

ВЕСТНИК

ДОНБАССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ



ВЫПУСК 2019-3(137)

**ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ
С ПРИМЕНЕНИЕМ
НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ
И ТЕХНОЛОГИЙ**

ГОУ ВПО “Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры”

ВЕСТНИК

**Донбасской национальной академии
строительства и архитектуры**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Издается с декабря 1995 года
Выходит 8 раз в год

Выпуск 2019-3(137)

**ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ
С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ
МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Макеевка 2019

ДОО ВПО “Донбаська національна академія
будівництва і архітектури”

ВІСНИК

**Донбаської національної академії
будівництва і архітектури**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Видається з грудня 1995 року
Виходить 8 разів на рік

Випуск 2019-3(137)

**БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ
ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НОВИХ
МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

Макіївка 2019

Основатель и издатель

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
Свидетельство о регистрации средства массовой информации серия ААА № 000094
выдано 17.01.2017 г. Министерством информации ДНР

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных сведений, точность данных по цитируемой литературе и за использование в статьях данных, не подлежащих открытой публикации.

В случае использования материалов ссылка на «Вестник ДонНАСА» является обязательной.

Выпускается по решению ученого совета

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
Протокол № 10 от 27.05.2019 г.

Редакционный совет:

Горохов Е. В., д. т. н., профессор – главный редактор;
Мущанов В. Ф., д. т. н., профессор – зам. гл. редактора (научный редактор);
Югов А. М., д. т. н., профессор – технический редактор;
Зайченко Н. М., д. т. н., профессор – ответственный редактор выпуска.

Редакционная коллегия:

Бенаи Х. А., д. арх., профессор;	Зайченко Н. М., д. т. н., профессор;
Братчун В. И., д. т. н., профессор;	Левин В. М., д. т. н., профессор;
Бумага А. Д., к. т. н., доцент;	Лукьянов А. В., д. т. н., профессор;
Веретенникова О. В., к. э. н., доцент;	Мущанов В. Ф., д. т. н., профессор;
Горохов Е. В., д. т. н., профессор;	Савенков Н. В., к. т. н., доцент;
Губанов В. В., д. т. н., профессор;	Югов А. М., д. т. н., профессор.

Корректоры Л. М. Лещенко, Е. В. Гнездилова
Программное обеспечение С. В. Гавенко
Компьютерная верстка Е. А. Солодкова

Подписано к выпуску 20.06.2019

Адрес редакции и издателя

86123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2,
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
Телефоны: +38(062) 343-7033; +38(062) 343-7028
E-mail: vestnik@donnasa.ru, <http://vestnik.donnasa.ru>

Приказом МОН ДНР № 464 от 02.05.2017 г. журнал включен в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

Выпущено в полиграфическом центре
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
86123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2

© ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 2019

Засновник і видавець

ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»
Свідоцтво про реєстрацію засобу масової інформації серія ААА № 000094
видано 17.01.2017 р. Міністерством інформації ДНР

Автори надрукованих матеріалів несуть відповідальність за вірогідність наведених відомостей, точність даних за цитованою літературою і за використання в статтях даних, що не підлягають відкритій публікації.

У випадку використання матеріалів посилання на «Вісник ДонНАБА» є обов'язковим.

Випускається за рішенням Вченої ради
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»
Протокол № 10 від 27.05.2019 р.

Редакційна рада:

Горохов Є. В., д. т. н., професор – головний редактор;
Мущанов В. П., д. т. н., професор – заст. гол. редактора (науковий редактор);
Югов А. М., д. т. н., професор – технічний редактор;
Зайченко М. М., д. т. н., професор – відповідальний редактор випуску.

Редакційна колегія:

Бенаї Х. А., д. арх., професор;	Зайченко М. М., д. т. н., професор;
Братчун В. І., д. т. н., професор;	Левін В. М., д. т. н., професор;
Бумага О. Д., к. т. н., доцент;	Лук'янов О. В., д. т. н., професор;
Веретенникова О. В., к. е. н., доцент;	Мущанов В. П., д. т. н., професор;
Горохов Є. В., д. т. н., професор;	Савенков М. В., к. т. н., доцент;
Губанов В. В., д. т. н., професор;	Югов А. М., д. т. н., професор.

Коректори Л. М. Лещенко, О. В. Гнездилова
Програмне забезпечення С. В. Гавенко
Комп'ютерне верстання Є. А. Солодкова

Підписано до випуску 20.06.2019

Адреса редакції і видавця

86123, ДНР, м. Макіївка, вул. Державіна, 2,
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»
+38(062) 343-7033; +38(062) 343-7028
E-mail: vestnik@donnasa.ru, <http://vestnik.donnasa.ru>

Наказом МОН ДНР № 464 від 02.05.2017 р. журнал включено до переліку рецензованих наукових видань, в яких повинні бути опубліковані основні наукові результати дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата наук, на здобуття наукового ступеня доктора наук

Випущено у поліграфічному центрі
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»
86123, ДНР, м. Макіївка, вул. Державіна, 2

© ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», 2019

УДК 691.328:603/95

Е. А. ДМИТРЕНКО, Т. О. ГРАНИНА, В. Р. ДЕМЕРЗА
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО
БЕТОНА НА ПРИМЕРЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ
КАРКАСНОГО ЗДАНИЯ**

Аннотация. В статье выполнена количественная оценка эффективности использования высокопрочных бетонов в строительстве на примере несущих конструкций каркаса торгово-развлекательного центра. В ПК «Лира-САПР» построены три различных варианта расчетных пространственных моделей для монолитного каркасного здания с учетом изменения поперечных сечений элементов и класса бетона по прочности. Для рассмотренных вариантов конструирования составлен сметный расчет стоимости возведения каркаса здания и определен экономический эффект для конструктивных схем с применением для несущих конструкций обычного тяжелого и высокопрочного бетонов.

Ключевые слова: высокопрочный бетон, тяжелый бетон, железобетон, экономическая эффективность, расчетная схема, конечноэлементный анализ, каркасное здание.

Конец XX века ознаменован значительными достижениями в области исследования и применения бетона. Учёные получали всё больше информации о свойствах бетона, его структуре и научились получать от бетона те свойства, которые были нужны в каждой конкретной ситуации, путём усовершенствования состава бетона различными присадками и добавками минерального или химического происхождения.

Особо ощутимый рывок произошел после внедрения НРС (High Performance Concrete) – бетонов с высокими эксплуатационными свойствами. Они отличаются высокой технологичностью, долговечностью, прочностью, высоким сопротивлением истираемости, низкой абсорбирующей и высокими влагозащитными свойствами, а также высокой химической устойчивостью и низкой усадкой [3, 10, 11, 12].

Научно-технический прогресс не стоит на месте, темп жизни современного человека постоянно ускоряется. В связи с чем растут и потребности человека, его требования к комфортности жилья, быта, отдыха и досуга. Все больше и больше требуется для комфорта человека, благодаря этому города неустанно растут. А вместе с этим встает необходимость в ускорении темпов строительства, а также повышения качества возводимых зданий. Актуальность данной тематики обусловлена поиском экономической эффективности применения новых материалов при возведении зданий. Используя высокопрочные бетоны в строительстве гражданских зданий, можно достичь значительного увеличения несущей способности бетона, а как следствие, уменьшения площади поперечного сечения арматуры в конструкции и площади поперечного сечения железобетонных элементов в целом. Что, в свою очередь, приведёт к значительному уменьшению собственного веса здания, а следовательно, снизит нагрузку на все вертикальные элементы и фундамент. Также применение высокопрочных бетонов позволит создавать здания с долгим периодом эксплуатации, который зависит напрямую от прочности бетона и низкого показателя паро- и водонепроницаемости [1, 2, 4, 8, 9].

Появление высокопрочного бетона открыло новые возможности в строительстве, благодаря чему было реализовано множество уникальных проектов по всему миру. К примеру, из высокопрочного бетона с кубиковой прочностью 120 МПа в Португалии был построен мост Васко де Гама с 830 метровым центральным пролетом (рис. 2). Также достаточно интересными объектами стали башни-близнецы «Петронас» в Куала-Лумпуре (самый высокий в мире сдвоенный небоскреб) (рис. 1, а) и небоскреб в Тайвани Тайбэй 101 (рис. 1, б) [2].

© Е. А. Дмитренко, Т. О. Гранина, В. Р. Демерза, 2019

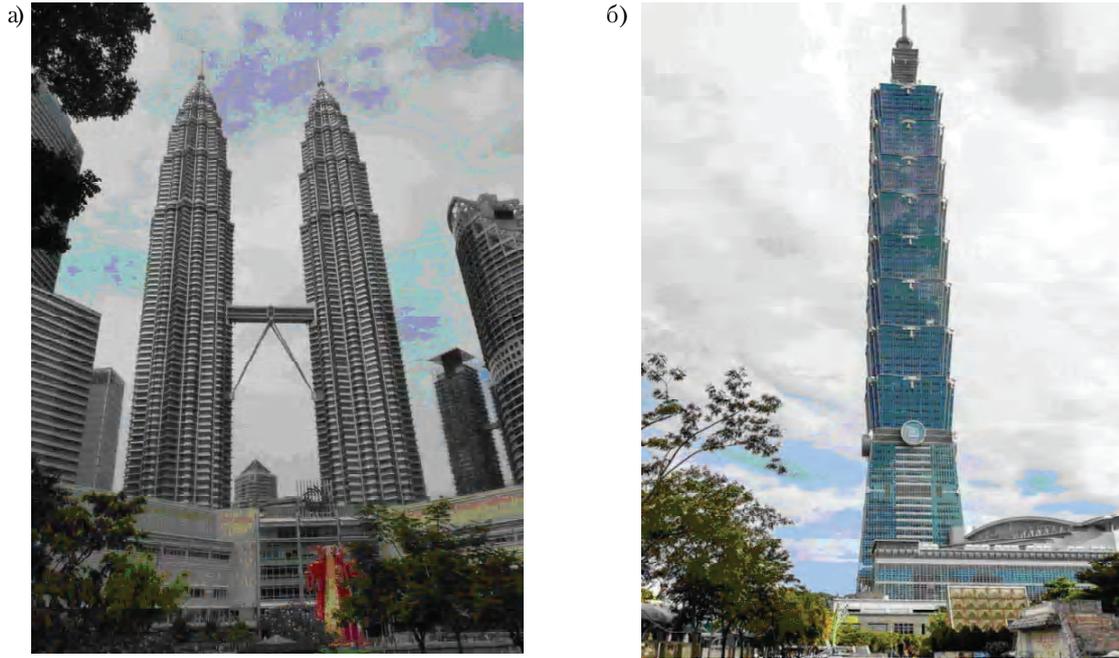


Рисунок 1 – Примеры высотных зданий, построенных с применением высокопрочных бетонов: а) Башни «Петронас», Куала-Лумпур; б) Тайбэй 101, Тайвань.



Рисунок 2 – Мост Васко де Гама, Португалия.

Целью исследования является определение количественных показателей эффективности применения высокопрочных бетонов в сжатых и изгибаемых элементах на примере каркасного здания торгово-развлекательного комплекса.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ:

- выбор материалов и подбор рациональных размеров поперечных сечений конструкций;
- формирование расчётной схемы с учётом особенностей проектирования конструкций из высокопрочных бетонов;
- конструирование элементов из обычного тяжелого бетона и бетона высокой прочности;
- анализ использования материалов при применении различных видов тяжелого бетона с оценкой стоимости.

Объект исследования представляет собой каркасное здание из монолитного железобетона (рис. За, б). Фундаментом служат отдельно стоящие столбчатые фундаменты под отдельно стоящие

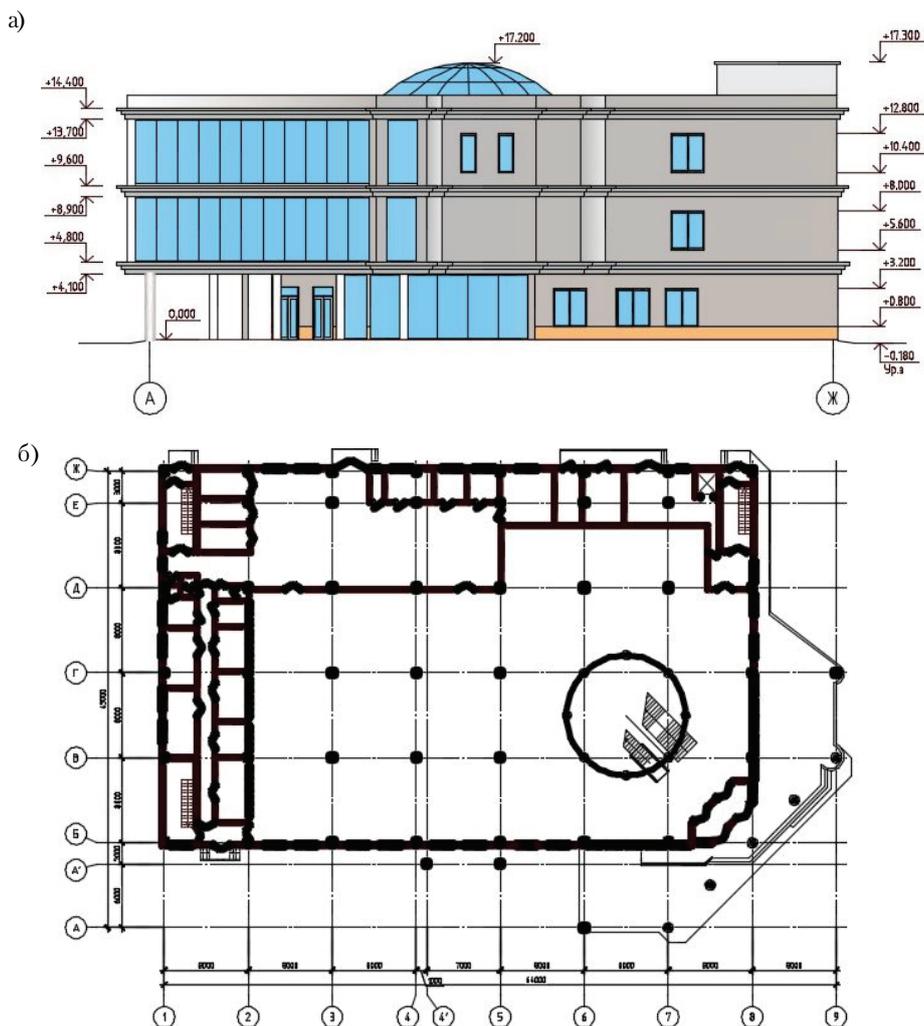


Рисунок 3 – Объёмно-планировочное решение проектируемого здания: а) фасад; б) план.

колонны (К) с подколонником сплошного сечения. В качестве вертикальных несущих элементов приняты монолитные колонны на 2 и на 3 этажа, расположенные по сетке осей с шагом 8×8 м. Перекрытия – монолитные железобетонные ребристые с главными балками (ГБ) вдоль буквенных осей и второстепенными балками (ВБ) вдоль цифровых осей. Толщина монолитной плиты (МП) составляет 70 мм, шаг второстепенных балок принят 2 м, шаг главных балок – 8 м. Конструкция покрытия для эксплуатируемых и неэксплуатируемых участков кровли принята аналогичная конструкциям перекрытий. На пересечении буквенных осей В, Г с осями 6, 7 в плите имеется отверстие под эскалаторы и лестницы. Отверстие опоясано монолитной радиальной балкой. Наружные стены – кладка из газобетонных блоков, облицованных вентилируемыми фасадами.

Для получения данных о целесообразности применения высокопрочного бетона были рассмотрены 3 варианта расчётной пространственной схемы данного здания (рис. 4) при помощи ПК «Лири» и AutoCAD. Для построения данных схем использовался метод «импорта поэтажных планов из файлов .dxf».

Расчет пространственного каркаса произведен в упругой постановке задачи с учетом действия всех постоянных и временных нагрузок, сформированы таблицы РСУ и РСН. В рамках исследования варьировались следующие параметры: класс бетона по прочности на сжатие и размеры поперечных сечений в зависимости от величины усилий, возникающих в элементах, для достижения экономического эффекта. Основные отличительные характеристики трех схем сведены в таблицу 1.

В результате проведенных расчетов [5, 6, 7] были определены усилия в элементах и найдена требуемая площадь арматуры для армирования сжатых (колонны) и изгибаемых (главная и второстепенная балки) элементов. Уменьшение размеров поперечных сечений элементов существенно отразилось на снижении собственного веса конструкций, и как следствие, на снижении усилий как в изгибаемых, так и в сжатых элементах каркаса.

