматериалов возможно путём применения для изготовления строительных материалов отходов производств и потребления. Установлено, что использование промышленных отходов, многие из которых по своему составу и свойствам близки к природному сырью, позволяет покрыть до 40 % потребности строительства в сырьевых ресурсах, на 10–30 % снизить затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с их производством из природного сырья [1].

Основными источниками многотоннажных отходов являются горно-обогатительная, металлургическая, химическая отрасли, промышленность строительных материалов, энергетический и агропромышленный комплексы, лесная, деревообрабатывающая, текстильная отрасли, бытовая деятельность человека.

Сталеплавильные шлаки не так широко используют из-за их неоднородности и непостоянного химико-минералогического состава. Особую проблему представляет применение шлаков, ранее накопленных в отвалах. Шлаки чёрной металлургии используются, кроме шлакопортландцемента, для изготовления смешанных бесцементных вяжущих, заполнителей для бетонов, шлаковой ваты, шлакоситаллов и т. д.

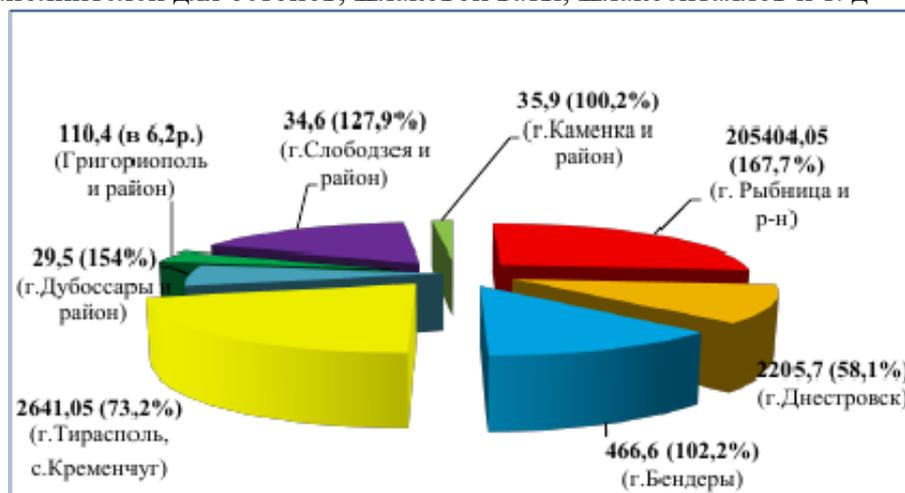


Рис. 1. Мониторинг залежей отходов I-4 класса опасности в республике за 2019 год (т) в сравнении с 2018 годом (%).

ОАО «Молдавский металлургический завод» в 2017 году было передано другим предприятиям 2869т окалины (в 2016 году - 0т), а также 98756т щебня и песка шлаковых для дорожного строительства (в 2016 году – 25769т) и отработанных масел – 21т (в 2016 году – 0т);.

В Рыбнице в 2020 году на базе ДРСО ООО «Радикал» запустили производство сырья для дорожного строительства из шлаков отходов Рыбницкого металлургического завода.

Достаточно развитая промышленность бетона, предвидит сохранение бетона в качестве главного материала для строительства различных конструкций, но для улучшения экологической ситуации предполагается сокращение расхода первичных ресурсов при изготовлении бетона, минимизация энергоёмкости, а также выброс в атмосферу диоксида углерода (CO₂) и пыли фракции при производстве цемента. За счет применения мелких заполнителей повышается однородность бетона в нашем случае шлака отходов Рыбницкого металлургического завода.

Анализируя исследования по экономии цемента и улучшению свойств бетона, следует, что применение отходов металлургического завода в г. Рыбница является одним из перспективных направлений улучшения экологической ситуации, снижения себестоимости и энергоёмкости продукции. Среди лидирующих материалов для эффективного использования технологии изготовления тротуарной плитки есть шлак.

Опыт применения отходов обогащения железистых кварцитов в мелкозернистой бетонной смеси для тротуарной плитки описанный в работе Ермолович Е.А. [2] показал что прочность при сжатии возрастает до 695 кгс/см², а при В/Ц=0,39 прочность снижается до 393 кгс/см².

При низкой величине В/Ц=0,23 водопоглощение по массе равно 2,5% и истираемость - 0,42 г/см². При возрастании В/Ц=0,39 водопоглощение возрастает до 4 %, а истираемость

- до 0,74 г/см². Целесообразно для повышения прочности изделий изготавливать бетонную смесь с В/Ц равную 0,23-0,25.

Авторами К.П. Гусев, В.В. Ларичкин, Н.И. Ларичкина [3] предложено изготовление тротуарной плитки с использованием золошлаковых отходов тепловых электростанций. Результаты испытаний лабораторных образцов тротуарного камня полученных вибролитьевым методом показали, что для обеспечения класса изделия не хуже В30 в состав смеси может входить до 30% высококальциевой золы.

Эксплуатационных факторов включают:

— факторы, определяющие фактическую величину рабочих напряжений в тротуарной плитке и в грунтовом основании: значения статических, динамических, температурных и других воздействий;

— факторы, определяющие внешние воздействия на поверхностный слой покрытия: химические, воздействия, а также показатели интенсивности движения транспортных средств;

— допустимые и фактические значения показателей ровности поверхности плитки.

Наиболее значимые факторы исследуемые в данной работе это прочность на сжатие и истираемость исследуемого бетона.

Методика проведения экспериментальных исследований включала проведение серий лабораторных испытаний на исследование прочностных характеристик мелкозернистого бетона на основе сталеплавильного шлака, пластификатора С-3 и клея ПВА. Образцы изготавливались по вибролитой технологии по плану эксперимента [4].

Наиболее значимыми факторами, влияющими на формирование структуры бетона и прочностные характеристики, являются: содержание клея ПВА (X3), суперпластификатора (X2) и количества шлака от мелкого заполнителя (X1). Для снижения водопотребности, улучшения удобоукладываемости смеси принята необходимость введения суперпластификатора С-3. Уровни варьирования факторов представлены в таблице 1.

Уровни варьирования значения факторов варьируются минимальные (-1) средние (0) и максимальные (+1).

Таблица №1

Уровни варьируемых факторов

Наимен. факт. Уровни варьирования	Соотношение количества шлака и песка X1	Количество суперпластификатора С3 X2	Количество клея ПВА X3
-1	6/4	1,5	0
0	8/6	2,1	5
1	10/8	3,0	10

После проведения каждой из серий экспериментальных исследований выполнен анализ результатов и выбраны оптимальные эксплуатационные параметры бетона на основе сталеплавильного шлака.

Моделирование состава бетонной смеси:

- мелкий заполнитель: песок Парканского месторождения;
- портландцемент марок ПЦ М400 и ПЦ М500-К производства ЗАО "Рыбницкий цементный комбинат";
- суперпластификатор С-3
- сталеплавильный шлак Рыбницкого металлургического комбината.
- клей MGF PVA модифицированный клей ПВА пластифицирующая добавка в цементные растворы и бетон.

Таблица №2

План эксперимента

№ п/п	X1			X2		X3		Цемент, доли	Вода, мл
	X1	X2	X3	ШЛАК, доли	Песок, доли	Клей ПВА, %	С-3, мл		
1	+	+	+	10	4	10	3	2	850
2	+	+	-	10	4	10	1,5	2	1050
3	+	-	+	10	4	0	3	2	800
4	-	+	+	6	8	10	3	2	1050
5	+	-	-	10	4	0	1,5	2	800
6	+	+	0	10	4	10	2,1	2	1350
7	-	-	+	6	8	0	3	2	900
8	-	-	-	6	8	0	1,5	2	1050
9	-	0	0	10	4	5	2,1	2	1050
10	-	0	0	6	8	5	2,1	2	1200
11	0	+	0	8	6	10	2,1	2	1150
12	0	-	0	8	6	0	2,1	2	900
13	0	0	+	8	6	5	3	2	1150
14	0	0	-	8	6	5	1,5	2	1000
15	0	0	0	8	6	5	2,1	2	900

На основе плана эксперимента были изготовлены образцы с учетом варьируемых факторов.

Отбор и хранение образцов производился согласно ГОСТ 10181-2014, ГОСТ 18105-2010, ГОСТ 7473-2010. Для испытания образцов были подготовлены формы для плитки (рис. 2), размерами 160x160x40 мм, а также в формы для кубиков (рис. 3) размерами 100x100x100мм.



Рис. 2. Форма для приготовления тротуарной плитки



Рис.3. Форма для изготовления бетонных кубиков

Перед испытанием образцы подвергались визуальному осмотру, устанавливая наличие дефектов в виде трещин, сколов ребер, раковин и инородных включений. Образцы, имеющие трещины, сколы ребер глубиной более 10 мм, раковины диаметром более 10 мм и глубиной более 5 мм (кроме бетона крупнопористой структуры), а также следы расслоения и недостаточного уплотнения бетонной смеси, испытанию не подлежали.

Наплывы бетона на ребрах опорных поверхностей образцов были удалены абразивным камнем. При наличии дефектов фиксировалась схема их расположения.

Рабочую площадь сечения образца, определяли, как среднее арифметическое площадей обеих опорных граней. Образцы перед испытанием в течение 2-4 часов находились в помещении лаборатории.

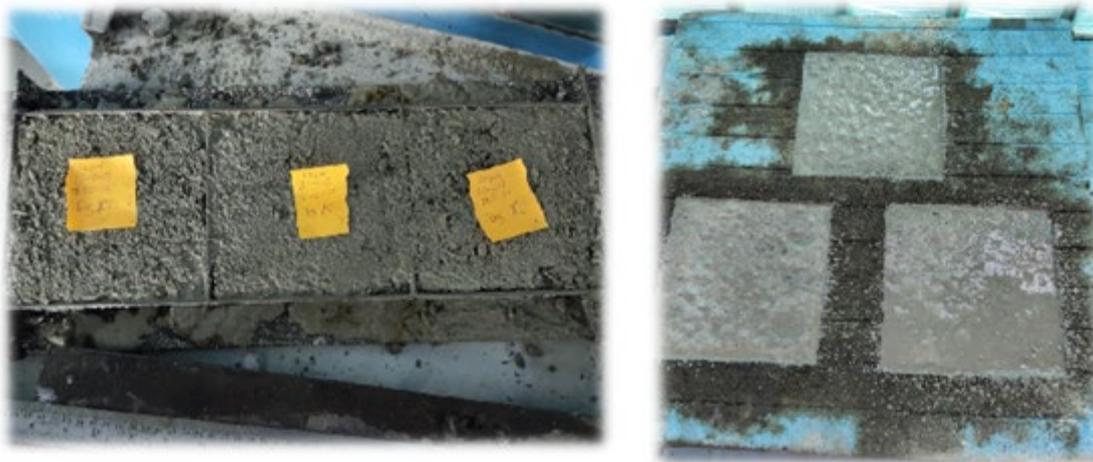


Рис. 4. Изготовление образцов

Испытание образцов проводилось на 28 сутки разрушающими методами в лаборатории испытания строительных конструкций БПФ непосредственно на гидравлическом прессе типа ПСУ-125 (рис. 5).



Рис. 5. Гидравлический пресс ПСУ-125

Во время испытания образец устанавливают одной из граней на нижнюю опорную плиту прессы центрально по оси последнего. Затем включают электродвигатель гидравлического привода прессы. Нагрузка на образец при испытании должна возрастать непрерывно со скоростью 0,4 - 0,8 МПа до разрушения образца.

Нагружение образцов проводят непрерывно с постоянной скоростью нарастания нагрузки до его разрушения. При этом время нагружения образца до его разрушения должно быть не менее 30 с. Максимальное усилие, достигнутое в процессе испытания, принимают за разрушающую нагрузку.

По результатам испытаний построена диаграмма зависимости варьируемых компонентов на прочность при сжатии, представленной на рисунке 6.

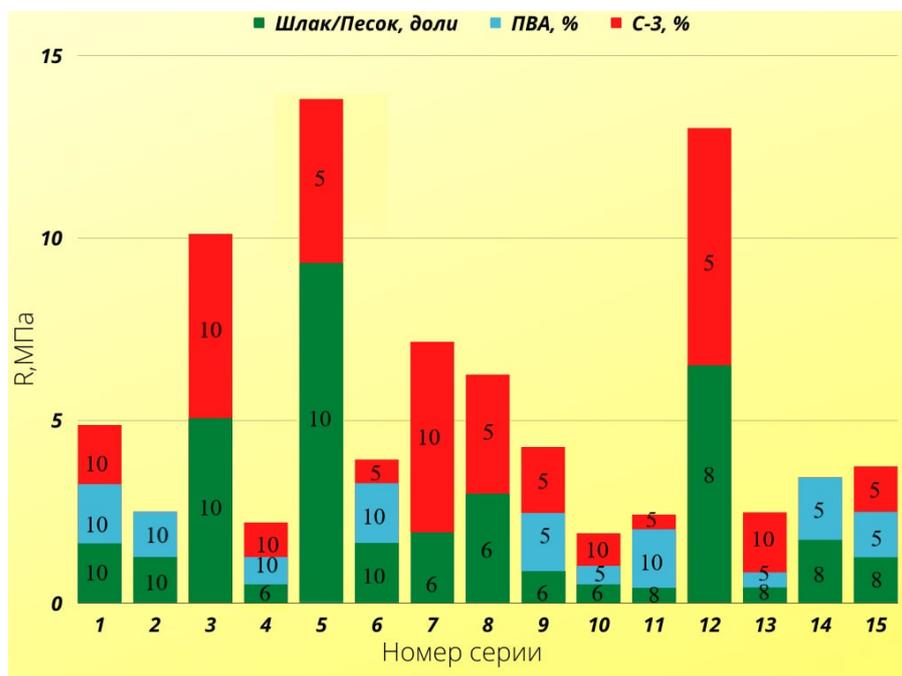


Рис. 6. Диаграмма зависимости варьируемых компонентов на прочность при сжатии бетона на основе сталеплавленного шлака.

По полученным результатам было проанализировано изменение прочности на сжатие, которое показало, что максимальные значения прочности соответствуют образцам серий, где отсутствует такой компонент как ПВА. Образцы 3, 5 и 12 серий, приготовленные на марке цемента М400, по прочности на сжатие соответствуют классу бетона В10. В дорожном строительстве бетон класса В10 используется не только для укладки бетонных подушек, но и для бетонирования дорожек с бордюрами для пешеходов.

Однако стоит отметить, что такой технологический показатель, как удобоукладываемость смеси, при измерении осадки конуса, показал максимальные результаты при 5% содержании ПВА.

График зависимости соотношения шлака и песка

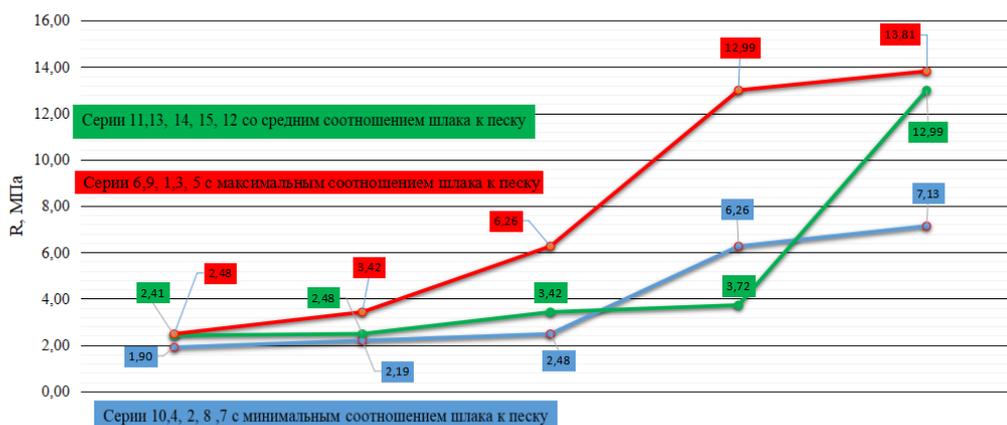


Рис. 7. График зависимости влияния фактора X1 на прочность на сжатие.

На графике (рис. 7) приведены зависимости влияние фактора X1 на прочность при сжатии. Как и предполагалось, что введение шлака не приведёт к значительному увеличению прочности, так как шлаку свойственна значительная пористость и хрупкость структуры. Однако это способствует утилизации отходов металлургической промышленности. Стоит отметить, что наибольшее влияние оказывает фактор X1, максимальная прочность бетона достигается при максимальном содержании шлака в составе.



Рис. 8. График зависимости влияния фактора X2 на прочность на сжатие.

Анализируя показатели прочности на сжатие образцов в зависимости от влияния фактора X2 (пластификатора С3) показали, что наилучшие значения соответствуют образцам серий 12 и 5, в которых содержание С-3 минимальное.

Наименьшее значение прочности соответствует образцам, где содержание пластификатора было средним и это серии № 2, 4, 10 и 11.

Истираемость цементного бетона является одной из важнейших характеристик бетона. Известно, что истираемость бетона должна соответствовать маркам согласно ГОСТ 26633-2015.

Для определения истираемости бетона испытания проводились на кругу типа ЛКИ-2 согласно ГОСТ 13087, рис. 9. Образцы устанавливали на прибор ЛКИ, предварительно насыпав абразив на истирающий диск, и производили испытание на истирание. С прокручиванием каждые 30 метров пути истирания, 28 оборотов, прибор останавливали. Вынимали образец и переворачивали на 90° на следующую грань, со стирающего диска удаляли молотый абразив порошок с остатками стертого бетона, и включали прибор на следующие 28 оборотов. С завершением каждого цикла образцы снимали из ячеек прибора, крутили на 90° и проводили испытание. Для каждого образца проводили по 4 цикла истирания.



Рис. 9. Круг истирания ЛКИ-2 и образцы для испытания.

Результаты испытания приведены в таблице 3.

Таблица №3.

Истираемость бетона

№ серии	Масса до испытания, г	Масса после испытания, г	Площадь образцов, см ²	Истираемость, г/см ²	Марка
3	2390	2370	49	0,401	G1
5	2116	2096,35	49	0,401	G1
12	2190	2151,98	49	0,776	G2

Результаты испытания показали, что образцы составов бетонов серий № 5 и № 3 соответствуют марке по истираемости G1, серия № 12 – марке G2.

Исходя из данных истираемости, мы наблюдаем, что истираемость образца серии № 12 больше, чем у серий №3 и №5. Сериям 3 и 5 характерно максимальное содержание шлака, а 12 серии среднее, что и влияет на истираемость образцов данной серии. Уменьшение количества шлака и увеличение песка в составе бетона уменьшает твёрдость материала, следовательно, и износостойкость.