рама изменённая ВОО СП.3д

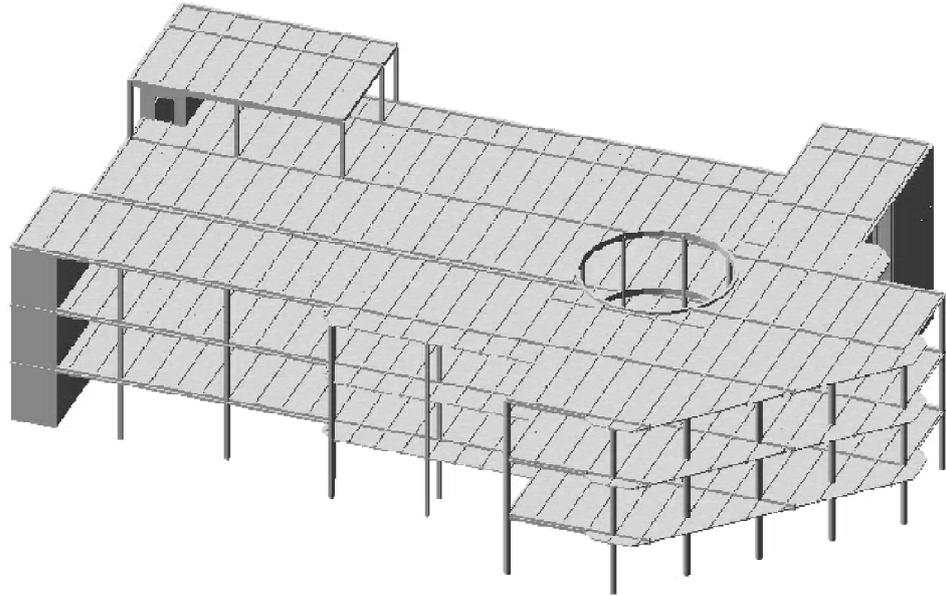


Рисунок 4 – Пространственная модель каркасного здания в ПК «Ли́ра-САПР» (общий вид).

Таблица 1 – Размеры и материалы основных конструктивных элементов здания

Схема	Сечения элементов				Характеристики материалов		
	МП, мм	ВБ, мм	ГБ, мм	К, мм	Класс арматуры		Класс бетона
					Продольн.	Поперечн.	
1	2	3	4	5	6	7	8
№ 1	70	150×400h	250×600h	400×400	A400	A240	B25
№ 2		150×400h	250×600h	400×400			B80
№ 3		150×350h	250×500h	300×300			B80

Для удобства анализа расхода арматуры на все конструкции для трех схем (рис. 5) сведем данные в таблицы 2а, 2б.

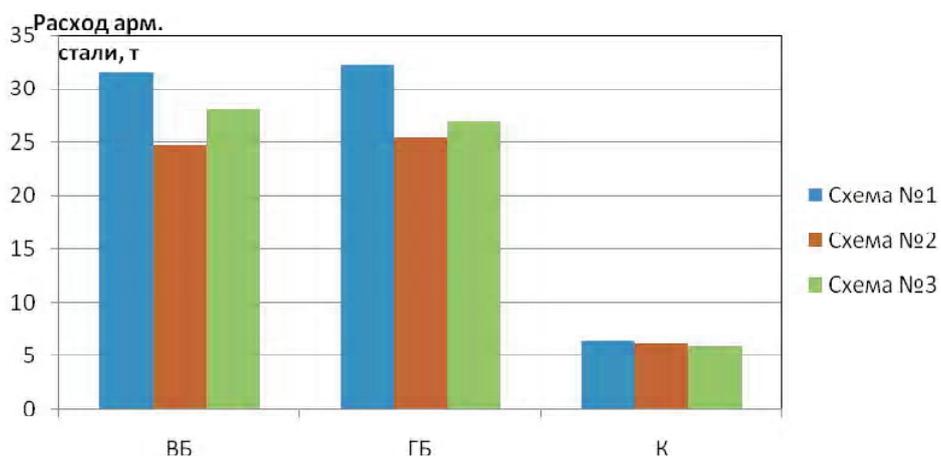


Рисунок 5 – Расход арматуры на каркас для рассматриваемых конструктивных схем здания.

В результате конструирования сечений элементов строительных конструкций выявлено, что применение более высокого класса бетона позволяет уменьшить расход арматурной стали в схеме № 2

Таблица 2а – Расход арматуры на все балки по зданию

Рассматриваемый вариант конструирования	Расход арматуры			
	Второстепенная балка		Главная балка	
	Абсолютная величина, т	Относительная величина, %	Абсолютная величина, т	Относительная величина, %
1	2	3	4	5
Схема № 1	31,51	100	32,17	100
Схема № 2	24,72	78,45	25,38	78,89
Схема № 3	28,10	89,17	26,93	83,71

Таблица 2б – Расход арматуры на все колонны по зданию

Рассматриваемый вариант конструирования	Расход арматуры		Процент армирования
	Абсолютная величина, т	Относительная величина, %	
1	2	3	4
Схема № 1	6,40	100	0,64
Схема № 2	6,19	96,72	0,50
Схема № 3	5,97	93,30	0,89

по сравнению со схемой № 1: в главных и второстепенных балках на 11,5 %, в колоннах – почти на 5 %. А схема № 3 показала снижение расхода бетона (за счет уменьшения размеров поперечных сечений), и при этом также удалось снизить расход арматуры по сравнению с 1-й схемой.

Для оценки экономического эффекта применения высокопрочных бетонов были составлены три сметы на возведение каркаса здания с учетом изменения расхода бетона и арматуры во всех трех схемах. По результатам произведенных расчетов определена стоимость возведения вариантов каркаса (рис. 6), трудоемкость и продолжительность монтажа, подсчитан экономический эффект. Данные сведены в таблицу 3.

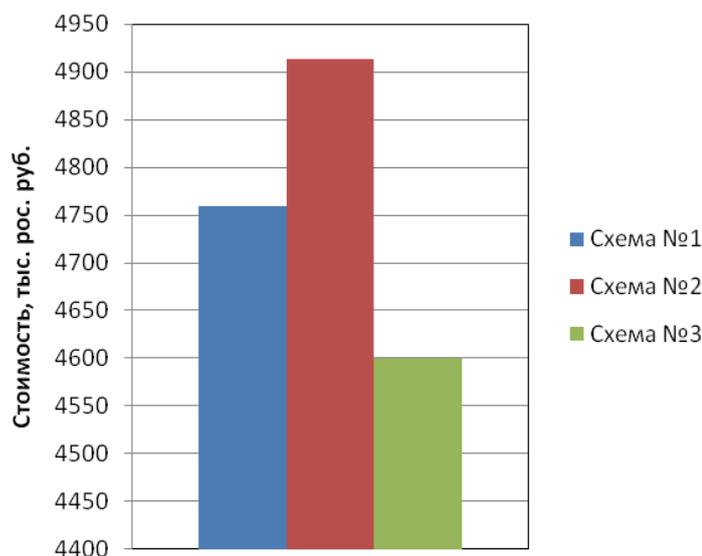


Рисунок 6 – Стоимость возведения каркаса здания (тыс. руб.).

Для рассмотренных в исследовании конструктивных схем была определена сметная стоимость строительно-монтажных работ на возведения каркаса здания.

Применение высокопрочного бетона дает экономический эффект по сравнению с обычным бетоном, несмотря на разницу в стоимости материалов (цена готового бетона В25 составляет 3 200 руб/м³; бетона В80 – 5 000 руб/м³). В расчете на запроектированное здание экономический эффект составляет:

Таблица 3 – Основные экономические показатели возведения каркаса здания

Схема	Трудоемкость, чел.-дн.	Продолжительность монтажа, дн.	Стоимость, тыс. рос. руб.
1	2	3	4
Схема № 1	744	124	4 759,053
Схема № 2	699	117	4 913,438
Схема № 3	641	107	4 600,634

$$\mathcal{E}_{1-2} = 4\,777,83 - 4\,940,52 = -162,69 \text{ тыс. руб.}$$

$$\mathcal{E}_{1-3} = 4\,777,83 - 4\,617,71 = 160,12 \text{ тыс. руб.}$$

ВЫВОДЫ

Для анализа эффективности применения высокопрочных бетонов был выполнен статический расчёт пространственной схемы здания для трёх вариантов конструирования монолитных железобетонных конструкций в ПК «Лири САПР». Результаты определения усилий в конструкциях каркаса здания свидетельствуют о том, что увеличение класса бетона, наряду с уменьшением размеров поперечных сечений балок и колонн, привело к снижению усилий:

- во второстепенной балке изгибающие моменты (M_y) снизились на 3,2 %; поперечная сила (Q_z) – 5,8 %; а продольная сила (N) – на 58,4 %.
- в главной балке значения изгибающих моментов снизились на 8,9 %, поперечных сил – на 8,3 %, а продольных сил на 61,2%.
- в колонне величина моментов M_y уменьшается на 35,8 %, M_z – на 37,9 %, а продольная сила N снизилась на 11,1 %.

Применение высокопрочного бетона для конструкций монолитного железобетонного каркаса позволило уменьшить размеры сечений балок и колонн без снижения несущей способности элементов и эксплуатационной пригодности здания в целом, что позволило существенно снизить капитальные вложения в производство строительных конструкций и материалов, а также сроки возведения здания. Экономический эффект для конструктивных схем № 2 и № 3 по сравнению с исходной схемой № 1 составил –162,69 тыс. руб. (т. е. конструктивная схема № 2 с применением высокопрочного бетона при сохранении исходных размеров сечений конструкций, несмотря на незначительное сокращение сроков возведения каркаса, оказалась более дорогостоящей), и 160,12 тыс. руб. соответственно. Продолжительность монтажа каркаса уменьшилась на 5,65 % (7 смен) и на 13,71 % (17 смен) для схем № 2 и № 3 по сравнению со схемой № 1.

Применение тяжёлых высокопрочных бетонов для монолитного строительства является эффективным решением с учетом требований норм конструирования, так как помимо снижения расхода бетона, наблюдается снижение расхода арматурной стали на объект в целом, что в свою очередь позволяет значительно снизить собственный вес каркаса здания и нагрузку на основание при сохранении общей несущей способности конструкций, и как результат, приводит к снижению стоимости возведения каркаса и сокращению сроков строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батраков, В. Г. Модификаторы бетона: новые возможности и перспективы [Текст] / В. Г. Батраков // Строительные материалы. – № 10. – 2006. – С. 4–7.
2. Волков, А. С. Прочность и деформации железобетонных элементов из высокопрочного бетона с учетом длительности нагружения и неравномерного нагрева до +200 °С [Текст] : дис. ... канд. тех. наук : 05.23.01 / Волков Андрей Сергеевич. – Макеевка : ДонНАСА, 2010. – 220 с.
3. Зайченко, Н. М. Высокопрочные тонкозернистые бетоны с комплексно модифицированной микроструктурой [Текст] : монография / Н. М. Зайченко. – Макеевка : ДонНАСА, 2009. – 207 с.
4. Зайченко, Н. М. Модифицированные цементные бетоны для устойчивого развития [Текст] : учебно-справочное пособие / Н. М. Зайченко. – Донецк : [б. и.], 2017. – 474 с.
5. СП 6313330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения [Текст] : актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 ; введ. 2013-01-01. – М. : Министерство регионального развития, 2011. – 161 с.

6. СП 311.1325800.2017 Бетонные и железобетонные конструкции из высокопрочных бетонов. Правила проектирования [Текст]. – Введ. 2018-05-10. – М. : Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ, 2017. – 27 с.
7. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия [Текст] : актуализированная редакция СНиП 2.01.07.-85* ; введ. 2011-05-20. – М. : Министерство регионального развития, 2011. – 96 с.
8. Hoff, G. C. The Use of Lightweight Fines for Internal Curing of Concrete [Текст] / G. C. Hoff // Report prepared for Northeast Solite Corporation. – Mississippi, Clinton : Hoff Consulting LLC. – 2002. – 44 p.
9. Pease, B. J. The role of shrinkage-reducing admixtures on shrinkage, stress development, and cracking [Текст] / Bradley J. Pease // Thesis for the Degree of Master of Science in Civil Engineering submitted to the Faculty of Purdue University ; (Indiana, May 2005), 2005. – P. 217.
10. Performance and Mechanism of a Multi-Functional Superplasticizer for Concrete [Текст] / Q. Ran, C. Miao, J. Liu, S. Wu, J. Shen // Materials Transactions. – 2006. – Vol. 47. – P. 1599–1604.
11. Project Summary Report 0-4098-S «Use of Innovative Materials to Control Restrained Shrinkage Cracking in Concrete Bridge Decks: A Summary» [Текст] / K. Folliard, C. Smith, M. Brown, G. Sellers // the University of Texas at Austin: Center for Transportation Research. – October 2003. – 4 p.
12. Use of Innovative Materials to Control Restrained Shrinkage Cracking in Concrete Bridge Decks: A Summary [Текст] / K. Folliard, C. Smith, M. Brown, G. Sellers // Project Summary Report 0-4098-S: Use of Innovative Materials to Control Restrained Shrinkage Cracking in Concrete Bridge Decks. – Center for Transportation Research : The University of Texas at Austin, October 2003. – P. 1–4.

Получено 01.03.2019

Є. А. ДМИТРЕНКО, Т. О. ГРАНИНА, В. Р. ДЕМЕРЗА
ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКОМІЦНОГО БЕТОНУ
НА ПРИКЛАДІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ КАРКАСНОЇ БУДІВЛІ
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. У статті виконано огляд і аналіз досвіду використання високоміцних бетонів у будівництві, а також розглянута історія розвитку високоміцних важких бетонів. У ПК «Ліра-САПР» побудовані три різні варіанти розрахункових просторових моделей для монолітної каркасної будівлі з урахуванням зміни поперечних перерізів елементів і класу бетону за міцністю. Для розглянутих варіантів конструювання складено кошторисний розрахунок і визначено економічний ефект для схем № 2 і № 3 в порівнянні зі схемою № 1.

Ключові слова: високоміцний бетон, важкий бетон, залізобетон, економічна ефективність, модифіковані бетони, каркасна будівля.

EVGENIY DMITRENKO, TATIANA GRANINA, VADIM DEMERZA
THE EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF HIGH-
STRENGTH CONCRETE ON THE EXAMPLE OF REINFORCED CONCRETE
STRUCTURES OF A FRAME BUILDING
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. A quantitative assessment of the effectiveness of the use of high-strength concrete in construction on the example of supporting structures of the frame of the shopping and entertainment center is presented in this article. The three different versions of the spatial models for a monolithic frame building, taking into account resizing of cross sections of the elements and the strength of concrete, using the «Lira-SAPR» software were developed. An estimation of the cost of construction of the building frame and the economic effect for design variations with the use of conventional heavy and high-strength concrete for the supporting structures are been determined for the considered design schemes.

Key words: high strength concrete, heavy concrete, reinforced concrete, economic efficiency, modified concretes, frame building.

Дмитренко Евгений Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие методик определения характеристик напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов при сложных режимах силового и температурного воздействий, оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

Гранина Татьяна Олеговна – магистр, ассистент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: конструирование сборных железобетонных зданий малой этажности с применением легкого бетона.

Демерза Вадим Романович – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: оценка эффективности применения высокопрочного бетона на примере железобетонных конструкций каркасного здания.

Дмитренко Євген Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток методик визначення характеристик напружено-деформованого стану залізобетонних елементів при складних режимах силового і температурного впливів, оцінка технічного стану і проектування залізобетонних конструкцій.

Граніна Тетяна Олегівна – магістр, асистент кафедри залізобетонних конструкцій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: конструювання збірних залізобетонних будівель малої поверховості з застосуванням легкого бетону.

Демерза Вадим Романович – магістрант ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: оцінка ефективності застосування високоміцного бетону на прикладі залізобетонних конструкцій каркасної будівлі

Dmitrenko Evgeniy – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of methods of estimation of characteristics of the stress-strain state of reinforced concrete elements under complex modes of power and temperature influences, estimation of technical state and design of reinforced concrete constructions.

Granina Tatiana – Master, assistant Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: construction of precast reinforced concrete buildings of small number of floors with the use of lightweight concrete.

Demerza Vadim – Master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: evaluation of the effectiveness of high-strength concrete on the example of reinforced concrete structures of a frame building.

УДК 628.316.12:546.18

В. Н. ЧЕРНЫШЕВ, Е. А. ЩЁКОВ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЙ УДАЛЕНИЯ ФОСФОРА ИЗ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация. В статье описаны основные методы удаления фосфора из городских сточных вод, такие как реагентный, химико-биологический и биологический. Рассмотрены виды реагентов, применяемых в реагентном и химико-биологическом методе для удаления фосфора, определены их дозы и эффективность применения. Описан процесс удаления фосфора при помощи биологических технологических схем за счет чередования анаэробной среды с аэробной. Описано применение специальных микроорганизмов *Acinetobacter* в биологическом методе очистки, а также рассмотрен процесс культивирования данных микроорганизмов в активном иле. Приводится эффективность удаления, а также остаточные концентрации соединений фосфора в жидкости. Указаны достоинства и недостатки методов. Дана оценка технологиям удаления фосфора из городских сточных вод. Приведено экономическое сравнение применения реагентного и биологического методов.

Ключевые слова: эвтрофикация, реагентный метод, химико-биологический метод, биологический метод, реагенты, ортофосфаты, фосфор, *acinetobacter*, биореактор.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Внедрение технологий удаления фосфора является одной из основных задач для предотвращения эвтрофикации водоемов. Для удаления фосфора из городских сточных вод требуется применение методов, отвечающих требованиям высокой эффективности удаления фосфора и экономичности в применении.

ЦЕЛИ

Проанализировать имеющиеся методы очистки городских сточных вод от фосфора, дать экономическое сравнение основных методов очистки сточных вод от соединений фосфора, выбрать наиболее рациональный метод очистки, отвечающий биологическим и экономическим показателям.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Удаление фосфора из сточных вод производится для предотвращения эвтрофикации водоема, куда сбрасываются очищенные стоки.

Основными методами для удаления соединений фосфора является реагентный, химико-биологический и биологический методы [1].

В настоящее время наиболее распространенный в применении является реагентный метод. Реагентный метод основан на превращении растворимых ортофосфатов в нерастворимые формы, при этом в качестве реагентов используют соли алюминия и железа, в некоторых случаях может применяться известь. Полнота осаждения фосфатов зависит от рН. При применении Fe^{3+} для осаждения фосфатов оптимальная величина рН должна быть 4,5–5,0. Однако достаточно высокая степень удаления фосфора может быть обеспечена при более высоком рН. При использовании Fe^{2+} оптимальное значение рН равно 7–8 [2]. Введение реагентов может осуществляться перед первичными отстойниками или после вторичных отстойников [3].

Эффективность удаления фосфора при введении реагента перед первичными отстойниками может составить до 80 % [4], кроме того, за счет процессов коагуляции одновременно наблюдается увеличение эффективности удаления взвешенных веществ. Остаточные концентрации фосфатов при этом могут снижаться до 1 мг/л. Необходимые дозы реагентов по Fe^{3+} или Al^{3+} должны составлять 6–9 г/м³ [4].

При введении реагентов в сточные воды после вторичного отстаивания, эффективность удаления фосфора достигает 75–80 %, если содержание взвешенных веществ находится в пределах 10–15 мг/дм³. При этом дозы реагентов составляют 20–25 мг/дм³ по Fe_2O_3 , или 15–17 мг/дм³ по Al_2O_3 , а остаточные концентрации фосфатов снижаются до 0,6 мг/л. Более высокое содержание взвешенных веществ (30 – 36 мг/дм³) уменьшает эффект удаления до 55–60 % при тех же дозах реагента [5].

Следует заметить, что после обработки реагентами нерастворимые соединения фосфора находятся в высокодисперсном состоянии. Для эффективного осаждения фосфора дозу реагента необходимо увеличивать по сравнению с дозой вычисленной по стехиометрическим уравнениям реакции в 1,3–1,5 раза [2].

Образующиеся нерастворимые соединения фосфора удаляют отстаиванием или фильтрованием, для повышения эффективности удаления могут быть использованы последовательно отстаивание с фильтрованием. Это дает возможность повысить эффективность до 90 % [5].

Известь в качестве реагента применяется крайне редко ввиду того, что при добавлении извести реакция должна проходить при $\text{pH} = 11$, при этом требуется увеличение расходов реагента для полноценной реакции. Высокая щелочность требует в дальнейшем обработки путем нейтрализации.

Химико-биологический метод основан на сочетании реагентного метода с биологической очисткой сточных вод. Этот метод позволяет добиться более высокого качества очистки сточных вод от фосфора, эффективность удаления при этом достигает 90 % [5]. При этом методе введение реагента может осуществляться перед вторичными отстойниками в рециркулирующую иловую смесь или аэротенки.

При введении реагента перед вторичными отстойниками концентрация фосфатов в сточной жидкости после отстаивания падает до 0,2–0,3 мг/л, доза реагентов при этом составляют 2–4 г/м³, что достигается за счет процессов образования нерастворимых ортофосфатов и адгезии на хлопьях ила. При низком содержании в сточных водах фосфора увеличивается доля реагента идущего на реакцию с HCO_3^- , CO_3^{2-} , поэтому приходится значительно увеличивать дозу для связывания конкурирующих анионов. Установлено, что повышение дозы против необходимого количества для связывания достигает превышения в 2–4 раза [4]. Кроме того, увеличение дозы реагента приводит к выносу избытка алюминия и железа с очищенной водой, что может привести к повышению концентраций этих ионов выше ПДК. Это требует повышенного контроля за дозированием и концентрацией реагента.

Введение реагента в рециркулирующую иловую смесь или непосредственно в аэротенки позволяет за счет благоприятной гидродинамики смешения реагента и фосфора сточных вод и значительной продолжительности их контакта эффективно обеспечивать использование реагента и получать достаточно высокое качество очищенной воды [3]. Доза реагентов при таком способе подачи в сточную воду составляет 1,5–2,5 г/м³ по Fe^{3+} , зависит от щелочности воды и содержания фосфора [2], остаточные концентрации фосфатов в сточной воде составляют 0,1 мг/л [5].

Химико-биологический метод обладает существенными преимуществами перед реагентным методом за счет меньших доз и более высокой эффективности удаления фосфора. Недостатки химико-биологического метода удаления фосфора связаны с загрязнением активного ила и очищенных сточных вод соединениями металлов железа и алюминия, а применение реагентов снижает экономичность данного метода.

Таким образом, общими недостатками реагентного и химико-биологического метода является применение реагентов, которые приводят к значительным экономическим затратам, удорожая себестоимость очистки сточных вод от фосфора.

Рассмотренные недостатки реагентного и химико-биологического метода привели к поиску безреагентной технологии удаления фосфора, к которой относится биологический метод. Технологическая схема биологического удаления фосфора из сточных вод приведена на рис. 1.

Биологический метод основан на генерации в активном иле микроорганизмов с повышенным потреблением ионов фосфора. К таким микроорганизмам относятся бактерии *Acinetobacter* [5]. Известно, что такие микроорганизмы потребляют фосфора в три раза больше, чем обычный активный ил. Если активный ил обычных аэротенков содержит в своем составе 0,011–0,013 мг на 1 мг сухого вещества, то активный ил, культивируемый для удаления фосфора, содержит уже 0,033–0,035 мг фосфора на 1 мг сухого вещества.

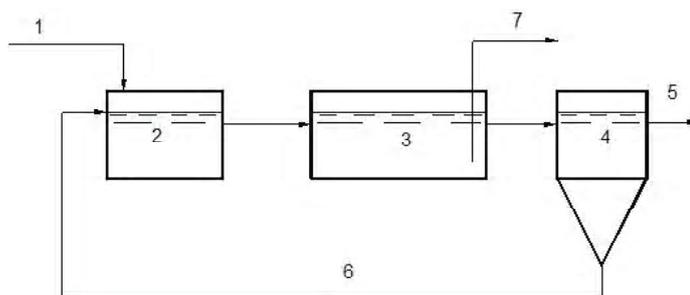


Рисунок 1 – Схема биологического удаления фосфора из сточных вод: 1 – сточные воды на очистку; 2 – анаэробный биореактор; 3 – аэротенк; 4 – вторичный отстойник; 5 – очищенные сточные воды; 6 – рециркулирующий активный ил; 7 – избыточный активный ил.

Такие условия создаются в биореакторах, куда поступают неочищенные сточные воды. В результате анаэробного брожения образуются легкоокисляемые простые органические вещества, используемые бактериями *Acinetobacter* в качестве питательных веществ. При пищеварении из клеток микроорганизмов в сточные воды выделяются ортофосфаты, при дальнейшем поступлении иловой смеси из анаэробного биореактора в аэротенк фосфаты интенсивно поглощаются микроорганизмами, при этом количество фосфора в клетках восстанавливается, а дополнительное количество фосфатов в процессе анаболизма расходуется на прирост биомассы активного ила. В результате удаления избыточного активного ила обеспечивается и удаление фосфора. Эффект биологического удаления фосфора может составить до 70 %, а содержание фосфора в очищенной воде снижается до 1,0–1,5 мг/л [6].

Зачастую возникает необходимость одновременно из сточных вод удалять азот и фосфор. Далее представлена простая схема удаления соединений азота вместе с соединением фосфора (рис. 2).

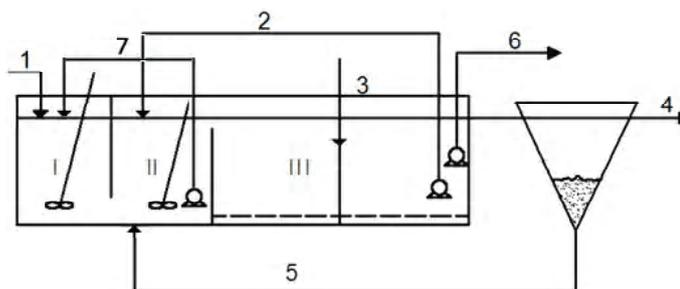


Рисунок 2 – Технологическая схема биологического удаления соединений азота и фосфора из сточных вод: I – анаэробная зона; II – аноксидная зона; III – аэробная зона; 1 – поступающая сточная вода; 2 – иловая смесь, содержащая нитраты; 3 – сжатый воздух; 4 – очищенная сточная вода; 5 – рециркулирующий активный ил; 6 – избыточный активный ил; 7 – аноксидный рецикл.

Представленная схема очистки сточных вод от соединений азота и фосфора имеет эффективность очистки 80–85 %, с содержанием в очищенной воде общего азота менее 10 мг/л и общего фосфора менее 1,5 мг/л [6].

Повысить эффективность удаления фосфора возможно также за счет использования ступенчатой технологической схемы. Разделение анаэробных, аноксидных и аэробных секций на отсеки позволяет добиться очистки сточных вод от фосфора до 0,6 мг/л [7].

Отсутствие реагентов в биологическом методе удаления фосфора делает этот метод более экономичным по сравнению с вышерассмотренными методами, при этом не загрязняются сточные воды и осадками ионов железа и алюминия. Однако в технологических схемах биологического удаления фосфора отсутствуют параметры работы отдельных сооружений, например анаэробного биореактора, и не рассмотрены вопросы дальнейшей обработки осадков и их утилизации.

Следует также отметить, что при биологическом удалении фосфора иловый индекс имеет высокие значения, что свидетельствует о низких седиментационных свойствах ила требующих увеличения размеров вторичных отстойников.

Для подтверждения экономической эффективности биологического метода удаления фосфора выполнено технико-экономическое сравнение вариантов реагентного и биологического методов.

Сравнение проводилось для производительности сооружений 10 000 м³/сут и следующих показателей состава сточных вод: по взвешенным веществам – 250 мг/л; по БПК_{полн} – 220 мгО₂/л; по фосфору – 8 мг/л. Очищенные сточные воды сбрасывают в водоем для централизованного водоснабжения I категории, ПДК фосфора в таком водоеме составляет 1,2 мг/л. По условиям расчета принято содержание фосфора в очищенных сточных водах 1 мг/л. Расчеты показывают, что приведенные затраты реагентного метода составили 18 897,6 тыс. руб, приведенные затраты биологического метода составили 10 386,34 тыс. руб. На основании данных по приведенным затратам, сравнительная экономическая эффективность составляет 8 511,26 тыс. руб. Данное сравнение показывает целесообразность применения в экономических целях для очистки от фосфора биологического метода.

ВЫВОД

В условиях сброса в водоемы централизованного водоснабжения биологический метод экономичнее в эксплуатации и экологичен для природы и окружающей среды, чем реагентный и химико-биологический методы, но требует дополнительных исследований. До настоящего времени отсутствуют рекомендации по продолжительности обработки рециркулирующего ила в смеси в анаэробном биореакторе. Не разработана технология обработки избыточного активного ила, исключая поступление с иловой водой фосфора, при обычных технологиях стабилизации, исключая возврат фосфора в сточную воду. Однако, если рассматривать со стороны качества очистки сточных вод, для рыбохозяйственных водоемов более целесообразно использовать химико-биологический метод, позволяющий извлекать фосфор до величин, близких к ПДК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов, Д. В. Удаление фосфора из сточных вод [Текст] / Д. В. Анисимов // Экология производства. – 2012. – № 5. – С. 84–87.
2. Канализация населенных мест и промышленных предприятий [Текст] : справ. проектировщика / Н. И. Лихачев, И. И. Ларин и др. ; под общ. ред. В. Н. Самохина. – 2-е изд. – М. : Стройиздат, 1981. – 639 с.
3. Харькина, О. В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологической очистки сточных вод [Текст] / О. В. Харькина. – Волгоград : Панорама, 2015. – 433 с.
4. Мишуков, Б. Г. Очистка городских сточных вод [Текст] : курс лекций / Б. Г. Мишуков, С. Ю. Игнатчик, В. С. Игнатчик ; С.-Петерб. гос. архитектур.-строит. ун-т. – СПб. : СПбГАСУ, 2014. – 195 с.
5. Жмур, Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками [Текст] / Н. С. Жмур. – М. : АКВАРОС, 2003. – 507 с.
6. Технологии биологического удаления азота и фосфора на станциях аэрации [Текст] / Б. В. Васильев, Б. Г. Мишуков, И. И. Иваненко и др. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001. – № 5, Часть 1. – С. 22–25.
7. Удаление азота и фосфора на канализационных очистных сооружениях / А. Н. Беляев, Б. В. Васильев, С. Е. Маскалева и др. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. – № 9. – С. 38–43.

Получено 04.03.2019

В. М. ЧЕРНИШЕВ, Е. О. ЩОКОВ ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЙ ВИДАЛЕННЯ ФОСФОРУ З МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У статті описані основні методи видалення фосфору з міських стічних вод, такі як реагентний, хіміко-біологічний і біологічний. Розглянуто види реагентів, що застосовуються в реагентному і хіміко-біологічному методах для видалення фосфору, визначені їх дози і ефективність застосування. Описано процес видалення фосфору за допомогою біологічних технологічних схем за рахунок чергування анаеробної середовища з аеробного. Описано застосування спеціальних мікроорганізмів *Acinetobacter* в біологічному методі очищення, а також розглянуто процес культивування даних мікроорганізмів в активному мулі. Наводиться ефективність видалення, а також залишкові концентрації сполук фосфору в рідині. Вказані переваги і недоліки методів. Дана оцінка технологій видалення фосфору з міських стічних вод. Наведено економічне порівняння застосування реагентного та біологічного методу.

Ключові слова: евтрофікація, реагентний метод, хіміко-біологічний метод, біологічний метод, реагенти, ортофосфати, фосфор, *acinetobacter*, біореактор.

VALENTIN CHERNYSHEV, YEVHEN SHCHOKOV
COMPARATIVE EVALUATION OF PHOSPHORUS REMOVAL TECHNOLOGIES
FROM MUNICIPAL WASTEWATER

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article describes the main methods of phosphorus removal from municipal wastewater, such as reagent, chemical-biological and biological methods. The types of reagents used in the reagent and chemical-biological method for the removal of phosphorus are considered, their doses are determined and the effectiveness of the application is given. The process of phosphorus removal using biological technological schemes due to the alternation of anaerobic environment with aerobic is described. The use of special microorganisms *Acinetobacter* in the biological purification method is described, and the process of cultivation of these microorganisms in activated sludge is also considered. The removal efficiency is given, as well as the residual concentrations of phosphorus compounds in the liquid. The advantages and disadvantages of the methods are indicated. The technology of phosphorus removal from municipal wastewater is assessed. The economic comparison of the use of the reagent and biological method is given.

Key words: eutrophication, reagent method, chemical and biological method, biological method, reagents, orthophosphates, phosphorus, *acinetobacter*, bioreactor.

Чернышев Валентин Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: интенсификация методов очистки сточных вод и обработки осадков.

Щёков Евгений Александрович – магистрант кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: методы утилизации осадков

Чернишев Валентин Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: інтенсифікація методів очищення стічних вод і обробки опадів.

Щоков Євген Олександрович – магістрант кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: методи утилізації осадків.

Chernyshev Valentin – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: intensification of methods of sewage treatment and deposits processing.

Shchokov Yevhen – Master's student, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: methods of deposits recycling.

УДК 628.112.2

В. И. ЛЕСНОЙ, В. И. ЗЯТИНА, В. С. СЮЗЯЕВА, А. В. ОВЧАРЕНКО
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАТРУБНОЙ ОБРАБОТКИ
ПРИФИЛЬТРОВОЙ ЗОНЫ СКВАЖИН ПНЕВМОИМПУЛЬСНЫМ
ВОЗДЕЙСТВИЕМ**

Аннотация. При эксплуатации водозаборных скважин их производительность может значительно снижаться из-за колюматации фильтра и прифильтровой зоны. Поэтому сохранение высокой производительности скважин остается актуальной задачей. В настоящее время существует много востребованных технологий восстановления дебита водозаборных скважин. В статье рассмотрены вопросы применения пневмоимпульсного способа восстановления дебита водозаборных скважин совместно с методом затрубной системы регенерации. Благодаря чему можно продлить срок службы фильтров водозаборных скважин.

Ключевые слова: водозаборная скважина, пневмовзрыв, система затрубной промывки, фильтр скважины, прифильтровая зона, эрлифтный пульпопровод.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В основном в подземных водах Донбасса по данным [1, 2] большое содержание железа и солей жесткости. Одной из основных причин выхода из строя водозаборных скважин на Втором Донецком водозаборе является снижение их производительности из-за колюматации фильтра и прифильтровой зоны солевыми отложениями. Строительство скважин, стабильно работающих в течение длительных сроков эксплуатации, достаточно трудоемкий и технически сложный процесс, поэтому сохранение высокой производительности скважин остается актуальной задачей.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Учеными из Белорусского национального технического университета, под руководством д. т. н., профессора В. В. Ивашечкина, разработан способ трубчатых зафильтровых систем промывки скважин.