На основании проведённого исследования можно сделать вывод, что возможность получения бетона на основе сталеплавильного шлака, для фигурных элементов мощения, соответствует прочностным характеристикам бетона класса В10. Для внедрения данного состава в производства требуется дополнительное исследование абсорбирующих свойств, морозостойкости и долговечности.

Литература

1. Гельманова З.С., Георгиади И.В. /Строительные материалы – отрасль с мультипликативным спросом// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 10 (часть 1) – С. 123-126

2. Е.А. Ермалович /Утилизация отходов обогащения железистых кварцитов в мелкозернистой бетонной смеси для тротуарной плитки// - электронный ресурс - режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/utilizatsiya-othodov-obogascheniya-zhelezistykh-kvartsitov-v-melkozernistov-betonnoy-smesi-dlya-trotuarnoy-plitki>

3. К.П. Гусев, В.В. Ларичкин, Н.И. Ларичкина /Перспективы использования золошлаковых отходов теплоэнергетики Сибири в производстве тротуарного камня// - электронный ресурс - режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-ispolzovaniya-zoloshlakovyh-othodov-teploenergetiki-sibiri-v-proizvodstve-trotuarnogo-kamnya>

4. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В. Экспериментально-статистическое моделирование и оптимизация в материаловедение. – К., Общ. “Знание” Украины, 1993. – 17с.

УДК 697.133:536.2

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В МНОГОСЛОЙНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ СТЕН ЗДАНИЙ

Дмитриева Нина Викторовна

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»
к.т.н., доцент; г. Бендеры, Приднестровье
e-mail: dmitrieva.nv76@gmail.com

Финоженкова Леончия Анатольевна

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»
преподаватель; г. Бендеры, Приднестровье

***Аннотация.** В статье приведены результаты мониторинга жилого фонда г. Тирасполь и на основании полученных результатов проведен натурный эксперимент по моделированию процесса потерь тепла через ограждающие конструкции, путем нагрева образцов конструктивных решений ограждающих конструкций стен из блоков пиленого известняка с вариантами теплоизоляции.*

***Ключевые слова:** мониторинг, теплопроводность, энергоэффективность, теплопотери, тепловизионное обследование, моделирование, известняк ракушечник.*

MODEL OF THE PROCESS OF THERMAL CONDUCTIVITY IN MULTILAYER ENVELOPED STRUCTURES OF BUILDING WALLS

***Annotation.** The article presents the results of monitoring the housing stock in Tiraspol and, based on the results obtained, a full-scale experiment was carried out to simulate the process of heat loss through building envelopes by heating samples of structural solutions for building envelopes made of sawn limestone blocks with thermal insulation options.*

***Keywords:** monitoring, thermal conductivity, energy efficiency, heat loss, thermal imaging inspection, modeling, shell limestone*

Сегодня все более актуальным становится вопрос истощения природных ресурсов необходимых для создания комфортных условий проживания человеку: для отопления, вентиляции, кондиционирования или охлаждения. Еще одной из глобальных проблем 21-го века является борьба с возникновением парниковых газов, часть из которых возникает в результате возникновения термических реакций при выделении тепла зданиями. Это способствовало проведению реформ в нормативной базе строительной отрасли, направленных на требования международных и Европейских стандартов. Согласно СНиП Приднестровья 23-03-2011[1] нормативные показатели сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций превышают в 3 раза показатели действующего, на момент строительства 60-80гг зданий, СНиП 11-3-79* «Строительная теплотехника».

В связи с этим однослойные конструкции стен из кирпича, котельца или керамзитобетонных панелей 60-80гг застройки не удовлетворяют современным требованиям по теплозащите. Вопросами термомодернизации ограждающих конструкций создания многослойных конструкций стен с теплоизоляционным слоем занимались такие ученые, как А.Ю.Табунщиковым, К.Ф. Фокиным, А.И. Меньлюк, Е.К. Карапузов, Зарубина Л.П., Гагарин В.Г. и др.

При проектировании ограждающих конструкций их теплофизические свойства, в том числе теплозащита, проверяются расчетом не полностью, а зачастую и вообще не проверяются.

Для изучения теплоизоляционных свойств многослойных конструкций стен необходимо проанализировать суждения о некоторых показателях теплозащиты, таких как приведенное теплотехническое сопротивление, условное сопротивление теплопередаче и коэффициент теплотехнической однородности.

Согласно определению приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции - физическая величина, характеризующая отношение перепада температур наружного и внутреннего воздуха к средней площади фрагмента плотности потока тепла проникающего через данный фрагмент конструкции и равна 1 Вт/м^2 [2].

Условным сопротивлением теплопередаче ограждающей конструкции называется приведенное сопротивление теплопередаче условной многослойной ограждающей конструкции, в которой отсутствуют теплопроводные включения и слои которой расположены перпендикулярно направлению потока теплоты через конструкцию.

Коэффициентом теплотехнической однородности фрагмента ограждающей конструкции называется величина, обратная отношению потока теплоты через рассматриваемый фрагмент конструкции к потоку теплоты через условную ограждающую конструкцию той же площади, что и рассматриваемый фрагмент.

Сформулированные определения можно уточнять и совершенствовать. Так, например В.Г. Гагарин, предложил уточнения площади, по которой осуществляется осреднение потока теплоты [3].

Важно отметить, что теплотехнический расчет характерен, только для фрагмента многослойной конструкции. Для всей стены здания значения сопротивления теплозащите зависят не только от конструктивного решения узлов, но и от архитектурного проекта здания.

Расчет показателей многослойной конструкции необходимо выполнять «послойным» методом.

Изучая жилой фонд города Тирасполь, мы узнали, что 55% всех зданий, находящихся на балансе в МУП ЖЭУК г. Тирасполь были построены в советское время, в период массовых построек с 1960-го по 1989-е года (рис.1). Также было установлено, что у 73% этих зданий основным конструктивным материалом ограждающих конструкций является пиленный известняк (рис.2).



Рис.1 Мониторинг ЖФ по периоду застройки.



Рис.2 Мониторинг ЖФ по типу материала ограждающих конструкций.

Согласно сборнику ТК7-3.87 (территориальный каталог промышленных конструкций и изделий для строительства объектов ГОСАГРОПРОМА Молдавской ССР – часть 2, Жилые и общественные здания) стены из котельца представляет собой крупные блоки из пиленого известняка марок 35 и 50 с размером поперечного сечения 390x380мм;

фасадный защитно-отделочный слой отсутствует, а внутренний, отделочный слой – не более 30мм из раствора марки не ниже М50, плотностью не выше Д1600.

Согласно теплотехническим расчетам конструктивное решение ограждающих стен из пиленного известняка соответствует сопротивлению теплопередачи 0,62 (м·°С)/Вт [4], что меньше нормируемого в 2.4 раза.

Поэтому решением данной проблемы является проведение комплексных исследований повышения сопротивлению теплопередачи ограждающих стен из пиленного известняка. Исследования проводились в несколько этапов: тепловизионные обследования, численные исследования сопротивления теплозащиты ограждающих конструкций, выбор оптимального решения многослойной конструкции на основе многокритериального анализа и натурного эксперимента поэлементного определения значения теплозащиты каждого слоя ограждающей конструкции.

Тепловизионные обследования проводились на зданиях с неоднородными конструктивными решениями ограждающих конструкций по теплоизоляции с помощью тепловизора Seek Thermal Pro для Android.

По итогу мониторинга жилого фонда г. Тирасполь можно сделать вывод, что 90% жилых зданий являются не энергоэффективными. Результаты тепловизионных обследований показывают, что здания в Тирасполе теряют до 40% тепла, особенно в холодное время, через ограждающие конструкции зданий (рис.3).

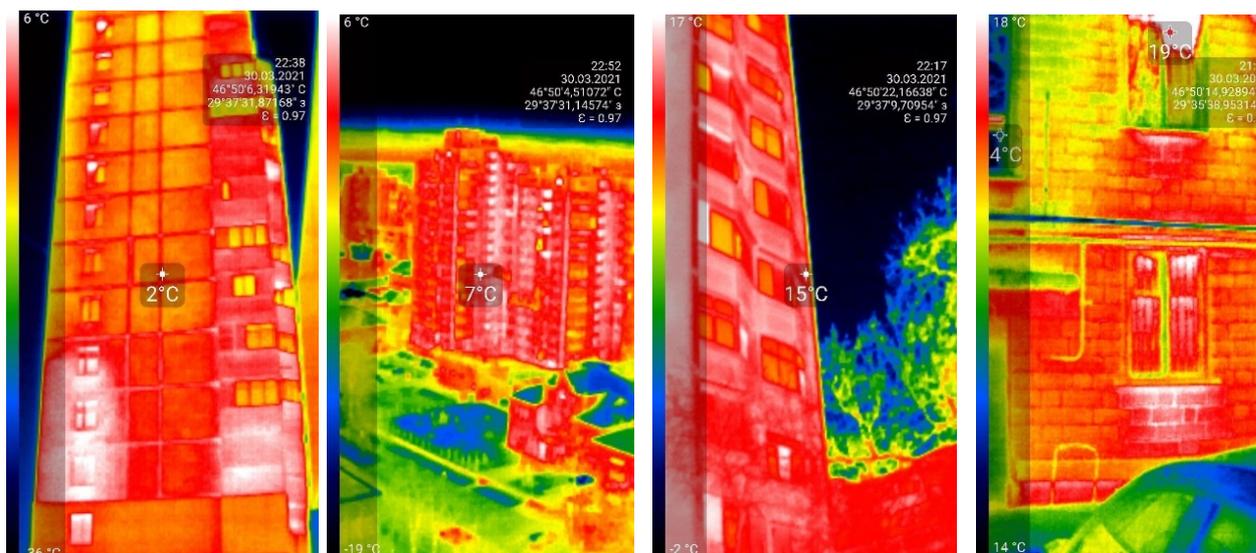


Рис. 3. Тепловизионные обследования жилых многоквартирных зданий в г. Тирасполь.

Согласно многокритериальному анализу вариантов термомодернизации ограждающих конструкций стен жилых зданий. Конструктивные решения оценивались экспертной оценкой по 5 ти бальной шкале по 10 критериям, сгруппированным по таким показателям: экономические, качественные и эксплуатационным.

К 1 группе по экономическим показателям относились такие критерии: (стоимость материала на 100м², (руб. Приднестровье); стоимость производства работ на 100м², (руб. Приднестровье); трудоемкость производства работ V=100м², (чел/час)).

К второй группе качественных показателей относились такие критерии: толщина, согласно теплотехническому расчету, (мм); вес требуемой теплоизоляции на 100м² ,(кг); плотность (кг/м³); паропроницаемость (μ), (мг/м ч Па); коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)).

К третьей группе эксплуатационных показателей относятся: (долговечность (лет); горючесть; токсичность продуктов горения; утрата теплоизолирующих свойств при намокании).

Наилучшие результаты показали 2 решения с применением таких теплоизоляционных материалов, как экструдированный пенополистирол фирмы PenoBoard и жидкая теплоизоляционная краска фирмы Re-Therm.

Экструдированный пенополистирол представляет фирмы PenoBoard собой листовой пластик с равномерной структурой, представленной мелкими закрытыми ячейками размером в 0,1–0,2 мм, результат смешивания гранулированного полистирола и вспенивающегося агента (рис. 4).

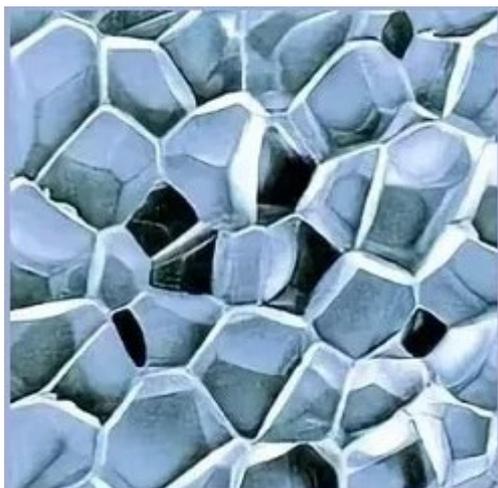


Рис. 4. Экструдированный пенополистирол фирмы PenoBoard.

Экструдированный пенополистирол PenoBoard превосходит жидкий утеплитель Re-Therm по следующим критериям:

- ✓ стоимость материала на 100м² (руб. Приднестровье) – в 3 раза;
- ✓ долговечность (лет) – на 15-25 лет (в среднем в 0,4 раза).

Жидкая теплоизоляционная краска — это пастообразный утеплитель на основе силикона и акрила, который используют для нанесения как снаружи, так и изнутри здания.

Жидкий утеплитель Re-Therm превосходит экструдированный пенополистирол PenoBoard по следующим критериям:

- ✓ коэффициент теплопроводности материала (Вт/(м·К))– в 29 раз
- ✓ толщина теплоизоляционного слоя (мм) – в 17 раз;
- ✓ трудоемкость производства работ на 100м² (чел/час) – в 14 раз;
- ✓ плотность материала (кг/м³) - в 13 раз;
- ✓ стоимость производства работ 100м² (руб. Приднестровье) – в 12 раз;
- ✓ вес теплоизоляционного слоя 100м² (кг) – в 3 раза.

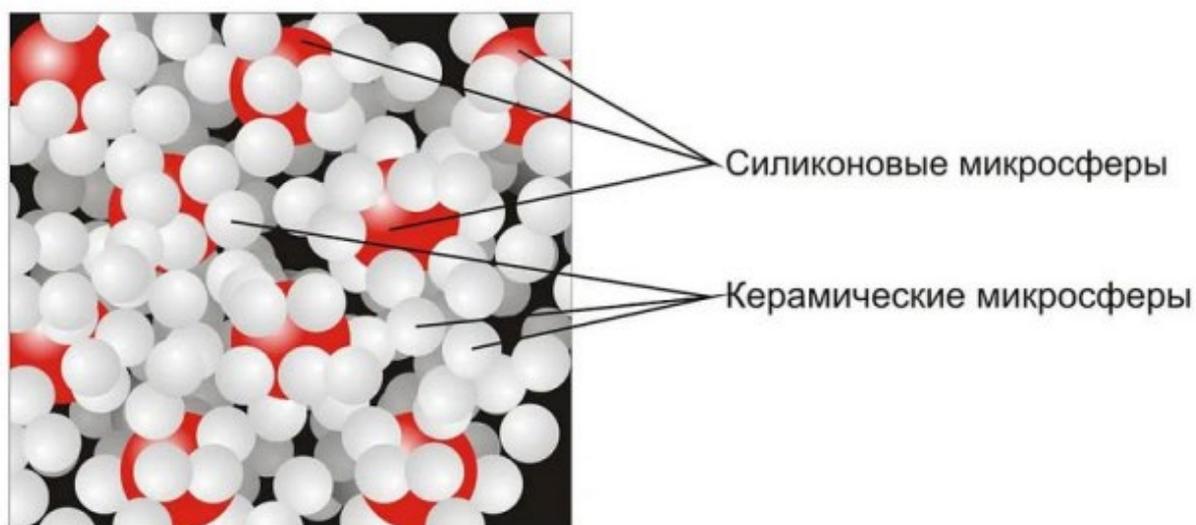


Рис. 5. Компьютерная модель структурного строения Re-Therm.

Эксперимент послойного определения теплозащиты ограждающих конструкций из известняка заключался в следующем. Эксперимент проводился на образцах 3-х конструктивных решений (КР): КР1 - однослойная конструкция модели стены из известняка ракушечника толщиной 400мм; КР2 - многослойная конструкция модели стены из известняка ракушечника толщиной 400мм с покрытием жидкой теплоизоляционной краской Re-Therm толщиной 2мм; КР3 - многослойная конструкция модели стены из известняка ракушечника толщиной 400мм с теплоизоляционным слоем из экструдированного пенополистирола PenoBoard толщиной 30мм и полиуретанового клея Tutan Stygo 753 толщиной 2мм.

Все образцы блоков были взвешены, измерены площади боковых и торцовых сторон и для каждого была просчитана его плотность согласно формуле:

$$\rho = \frac{m}{V} \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right),$$

где m – вес блока, V – объем блока, получаем перемножением все сторон блока, усредняя результат измерений всех сторон соответственно.

По итогу вычислений выяснилось, что все блоки одинаковой плотность равной 1500 кг/м³ (Рис.6).

Для измерения изменений температур были установлены 10 датчиков измерения температуры (на каждый блок по 3 датчика и 1 датчик на измерение температуры внешней окружающей среды). Для получения данных с датчиков, они были соединены в общую систему (Рис.7) и подключены в систему умного дома MajorDoMo.



Рис.6. Взвешивание всех образцов для вычисления плотности.

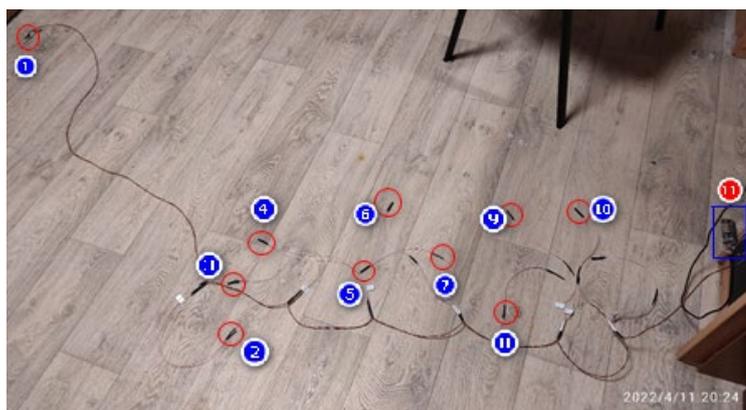


Рис. 7. Система датчиков («1»-«10») и устройства передачи информации в систему умного дома MajorDoMo «11», подключаемое к компьютеру.

Каждый блок пиленного известняка со слоем теплоизоляции можно схематично изобразить следующим образом (Рис. 8)

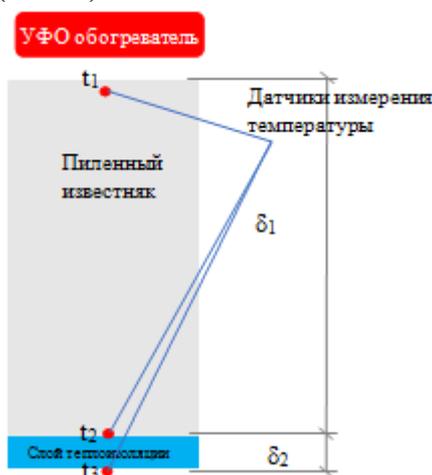


Рис. 81. Схема расположения блока пиленного известняка, теплоизоляции, нагревателя и датчиков измерения температуры

где: t_1 , t_2 , t_3 – температуры датчиков, расположенных на стороне нагрева, на стыке конструктива и теплоизоляции, и снаружи теплоизоляционного слоя соответственно ($^{\circ}\text{C}$); δ_1 и δ_2 – толщины каждого слоя (мм).

В результате автоматизированной системы MajorDoMo, при каждом изменении датчиков температуры производились вычисления потерь тепла Q на поверхности теплоизоляционного материала по следующей формуле:

$$Q = q \cdot S \text{ (Вт)},$$

где Q – мощность теплового потока или просто тепловой поток — это то количество теплоты, передаваемое в единицу времени через поверхность S .

$$q = \frac{t_1 - t_3}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} = \frac{\Delta t}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}},$$

где q – плотность теплового потока ($\text{Вт}/\text{м}^2$) — это количество теплоты, передаваемое в единицу времени через единичную плотность поверхности;

λ_1, λ_2 – коэффициент теплопроводности первого и второго слоев конструкции соответственно (данные берутся из таблицы теплопроводностей материалов).

Тепловой поток обеспечивался с помощью УФО обогревателя мощностью 3кВт через торцевую грань блоков, площадью $0,04\text{м}^2$.

Каждое изменение значения температуры на каком-либо из датчиков фиксировало в системе все значения датчиков (Рис.9) через автоматизированную систему сбора и логирования данных MajorDoMo.



Рис. 92. УФО обогреватель и образцы с подключенными датчиками измерения температур.

Используя настройку по интеграции термостата в систему Умный дом MajorDoMo, были подключены все 8 датчиков температуры к блокам (на блок без теплоизоляции 2шт (3-ий датчик был не задействован и с него показания не фиксировались) и на блоки с теплоизоляцией по 3шт) и 10-ый датчик был закреплен не далеко от всей конструкции, но так чтобы потоки тепла на него не распространялись и он фиксировал температуру внешней окружающей среды (Рис.10). Считывая информацию изменения температуры, MajorDoMo обрабатывает ее и производит необходимые вычисления, настроенные нами за ранее.

MajorDoMo – это приложение, позволяющее адаптировать свой дом под современные требования и автоматизировать процессы, которые человеку приходится выполнять ежедневно. Система распространяется бесплатно, под открытой лицензией MIT.



Рис. 10. Отображение изменение значений температур 9-ти датчиков измерения температуры в системе MajorDoMo.

По мимо фиксации значений температур, в системе автоматически производился расчет потери тепла для каждого из образцов. Все значения изменений аналогично фиксировались в системе и в последствии формировался график (Рис.11, Рис. 12).

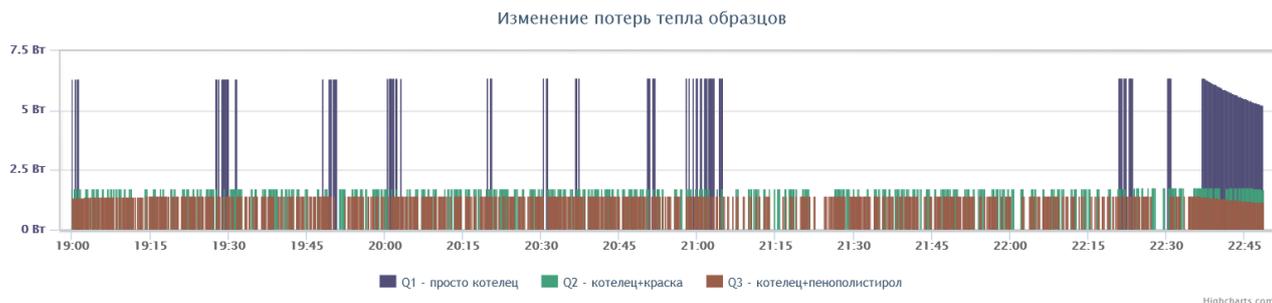


Рис. 11. Общий график изменений потерь тепла на испытуемых образцах.



Рис. 123. Укрупненный участок графика потерь тепла всех образцов.

Согласно этим графикам можно увидеть, что когда температура нагрева у всех трех моделей однослойной и многослойной систем ограждающей конструкции выровнялась, потери тепла распределялись следующим образом:

- 6,4Вт - в образце, КР1;
- 1,75Вт - в образце, КР2;
- 1,45Вт - в образце, КР3;

Моделирование процесса теплопотерь 5-ти этажных зданий из пиленного известняка показало эффективность теплоизоляционного материала. Экструдированный пенополистирол XPS RepBoard по сравнению с сверхтонкой жидкой теплоизоляционной краской Re-Therm показал теплопотери на 0,3Вт меньше, что не значительно влияет на выбор варианта повышения теплоизоляционных свойств ограждающих конструкций стен. Согласно многокритериальному анализу по экономическим и качественным показателям краска, по экспертной оценке, набрала наибольшее количество баллов. По результату трех этапов исследования наиболее оптимальным вариантом тепло-модернизации жилого фонда г. Тирасполь с ограждающими конструкциями из пиленного известняка является сверхтонкая жидкая теплоизоляция Re-Therm.

Литература

1. СНиП Приднестровье 23-03-2011 Тепловая защита зданий
2. В.В.Гагарин, В.Г. Козлов, С.И. Крышов Теплозащита наружных стен зданий с облицовкой из кирпичной кладки. – [электронный ресурс] – режим доступа : https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4361
3. Табунщиков Ю.А. Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий // Ю.А. Табунщиков, В.И. Ливчак, В.Г. Гагарин, Н.В. Шилкин // – АВОК. – 2009. – № 5. – С. 38-48.
4. Перехоженцев, А.Г. Нормирование и расчет тепло- и пароизоляции многослойных ограждающих конструкций / А.Г. Перехоженцев // Строительная физика в XXI веке: матер. науч.-техн. конф. – М.: НИИСФ РААСН, 2006. – С. 139–143.

УДК 697.133:536.2

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

Ильина Валерия Геннадьевна

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»
магистрант; г. Бендеры, Приднестровье

Дмитриева Нина Викторовна

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»
к.т.н., доцент; г. Бендеры, Приднестровье
e-mail: dmitrieva.nv76@gmail.com

***Аннотация.** Статья посвящена исследованиям теплотехнических свойств ограждающих конструкций существующих крупнопанельных жилых зданий города Бендеры. В работе приведены результаты выбора конструктивно-технологических решений теплоизоляции ограждающих конструкций крупнопанельных зданий в г. Бендеры, на основании теплотехнических расчетов с использованием современных компьютерных программ.*

***Ключевые слова:** теплоизоляция, крупнопанельные здания, ограждающие конструкции, конструктивно-технологические решения.*

FEATURES OF THERMAL INSULATION OF THE ENVELOPEING STRUCTURES OF LARGE-PANE BUILDINGS

***Annotation.** The article is devoted to the study of the thermal properties of the enclosing structures of the existing large-panel residential buildings in the city of Bendery. The paper presents the results of the selection of structural and technological solutions for thermal insulation of enclosing structures of large-panel buildings in the city of Bender, based on thermal engineering calculations using modern computer programs.*

***Keywords:** thermal insulation, large-panel buildings, enclosing structures, structural and technological solutions*

В 1960–1980 гг. массовые застройки жилых зданий характеризуются развитием крупнопанельного и объемно-блочного домостроения с использованием керамзитобетонных панелей. Размеры, вес, прочность и эксплуатационные характеристики этих элементов позволяли возводить недорогие дома в самые сжатые сроки. В Приднестровье более 15% многоэтажных зданий, согласно Сборник ТК 7-3.87[1], построено из керамзитобетонных панелей.

В течение времени нормативные требования теплозащиты зданий и сооружений изменились. Согласно требованиям СНиП Приднестровье 23-03-2011[2], как следствие, жилые здания массовых серий 1960–1980 гг. перестают отвечать современным требованиям энергоэффективности и теплозащиты. В соответствии с современными нормами, а также с тем, что жилые здания массовых серий имеют не только моральный, но и физический износ ограждающих конструкций и узлов соединения их между собой, все актуальнее становятся проблемы изучения и улучшения теплотехнических показателей этих элементов зданий.

Данная проблема актуальна и для г. Бендеры. В жилом фонде, которого насчитывается 743 панельных дома, из которых: 9 этажных – 133 дома; 10 этажных – 5 домов; 14 этажных – 2 дома; 16 этажных – 2 дома.

Поэтому целью данных исследований является исследовать особенности дополнительной теплоизоляции ограждающих конструкций крупнопанельных зданий, на основании оценки состояния ограждающих конструкций и выбора конструктивно-технологических решений с использованием методики многокритериального анализа.

На первом этапе были выполнены аналитические исследования типологии архитектурно-планировочных и конструктивных решений крупнопанельных домов в г. Бендеры. Исследования показали, что период строительства 70-90х годов характеризуется сериями: 102 серия, 135 серия, 143 серия, «Молдавская серия», МСВ называемая «Варницкая серия», «Бельцкая» и «Кагульская серия». Наиболее рациональное архитектурно-планировочное решение, согласно опроса жителей, является 143 серия. Эдентчны планировке квартир 143 серии планировочные решения «Кагульская» и «Бельцкая» серий, отличающиеся между собой лишь формой лоджий и фасадами (рис.1).

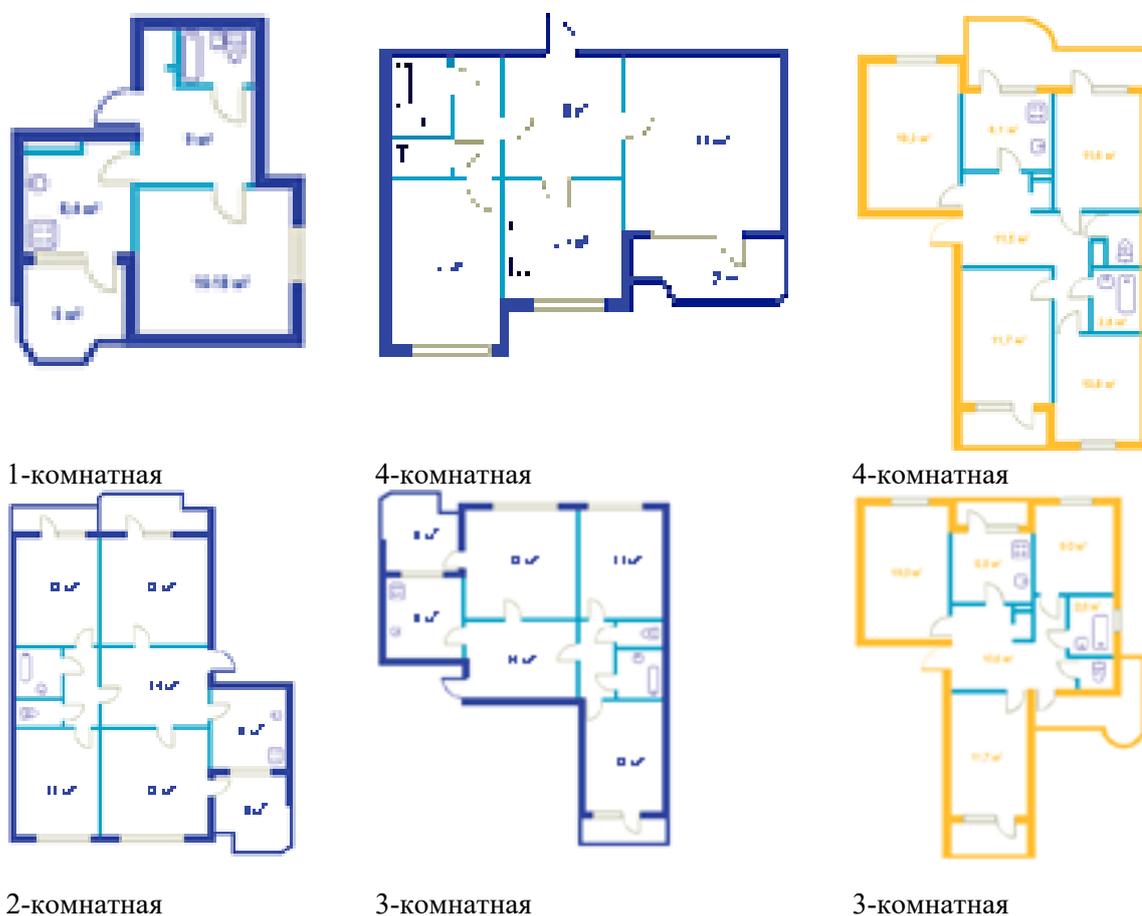


Рис. 1. Планировка домов 143 серии и Бельская серия.

Первым этапом комплексного обследования являлось проведение мониторинга состояния теплоизоляции ограждающих конструкций крупнопанельных жилых зданий г. Бендеры на основании визуального и тепловизионного методов обследования. Визуальный метод, который позволил отметить индивидуальные особенности объекта, зафиксировать видимые дефекты и повреждения и другие эксплуатационные недочеты ограждающих конструкций (рис.2-3)



Рис. 2. Состояние фасада и герметичность межпанельных швов жилого дома по ул. Ленинградской 42, серии Варницкая.



Рис.3. Состояние теплозащиты наружных стен жилых домов по ул. Одесская,18

В ходе обследования выявлены явные/видимые дефекты и повреждения, нарушения в эксплуатации сооружений, а также возможные результаты негативного воздействия различных природных факторов на объекты строительства. Например, герметизация сейсмического шва, лестничной клетки, вводов тепла и теплосетей в подвале, отверстий в уровне цоколя и т.д.

Состояние теплозащиты ограждающей оболочки зданий на основании визуального осмотра и фотофиксации приведено в процентном отношении к общей площади на диаграмме рис. 4.

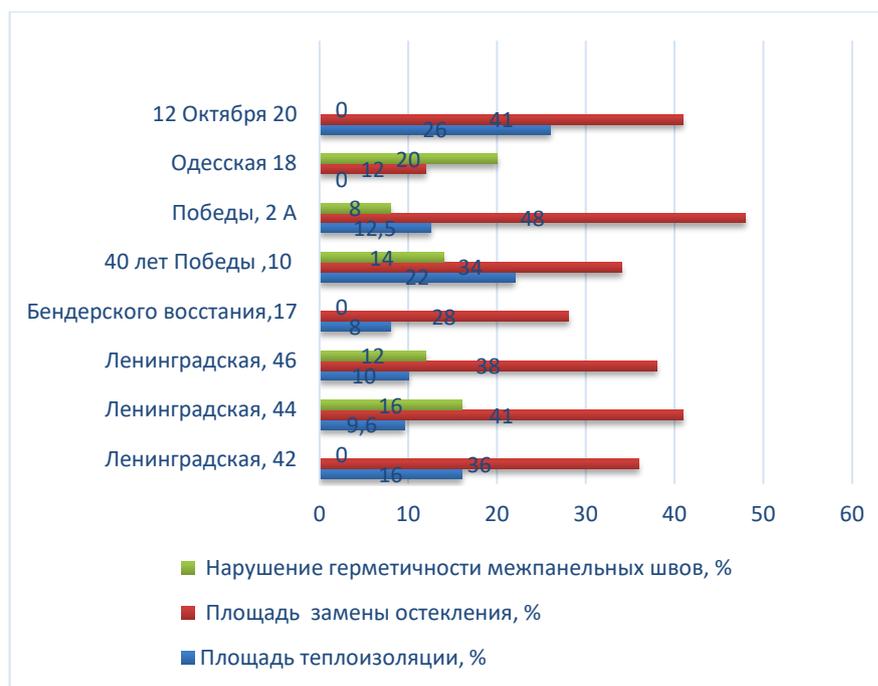


Рис. 4. Результаты визуального обследования жилых крупнопанельных домов г. Бендеры

Как видно из диаграммы состояние энергоэффективности наружных стен составляет не более 26% и оконных блоков до 50%.

По данным ЖЭКу города Бендеры был выполнен текущий ремонт кровель 74% жилых многоквартирных домов, из которых 28,4 % составляют многоэтажные крупнопанельные дома. Более 80% кровли был выполнен текущий ремонт в результате, которого выполнена замена верхнего гидроизоляционного кровельного ковра плоских кровель с использованием битумно-полимерных рулонных материалов марки «Технониколь» методом наплавления с использованием газовой горелки (рис. 5, 6). Из этого количества только 16% была выполнена тепло модернизация кровли с уклонообразующей стяжкой. Материал теплоизоляции использовался пенополистиролбетон и экструдированный пенопласт.

Теплоизоляционный слой более 75% обследуемых зданий, состоит из керамзита, толщиной 200мм, уложенного на ж/б плиту покрытия толщиной 160мм, поверх которого выполнена цементно-песчаная стяжка толщиной 40мм.



Рис. 5. Состояние кровли жилого дома по ул. Пирогова 8б после замены гидроизоляционного ковра



Рис. 6. Капитальный ремонт кровли жилого дома 143 серии по ул. Бендерского восстания 13б

Одновременно с визуальным обследованием необходимо провести расчет коэффициентов теплотехнического сопротивления ограждающих конструкций, который регламентируется нормативными документами [2,3], согласно которых применяется, так называемый «поэлементный» метод нормирования теплозащиты (рис. 7). Каждый элемент ограждающей оболочки зданий (стены, чердачные перекрытия, крыши-мансарды, окна, наружные двери, перекрытия над подвалами и подпольями, полы по грунту) должен удовлетворять определенным требованиям летней и зимней теплозащиты.

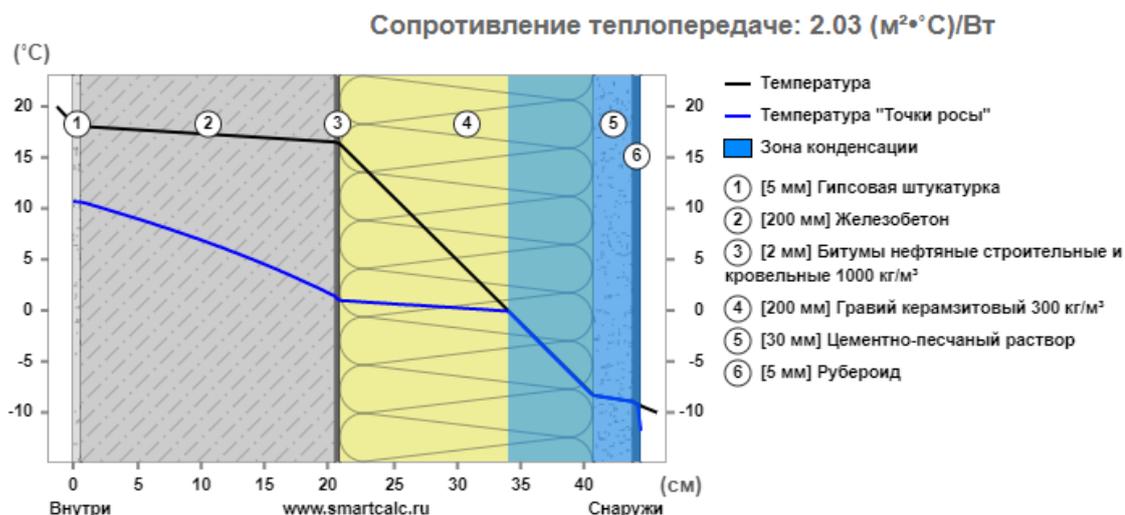


Рис. 7. Конструктивное решение устройство кровельного пирога жилого здания по ул. 40 лет Победы.