Устройство скважины с затрубной системой регенерации немного отличается от типовой конструкции водозаборной скважины [3–6]. А именно, в затрубном пространстве скважины во внешнем контуре гравийной обсыпки необходимо установить несколько полиэтиленовых нагнетательных труб с перфорацией напротив фильтров скважины (рис. 1). Такая промывка фильтра и прифильтровой зоны позволяет вымывать колюматант как из фильтра водозаборной скважины, так и из прифильтровой зоны. Насос, который откачивает жидкость из водозаборной скважины назад в бак, обеспечивает рециркуляцию раствора в прифильтровой зоне.

Сравнительный анализ химического состава воды показал, что вода в Донбассе и Республике Беларусь имеет значительные различия по химическому составу. Колюматант носит различный по составу характер и имеет различия в прочностных характеристиках. При этом проблемы накопления колюматанта схожи и использование затрубной системы регенерации фильтров водозаборной скважины представляется возможным в условиях Донбасса [1, 2].

Исследования В. В. Ивашечкина [6] показали, что, несмотря на хорошие количественные результаты по увеличению удельного дебита модельной скважины после комбинированной обработки, качественные показатели степени очистки каркаса фильтра и водоприёмной поверхности соответственно составили 70...75 %.

© В. И. Лесной, В. И. Зятин, В. С. Сюзяева, А. В. Овчаренко, 2019

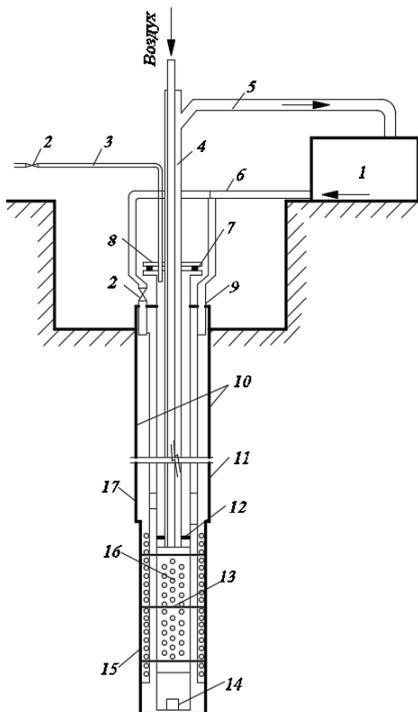


Рисунок 1 – Схема проведения циркуляционной реагентной регенерации водозаборной скважины: 1 – напорный бак; 2 – вентиль; 3 – труба; 4 – эрлифт; 5, 6 – шланги; 7 – уплотнение; 8 – оголовок; 9 – плита; 10 – закачные трубки; 11 – кондуктор; 12 – пакер; 13 – хомут; 14 – муфта; 15 – перфорация; 16 – фильтр; 17 – фильтрующая засыпка.

Это указывает на необходимость проведения импульсной обработки для достижения максимального эффекта очистки [7-10]. В качестве импульсного метода рационально использовать метод пневмоимпульсной обработки скважин с помощью глубинного пневмопатрона – устройства, обеспечивающего периодические выхлопы в жидкую среду сжатого до высокого давления воздуха. Что вызывает колебания давления и позволяет разрушить кольматант на фильтре и прифилтровой зоне, увеличивая производительность водозаборной скважины. Эффективность данного метода объясняется следующими факторами [7, 11]:

1. С помощью глубинного пневмопатрона можно создавать достаточно мощные импульсы практически на любой глубине.
2. Конструкция пневмопатрона позволяет плавно регулировать мощность выхлопов.
3. Число повторений этих импульсов может быть сколько угодно большое.
4. Кафедрой ВВиОВР ДонНАСА была предложена технология производства работ при обработке скважины пневмопатроном с использованием эрлифтного пульпопровода [12]. Возникающий в процессе обработки скважины эрлифтный эффект позволяет вынести разрушенные кольматирующие отложения.

ЦЕЛИ

Таким образом, целью работы является теоретическое обоснование интенсификации работы подземных водозаборов комбинированным методом, а именно с помощью способа трубчатых зафилтровых систем промывки скважин и пневмоимпульсного метода.

Поставленная цель достигается решением следующих задач: изучение способа трубчатых зафилтровых систем промывки скважин и пневмоимпульсного метода восстановления производительности водозаборных скважин, их анализ и разработка технологии их совместной работы.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для восстановления дебита водозаборных скважинами предлагается применять затрубную систему регенерации одновременно с пневмовзрывом и эрлифтным пульпопроводом. В таком случае, при обработке скважины происходит реагентно-циркуляционная промывка фильтров и прифилтровой зоны водозаборных скважин, и осуществляется пневмоимпульсное воздействие на фильтр и прифилтровую область пневмопатроном, а применение эрлифтного пульпопровода позволяет одновременно с водой поднимать из скважины разрушенный кольматант и промывочный раствор.

Известна зависимость, по которой можно определить давление в ресивере пневмопатрона p на искомой глубине H [13]:

$$p = \left[\left(\sigma_{pr} \right)^{\frac{k-1}{k}} - \left(111\,034^{\frac{k-1}{k}} + P_{atm} + \rho g H \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]^{\frac{k-1}{k}}, \quad (1)$$

где σ_{pr} – приведенная прочность (прочность кольматирующих отложений, которые разрушаются при выполнении работы расширения воздушного пузыря, равная начальному давлению в пузыре объемом 1 л на глубине $H = 1$ м), Па;
 P_{atm} – атмосферное давление, Па.

Нами были выполнены расчеты рабочих параметров эрлифтного пульпопровода. Критерии и параметры водовоздушного потока принимались согласно [14, 15], для снарядной структуры двухфазного вертикального восходящего течения. Результаты расчетов по предложенной схеме представлены на рис. 2.

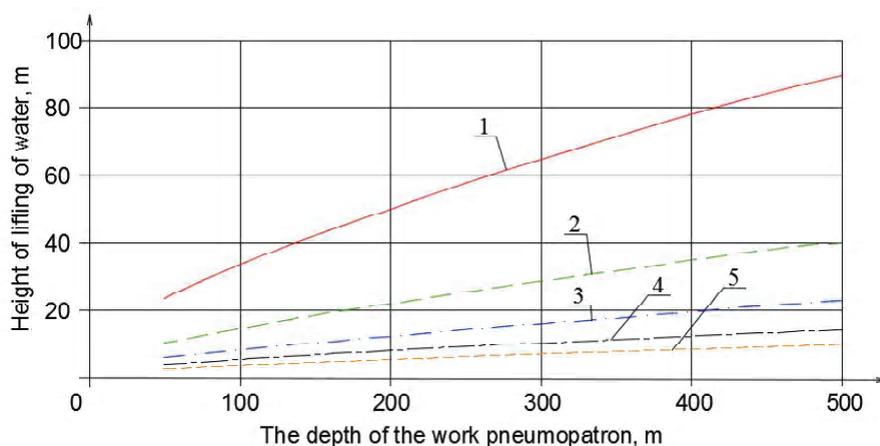


Рисунок 2 – Теоретическая зависимость высоты подъема гидросмеси h при пневмоимпульсной обработке водозаборной скважины с использованием эрлифтного пульпопровода диаметром d : 1 – диаметр эрлифтного пульпопровода 50 мм; 2 – диаметр эрлифтного пульпопровода 75 мм; 3 – диаметр эрлифтного пульпопровода 100 мм; 4 – диаметр эрлифтного пульпопровода 125 мм; 5 – диаметр эрлифтного пульпопровода 150 мм.

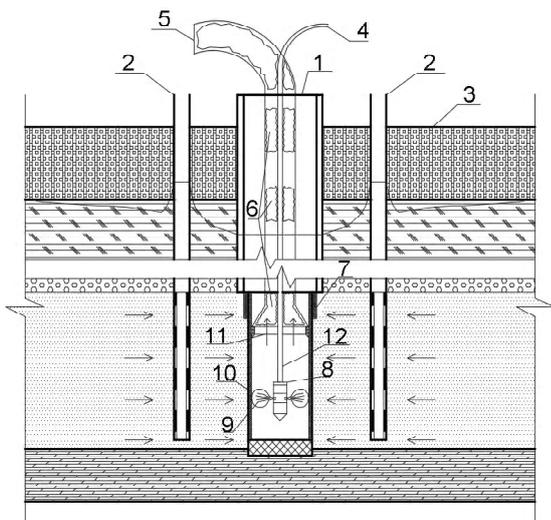


Рисунок 3 – Комбинированный метод обработки прифильтровой зоны водозаборных скважин реagenтным и пневмоимпульсным воздействием: 1 – водозаборная скважина; 2 – нагнетательные трубки; 3 – уровень земли; 4 – рукав высокого давления; 5 – эрлифтный пульпопровод; 6 – сжатый воздух; 7 – сальник; 8 – пневмопатрон; 9 – сжатый воздух на выходе с пневмопатрона; 10 – фильтр водозаборной скважины; 11 – пакер; 12 – трубопровод подачи сжатого воздуха.

в скважину. Тем самым обеспечивается одновременная обработка импульсным и реagenтным методами.

Результаты расчетов показали, что скорость подъема водовоздушной смеси значительно превышает требуемые для подъема частиц размером 30...50 мм ($v = 1-3$ м/с).

Объединив циркуляционно-реagenтный метод промывки скважинного фильтра В. В. Ивашечкина и метод пневмоимпульсного воздействия с применением эрлифтного пульпопровода, нами предложен комбинированный метод. Причём предлагаемая технология интенсификации работы водозаборных скважин основана на совместной одновременной работе обоих методов, в отличие от других комбинированных методов, которые основываются на последовательной или попеременной работе импульсного и реagenтного методов. В результате теоретических исследований предлагается следующая схема регенерации фильтра и прифильтровой зоны водозаборной скважины (рис. 3).

В водозаборную скважину, которая оборудована зафильтрованными циркуляционными трубками, погружают пневмопатрон на уровень фильтра (рис. 3). Одновременно с подачей реagenта выполняется пневмоимпульсная обработка, что обеспечивает максимальную степень очистки фильтра и прифильтровой зоны от колымаганта. После взрыва сжатый воздух вместе с водой (водовоздушная смесь) поднимается наружу по эрлифтному пульпопроводу. Одновременно с притоком воды из скважины в пласт происходит движение раствора реagenта от нагнетающих трубок

ВЫВОДЫ

Теоретические исследования показали, что при использовании затрубной системы регенерации и метода пневмовзрыва с применением эрлифтного пульпопровода можно достигнуть максимального результата очистки фильтроводозаборных скважин от кольматанта, соответственно, продлить срок службы фильтров водозаборных скважин.

Для подтверждения данного предположения необходимо в будущем провести ряд экспериментальных исследований, связанных с уточнением параметров совместной работы пневмопатрона и системы циркуляционной реагентной регенерации, подбора характерных размеров эрлифтного пульпопровода, выбора реагента и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коршикова, И. А. Состояние водных ресурсов Донецкой области и их диагностика [Текст] / И. А. Коршикова // Экономический вестник Донбасса. – 2011. – Вып. 2011-1(23). – С. 27–30.
2. Лесной, В. И. Применение затрубной системы регенерации скважин в условиях Донецкой области [Текст] / В. И. Лесной, А. В. Жибоедов, И. О. Гаврилов // Научный журнал «Апробация». – 2017. – № 3(54). – С. 23–26.
3. Патент 9435 ВУ. Республика Беларусь, МПКС, E21B 43/00, E03B 03/00. Конструкция водозаборной скважины при роторном бурении [Текст] / В. В. Ивашечкин, А. Н. Кондратович, И. А. Герасименюк, Н. И. Крук, И. В. Рытко ; патентообладатель Белорусский национальный технический университет. – № а 20031236 ; заяв. 29.12.2003 ; опубл. 30.06.2005. – 5 с.
4. Ивашечкин, В. В. Экспериментальные исследования скважины, оснащенной затрубной системой реагентной промывки [Текст] / В. В. Ивашечкин, П. А. Автушко, Д. А. Коледюк // Энергетика: международный научно-технический журнал. – 2011. – № 1. – С. 80–87.
5. Ивашечкин, В. В. Сооружение и ремонт водозаборной скважины с системой циркуляционной регенерации [Текст] / В. В. Ивашечкин, П. А. Автушко // Энергетика: международный научно-технический журнал. – 2011. – № 4. – С. 64–73.
6. Ивашечкин, В. В. Лабораторные исследования по оценке эффективности декольматации фильтров скважин [Текст] / В. В. Ивашечкин, А. М. Шейко, А. Н. Кондратович, В. В. Губин // Вестник Белорусского национального технического университета. – 2007. – № 1. – С. 11–14. – ISSN 1683-0326.
7. Слез, Л. Г. Обзор методов восстановления водозаборных скважин [Текст] / Л. Г. Слез, Т. И. Загоруйко, В. И. Лесной // Макеевка. – 2005. – № 4(52). – С. 99–100.
8. Ивашечкин, В. В. Теоретические и технологические основы регенерации водозаборных скважин циркуляционными и газои́мпульсными методами [Текст] : автореф. дис. на соискание учен. степень докт. техн. наук : 05.23.04 – Водоснабжение, канализация / В. В. Ивашечкин ; Белорусский национальный технический университет. Минск : [б. и.], 2012. – 50 с. Таблица библиографии С. 33–45.
9. Ивашечкин, В. В. Регенерация скважинных и напорных фильтров систем водоснабжения [Текст] : монография / В. В. Ивашечкин, А. М. Шейко, А. Н. Кондратович. – Минск : БНТ, 2008. – 277 с.
10. Lesnoy, V. The mechanism of «pneumoexplosion» in water well conditions [Текст] / V. Lesnoy, L. Slyoz // Collected articles of young scientists. – 2012. – Issue II. – P. 137–139.
11. Слѐз, Л. Применение глубинного пневмопатрона для восстановления производительности водозаборных скважин [Текст] / Л. Слѐз, В. Лесной, Н. Кенджаева // Motrol. An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery. – 2012. – Vol. 14, № 1. – С. 60–65.
12. Пат. 90855 Украина, МПК В08В 9/04. Устройство для повышения эффективности пневмоимпульсной обработки водозаборных скважин (эрлифтный пульпопровод) [Текст] / В. И. Нездойминов, В. И. Лесной, П. О. Дмитров, И. С. Гольдин ; патентообладатель В. И. Нездойминов, В. И. Лесной, П. О. Дмитров, И. С. Гольдин ; № u2014 00531 ; заяв. 20.01.2014 ; опубл. 10.06.2014. – Бюл. 11. – 4 с.
13. Лесной, В. И. Основные параметры воздействия пневмовзрыва на фильтр и прифилтровую область водозаборной скважины [Текст] / В. И. Лесной, В. И. Нездойминов, П. А. Дмитров // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2013. – Вып. № 5(103) Інженерні системи та техногенна безпека. – С. 130–136.
14. Кононенко, А. П. Рабочий процесс эрлифта и его моделирование [Текст] : монография / А. П. Кононенко. – Донецк : ДонНТУ, 2010. – с. 171. – ISBN 978-966-377-095-6.
15. Реконструкция и интенсификация сооружений водоснабжения и водоотведения [Текст] : учебное пособие / А. А. Василенко, П. А. Грабовский, Г. М. Ларкина, А. В. Полищук и др. – Киев-Одесса : КНУСА, ОГАСА, 2008. – 308 с.

Получено 05.03.2019

В. И. ЛЕСНОЙ, В. И. ЗЯТИНА, В. С. СЮЗЯЕВА, А. В. ОВЧАРЕНКО
УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАТРУБНОГО ОБРОБЛЕННЯ ПРИФІЛЬТРОВОЇ ЗОНИ
СВЕРДЛОВИН ПНЕВМОІМПУЛЬСНИМ ВПЛИВОМ
ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. При експлуатації водозабірних свердловин їх продуктивність може значно знижуватися через колючацію фільтра і прифільтрової зони. Тому збереження високої продуктивності свердловин залишається актуальним завданням. На даний час існує багато затребуваних технологій відновлення дебіту водозабірних свердловин. У статті розглянуті питання застосування пневмоімпульсного способу відновлення дебіту водозабірних свердловин спільно з методом затрубних систем регенерації. Завдяки чому можна продовжити термін служби фільтрів водозабірних свердловин.

Ключові слова: водозабірна свердловина, пневмовибух, система затрубного промивання, фільтр свердловини, прифільтрова зона, ерліфтний пульпопровід.

VIACHESLAV LESNOI, ZYATINA VITALII, VALERIYA SYUZYAEVA,
ANASTASIA OVCHARENKO
JOINT FILTRATION ZONE FOR WATER INTAKE WELLS REGENERATION
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. During the operation of water wells, their performance may significantly decrease due to clogging of the filter and the filter zone. It is by no means always possible to build high-producing well-maintained wells that work stably for long periods of operation; therefore, maintaining high well productivity remains an urgent task. Currently, there are many popular technologies for the recovery of flow rates of water wells. The article discusses the use of pneumatic impulse recovery method of water wells with the method of annular regeneration system. Due to this, it is possible to extend the service life of water intake filters.