Согласно, теплотехнического расчета в программе «Smartcalc»[4] сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций кровли здания по ул. 40 лет Победы, равно 2,03 (м²·°C)/Вт, что в 1,4 раз меньше требуемого $R_t=2,5$ (м²·°C)/Вт и не удовлетворяет нормативным требованиям.

Результат теплотехнического расчета конструктивного решения ограждающих конструкций стен из однослойных керамзитобетонных панелей толщиной 300мм и 350мм показал, что сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций равно 0,79(м²·°C)/Вт и 0,75(м²·°C)/Вт, соответственно, что в 3 раза меньше требуемого $R_t=2,5$ (м²·°C)/Вт.

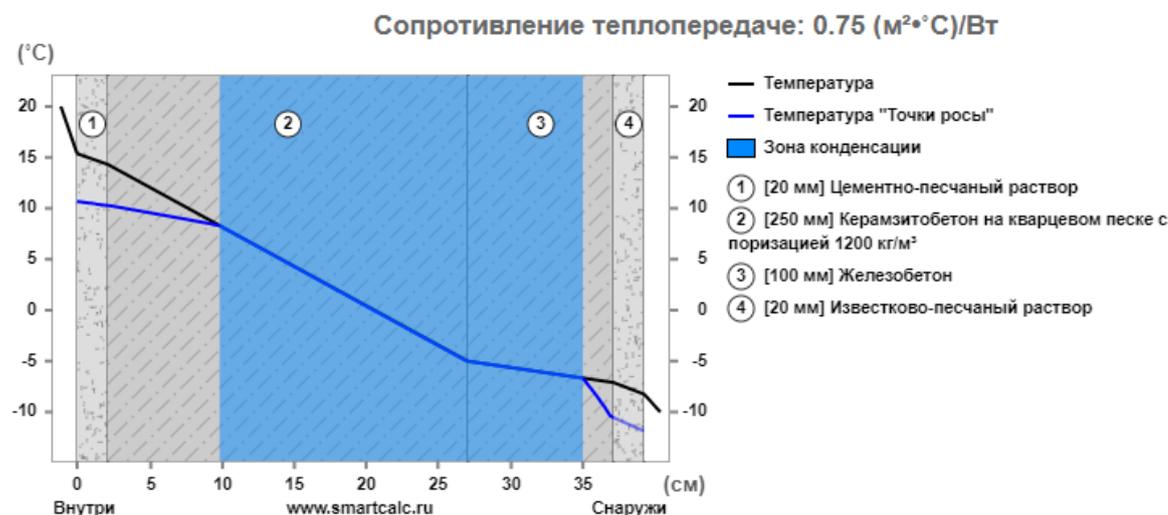


Рис. 8. Теплотехнический расчет конструктивного решения ограждающих конструкций стен из однослойных керамзитобетонных панелей толщиной 350мм.

Основные резервы теплосбережения можно реализовать при комплексном решении вопроса термомодернизации ограждающих конструкций наружных стен из керамзитобетонных панелей и кровли. Исходя из этого было принято решение провести численно-аналитический эксперимент, который заключался в следующем.

Экспериментально-теоретические исследования включали анализ 7 конструктивно-технологических решений (КТР) теплоизоляции однослойных керамзитобетонных панелей толщиной 300мм и 5 конструктивно-технологических решений теплоизоляции кровли по существующему покрытию. Рассматривались 2 системы теплоизоляции наружных стен: скрепленная и вентилируемая. В качестве теплоизоляции варьировались следующие материалы: стекловата, базальтовая вата, вспененный пенополистирол, экструдированный пенополистирол (ЭППС), пеноизол. В качестве теплоизоляции конструктивно-технологических решений кровли рассматривались следующие варианты: минеральная каменная вата, экструдированный пенополистирол (ЭППС), пенополиуретан, пенополистиролбетон и керамзит.

Результаты расчета теплотехнических свойств конструктивно-технологических решений ограждающих конструкций стен приведены на диаграмме рис. 9.



Рис. 9 Диаграмма сравнения теплотехнических характеристик конструктивно-технологических решений теплоизоляции наружных стен.

Как видно из диаграммы наиболее эффективным утеплителем является экструдированный пенополистирол с теплопроводностью равной 0,034 Вт/(м*°C), что соответствует максимальному показателю сопротивлению теплопередаче 2,64(м²*°C)/Вт при толщине материала 40мм и минимальным потерям 28,57кВт/ч по сравнению с другими вариантами.

Конструктивно-технологическое решение №7 облицовка наружных стен здания термопанелями на основе пенополистирола и керамической плитки не соответствует требованиям по влагонакоплению, не удовлетворяет нормам по защите от переувлажнения.

Результаты сравнения теплотехнических свойств, конструктивных решений теплоизоляции кровли жилого дома 143 серии, приведены на диаграмме рис.7.

Исходя из результатов сравнения теплотехнических свойств наиболее рациональное конструктивно-технологическое решение №3 с использованием в качестве теплоизоляционного материала – пенополиуретана. Стоит отметить, что все исследуемые конструктивные решения отвечают требуемому показателю теплопередачи.

Как видно из диаграммы (рис. 10) наибольшую весовую нагрузку на 100м² площади кровли на здание оказывает КТР5 весом 13,5 т (теплоизоляционный слой из керамзита толщиной 450мм), наименьшую нагрузку по весу – КТР2 (экструдированный пенополистирол толщиной слоя 100мм) – 0,4т.

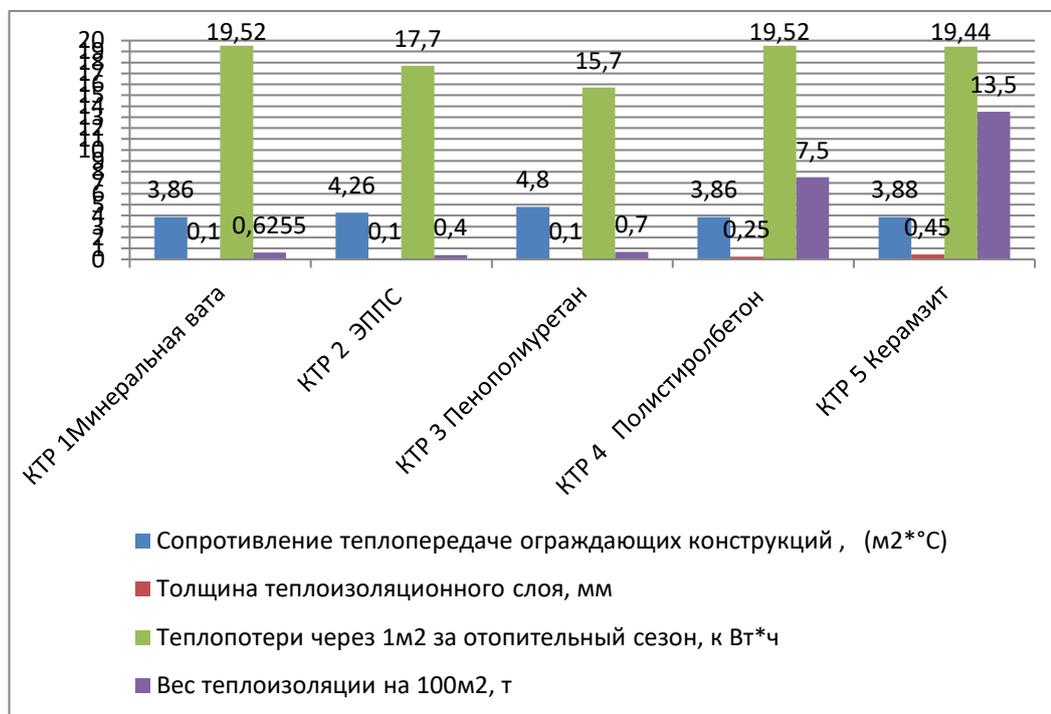


Рис. 10. Диаграмма сравнения конструктивных решений теплоизоляции кровли.

Исследование конструктивно-технологических решений термомодернизации ограждающих конструкций стен и кровли крупнопанельных зданий показали, что наиболее рациональным решением теплоизоляции стен является «система мокрый фасад» с применением экструдированного пенополистирола «Пеноплэкс» толщиной 50мм с последующей отделкой декоративной штукатуркой, а для кровли с применением пенополиуретана толщиной 100мм с последующим устройством разуклонки цементно-песчаной стяжкой – 30мм и 2х слойным битумно-наплавляемым кровельным покрытием марки «Технониколь».

Данные решения позволяют увеличить сопротивление теплопередаче наружных стен в 2,6 раза, а кровли в 2,4 раза.

Литература

1. Каталог серий типовых проектов индустриальных жилых домов. Сборник ТК 7-3.87.
2. СНиП Приднестровье 23-03-2011 Тепловая защита зданий
3. СНиП Приднестровье 23-01-02. Строительная климатология и геофизика
4. Онлайн калькуляторы теплотехники ограждающих конструкций - [электронный ресурс] – Режим доступа к ресурсу: <https://www.smartcalc.ru/>

УДК 721.01:728.5

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ В РАМКАХ РАЗВИТИЯ ГОСТИНИЧНОГО БИЗНЕСА И ТУРИЗМА В ПРИДНЕСТРОВЬЕ

Кордюков Алексей Анатольевич

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»
магистрант; г. Бендеры, Приднестровье

Дмитриева Нина Викторовна

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»
к.т.н., доцент; г. Бендеры, Приднестровье
e-mail: dmitrieva.nv76@gmail.com

Аннотация. В работе представлена актуальность развития гостиничного бизнеса в Приднестровье. Приведены проектные решения гостиниц на основании результатов мониторинга существующего фонда гостиничных комплексов на примере г. Тирасполя. Предложены архитектурно-планировочные решения 4-х типов гостиниц с учетом климатических, социально-экономических и историко-культурных особенностей Приднестровья.

Ключевые слова: туризм, гостиничный бизнес, проектные решения, мониторинг.

PERSPECTIVE DESIGN SOLUTIONS WITHIN THE DEVELOPMENT OF HOTEL BUSINESS AND TOURISM IN TRANSNISTRIA

Annotation. The paper presents the relevance of the development of the hotel business in Pridnestrovie. Design solutions for hotels are given based on the results of monitoring the existing stock of hotel complexes on the example of the city of Tiraspol. Architectural and planning solutions for 4 types of hotels are proposed, taking into account the climatic, socio-economic, historical and cultural characteristics of Transnistria.

Keywords: tourism, hotel business, design solutions, monitoring.

Туризм в Приднестровье — относительно слаборазвитая отрасль, несмотря на существование на территории республики природно-рекреационных и историко-культурных туристских ресурсов[1]. Основным туристским ресурсом является природный комплекс долины реки Днестр. По статистическим данным министерства экономического развития Приднестровья доля туризма в внутреннем валовом продукте Приднестровья на 2017 год составляет всего 0,02 %, а доля занятых в нём — лишь 0,3 % от общего числа всех работников по республике[2]. Когда в мире общий объем экспорта, полученный туризмом, составил 1,6 триллиона долларов США или 4 млрд. долл. США в день, составив 7% мирового экспорта.

По мнению специалистов, проблемами слабого развития туризма в республике является ряд причин как внутреннего, так и внешнего характера. Так, основной причиной является непризнанность Приднестровья, а также негативное мнение о республике в странах дальнего и ближнего зарубежья, сложная социально-экономическая ситуация, значительный износ материальной туристической базы, слаборазвитая туристическая инфраструктура [3].

Поэтому для эффективной реализации туристического потенциала республики правительство утвердило государственную целевую программу поддержки и развития туризма в Приднестровье на 2019–2026 годы.

Данная программа разработана с целью создания современной, конкурентоспособной туристской отрасли, ориентированной на максимально полное удовлетворение потребностей наших граждан и граждан иностранных государств в услугах внутреннего и въездного туризма.[4]

Программа предусматривает работу по совершенствованию сельского, этнографического, экологического, событийного, спортивного и бизнес туризма. Планируется провести работы в области винного, медицинского, детского и молодежного туризма. В связи с этим актуальна разработка и совершенствование архитектурно-планировочных решений гостиничных комплексов для каждого вида туризма.

Актуальность расширения строительства гостиниц в Приднестровье в настоящее время обусловлена непрерывным ростом потребностей в гостиничном обеспечении, связанным с рядом особенностей общественного развития. К ним относятся: формирование хозяйственно-экономических связей, мобильность населения в связи с ростом его культурного уровня и материальной обеспеченности; необходимость ускоренного и широкого обмена научной информацией и передовым опытом путем организации совещаний, конференций, съездов специалистов различных отраслей; развитие международных связей и международного туризма.

С точки зрения архитектурно-композиционной задачи при проектировании крупных гостиниц, необходимо учитывать важность не только самого архитектурного стиля здания, но и его акцентную роль в градостроительной среде. Для Приднестровья масштабность постройки определяется земельным участком и вложенным бюджетом — многоэтажное здание будет вмещать больше посетителей, чем малоэтажное, однако оба варианта вполне возможны (в зависимости от особенностей земельного участка). Важно отношение проектируемой гостиницы к одному из следующих типов: гостиницы общего типа (наиболее распространенные), туристические, курортные, мотели, кемпинги.

На основании анализа практики проектирования можно выделить следующие типы планов проектирования и строительства в зависимости от геометрии планировки жилой части гостиничного предприятия Приднестровья: компактная, прямоугольная и с усложненной формой плана. Последние два типа наиболее распространены при проектировании и строительстве гостиничных предприятий.

Прямоугольная форма используется при проектировании и строительстве многоэтажных и протяженных гостиничных предприятий, на прямоугольной основе создаются «правильные» объемы зданий в форме параллелепипеда; по мнению ряда экспертов, данный вид зданий наиболее эффективен с позиции организации и использования внутреннего пространства.

Компактная форма плана (близка к кругу, эллипсу, квадрату, треугольнику) определяется присутствием башни (башен) в многоэтажном здании гостиничного предприятия. Узел вертикальных инженерных коммуникаций обычно располагается в центральной части гостиничного предприятия; общие поэтажные коридоры довольно короткие. Данный тип гостиниц перспективно использовать при ограниченности земельных ресурсов.

Усложненная форма плана имеет много вариантов: «трилистники», «крестовины»; различные криволинейные формы. В данном случае присутствует изогнутость линий горизонтальных коммуникаций, что позволяет создать эффект лабиринта, загадочности, «необыкновенности» помещения. Основным минусом данного типа гостиничных предприятий является то, что в силу сложности архитектурного решения номера получаются не равноценными и стандартизация услуг становится затруднительной, что вызывает дополнительные сложности как для владельца бизнеса, так и для гостей.

Для определения наиболее рациональных типов гостиниц был выполнен мониторинг гостиниц Приднестровья, приведенный в таблице 1, по таким критериям: функциональность, типу архитектурно-планировочного решения, помещений и мест услуг (парковки, конференц и тренажерных залов), месту расположения, категории (количество звезд).

Таблица №1

Мониторинг гостиниц г. Тирасполя

Название гостиницы	Место расположения	Режиму эксплуатации	Тип гостиницы, дополнительные услуги	Кол-во этажей	Тип архитектурно-планировочного решения гостиниц	Недостатки расположения и планировки гостиницы
Отель Корона 3 звезды	За городом	круглогодичные	туристические Ресторан, Бассейн, Пляж, Барбекю	3	коридорного	Отсутствие Зон фитнеса лифта
CityClub Hotel 4 звезды	Центр города	круглогодичные	общего типа Ресторан, Массаж Конференц-зала Фитнес –зал Сауна-баня,	2	ячейкового	Отсутствие Игровых площадок Лифта
Sem Uglov 3 звезды	Центр города	круглогодичные	туристические	2		Отсутствие зон отдыха Зон фитнеса Игровых площадок Бассейна, Конференц-зала Кафе и ресторан (0,3-0,5 км)
Elektromash Hotel 3 звезды	Центр города	круглогодичные Кухня-самообслуживание	для транзитных пассажиров	9	коридорного	Отсутствие Парковки зон отдыха Зон фитнеса Кафе, ресторан
Old Tiraspol Hostel 4 звезды	1 линия от р. Днестр	круглогодичные Пляж, детская площадка спортплощадка Парковка	для транзитных пассажиров	3	коридорного	Общие туалеты и душевые Нет собственного пищеблока

Отель ВВП Клуб 4 звезды	4км от центра	круглогодичные Ресторан, Бассейн, Пляж, Сад, барбекю	общего типа	2	ячейкового	
Аист 2 звезды	Центр города	круглогодичные	для транзитных пассажиров	6	коридорного	
Sofia 3 звезды	1 км от центра	круглогодичные	общего типа	9	ячейкового	
Отель «Россия» 4 звезды	Центр города	круглогодичные	для спортсменов Ресторан, Бар Казино Конференц-зала Фитнес центр Бизнес-центр Семейные зоны отдыха	5	коридорного	Не удобная планировка номеров

На основании мониторинга [5] предложены перспективные архитектурно-планировочных решения рациональных типов гостиниц Приднестровья на примере города Тирасполя.

Это проектные решения гостиницы для спортсменов водного вида спорта, 3-этажного отеля-бутика, 3-этажного отеля и оздоровительно-гостиничного комплекса.

Разработано концептуальное предложение генплана варианта 5-ти этажного водно-спортивного гостиничного комплекса «Парус», который проектируется в г. Тирасполе (возможно и г. Бендеры) на берегу р. Днестр представлено на рис. 1.



Рис.1. Визуализация генерального плана водно-спортивного гостиничного комплекса «Парус».



Рис.2. Фасад здания водно-спортивного гостиничного комплекса «Парус».

На территории комплекса размещено шестиэтажное здание отеля с террасами, площадкой на крыше и бассейном, здание ресторана, SPA-комплекс, зоны отдыха с террасами, беседками и барбекю, зона отдыха с террасой над водой, Проектом предусмотрено 2 спортивных крытых бассейнами, открытый бассейн. 2 тренажерных зала. На склонах разместились отдельные коттеджи, эллинги для различного вида водного транспорта. Так же на территории комплекса запроектирована площадка с теннисным кортом и причал. Запроектирована инфраструктура - подъезды, дороги, стоянки, выделена хозяйственная зона. При въезде устроена смотровая площадка, с которой открывается прекрасный вид на окружающую природу.

Второй вариант это проект оздоровительно-гостиничного комплекса «Сэнэтате» на 250 посетителей, представляет собой 6-ти этажное здание, размерами в осях 52,2*50,73м и высотой 27,7 м (рис. 3).

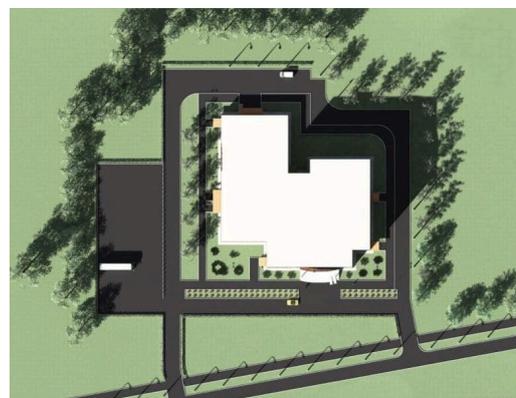


Рис.3. Генплан и 3-D модель визуализации фасада оздоровительно-гостиничного комплекса «Сэнэтате».

Конструктивная схема здания – каркасно монолитная. Несущий каркас из монолитных колонн сечением 400х400 и монолитной плиты перекрытия 200мм. Наружные стены выполнены из газобетона 400мм. Фасад вентилируемая система «Алюкобонд» с теплоизоляцией минераловатными плитами 100мм. Внутренние стены выполнены из газобетона толщиной 400 и 200мм. Перегородки выполнены из красного керамического кирпича толщиной 120мм. В здании принята плоская кровля. Состоит из слоя пароизоляции толщиной 2 мм, слоя теплоизоляции толщиной 100 мм. из минераловатных плит плотностью $\rho = 300 \text{ кг/м}^3$, цементно-песчаной стяжки толщиной 30 мм, и 2 слоев материала Биполь толщиной 4 мм. Отвод атмосферных вод принят организованный внутренних.

Архитектурно-планировочное решение на примере 1-го этажа приведено на рис. 4. Согласно экспликации помещений на 1-м этаже запроектировано буфет, столовая и кухонный блок, на 2-м этаже этаже предусмотрены кабинеты врачей и лечебно-оздоровительных кабинетов. Проект планов 3-6 этажей как типовых (рис.5), на которых расположены 2х и 3х местные номера для посетителей санатория.

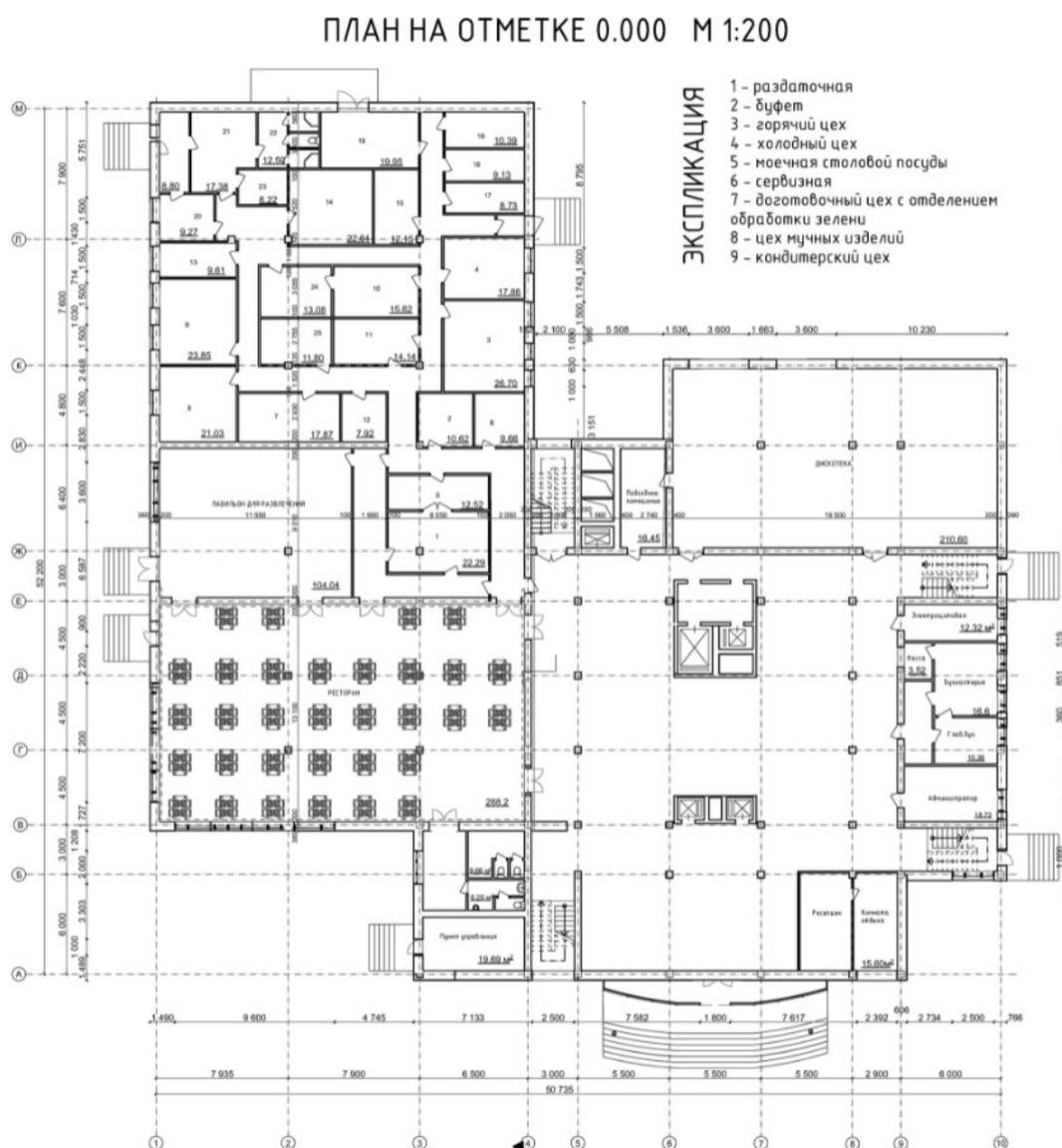


Рис.4. Архитектурно-планировочное решение первого этажа на отметке 0.000.

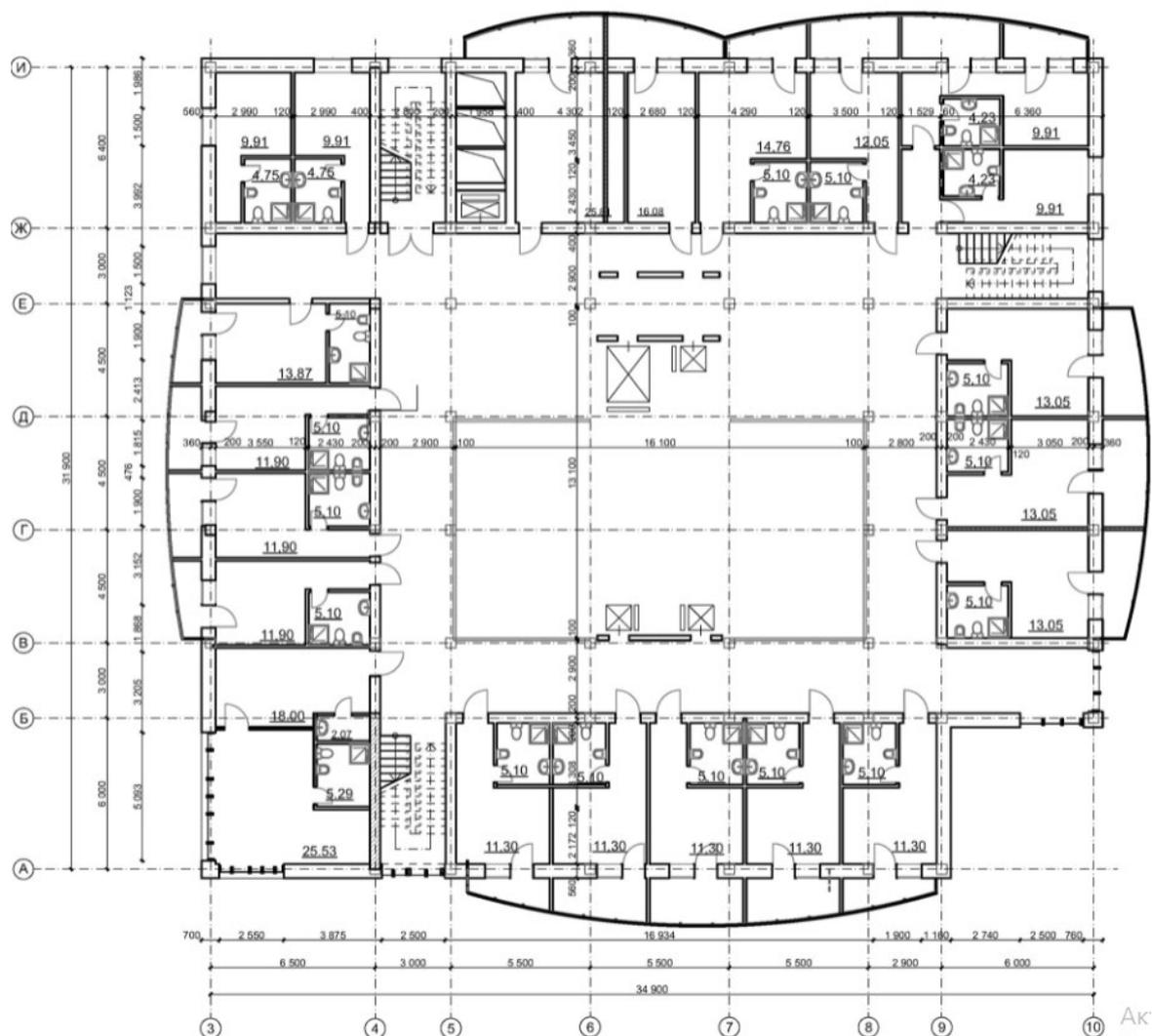


Рис.5. План типового этажа.

Проект оздоровительно-гостиничного комплекса «Сэнэтате» планируется на участке площадью 1,7га, площадь озеленения – 1га, площадь застройки – 2300м² и площадь транспортных проездов и пешеходных зон – 0,47га.

Проектное решение 4-х этажного бутик-отеля «Деонис», который представляет собой тематический отель приверженный древним традициям Молдавии - виноделия. Интерьер этого отеля будет передавать эпохи развития виноделия Приднестровья, таких торговых марок, как «Квинт» и «Букет Молдавии». Здание выполнено по смешанной конструктивной схема каркасно-монолитное с колоннами 400х500мм и несущими стенами из котельца толщиной 400мм с монолитным перекрытием толщиной 200мм. Внутренние стены выполнены из котельца толщиной 200мм и перегородки - из керамического кирпича толщиной 120мм.

В подземной части здания предусмотрен подземный паркинг, технические помещения и винные погреба. На первом этаже размещается ресторан молдавской кухни и дегустационный зал и лобби-бар. Высота подземного этажа 4.160м, 1-го этажа – 3,9м, 2 и 3 этажей – 2,95м и 4-го этажа – 3,6м.

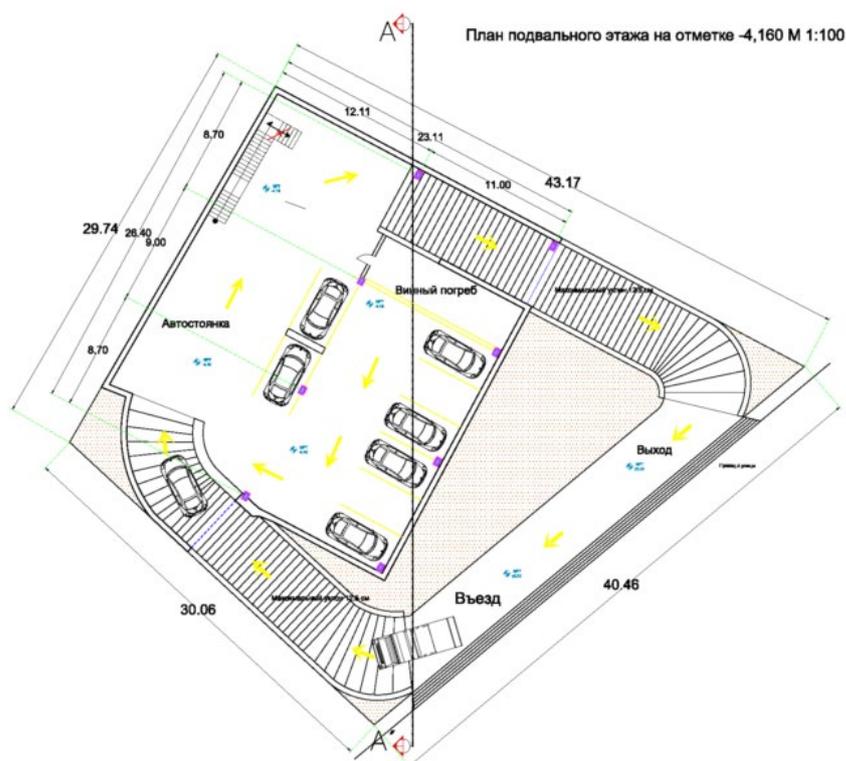


Рис. 6. План подземного этажа бутика-отеля «Деонис».

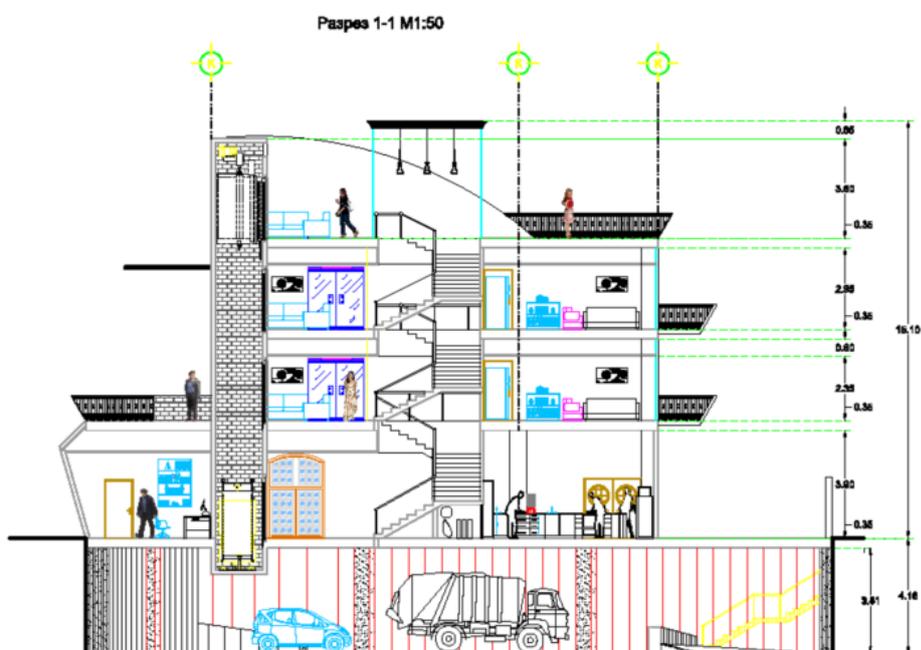


Рис. 7. Разрез здания бутика-отеля «Деонис».

Фасад облицован натуральным пиленным шлифованным известняком и окрашен кремнеорганической фасадной краской. Крыша плоская эксплуатируемая с комбинированным покрытием из тротуарной плитной, террасной доски и «зеленой кровли» устроенной по дренажной мембране в комбинации с декоративной белой галькой. Архитектурно-планировочные решения бутик-отеля приведены на рис.6.

4-й предлагаемый нами вариант это проект 3-этажного отеля семейного типа «Династия» (рис. 8-9). Отличие его в том что в отеле все номера больше номативных требований по площади для размещения дополнительной детской мебели. В отеле запроектирован ресторан, помещения для организации детского досуга, кинозал, библиотека и кабинет «семейного» врача, для оказания медицинской помощи. В здании запроектированы 2-х и 3-х местные номера стандарт и полулюкс, также предусмотрены номера люкс и два 4-х местных номера. На территории гостиницы запроектированы детский и взрослый открытого типа бассейны и игровая площадка.

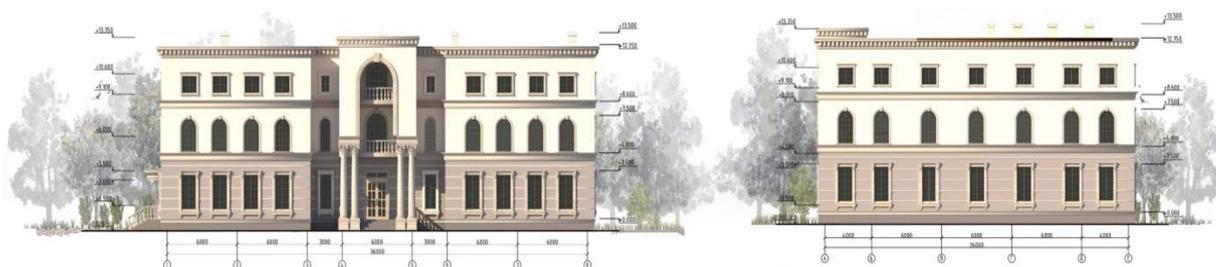


Рис.8. Фасады 3-этажного отеля семейного типа.



- Экспликация к плану 2 этажа
1. Коридор 125.52м²
 2. Зал для проведения семейных встреч, тематических бесед, видеопросмотров и т.д. 121.14м²
 3. Двухместный номер 37.68м²
 - 4.Одноместный номер 25.56м²
 5. Двухместный номер 45.58м²
 6. Лестничный холл 21.86м²
 7. Двухместный номер 43.20м²
 8. Двухместный номер 43.89м²
 9. Склад 10.42м²
 10. Семейный трехместный номер 43.76
 11. Четырехместный номер 53.48м²
 12. Двухместный номер 42.34 м²
 13. Лестнично-лифтовой холл 67.71м²
 14. Склад 16.31м²
 15. Двухместный люкс 64,75м²

Рис. 9. План этажа на отметке +4.800м.