Key words: water well, pneumoexplosion, system of annular washing, well filter, filter zone, air-lift slurry pipeline.

Лесной Вячеслав Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: интенсификация работы водозаборов из подземных источников

Зятин Виталий Ильич – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: водоподготовка, очистка сточных вод.

Сюзяева Валерия Сергеевна – магистрант кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: водоснабжение, водозаборные сооружения.

Овчаренко Анастасия Владимировна – магистрант кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: водозаборные сооружения из поверхностных и подземных источников.

Лесной В'ячеслав Іванович – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: інтенсифікація роботи водозаборів з підземних джерел.

Зятин Віталій Ілліч – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: водопідготовка, очищення стічних вод.

Сюзяєва Валерія Сергіївна – магістрант водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: водопостачання, водозабірні споруди.

Овчаренко Анастасія Володимирівна – магістрант кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: водозабірні споруди з підземних та поверхневих джерел.

Lesnoi Viacheslav – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: intensification of water intake from underground sources.

Zyatina Vitalii – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: water treatment, wastewater treatment.

Syuzyaeva Valeriya – Master's student, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: water supply, water intake facilities.

Ovcharenko Anastasia – Master's student, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: water intake facilities from surface and underground sources.

УДК 681.3.06:69

Д. О. ГОЛУБЕЦ, Д. Р. ПРОКОПЕНКО, Д. О. МОЗГОВОЙ, Е. А. ДМИТРЕНКО, А. С. ВОЛКОВ
ГООУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ УСИЛЕНИЯ
ПОДЗЕМНОГО РЕЗЕРВУАРА**

Аннотация. Данная статья посвящена вопросу обеспечения надежной и безопасной эксплуатации строительных конструкций заглубленных сооружений после реконструкции. В работе представлены результаты обследования состояния конструкций и результаты расчета сооружения с использованием ПК «Лири-САПР». Особое внимание уделено анализу вариантов конструктивных схем реконструкции и усиления элементов сооружения.

Ключевые слова: резервуар, напряженно-деформированное состояние, железобетонные конструкции, обследование, реконструкция, усиление, конечно-элементная модель.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение надежной работы строительных конструкций зданий и сооружений является главной задачей долгосрочной и безопасной службы объекта строительства. Оценка технического состояния зданий и сооружений предназначена для качественного и количественного представления показателей, характеризующих свойства и состояние объектов, изучения процессов, протекающих в конструкциях, основаниях и оборудовании, а также выявления фактических эксплуатационных свойств материалов, элементов конструкций и установления их соответствия техническим требованиям [2, 3, 5]. Однако часто возникают ситуации, когда реальные условия эксплуатации, характеристики материалов и даже действительные схемы работы отдельных элементов имеют существенные отклонения от проектных значений.

Повышенные требования предъявляются к методам оценки технического состояния здания и его строительных конструкций при анализе причин аварий вследствие повреждения конструкций при монтаже или эксплуатации. Проводимые оценки технического состояния зданий и сооружений позволяют выявить наиболее характерные дефекты и разработать рекомендации по уточнению параметров напряженно-деформированного состояния конструкций, повышению их надежности, совершенствованию конструктивных схем, технологии изготовления, монтажа и эксплуатации.

Здания и сооружения представляют собой системы, состоящие из большого числа элементов, работающих в условиях сложных напряженно-деформируемых состояний. Поэтому для оценки технического состояния здания, сооружения или отдельных их элементов необходимо точно определять параметры напряженно-деформированного состояния, в том числе с учетом взаимосвязей и случайного характера формирования свойств.

Особенно данные факторы являются значимыми при реконструкции зданий и сооружений, в том числе и для подземных резервуаров, рассматриваемых в данном исследовании. При реконструкции сооружений теоретическое обоснование расчетных схем железобетонных конструкций основано на результатах полевых исследований, а также опытных данных, на законах механики, на использовании действительного напряженно-деформированного состояния конструкций на различных стадиях роста внешней нагрузки. Точные параметры напряженно-деформируемого состояния очень важны для выбора и проектирования рациональных схем усиления и реконструкции отдельных элементов и зданий и сооружений в целом.

В исследовании рассмотрено влияние изменения параметров напряженно-деформированного состояния на несущую способность и эксплуатационную пригодность заглубленного резервуара при его реконструкции с устройством конструкций покрытия.

Цель и задачи исследования:

- обеспечение надежной и безопасной эксплуатации сооружения после его реконструкции;
- исследование НДС железобетонных элементов при различных конструктивных схемах реконструкции резервуара, включающих в себя устройство перекрытия.

Для достижения указанных выше целей были решены следующие задачи:

- 1) оценка технического состояния существующих конструкций и определение действительных параметров НДС с учетом фактических характеристик материалов и армирования;
- 2) выбор конструктивных схем для реконструкции резервуара с дальнейшим формированием расчетных схем, проведением расчетов, анализом их результатов;
- 3) выбор рациональной конструктивной схемы реконструкции и усиления отдельных элементов резервуара.

Краткая характеристика объекта:

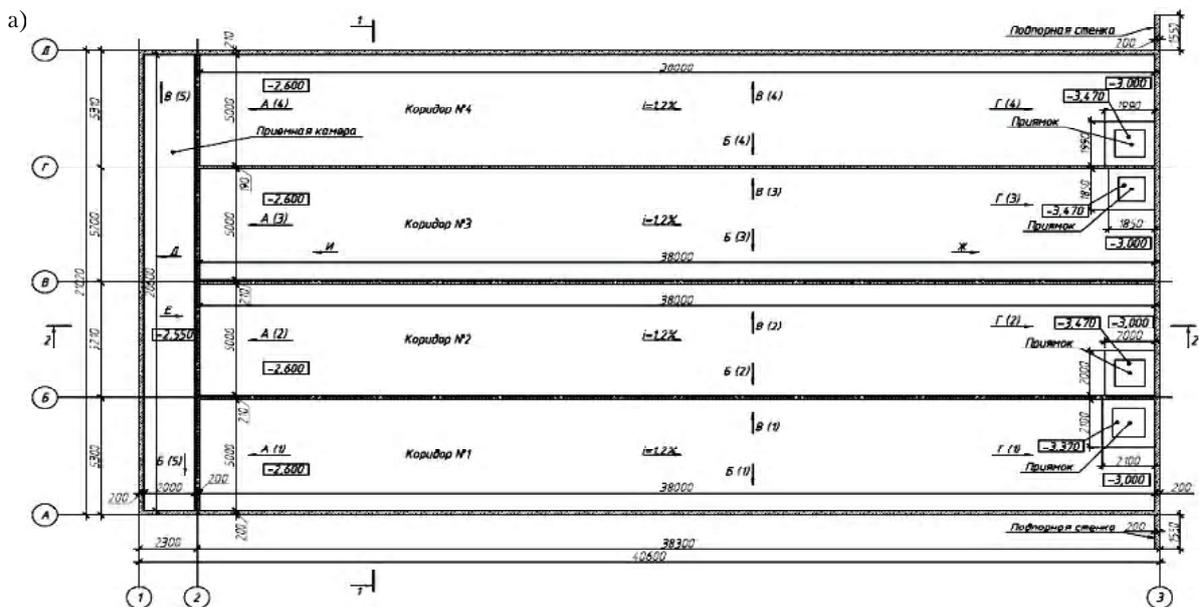
Обследование конструкций резервуара ливневых вод было выполнено специалистами ООО «ОЗИС-Венчур» в 2018 году [1].

Объект обследования представляет собой прямоугольное сооружение, обвалованное по периметру грунтом и предназначенное для сбора и отведения ливневых вод парка Мега Дыбенко. Размеры сооружения в плане в крайних осях составляют 21,0×40,6 м, глубина резервуара переменная от 2,5 до 3,0 м. В конструкции сооружения имеется общий приёмник ливневых вод и четыре коридора длиной 38,3 м с уклоном 1,2‰ для их сбора и отведения. План сооружения и разрезы представлены на рис. 1.

Фундамент сооружения представлен в виде монолитной железобетонной плиты толщиной 300 мм в основной части сооружения и 350 мм под приёмной камерой в осях 1–2 между осями А–Д (рис. 1). Фундаментная плита является днищем резервуара. Плита устроена с уклоном по направлению от оси 1 к оси 3, уклон плиты постоянный и составляет $i = 1,2 \text{ ‰}$. Вдоль оси 3 в осях А–Д в фундаментной плите устроены четыре приямка размерами 2,0×2,0×0,4(н) м.

Стены резервуара монолитные железобетонные толщиной 190÷210 мм. Высота продольных стен резервуара переменная и составляет от 2,5 м вдоль оси 1 и до 3,0 м вдоль оси 3. Поперечные стены имеют постоянную высоту, составляющую 2,5 м вдоль оси 1, 2 м и 3 м вдоль оси 3. В поперечных стенах по осям 1 и 3 имеются технологические отверстия для пропуска подающих и отводящих технологических трубопроводов. В поперечной стене по оси 2 устроены технологические отверстия размером 500×500 мм, служащие для перепуска воды из приемной камеры и оборудованные щитовыми затворами.

В результате обследования [1] выявлены многочисленные дефекты и повреждения, наиболее опасными из которых являются:



б)

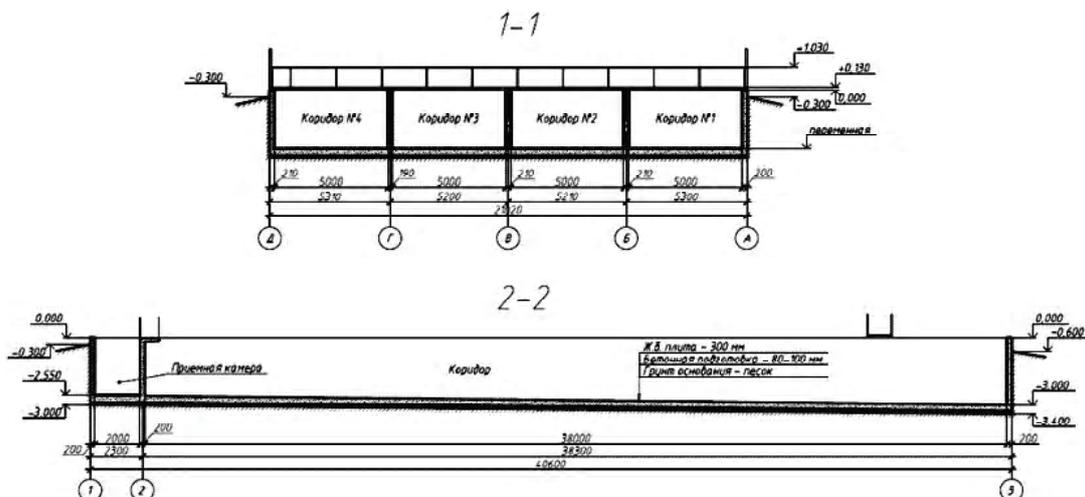


Рисунок 1 – Резервуар ливневых вод: а) план резервуара; б) разрезы 1-1 и 2-2.

– в фундаментной плите – трещины шириной раскрытия до 0,6 мм, что превышает предельно допустимое значение;

– в стенках резервуара – сквозные вертикальные трещины шириной раскрытия до 1,2мм, силовые сквозные наклонные трещины шириной раскрытия до 1,0 мм, трещины в стенке резервуара в зоне опирания металлического мостка шириной раскрытия до 4,0 мм.

Основные дефекты и повреждения представлены на рис. 2.

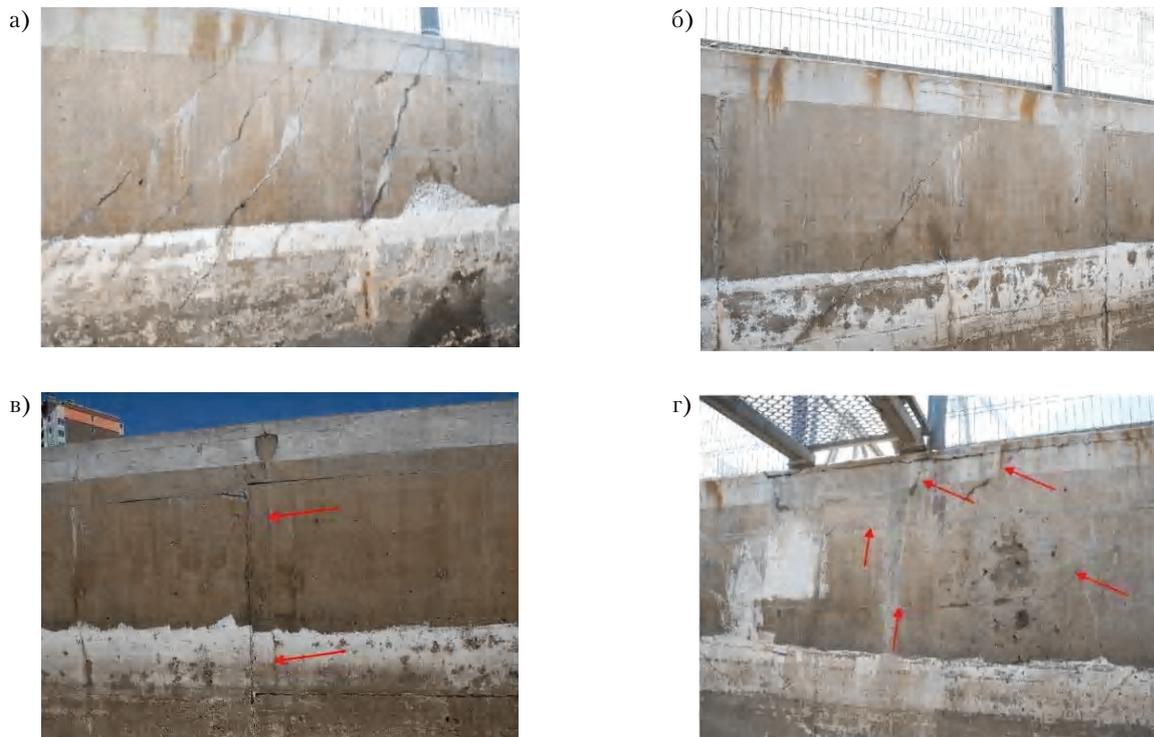


Рисунок 2 – Основные дефекты и повреждения: а, б) силовые сквозные наклонные трещины шириной раскрытия до 1,0 мм; в) сквозные вертикальные трещины шириной раскрытия до 1,2 мм; г) трещины в стенке резервуара в зоне опирания металлического мостка шириной раскрытия до 4,0 мм.

Основной причиной появления в стенах резервуара повреждений в виде сквозных вертикальных и наклонных трещин раскрытием до 1,2 мм является несоответствие фактического армирования

элементов расчетному. Трещины в зоне опирания стального мостика раскрытия до 4,0 мм вызваны недоучетом вырывающих усилий в анкерных устройствах креплений к стенкам вследствие неравномерных деформаций конструкций резервуара. Причиной чрезмерного раскрытия трещин в днище сооружения являются нарушения технологии выполнения бетонных работ (что привело к образованию трещин в результате усадки и температурных деформаций) и не учет при проектировании сооружения совместной работы дна резервуара с деформируемым основанием.

Измерения прочности бетона выполнены прямым неразрушающим способом контроля с помощью прибора ОНИКС-1. По результатам измерений установлен фактический класс бетона по прочности на сжатие: для стен резервуара – не менее В40; для днища – не менее В35.

Фактическое армирование конструкций резервуара определялось с использованием георадара Proceq GPR Live. Был определен шаг и диаметр арматуры в продольном и поперечном направлении, а также определена величина защитного слоя бетона характерных элементов конструкций резервуара (рис. 3).