Конструктивная схема здания – каркасно монолитная. Несущий каркас из монолитных колонн сечением 400х400 и монолитной плиты перекрытия 160мм. Наружные стены выполнены из газобетона 400мм. Фасад штукатурится декоративной штукатуркой на основе мраморной крошки с утеплением минераловатными плитами 50мм. Здание проектируется высотой 13,5м и размерами в осях 36,0х26,0м

Площадь застройки – 910,85м². Общая площадь -2286,95 м² строительный объем – 11201м³. Согласно ТЭП генплана площадь территории 394,34 м², а площадь озеленения – 1440,9 м².

Заключение

Аналитические исследования позволили определить рациональные типы гостиниц Приднестровья и разработать перспективные проекты архитектурно-планировочных решений гостиниц. Строительство или модернизация гостиничных учреждений в Приднестровье должно проводиться на основе характерных для республики видов туризма: паломнического (религиозного), познавательного (историко-культурного и экологического), оздоровительного (лечебного) и рекреационно-развлекательного. Для всех видов туризма следует разрабатывать маршруты, предусматривающие возможность ежедневных экскурсионных радиальных поездок.

При формировании архитектурно-художественного облика гостиниц на территории Приднестровья большую роль играют особенности природного окружения и историко-культурной среды. Специфика рекреационной архитектуры находит свое выражение и в благоустройстве и озеленении приобъектной территории гостиниц.

Основными приемами архитектурно-планировочной и объемно-пространственной организации гостиниц в зоне умеренно-континентального климата Приднестровья являются: свободное размещение отдельных зданий на территории, использование протяженных в направлении восток-запад зданий с коридорами и открытыми галереями и террасами, применение номеров с двусторонней ориентацией, обеспечивающей сквозное проветривание. Так же стоит отметить, что особое значение в формировании оригинального архитектурно-художественного облика гостиниц в Приднестровье имеют применение местных сырьевой базы строительных материалов.

Литература

1. Владислав Наумов. Туризм - перспективная отрасль экономики в Приднестровье (рус.), smdip.mfa-pmr.org (17 сентября 2012). Архивировано 4 ноября 2016 года. Дата обращения 1 апреля 2022.
2. Туристическая отрасль в Приднестровье: многое впереди?- электронный ресурс - режим доступа: <https://novostipmr.com/ru/news/12-09-27/turisticheskaya-otrasl-v-pridnestrove-mnogoe-vperedi> Дата обращения: 7 сентября 2022.
3. Международный туризм продолжает устанавливать рекорды - электронный ресурс - режим доступа:
4. <https://www.cndrussian.com/ru/noticia/mezhdunarodnyi-turizm-prodolzhaet-ustanavlivat-rekordy> Дата обращения: 7 сентября 2022.
5. Ляпина И.Ю. Индустриальная база гостиниц и туристских комплексов, М.: Издат.центр «Академия», 2009
6. Туристические паспорта - электронный ресурс - режим доступа:<https://tourismpmr.org/o-pridnestrove/turisticheskie-pasporta/>

УДК 624.012:314.211

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Миронов Максим Сергеевич

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»
магистрант; г. Бендеры, Приднестровье

Кравченко Сергей Анатольевич

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»
к.т.н., доцент; г. Бендеры, Приднестровье

e-mail: ckogasa@yahoo.com

***Аннотация.** В статье приводится численное моделирование напряжённо-деформированного состояния сталежелезобетонных элементов и конструкций из легких стальных конструкций и полистиролбетона. Приведен программный комплекс наиболее подходящий для моделирования сталежелезобетонных конструкций. Показаны полученные результаты при исследовании цилиндров, профилей, а также двухкомпонентных и трёхкомпонентных конструкций позволяющие учесть форму и размеры при изготовлении экспериментальных образцов для дальнейшего сравнения.*

***Ключевые слова:** сталежелезобетон, диаграмма, напряжения, модель, деформации.*

SIMULATION OF THE PHYSICAL NONLINEARITY OF COMPOSITE CONCRETE STRUCTURES

***Annotation.** The article presents a numerical simulation of the stress-strain state of steel-reinforced concrete elements and structures made of light steel structures and polystyrene concrete. The software package most suitable for modeling steel-reinforced concrete structures is given. The results obtained in the study of cylinders, profiles, as well as two-component and three-component structures are shown, which allow taking into account the shape and dimensions in the manufacture of experimental samples for further comparison.*

***Keywords:** steel-reinforced concrete, diagram, stresses, model, deformations.*

Численное моделирование напряженно-деформированного состояния сталежелезобетонных конструкций из легких стальных конструкций и легкого бетона решает ряд вопросов:

1) определение предельных условий работы данного вида конструкций, при которых модели образцов будут описывать реальную работу, как отдельных элементов конструкции, так и сталежелезобетонной конструкции в целом;

2) определение распределения напряжений в легком полистиролбетоне при объемно-напряжённой работе. Эти деформации невозможно наблюдать визуально или определить механическими измерительными приборами;

3) определение концентраций напряжений в зависимости от вида приложения нагрузки на элементы;

4) сравнение экспериментальных результатов испытания с компьютерным моделированием, при котором идеализирована работа каждого из использованных материалов может привести к повышенным значениям прочности и устойчивости сталежелезобетонных. Конструкций [1].

Выбор программного комплекса базировался на отечественном и мировом опыте. проектирование и моделирование разного вида строительных конструкций, деталей и механизмов машиностроения к таким программам можно отнести ANSYS, Femap, HyperWorks и другие.

Принцип расчета заключается в автоматическом решении дифференциальных уравнений численным методом. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния сталежелезобетонных конструкций выполнялось с помощью программного комплекса в системе NASTRAN Femap 10.1.1 SC 64bit [2].

Операции по подготовке конечных моделей с соответствующими предельными условиями и визуализация результатов выполняется в Femap, само вычисление выполняется в NX Nastran. Эта программа дает возможность задавать свои графики работы (прочности и деформативности) отдельных материалов и также задавать разные виды и разные размеры конечных элементов, что в свою очередь повышает точность определений распределения напряжений в конструкциях.

К особенностям проектирования сталежелезобетонных конструкций в программных комплексах можно отнести ряд нерешенных задач, описывающих разные аспекты работы конструкции.

Все построения геометрии изучаемых моделей выполнялись в ортогональной системе глобальной прямоугольной декартовой системе координат программы NASTRAN [2]. Моделирование сложного соединения, сочетающего в себе фальцевое и заклепочное. Для создания расчетной схемы работы соединения подбирались граничные условия, которые ограничивали некоторые перемещения и соответствовали реальной работе такого вида соединений. Построение модели соединений производилось в объемном виде (рис.1). Физико-механические характеристики использованных материалов задавались в соответствии с графиком работы получены экспериментальным путём.

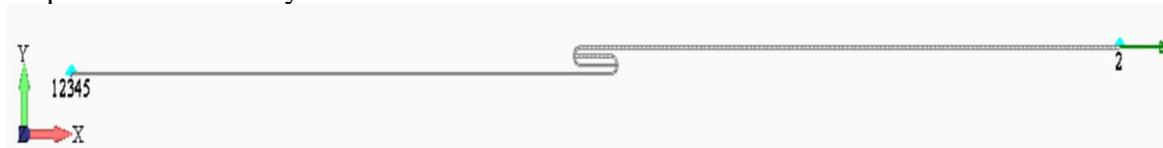


Рис.1. Расчётная схема соединения стальных полос.

С учетом работы заклепочного соединения при моделировании рассматривался случай разрушения при сложнапряженном состоянии заклепки именно работа на срез и работа на растяжение (рис.2).



Рис.2. Распределение главных напряжений соединения стальных полос.

Общая форма геометрии трубных элементов задавалась первоначально плоским. поперечным кольцевым сечением с наружным диаметром $d=100\text{мм}$, толщина стальных элементов $t=0,42\text{мм}$.

Все модели делились на серии по тем же параметрам как и для экспериментальных конструкций. Для приближения к реальной работе все образцы смоделированы с такими геометрическими и физико-механическими свойствами, как и натурные образцы при экспериментальных испытаниях

В системе MSC/NASTRAN материалы могут задаваться как изотропные, ортотропные и анизотропные. Именно для расчета легких сталежелезобетонных конструкций все материалы задавались как изотропные.

Материалы для этих конструкций делились на группы, их разделение базировалось на разных физико-механических характеристик каждого из предложенных материалов. При численном моделировании возникает проблематика совместимого моделирования работы стальной оболочки и бетонного ядра.

Характеристики материалов задавались с учетом прочности и деформативности конструкций согласно экспериментальным испытаниям (табл.1). Уточняющие характеристики материалов сравнивались и принимались согласно нормативных документов. Работа материалов предусмотрена в упругопластической стадии. Определённый экспериментальным путём модуль упругости и коэффициент Пуассона [3]. Из предложенных в библиотеке компьютерной программы характеристик материала наиболее целесообразным выбран «пластический материал» отвечающий реальной работе конструкции (рис.3,4).

Таблица №1.

Физико-механические характеристики материалов

Материал	Физико-механические характеристики			
	E, МПа	σ_{max} , МПа	$\epsilon_b \times 10^5$	ν
Полистиролбетон	400	1,15	380	0,22
Сталь	$2,1 \times 10^5$	312	200	0,3

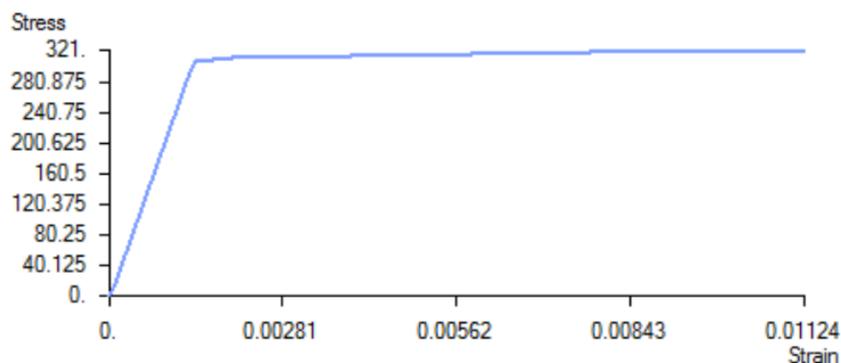


Рис.3. Диаграмма работы стали.

Предельные условия задавались связями приложенными на конструкции. Связи ограничивали перемещение в опорных точках элементов.

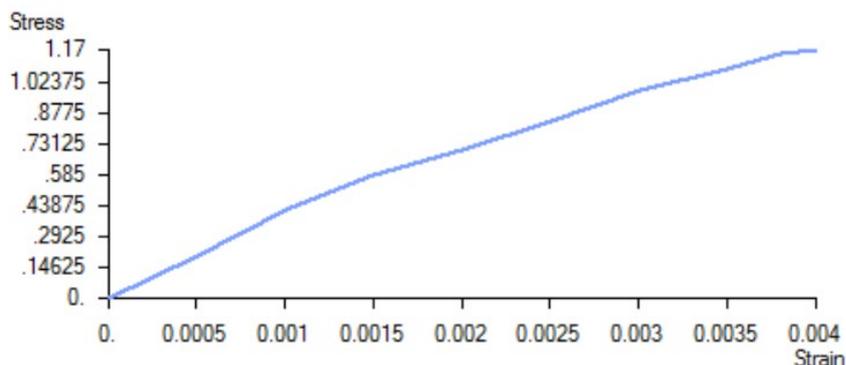


Рис.4. Диаграмма работы полистиролбетона.

Поперечному сечению нижней грани моделей ограничивались три поступательных и угловые движения. Верхнее же сечение ограничивалось поступательными перемещения по горизонтальной плоскости и угловые перемещения.

Нагрузка на образцы прикладывалась равномерно на всё сечение либо на поперечное сечение бетонного ядра в зависимости от типа конструкций [4]. Для обеспечения равномерного перемещения верхней плоскости образца вдоль вертикальной оси, нагрузка передавалась через жесткие соединяющие элементы, которые соединяют узлы с условной точкой приложения нагрузки посредством сосредоточенной силы. Именно эта сила перераспределялась на равномерную загрузку каждого конечного элемента поперечного сечения (рис. 5).

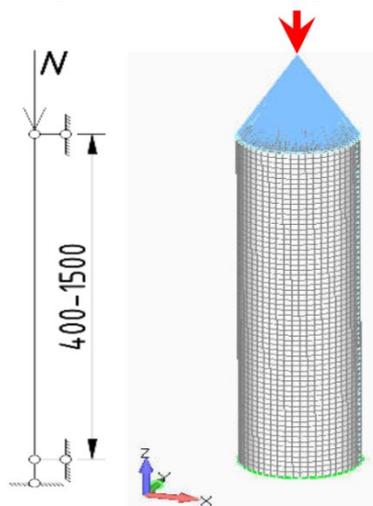
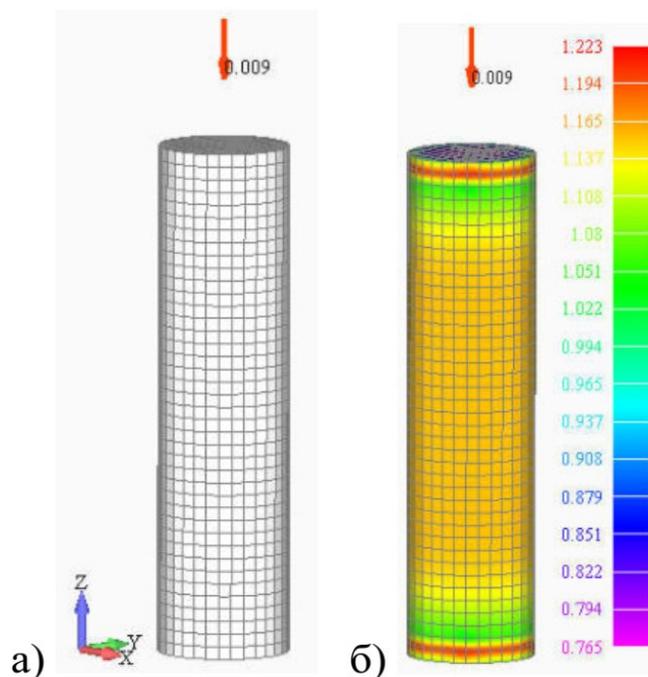


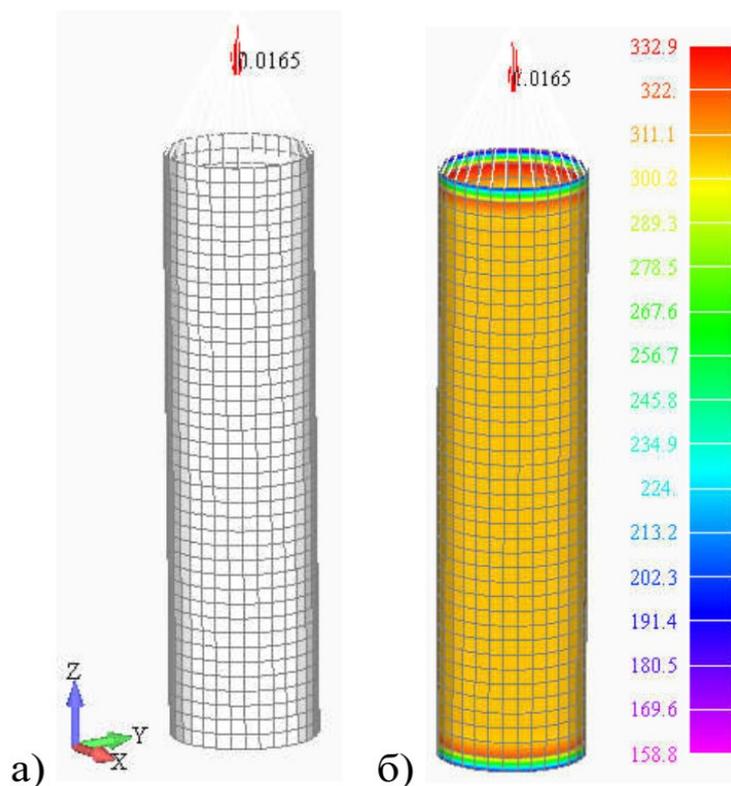
Рис. 5. Общепринятая расчётная модель на примере трубобетонного элемента.

Численное моделирование проводилось в соответствии с алгоритмом экспериментальных исследований. А именно все серии образцов были смоделированы и показаны главные напряжения этих элементов (рис.6- рис.15).



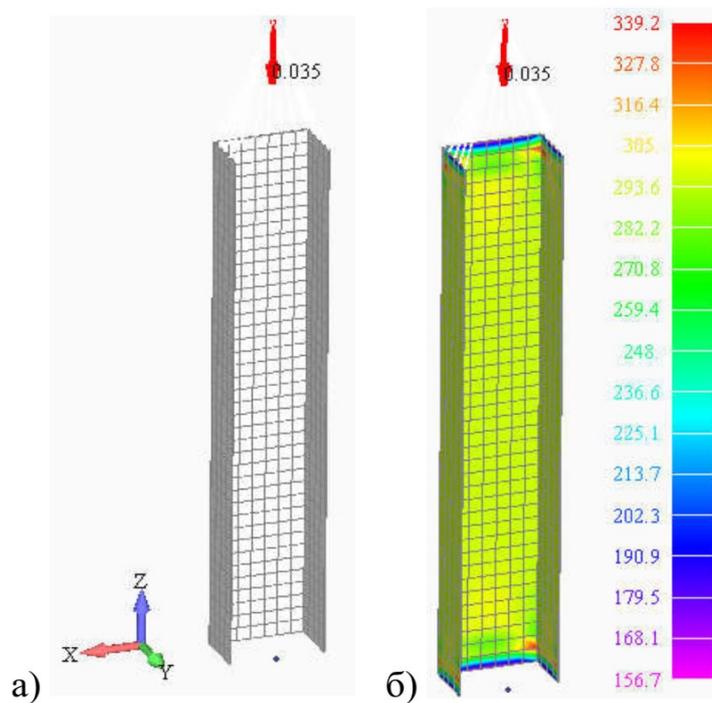
а) – расчётная модель; б) – распределение главных напряжений по поверхности модели (МПа)

Рис.6. Модель полистиролбетонного цилиндра.



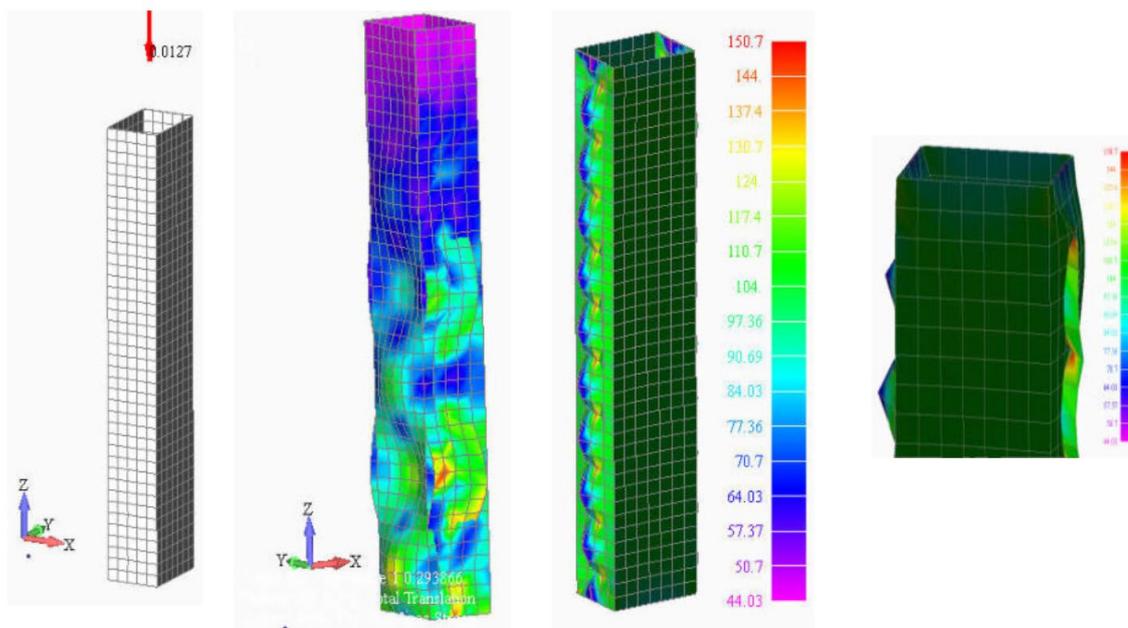
а) – расчётная модель; б) – распределение главных напряжений по поверхности модели (МПа)

Рис.7. Модель стальной обоймы.



а) – расчётная модель; б) – распределение главных напряжений по поверхности модели (МПа)

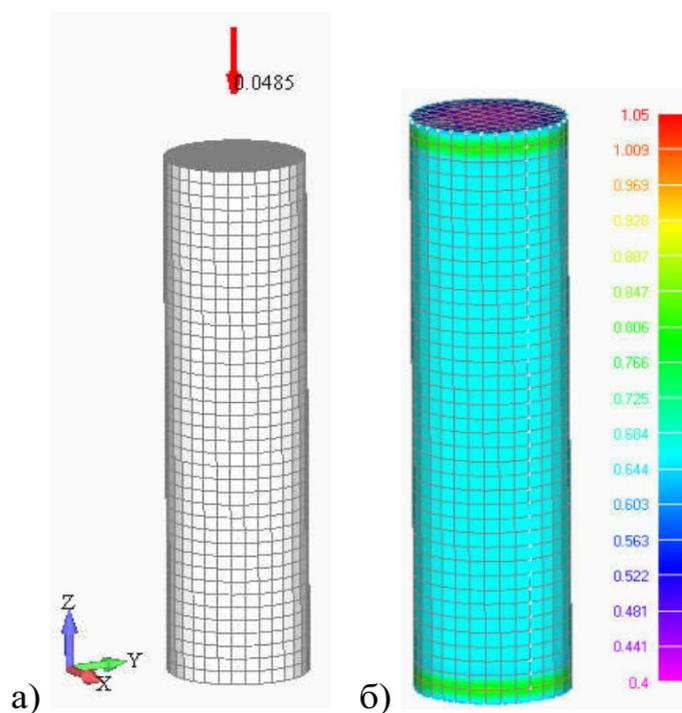
Рис.8. Модель стального профиля.



а) б) в) г)

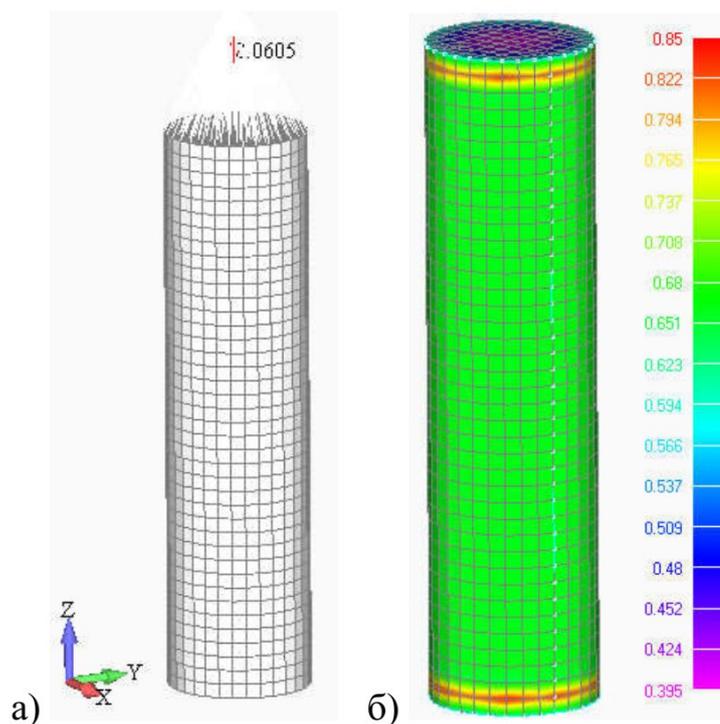
а) – расчётная модель; б) – составной профиль без заклёпок; в) – составной профиль с заклёпками; г) – распределение напряжений в припорном участке.

Рис.9. Распределение напряжений в составном стальном профиле.



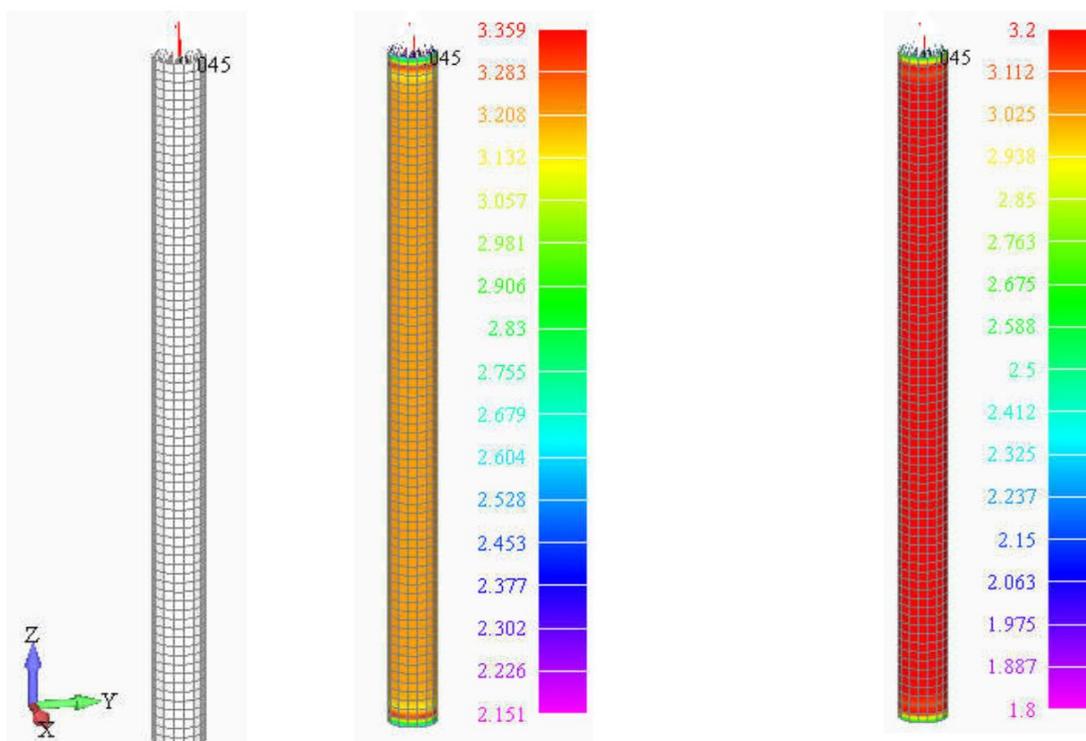
а) – расчётная модель; б) – распределение главных напряжений по поверхности модели (МПа)

Рис. 10. Модель двухкомпонентной сталежелезобетонной конструкции нагруженной на бетонное ядро.



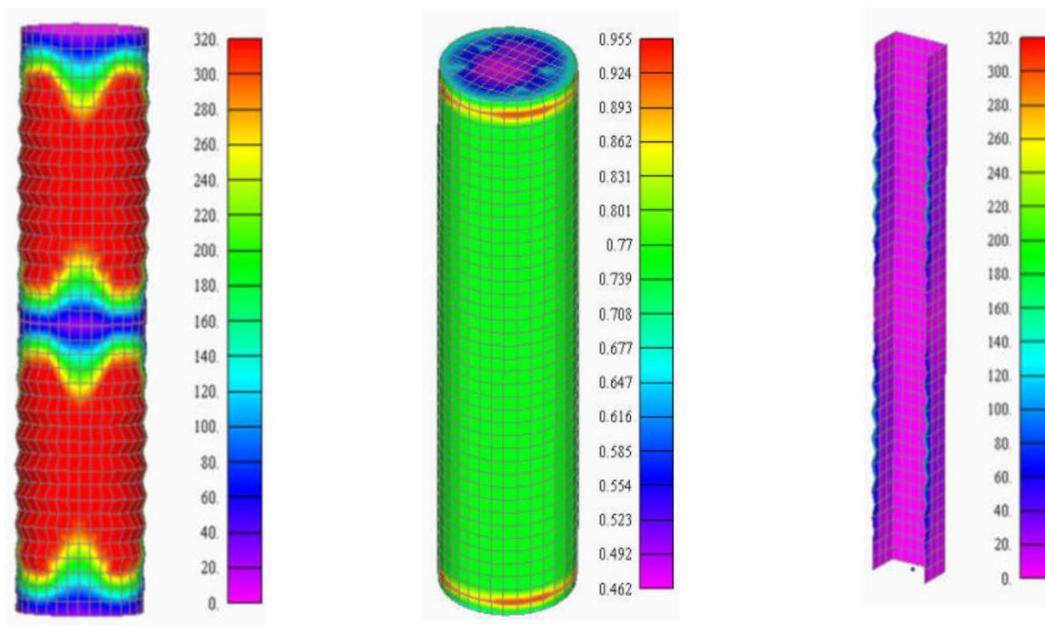
а) – расчётная модель; б) – распределение главных напряжений по поверхности модели (МПа)

Рис. 11. Модель сталежелезобетонной конструкции нагруженной на всё сечение.



Расчётная схема Напряжения в бетонном ядре Напряжения в стальной оболочке

Рис. 12. Модель двухкомпонентной сталежелезобетонной конструкции SB150 нагруженной на всё сечение.

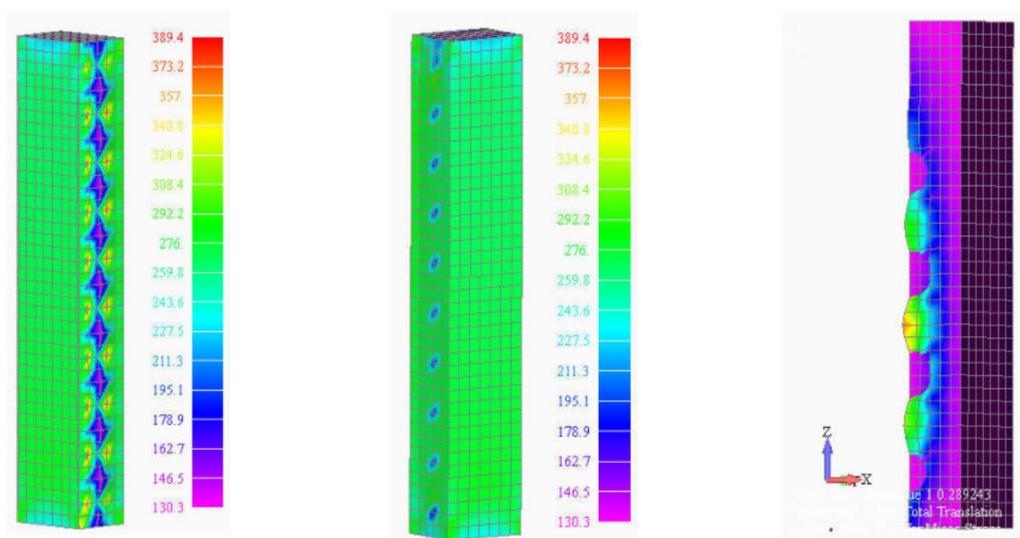


стальной трубе-оболочке

полистиролбетонном ядре

стальном профиле

Рис. 13. Главные напряжения трёхкомпонентной сталежелезобетонной конструкции и общий вид деформирования моделей.

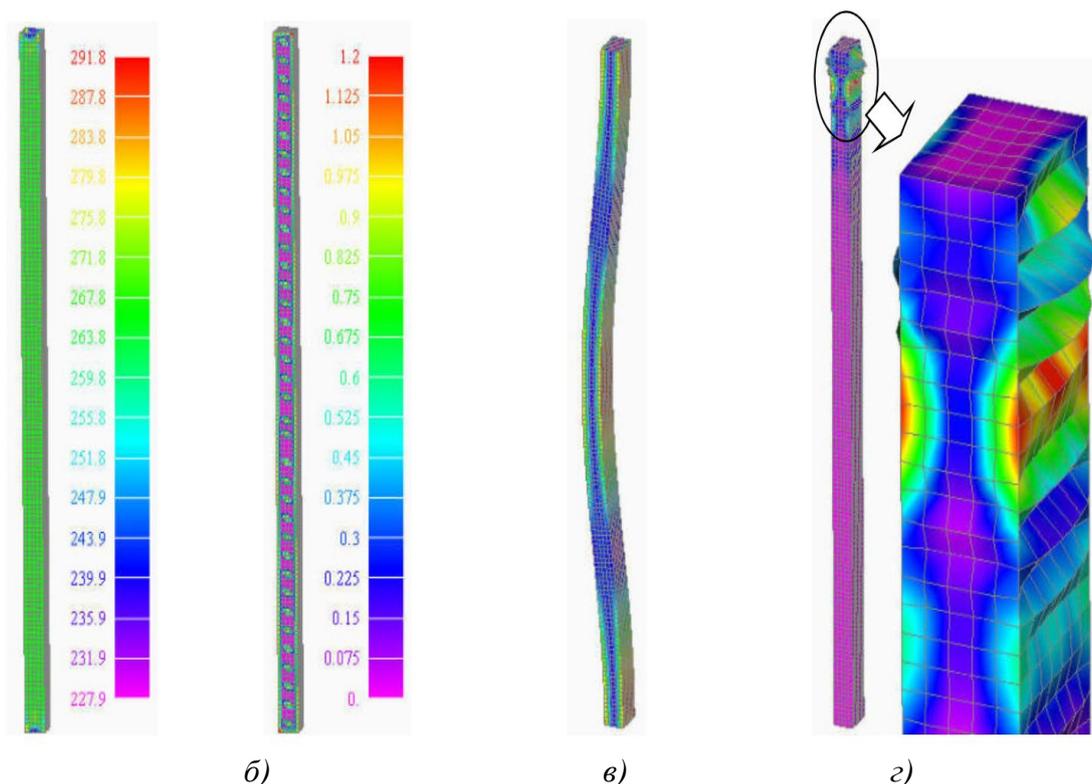


на поверхности стальной оболочки

на поверхности бетона

потеря устойчивости

Рис. 14. Главные напряжения сталежелезобетонной конструкции ПСБ-40.



а) – напряжения на поверхности стальной оболочки; б) - напряжения на поверхности бетонного ядра; в) – возможная форма потери устойчивости; г) - возможная форма местной потери устойчивости

Рис. 15. Главные напряжения сталежелезобетонной конструкции ПСБ-150.

Проведенный анализ размеров конечных элементов для стальной оболочки и бетонного ядра в программном комплексе Nastran, позволил определить оптимальную геометрическую форму и размеры конечных элементов, что составило 10 мм, и 0.7-2.5% от максимальной длины образца. Такой размер конечных элементов обусловлен факторами определения концентрации напряжений и возможностями вычислительной техники, что в последующем будет сопоставлено с опытными данными.

Литература

1. Стороженко Л.І., Сурдін В.М., Єфіменко В.І., Вербицький В.І. Сталезалізобетонні конструкції. Дослідження, проектування, будівництво, експлуатація. - Кривий Ріг: КТУ, 2007. - 448 с.
2. Шимкович Д.Г. Расчет конструкций в MSC/NASTRAN for Windows / Д.Г. Шимкович. – М.: ДМК, 2003. – 448 с.
3. ГОСТ Р 51263-99. Полистиролбетон. Технические условия. – М.: – Госстрой России, 1999. – 10 с.
4. Кикин А.И., Санжаровский Р.С., Труль В.А. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном. – М.: Стройиздат, 1974. – 145 с.

УДК 69

ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНЫЕ СМЕСИ С ПОЛИМЕРНОЙ ФИБРОЙ И ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТНОЙ ДОБАВКОЙ

Попов Олег Александрович

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»
к.т.н., доцент; г. Бендеры, Приднестровье
e-mail: oleg.a.popov@gmail.com

***Аннотация.** Исследованы основные свойства цементно-песчаного композита дисперсно-армированного полимерной фиброй и модифицированного ПВА-добавкой полученного из сухой смеси. Произведен выбор рациональных составов сухих смесей предлагаемых для использования в строительстве.*

***Ключевые слова:** промышленность, фибра, бетон, смеси, исследование, строительство, материалы.*

CEMENT-SAND MIXTURES WITH POLYMER FIBER AND POLYVINYL ACETATE ADDITIVE

***Annotation.** The main properties of the cement-sand composite, dispersed-reinforced with polymer fiber and modified with PVA-additive, obtained from a dry mix, were studied. A choice of rational compositions of dry mixes proposed for use in construction has been made.*

***Keywords:** industry, fiber, concrete, mixtures, research, construction, materials.*

На современном этапе экономического развития промышленности возрастает потребность в высокопрочных строительных материалах, особенно предназначенных для ремонтно-реставрационных работ. При их разработке используется принцип композиционных материалов, основывающийся на совместной работе материалов с различными физико-механическими свойствами. Одним из перспективных видов таких материалов является дисперсно-армированный бетон, где армирование осуществляется волокнами-фибрами, равномерно распределенными в бетонной матрице. В последнее десятилетие созданы специальные полимерные фибры, использование которых снимает ряд проблем характерных для стальных, стеклянных и др. видов фибр. Также невозможно представить современное строительство без применения химических добавок вводимых в цементную композицию для регулирования свойств на всех этапах ее получения, формирования и эксплуатации.