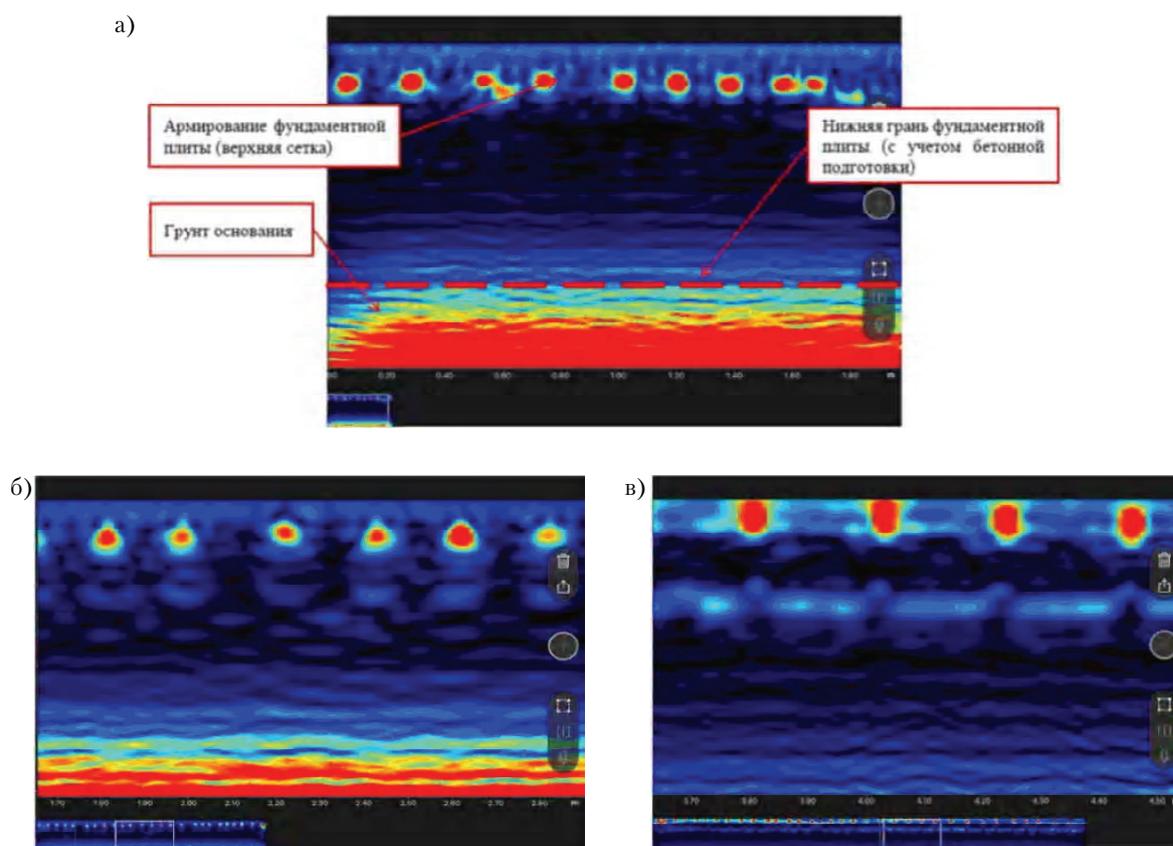


Рисунок 3 – Результаты определения шага и глубины заложения армирования плиты: а) фундамента, б) продольных стен; в) поперечных стен.

Для уточнения результатов неразрушающего контроля было выполнено алмазное бурение конструкций на глубину 100 мм. По результатам бурения установлено, что фактическое верхнее армирование фундаментной плиты представлено продольной арматурой класса АIIIØ10 мм с шагом 200 мм, и поперечной арматурой класса АIIIØ14 мм с шагом 200 мм, защитный слой бетона составляет ~100÷120 мм. Нижнее армирование представлено продольной арматурой класса АIIIØ10 мм, уложенной с шагом 200 мм и поперечной арматурой класса АIIIØ12 мм, уложенной с шагом 200 мм.

Для уточнения результатов, полученных с использованием георадара (рис. 3), были выполнены вскрытия продольных и поперечных стен резервуара. По результатам вскрытий установлено, что в приопорной зоне фактическое вертикальное армирование представлено рабочей арматурой АIIIØ12 с шагом 200 мм, дополнительным армированием (выпуски арматуры из плиты фундамента высотой 700÷800 мм от уровня днища резервуара), выполненным из арматуры класса АIIIØ20 мм с шагом

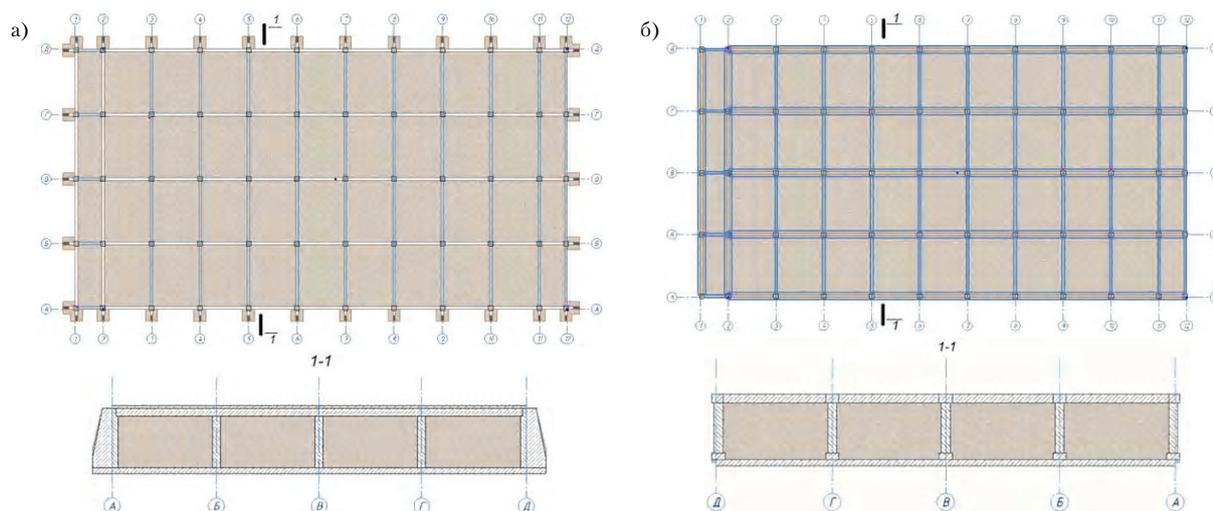


Рисунок 4 – Конструктивные схемы реконструкции и усиления: а) вариант 1, б) вариант 2.

200 мм. Фактическое горизонтальное армирование стен представлено арматурой класса АIIIØ10 мм с шагом 300 мм.

При реконструкции резервуара, включая устройство покрытия, были рассмотрены следующие варианты конструктивных схем реконструкции и усиления отдельных элементов резервуара.

Вариант 1: усиление наружных стен контрфорсами по периметру сооружения, устройство стоек с шагом 4,0 м сечением 400×400 мм вдоль осей А–Д, в перпендикулярном направлении вдоль осей 3–12 и А–Д устройство балок перекрытия сечением 200×400 мм, устройство монолитной плиты толщиной 150 мм.

Вариант 2: устройство стоек с шагом 4,0 м сечением 400×400 мм вдоль осей А–Д, вдоль стен устройство балок поверху сечением 600×400 мм и понизу сечением 600×300 мм, в перпендикулярном направлении вдоль осей 3–12 и А–Д устройство балок перекрытия сечением 200×400 мм, поверху устройство монолитной плиты толщиной 150 мм.

В результате расчета существующей конструктивной схемы сооружения выявлен недостаток армирования стен резервуара:

- по осям А, Д в вертикальном направлении максимальная расчетная площадь арматуры в зонах сопряжения стен с дном резервуара выше выпусков арматуры из фундаментной плиты составила 12,7 см² (Ø18 с шагом 200 мм), что на 124 % превышает фактическое армирование (Ø12 с шагом 200 мм);
- по осям А, Д в горизонтальном направлении максимальная расчетная площадь арматуры практически на всех участках составила 8,48 см² (Ø18 с шагом 300 мм), что на 224 % превышает фактическое армирование (Ø10 с шагом 300 мм);
- по осям Б, В, Г в вертикальном направлении максимальная расчетная площадь арматуры в зонах сопряжения стен с дном резервуара составила 10,1 см² (Ø16 с шагом 200 мм), что на 78 % превышает фактическое армирование (Ø12 с шагом 200 мм);
- по осям Б, В, Г в горизонтальном направлении максимальная расчетная площадь арматуры практически на всех участках составила 5,13 см² (Ø14 с шагом 300 мм), что на 95 % превышает фактическое армирование (Ø10 с шагом 300 мм);
- по осям 1, 2, 3 в вертикальном направлении максимальная расчетная площадь арматуры в зонах сопряжения стен с дном резервуара составила 7,7 см² (Ø14 с шагом 200 мм), что на 36 % превышает фактическое армирование (Ø12 с шагом 200 мм);
- по осям 1, 2, 3 в горизонтальном направлении максимальная расчетная площадь арматуры составила 10,5 см² (Ø20 с шагом 300 мм), что на 300 % превышает фактическое армирование (Ø10 с шагом 300 мм).

Анализ усилий в элементах сооружения при его реконструкции показывает существенное снижение величин в конструктивном **варианте 2** по сравнению с **вариантом 1**: вертикальные и горизонтальные усилия в стенах снизились в 2÷3 раза; изгибающие моменты снизились в 1,5÷6 раз; величины поперечных сил в стенах, параллельных буквенным осям, снизились в 2÷15 раз, а в стенах по цифровым осям возросли в 1,5÷3 раза.

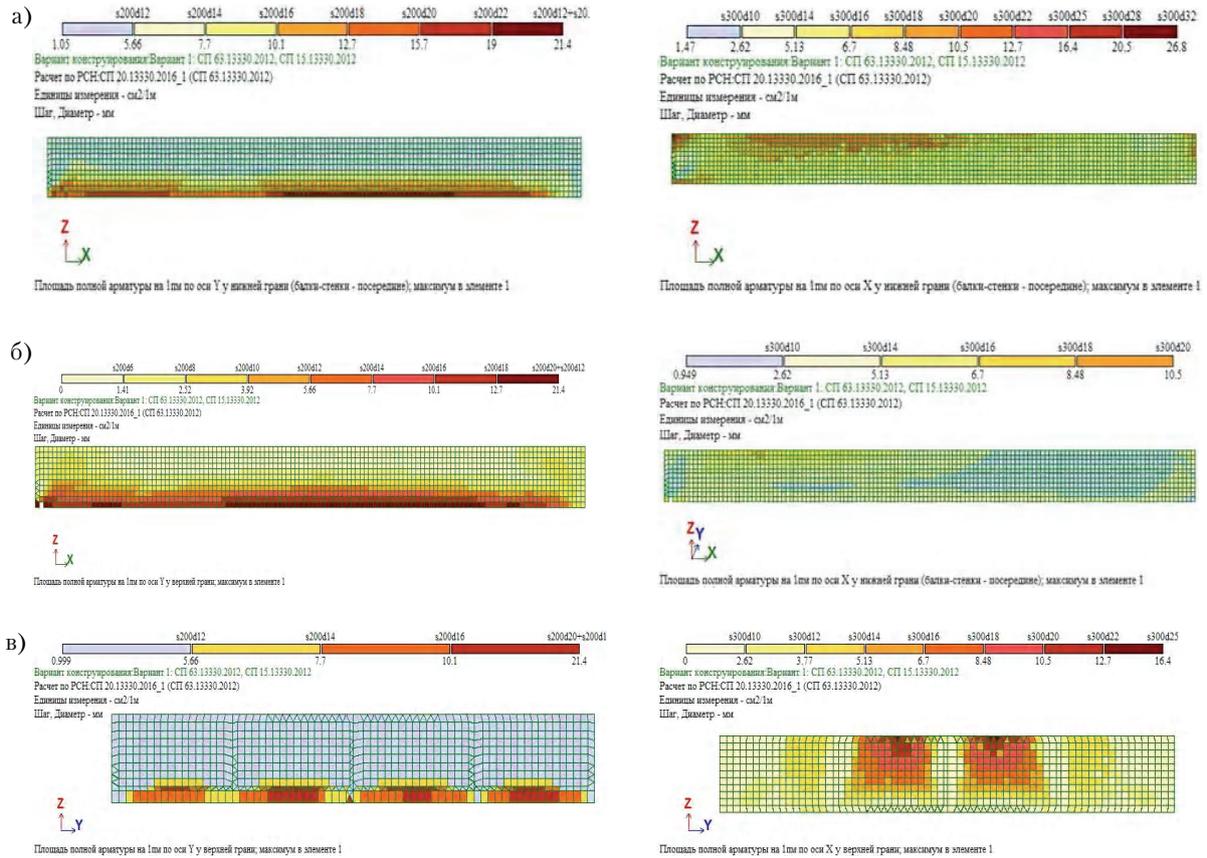


Рисунок 5 – Результат расчета существующей конструктивной схемы: а) вертикальное и горизонтальное армирование наружных продольных стен по осям А, Д; б) вертикальное и горизонтальное армирование внутренних продольных стен по осям Б, В, Г; в) вертикальное и горизонтальное армирование поперечных стен по осям 1, 2, 3.

Расчетное армирование конструктивных элементов сооружения при его реконструкции с устройством покрытия для конструктивного **варианта 2** оказалось существенно меньше по сравнению с **вариантом 1** (рис. 6). Снижение требуемой площади армирования для различных элементов в **варианте 2** относительно **варианта 1** составило:

- для вертикального и горизонтального армирования продольных стен до 78 %;
- для вертикального и горизонтального армирования поперечных стен до 36 %.

Таким образом, при устройстве конструкций усиления согласно **варианту 2** требуемое расчетное армирование продольных и поперечных стен резервуара соответствует фактическому армированию, выявленному при обследовании.

Расчетное армирование стоек усиления, балок покрытия и монолитной железобетонной плиты покрытия для **вариантов 1 и 2** изменилось несущественно.

ВЫВОДЫ

Точный учет параметров НДС элементов сооружений, особенно при их реконструкции, просто необходим для обеспечения конструктивной способности, надежности, долговечности и эксплуатационной пригодности отдельных конструкций зданий и сооружений в целом.

Результаты обследования конструкций резервуара и выполненные расчеты позволяют сделать вывод, что основной причиной появления повреждений является существенный недостаток фактического армирования относительно расчетных величин. Характер развития выявленных повреждений совпадает с зонами возникновения максимальных усилий в элементах резервуара.

В результате сравнения двух конструктивных вариантов усиления и реконструкции сооружения выявлено, что более рациональным является конструктивный вариант 2. При данном конструктивном варианте требуемое расчетное армирование продольных и поперечных стен резервуара, даже с учетом устройства монолитной плиты покрытия, не превышает фактической площади арматуры, выявленной при обследовании.

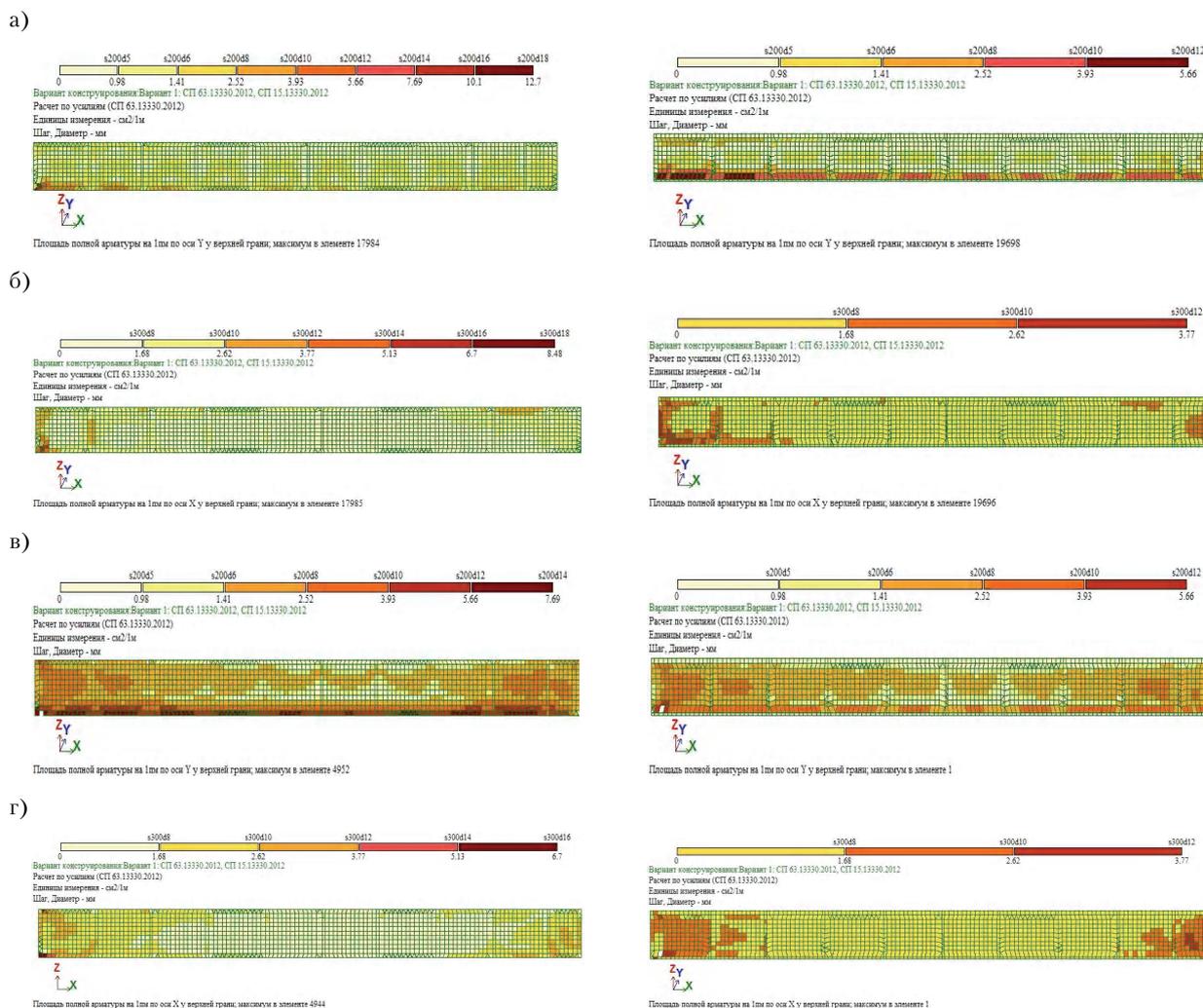


Рисунок 6 – Сравнение армирования вариант 1 с вариантом 2: а) вертикальное и б) горизонтальное армирование продольных стен по осям А, Д; в) вертикальное и г) горизонтальное армирование продольных стен по осям Б, В, Г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОБ-581. Отчет по результатам технического обследования конструкций резервуара ливневых вод по адресу: Ленинградская обл., Всеволожский р-н, 12-й км Мурманского ш., ТЦ Мега Дыбенко, резервуар ливневых вод парка Мага Дыбенко [Текст] / ООО «ОЗИС-Венчур»; рук. А. В. Улыбин. – Санкт-Петербург: [б. и.], 2018. – 98 с.
2. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния [Текст]. – Введ. 2014-01-01. – М.: Стандартинформ. 2014. – 59 с. – (Межгосударственный стандарт).
3. СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений [Текст]. – Введ. 2003-08-21. – М.: Гос. предпр. – Центр проектной продукции массового применения, 2010. – 33 с. – (Свод правил по проектированию и строительству).
4. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* [Текст]. – Взамен СП 20.13330.2011 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия»; введ. 2017-06-04. – М.: Минстрой России. 2017. – 104 с. – (Свод правил).
5. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения [Текст]: актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – Введ. 2013-01-01. – М.: Минрегион России. 2012. – 152 с. – (Свод правил).
6. Туголуков, А. М. Рекомендации по усилению и ремонту строительных конструкций инженерных сооружений [Текст] / А. М. Туголуков. – М.: ЦНИИпромзданий, 1997. – 180 с.
7. Никифорова, Т. Д. Исследование напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций заглубленных зданий с учетом их взаимодействия с грунтовым массивом [Текст] / Т. Д. Никифорова // Сборник статей «Вісник ПДАБА». – 2013. – № 1. – С. 19–25.

8. Анализ напряженно-деформируемого состояния железобетонных конструкции с учетом основания [Текст] / Ю. А. Кожанов, А. Г. Ефименко, В. А. Загильский, А. П. Якубенко // Сборник статей «Вісник ПДАБА». – 2013. – № 8. – С.42–47.
9. Hasan, J. M. Economical Design of Water Concrete Tanks [Текст] / J. M. Hasan // European Journal of Scientific Research. – 2011. – Vol. 49. – № 4. – P. 510–520. – ISSN 1450-216X.
10. Leao, M. F. Strees-Strain Analysis of a Concrete Dam in Predominantly Anisotropic Residual soil. [Текст] / M. F. Leao, M. P. Pacheco, B. R. Danziger // Soils and Rocks. – 2018. – Vol. 41(2). – P. 171–178.
11. Hariri-Ardebili, M. A. Reservoir Fluctuation Effects on Seismic Response of High Concrete Arch Dams Considering Material Nonlinearity [Текст] / H. Mirzabozorg // Journal of Civil Engineering Research. – 2011. – Vol. 1(1). – P. 9–20.
12. Evaluation of Reinforced Concrete Cylindrical Reservoirs with Single-Layered Walls [Текст] / V. N. Aksenov, V. L. Quyen, E. V. Trufanova // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 150. – P. 1919–1925.
13. Analysis of stress-strain state rainfall runoff control system buttress dam [Текст] / O. Degtyareva, G. Degtyarev, I. Togo, V. Terleev et and // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 165. – P. 1619–1628.

Получено 06.03.2019

Д. О. ГОЛУБЕЦЬ, Д. Р. ПРОКОПЕНКО, Д. О. МОЗГОВИЙ, Є. А. ДМИТРЕНКО,
А. С. ВОЛКОВ
ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЙ ПОСИЛЕННЯ ПІДЗЕМНОГО
РЕЗЕРВУАРА
ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Дана стаття присвячена питанню забезпечення надійної і безпечної експлуатації будівельних конструкцій заглиблених споруд після реконструкції. У роботі представлені результати обстеження технічного стану конструкцій і результати розрахунку споруди з використанням ПК «Ліра-САПР». Особливу увагу приділено аналізу варіантів конструктивних схем реконструкції і посилення елементів споруди.

Ключові слова: резервуар, напружено-деформований стан, залізобетонні конструкції, обстеження, реконструкція, посилення, скінченно-елементна модель.

DARYA GOLUBETS, DANA PROKOPENKO, DENIS MOZGOVOI, EVGENIY
DMITRENKO, ANDREI VOLKOV
RESEARCH AND DEVELOPMENT OF UNDERGROUND RESERVOIR
REINFORCEMENT STRUCTURES
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. This article is devoted to ensuring reliable and safe operation of building structures of buried reservoirs after reconstruction. The results of the survey of the state of the structures and the results of the calculation of the stress-strain state of its elements using the Lira-SAPR software, are presented in this article. Particular attention is paid to the analysis of variations for design schemes for the reconstruction and strengthening of elements of the structure.

Key words: reservoir, stress-strain state, reinforced concrete structures, inspection, reconstruction, reinforcement, finite element model.

Голубец Дарья Олеговна – студентка ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

Прокопенко Дана Романовна – студентка ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

Мозговой Денис Олегович – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

Дмитренко Евгений Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие методик определения характеристик напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов при сложных режимах силового и температурного воздействий, оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

Волков Андрей Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование прочностных и деформативных свойств конструкций из модифицированного высокопрочного бетона, оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

Голубец Дар'я Олегівна – студентка ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: оцінка технічного стану та проектування залізобетонних конструкцій.

Прокопенко Дана Романівна – студентка ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: оцінка технічного стану та проектування залізобетонних конструкцій.

Мозговий Денис Олегович – студент ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: оцінка технічного стану та проектування залізобетонних конструкцій.

Дмитренко Євген Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток методик визначення характеристик напружено-деформованого стану залізобетонних елементів при складних режимах силового і температурного впливів, оцінка технічного стану і проектування залізобетонних конструкцій.

Волков Андрій Сергійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження міцнісних та деформативних властивостей конструкцій з модифікованих високоміцних бетонів, оцінка технічного стану і проектування залізобетонних конструкцій.

Golubets Darya – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: assessment of technical condition and design of reinforced concrete structures.

Prokopenko Dana – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: assessment of technical condition and design of reinforced concrete structures.

Mozgovoi Denis – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: assessment of technical condition and design of reinforced concrete structures.

Dmitrenko Evgeniy – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: development of methods of estimation of characteristics of the stress-strain state of reinforced concrete elements under complex modes of power and temperature influences, estimation of technical state and design of reinforced concrete constructions.

Volkov Andrei – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: determination of strength and strain propertied of modified high strength concrete structures, estimation of technical state and design of reinforced concrete constructions.

УДК 624.048

Ж. Н. ВОЙТОВА^а, Т. П. МАЛЮТИНА^б^а Арх-консалт, Германия, ^б ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ИНСТРУМЕНТЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ СТРОИТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА В BIM-ТЕХНОЛОГИЯХ

Аннотация. Существует много способов сборки единой BIM модели. Виртуальное моделирование требует к себе прогнозируемого подхода, взгляда на несколько ходов вперед. Нужно изначально представлять, как части модели, выполненные с применением различных программ, собрать затем в единый работающий комплекс. На основе материалов, собранных и систематизированных авторами, рассмотрены универсальные методы для быстрого и эффективного проектирования строительных объектов различного назначения и различной степени сложности.

Ключевые слова: информационное моделирование, BIM-технологии, проектная документация, жизненный цикл проекта

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Современное строительство требует высокоэффективного и конкурентоспособного проектирования зданий и сооружений различного назначения. Все это возможно реализовать только с помощью новых технологий проектирования, методов и систем. Проектные и строительные организации активно осваивают и внедряют так называемые BIM-технологии на всех этапах создания и эксплуатации объектов.

ЦЕЛИ

Рассмотреть инструменты, предлагаемые ведущими производителями строительных конструкций, применяемые при проектировании строительных объектов с использованием BIM-технологий.

Представленные выводы могут быть полезны проектировщикам, застройщикам и производителям строительных материалов и конструкций.

BIM (Building Information Modeling) расшифровывается как информационное моделирование зданий [1, 3]. Элементы, составляющие информационное моделирование, использовались и ранее, новшество данной идеи состоит в объединении компонентов различных программ в единую систему. Такой подход к проектированию зданий позволит работать множеству различных специалистов (архитекторов, разнонаправленных проектировщиков, сметчиков и пр.) над одним проектом одновременно.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Использование BIM-технологии способствует повышению экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов. Особым достоинством инструментов BIM-технологии является тот факт, что модель объекта строительства, созданная с их помощью, не является статичной. При внесении изменений в геометрию или данные информационной модели обеспечивается одновременное автоматизированное обновление всех взаимосвязанных видов, данных, параметров и документов. Таким образом, BIM (от англ. Building Information Modeling – информационное моделирование зданий и сооружений) является процессом создания и управления информацией на всех стадиях жизненного цикла объекта строительства. Все, кто уже работал с CAD- или BIM- системами проектирования знают о так называемых библиотеках BIM- или CAD-семейств (рис. 1). Наличие таких

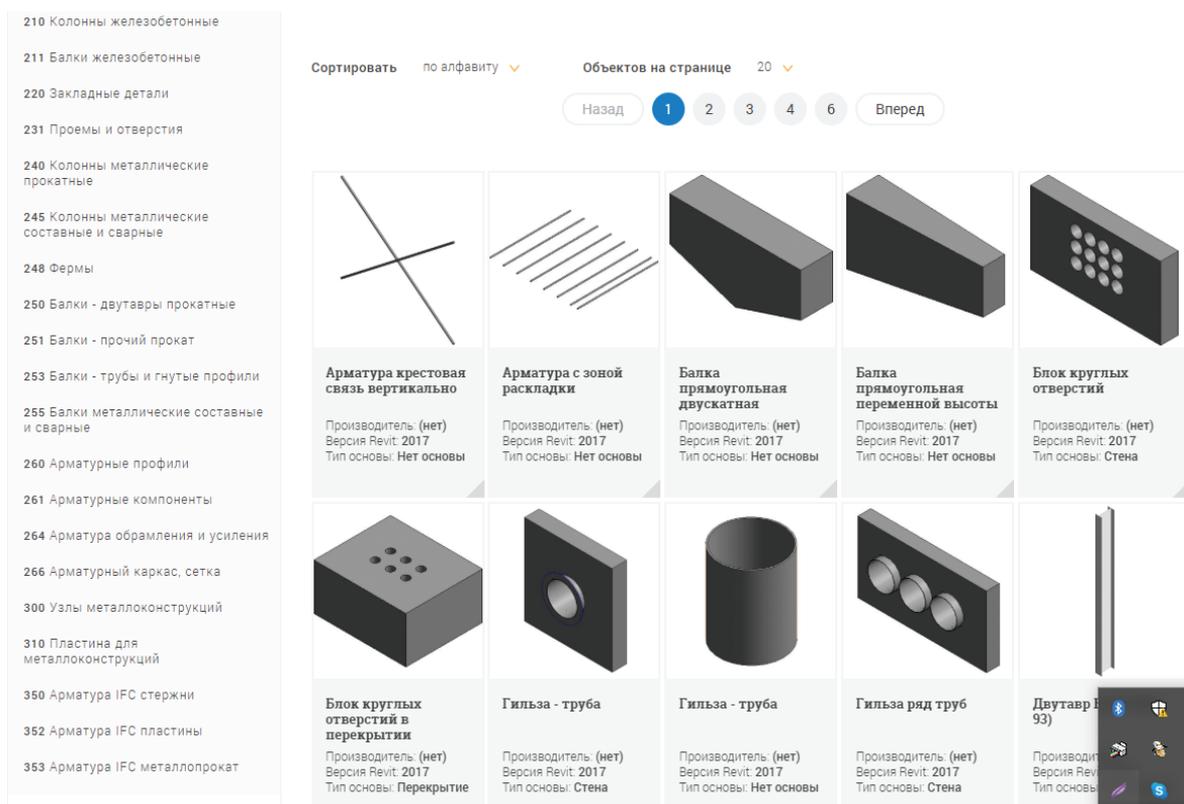


Рисунок 1 – Библиотека BIM-семейств.

библиотек позволяет значительно сократить сроки проектирования, и исключить большинство ошибок, допускаемых проектировщиками при разработке конструкторской документации [5, 6].

В своде правил 333.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» [4] перечислен список характерных задач применения BIM, соответствующих текущему уровню внедрения BIM в отечественной практике. В рамках настоящего стандарта выделена следующая задача применения BIM [1] – разработка моделей (Design Authoring): процесс, в результате которого посредством программных решений, поддерживающих технологию BIM, создаются BIM-модели, насыщенные информацией согласно информационным требованиям заказчика. Данная задача применения BIM должна быть разделена на подзадачи. Например, разработка моделей по разделам/маркам проекта, компоновка технологического оборудования и т. д. Эту задачу помогают решать сами производители строительных конструкций, материалов, оборудования и т. п.

Все строительные объекты состоят из большого количества элементов выпускаемых различными производителями. Крупные строительные компании давно поняли преимущества BIM – технологий и экономическую выгоду от того, что они сами предлагают проектировщику модели своих конструкций. У таких компаний проектировщик может совершенно бесплатно скачать ту или иную конструкцию или элемент для своего проекта. Одной из таких компаний является Schüco.

Schüco разрабатывает и поставляет системные решения для изготовления окон, дверей, фасадов, раздвижных конструкций, систем безопасности и солнцезащиты. Помимо этой инновационной продукции для строительства жилых и коммерческих зданий специалист по ограждающим конструкциям предлагает также услуги консультирования и цифровые решения для всех стадий строительного процесса – от первоначальной идеи до проектирования, изготовления и монтажа. Кроме того, ассортимент услуг и продуктов включает в себя оборудование для изготовления и 360-ный цикл ресурсосбережения. Компания занимается постоянным развитием и испытанием новых продуктов и услуг для облицовки зданий, учитывая при этом тенденции рынка и нормы. 12 000 предприятий-производителей, проектировщиков, архитекторов и инвесторов во всем мире работают вместе с Schüco. Компания представлена в более 80 странах мира.

На примере сайта компании производителя окон Schüco (Германия) мы можем увидеть, насколько подробно разработаны модели предлагаемых объектов, которые позволяют проектировщику:

- осуществлять простой выбор продукта в браузере;
- использовать четкие рекомендации по планированию со многими версиями проектировочных программ;
- выбирать требуемые форматы данных для программ Revit, AutoCAD и ArchiCAD;
- вносить технические данные выбранной конструкции в проектную документацию;
- экспортировать данные планирования BIM непосредственно из программы изготовителю конструкции.

В качестве надстройки к программе Revit компания Schüco также предлагает инструмент для построения разрезов здания с окнами, дверями и витражными системами производства компании. Такая опция существенно облегчает работу проектировщика и самого производителя конструкций (рис. 2).

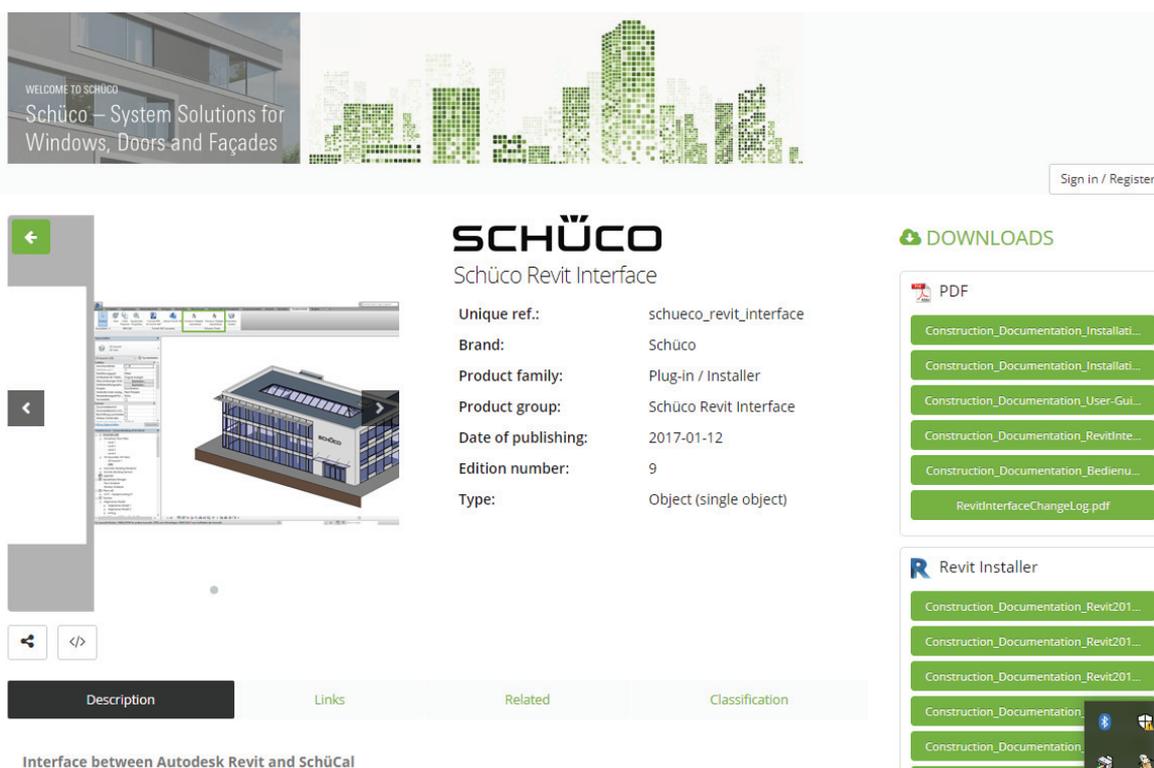


Рисунок 2 – Schüco – Revit интерфейс.