В настоящее время все большее применение находят материалы полученные из сухих смесей, использование которых способствует повышению качества строительных работ, снижению затрат на транспортирование и хранение, а также уменьшению потерь при выполнении работ [1].

Исходя из вышесказанного, были проведены комплексные исследования полученных из сухих смесей дисперсно-армированных цементно-песчаных композиций с порошкообразной поливинилацетатной (ПВА) добавкой. В натурном эксперименте варьировались три фактора: доля крупнозернистого песка P_k/P в смеси с мелкозернистым изменялась в диапазоне $X_1 = 0.6 \pm 0.2$; добавка ПВА – редиспергируемый порошок Vinnapas® RE523Z, которая варьировалась в диапазоне $X_2 = 5 \pm 5$ массовых частей (м.ч.) на 100 м.ч. цемента; содержание в цементной матрице полимерной фибры Kuralon® RM 182×6 (l - 6мм; d - 14мкм) в пределах $X_3 = 1.06 \pm 1.06$ м.ч.

Отношения песка к цементу (П/Ц) и цемента к воде (Ц/В) оставались постоянными – 3 : 1 и 1.64 соответственно. В небольших количествах в композицию также вводились метилцеллюлоза – 0.2 м.ч., антивспениватель – 0.3 м.ч. и суперпластификатор – 0.8 м.ч., дозировка которых оставалась постоянной. Эксперименты по определению характеристик дисперсно-армированных бетонов выполнены по несимметричному Д - оптимальному 12-точечному плану, который ориентирован так, чтобы 3 точки соответствовали эталонному композиту [2] (без добавки и фибры), а по две точки – композитам без добавки или без фибры.

На первом этапе исследовались структурно-механические и механико-технологические показатели качества композита. В качестве критериев качества приняты:

- R_m — пластическая прочность, кПа, определялась на пластометре Ребиндера.

- η — эффективная вязкость композиций при различных скоростях деформирования определялась на ротационном вискозиметре “Rotatron BRABENDER”.

При анализе кривых пластической прочности использовалось несколько обобщающих показателей, один из которых - время, необходимое для достижения твердеющей композицией пластической прочности $R_m = 50$ кПа ($t\{50\}$). Влияние на время достижения нормативной пластической прочности $t\{50\}$ варьируемых факторов состава описывается ЭС-моделью:

$$t\{50\} = 8.34 + 1.23x_2 - 1.74x_3 - 0.51x_1^2 + 0.26x_1x_2 \quad (1)$$

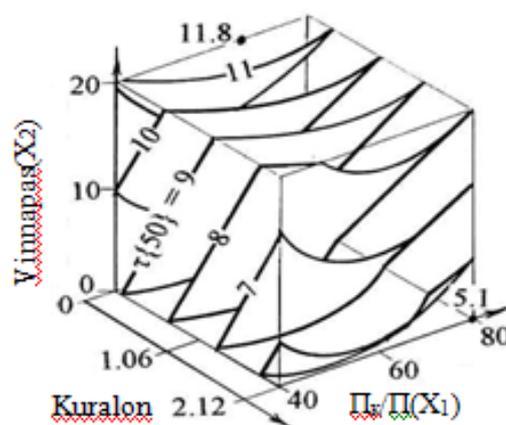


Рис.1. Изоповерхности времени достижения $R_m=50$ кПа

Построенные по модели (1) через равные интервалы изоповерхности показаны на рис.1. Из рисунка следует, что 10-ти процентная добавка Vinnapas может удлинить время $t\{50\}$ почти до 12 час. Введение полимерной фибры сокращает его почти до 5 ч., причем обе точки экстремумов находятся в области песков повышенной крупности.

В ходе эксперимента также определено, что замедляющая скорость твердения армированных цементно-песчаных композиций поливинил-ацетатная добавка, снижает и эффективную вязкость аналогичных композиций. Однако, по мере увеличения количества фибры степень этого влияния уменьшается.

На втором этапе исследований проанализировано влияние факторов состава на основные физико-механические (прочность при сжатии, изгибе, расколе и др.) и эксплуатационные (износо-, трещино-, ударостойкость, адгезия и др.) свойства модифицированных дисперсно-армированных композиций.

Как и предполагалось [3] введение синтетических волокон не привело к сколько-нибудь заметному повышению прочности при сжатии материала при действии статических нагрузжений. Вероятно, это происходит потому, что бетон не в состоянии

передать статические усилия на волокна, в связи с неодинаковыми значениями модулей упругости волокна и матрицы, а также не высокой прочностью поверхности раздела волокно-матрица. Из-за того, что коэффициенты Пуассона волокон и матрицы - различны, возникающие при сжатии, растягивающие напряжения вызывают отслоение волокна и приводят к разрушению композиции от взаимодействия его компонентов [3].

Большого внимания заслуживают результаты полученные при испытании композита на растяжение при изгибе ($R_{изг}$). По данным, полученным при испытании, было проанализировано изменение $R_{изг}$ композитов содержащих полимерную добавку и армированных полимерной фиброй по отношению к немодифицированным композитам ($\mu R_{изг}$). При этом преобразование осуществлялось таким образом, что уровень показателя качества состава модифицированного фиброй и (или) полимерной добавкой относился к уровню показателя качества немодифицированного композита [2], но имеющего такое же соотношение крупного и мелкого песка. То есть, при $x_2=x_3=-1$ (составы без фибры и полимера) значение показателя $\mu R_{изг}$ равно 100%. Анализ диаграммы построенных по полученным данным (рис. 2а) показывает, что при введении обеих добавок на максимальном уровне ($x_2=x_3=1$) $R_{изг}$ в 28-суточном возрасте возрастает примерно на 10% по сравнению с эталонными составами. При этом количество полимерной добавки мало сказывается на данном показателе качества, а введение фибры линейно увеличивает его уровень. В возрасте 180 суток эффект наблюдаемый при введении полимердобавки несколько выше (рис. 2б) При этом в некоторой степени изменился характер увеличения $\mu R_{изг}$. В данном случае за счет полимерной добавки прочность при изгибе увеличилась на 30%. Однако как и в 28-суточном возрасте наибольший эффект достигается при максимальных дозировках как одного так и другого модификатора. При этом $\mu R_{изг}$ увеличивается по сравнению с эталонными составами приблизительно на 40%.

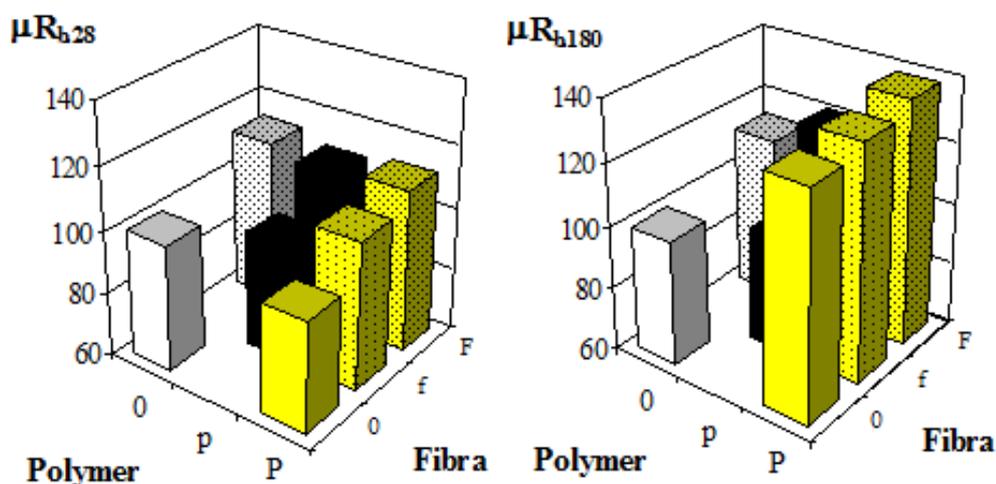


Рис.2. Изменение прочности при изгибе на 28 (а) и 180 (б) сутки.

Особое внимание было уделено изучению ударной прочности композитов армированных полимерной фиброй. В связи с большим разбросом натуральных значений ударостойкости (T) для интерпретации экспериментально-статистических моделей использовано преобразование $k = \ln(p/(1-p))$ предложенного в [4] которое в нашем случае такое преобразование приобретает вид $k(T) = \ln((T/20)/(1-(T/20)))$, где $T = 20$ - верхняя граница результатов испытания. Далее при моделировании и анализе полученных данных использовались значения $k(T)$.

На трехфакторном графике (рис.3), представляющем собой изоповерхности, довольно четко прослеживается положительная роль от введения как полимерной добавки, так и полимерной фибры.

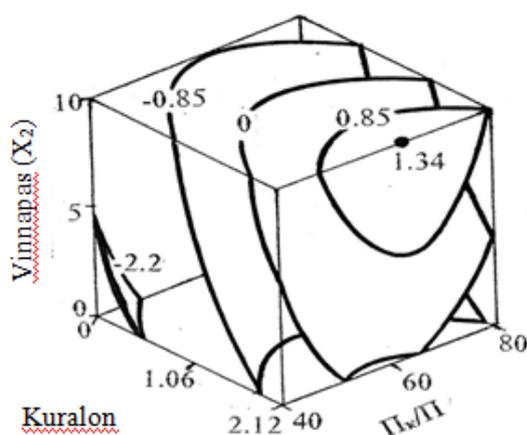


Рис. 3. Изоповерхности значений $k(T)$

Максимальное значение $k(T)$ находится в зоне максимальных дозировок полимерных модификаторов. Также видна положительная роль изменения удельной поверхности песков, точка $k(T)_{max}$ расположена в зоне песков средней крупности, то есть отношение $\Pi_k/\Pi \approx 60\%$.

При исследовании композиций изучалось изменение их истираемости (AR , $г/см^2$) в зависимости от рецептурных факторов. По экспериментальным данным получена экспериментально-статистическая модель (2).

$$AR = 0.237 + 0.005x_1 - 0.01x_2 - 0.028x_3 + 0.01x_1^2 - 0.007x_1x_2 + 0.006x_1x_3 + 0.08x_2x_3 \quad (2)$$

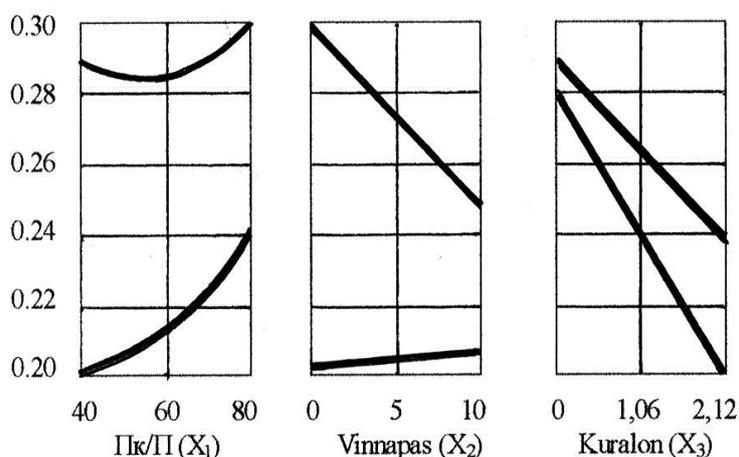


Рис.4 Влияние факторов состава на истираемость композитов

На рис. 4 показана диаграмма для показателя истираемости (износостойкости) исследуемых композитов. Чем ниже значение истираемости, тем выше износостойкость композита. Анализ данных изолиний позволяет заключить, что только за счет введения 2.12 м.ч. фибры Kuralon истираемость композита снижается приблизительно на 20%. Характер влияния РП Виннапас иной Данная добавка повышает износостойкость армированных композиций в зоне максимальных значений и незначительно, но снижает AR композитов в подобласти минимальных значений. В целом же можно сделать вывод, что износостойкость модифицированных композитов более чем на 25% выше, чем у цементно-песчаных композитов без модификаторов.

На рис. 5 показана взаимосвязь между ударопрочностью Т, Дж, и износостойкостью AR, г/см² дисперсно-армированных цементно-песчаных композитов в возрасте 28 и 180 суток. Как видно из рисунка и в 28-суточном возрасте и в возрасте 180 суток характер взаимосвязи Т и AR не изменяется. Композиты имеющие высокую ударопрочность обладают пониженной истираемостью.

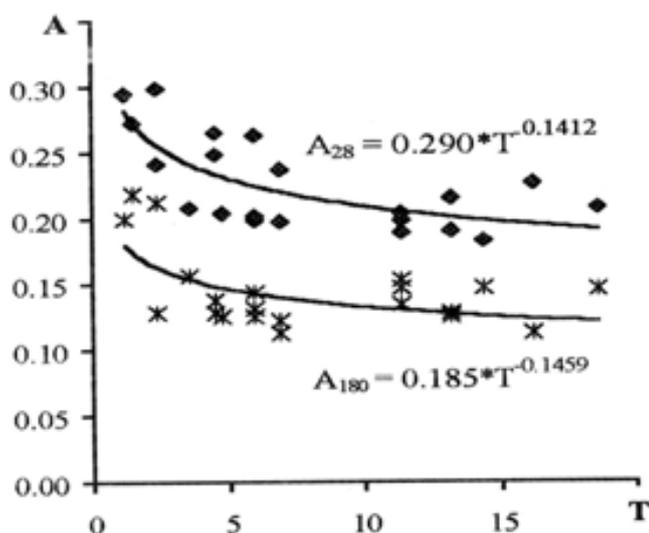


Рис. 5. Взаимосвязь между износо-стойкостью и ударопрочностью

Исследование адгезии данного материала к старому бетонному основанию позволяет сказать, что только за счет введения редиспергируемого порошка можно эффективно (до 60%) улучшить сцепление нового бетона с основанием. Для композитов, не модифицированных редиспергируемым порошком, введение фибры также оказывает положительное воздействие (до 15%) на величину адгезии [5].

Введение фибры в цементно-песчаный композит эффективно повышает его трещиностойкость, которая исследовалась при помощи коэффициента интенсивности напряжений K_{Ic} , а за счет введения поливинилацетатной добавки уменьшается водопоглощение изучаемого материала [5].

На заключительном этапе исследования были выбраны составы для производства сухих смесей удовлетворяющие технологическим требованиям на производство ремонтно-реставрационных работ. В рассматриваемой задаче принят следующий ряд ограничений: композит должен обладать максимальными ударопрочностью (Т, Дж) и трещиностойкостью (по K_{Ic} , МПа*м^{0.5}); время достижения нормативной пластической прочности композита за счет введения модификаторов не должно превышать 10 часов ($t_{50} \leq 10$); адгезия к бетону не должна быть менее 3 МПа ($A \geq 3$); истираемость (AR)

композитов не должна быть более чем 0.25 гр/см²; водопоглощение цементно-песчаных модифицированных композиций не должна превышать 6% ($W \leq 6$).

Поиск отвечающих этим требованиям рациональных составов осуществлен (при фиксированном $X_1 = 60\%$) по комплексу двухфакторных диаграмм в системе СОМРЕХ-99, разработанной в Одесской Государственной Академии Строительства и Архитектуры [6].

Установлено, что для обеспечения технологических требований в композит должно быть введено не менее 0.6 массовых частей (на 100 м.ч. цемента) полимерной фибры Kuralon и не менее 2 м.ч. релаксируемого порошка Vinnapas. Таким образом, на основании проведенного комплекса исследований можно сделать вывод, что возможность прогнозирования и регулирования основных свойств сухих смесей путем ведения в них полимерных модификаторов позволяет рекомендовать их применение как в жилищно-гражданском, промышленном так и в специальном строительстве.

Литература

1. Сухие строительные смеси: Справочное пособие / Е.К. Карапузов., Г. Лутц., Х. Герольд Н.Г. Толмачев и др. –К., Техника, 2000. – 226 с.
2. Voznesensky V., Lyashenko T. Experimental-statistical Modelling in Computational Materials Science. – Odessa, Astroprint, 1998 .- 32p.
3. Пащенко А.А., Сербин В.П. Армирование цементного камня минеральным волокном. – Киев, 1970. – 45 с.
4. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В. Экспериментально-статистическое моделирование и оптимизация в материаловедение. – К., О-во “Знание” Украины, 1993. – 17с
5. Попов О.А. Оптимизация свойств цементных композитов с полимерной фиброй для ремонтных работ / Автореф. канд. техн. наук – ОГАСА, Одесса, 2000. – 19с.
6. Использование СОМРЕХ-99 при моделировании параметров кривых пластической прочности цементно-полимерных композиций с фиброй Куралон / Вознесенский В.А., Довгань П.М., Ляшенко Т.В., Хлыцов Н.В., Попов О.А. // Наук. вісник буд-ва: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – Вип.8. – Харків, 1999.-С.21-28.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Вудвуд М.Р., Дмитриева Н.В. ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНО- ДРЕВЕСНЫХ ПОКРЫТИЙ	4
Гулыч Н.Н., Кирилюк С.В. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ТОРКРЕТИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	12
Данелюк В.И., Степаненко Н.А. ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА	17
Дмитриева Н.В., Финоженкова Л.А. МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В МНОГОСЛОЙНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ СТЕН ЗДАНИЙ	25
Ильина В.Г., Дмитриева Н.В. ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ	33
Кордюков А.А., Дмитриева Н.В. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ В РАМКАХ РАЗВИТИЯ ГОСТИНИЧНОГО БИЗНЕСА И ТУРИЗМА В ПРИДНЕСТРОВЬЕ	40
Миронов М.С., Кравченко С.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	50
Попов О.А. ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНЫЕ СМЕСИ С ПОЛИМЕРНОЙ ФИБРОЙ И ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТНОЙ ДОБАВКОЙ.....	59

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»
Бендерский политехнический филиал

Научно-практический журнал

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ВЕДОМОСТИ
БЕНДЕРСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ФИЛИАЛА
ПРИДНЕСТРОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА им. Т.Г. ШЕВЧЕНКО

№ 1(3)/2022

Подписано в печать 10.12.2022. Формат 60x84^{1/8}.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 8,3. Тираж 20 экз. Заказ № 2740.

Отпечатано с готового оригинал-макета
на ГУИПП «Бендерская типография «Полиграфист»
Государственной службы средств массовой информации ПМР,
3200, г. Бендеры, ул. Пушкина, 52.