Кроме того, такие опции, предоставляемые производителем, дают большее количество степеней свободы архитектору, который сможет еще на стадии эскизной проработки проекта подобрать наиболее подходящую для будущего объекта конструкцию.

ВЫВОДЫ

Современная технология BIM поддерживает и эффективно связывает все стороны, участвующие в планировании, строительстве и эксплуатации зданий, что позволяет значительно повысить качество проектирования, переводя его на новый уровень в плане детализации, визуализации, многовариантной проработки и анализа, а также снижения количества ошибок и нестыковок. Основное внимание уделяется цифровой модели данных, с помощью которой запланированный проект строительства фактически реализуется до фактического строительства. Инструменты построения информационного моделирования позволяют в кратчайшие сроки обмениваться информацией между всеми участниками строительства, что является не только экономически выгодным, но и исключает появление большинства ошибок на стадии проектирования и строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Промышленные объекты [Текст] / BIM-стандарт. – Москва : Autodesk, Inc. – Версия 1.0. – 103 с.
2. Вирцев, М. Ю. BIM-технологии – принципиально новый подход в проектировании зданий и сооружений [Электронный ресурс] / М. Ю. Вирцев, А. Ю. Власова // Российское предпринимательство. – 2017. – Т. 18. – № 23. – С. 3827–3836. – Режим доступа : <https://elibrary.ru/item.asp?id=32544248>.
3. Талапов В. В. Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий [Электронный ресурс] / В. В. Талапов. – Саратов : Профобразование, 2017. – 392 с. – Режим доступа : <http://www.iprbookshop.ru/63943.html>.
4. СП 333.1325800 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла [Текст]. – Введен впервые ; введ. 2018-03-19. – 2017. – М. : Минстрой России, 2017. – 40 с.
5. Волков, А. А. Моделирование энергоэффективных инженерных систем [Электронный ресурс] : монография / А. А. Волков, П. Д. Чельшков, А. В. Седов. – Электрон. текстовые данные. – М. : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. – 64 с. – Режим доступа : <http://www.iprbookshop.ru/30346.html>.
6. Кузина, О. Н. Функционально-комплементарные модели управления в строительстве и ЖКХ на основе BIM [Электронный ресурс] : монография / О. Н. Кузина. – Электрон. текстовые данные. – Саратов : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2017. – 171 с. – Режим доступа : <http://www.iprbookshop.ru/73771.html>.

Получено 12.03.2019

Ж. М. ВОЙТОВА ^a, Т. П. МАЛЮТИНА ^b ІНСТРУМЕНТИ ПОБУДОВИ МОДЕЛІ БУДІВЕЛЬНОГО ОБ'ЄКТА В BIM-ТЕХНОЛОГІЯХ

^a Arch-консалт, Німеччина, ^b ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Існує багато способів складання єдиної BIM моделі. Віртуальне моделювання вимагає до себе прогнозованого підходу, погляду на кілька ходів вперед. Потрібно спочатку уявити, як частини моделі, виконані із застосуванням різних програм, зібрати потім в єдиний працюючий комплекс. На основі матеріалів, зібраних і систематизованих авторами, розглянуті універсальні методи для швидкого і ефективного проектування будівельних об'єктів різного призначення і різного ступеня складності.

Ключові слова: інформаційне моделювання, BIM-технології, проектна документація, життєвий цикл проекту.

ZHANNA VOYTOVA ^a, TATYANA MALYUTINA ^b TOOLS OF BUILDING A MODEL OF A CONSTRUCTION OBJECT IN BIM-TECHNOLOGIES

^a Arch-Consult, Germany, ^b Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. There are many ways to build a single BIM model. Virtual modeling requires a predictable approach to oneself, a look a few moves ahead. It is necessary to initially represent how the parts of the model, made with the use of various programs, are then assembled into a single working complex. On the basis of materials collected and systematized by the authors, universal methods for the rapid and effective design of construction objects for various purposes and of various degrees of complexity are considered.

Key words: information modeling, BIM-technologies, project documentation, project life cycle.

Войтова Жанна Николаевна – кандидат технических наук, инженер фирмы Arch-консалт, Германия. Научные интересы: проектирование в среде BIM, конструкции из дерева и пластмасс, проектирование строительных конструкций с помощью bim-технологий, проектирование строительных конструкций из экологически чистых материалов.

Малютинa Татьяна Петровна – кандидат технических наук, доцент кафедры специализированных информационных технологий и систем ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: моделирование поверхностей на основе МПС (метода подвижного симплекса), создание расчетных моделей различных технических форм в процессе их проектирования с учетом отражения всех свойств реальных моделей.

Войтова Жанна Миколаївна – кандидат технічних наук, інженер фірми Arch-консалт, Німеччина. Наукові інтереси: проектування в середовищі BIM, конструкції з дерева та пластмас, проектування будівельних конструкцій за допомогою BIM-технологій, проектування будівельних конструкцій з екологічно чистих матеріалів.

Малюгіна Тетяна Петрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри спеціалізованих інформаційних технологій і систем ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: моделювання поверхонь на основі МРС (методу рухомого симплекса), створення розрахункових моделей різних технічних форм у процесі їх проектування з урахуванням відображення всіх властивостей реальних моделей.

Voytova Zhanna – Ph. D. (Eng.), engineer firm Arch-Consult, Germany. Scientifics interests: designing in the BIM environment, structures made of wood and plastics, designing building structures using bim-technologies, designing building structures made of environmentally friendly materials.

Malyutina Tatyana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Specialized Information Technology and Systems Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: surface modeling based on the MPS (mobile simplex method), the creation of computational models of various technical forms in the process of their design, taking into account the reflection of all the properties of real models.

УДК 69.032.22:69.05

В. В. ГУБАНОВ, Л. Н. ХАЛЯВКА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ИЗМЕНЕНИЕ НДС КОНСТРУКЦИЙ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ В ПРОЦЕССЕ МОНТАЖА

Аннотация. Было исследовано явление конструктивной нелинейности высотного здания в процессе его возведения, которое заключается в изменении расчетной схемы. Проведен анализ напряженно-деформированного состояния элементов при всех стадиях возведения и стадии эксплуатации. Для анализа результатов расчета построены и проанализированы графики изменения усилий в элементах каркаса здания.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, конструктивная нелинейность, многоэтажные здания, металлические конструкции.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Процесс возведения высотного здания достаточно длителен, и учет стадийности формирования конструкций может привести к значительным изменениям параметров напряженно-деформированного состояния [2]. Сопротивление внешним воздействиям металлических элементов зданий имеет характерные особенности, значительно усложняющие моделирование конструкций при расчете несущих систем и их составных частей. Как правило, это наличие большого количества участков с локальным сосредоточением деформаций и возникающая при всех уровнях нагружения конструктивная нелинейность, приводящая к непропорциональному изменению жесткостных характеристик [1].

ЦЕЛЬ

Цель работы – провести сравнительный анализ напряженно-деформированного состояния элементов каркаса здания с учетом последовательности возведения.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Основная идея работы заключается в следующем. Традиционные методы расчета предполагают использование сформированной мгновенно не нагруженной расчетной модели. При этом основные параметры расчетной модели принимаются постоянными, а также действует принцип суперпозиции в отношении нагрузок. Изменение параметров, определяющих напряженно-деформированное состояние основных несущих элементов, в процессе возведения и эксплуатации не может быть проигнорировано при анализе сложных многоэлементных систем, к которым можно отнести высотные здания. Вследствие таких обстоятельств необходим анализ работы конструктивной системы, структура, геометрические и жесткостные параметры которой меняются во времени и пространстве.

В работе исследовался выставочный павильон «Экспо-2017 – Энергия будущего», расположенный в городе Астана, Республика Казахстан. Это 90-метровое сооружение, представляющее собой «Сферу», выполнено из стали и стекла. Сфера диаметром 78 метров имеет 8 уровней. Высота между каждым уровнем – 9 м.

Модель расчетной схемы выставочного павильона «Экспо-2017» (рис. 1) была создана в программном комплексе «Лири-Сапр». Для исследования напряженно-деформированного состояния конструкций были построены 9 расчетных схем последовательности возведения (для каждого уровня с шагом 9 м) и расчетная схема полностью построенного здания.

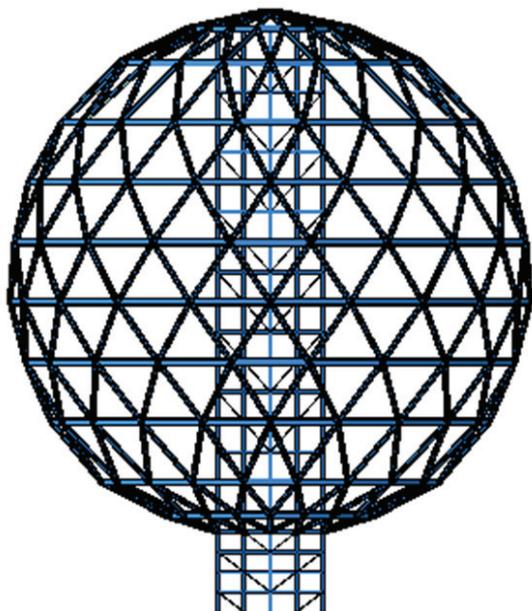


Рисунок 1 – Расчетная схема выставочного павильона «Экспо-2017».

Нагрузки были собраны в соответствии с [3]. Значение снеговой, ветровой и температурных воздействий были взяты из [4]. Были заданы такие нагрузки: собственный вес МК, постоянная нагрузка на перекрытие, ветровая нагрузка, температурные воздействия и снеговая нагрузка.

Анализ результата расчета показал, что при максимальных растягивающих и сжимающих усилиях продольной силы N , для всех видов загрузки (рис. 2а, б), видно что сила возрастает плавно от начала возведения здания до ввода в эксплуатацию.

Если рассматривать результаты расчета отдельного элемента (раскос на 1 уровне монтажа), можно сделать вывод, что при продольных усилиях на действие нагрузки «Собственный вес» максимальные сжимающие усилия возрастают плавно (рис. 3а). При изгибающем моменте под действием ветровой нагрузки (рис. 3б) – элементы на некоторых стадиях монтажа испытывает наибольшее усилие, чем при других стадиях.

Для элемента кольца сферы (1 уровень монтажа) при продольных усилиях под действием нагрузки «Собственный вес» (рис. 4а) и для изгибающих

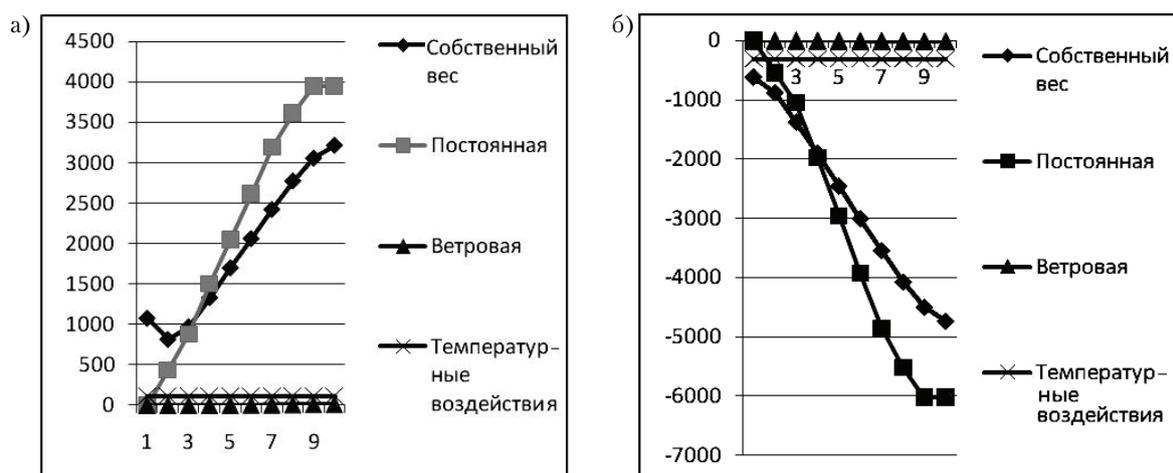


Рисунок 2 – Изменение продольной силы N : а) максимальное растягивающее усилие; б) максимальное сжимающее усилие.

моментах под действием ветровой нагрузки (рис. 4б) происходят неравномерные изменения усилий в элементе.

ВЫВОДЫ

Для конструкции в целом максимальные растягивающие и сжимающие усилия во всех элементах конструкций возрастают плавно от начала возведения до ввода в эксплуатацию, не превышая усилий в полностью сформированной конструкции. Если рассматривать каждый элемент конструктивной системы в отдельности, то элементы на некоторых стадиях монтажа испытывают наибольшие усилия. Это обстоятельство может затруднить процесс возведения всей конструкции, и тогда необходимо временное усиление конструкции в процессе возведения до замыкания конструктивных элементов в единую систему.

Для более точного учета напряженно-деформированного состояния необходимо провести анализ для отдельно взятых элементов конструктивной системы на других уровнях.

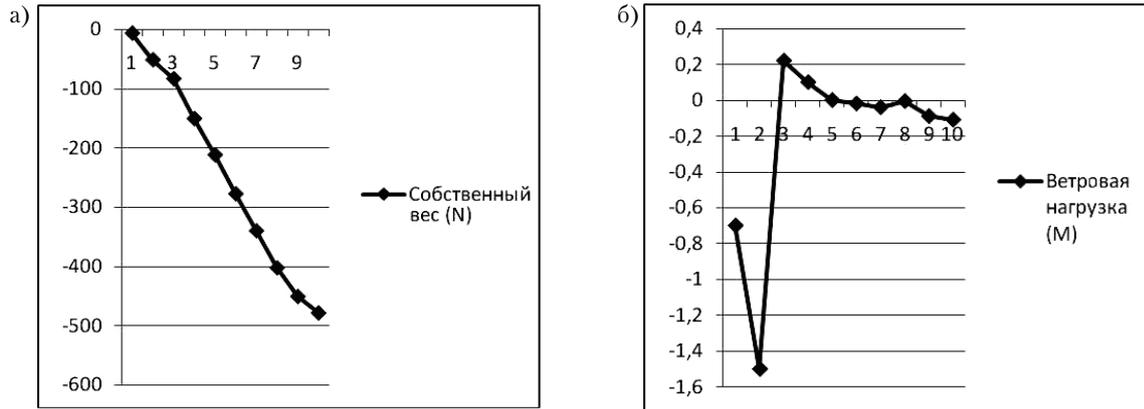


Рисунок 3 – Изменение усилий в раскосе: а) продольные усилия от действия нагрузки «Собственный вес»; б) изгибающий момент от действия ветровой нагрузки.

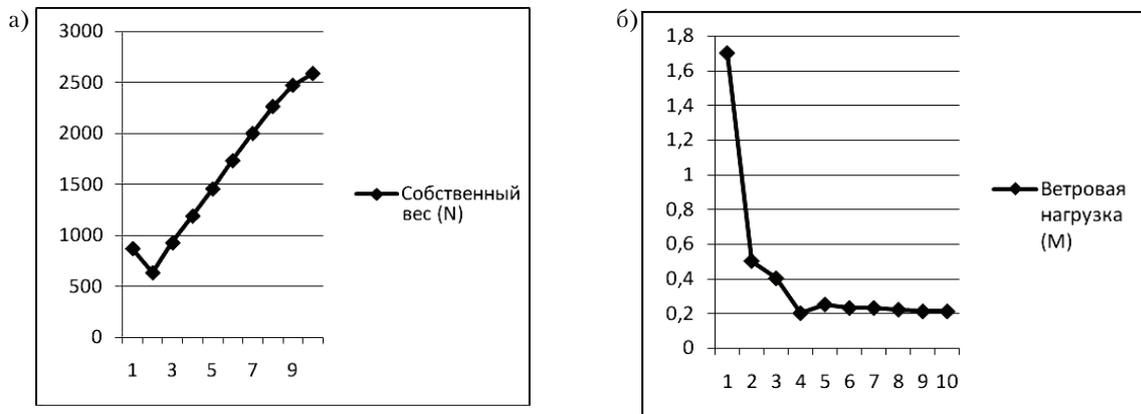


Рисунок 4 – Изменение усилий в элементе кольца сферы: а) продольные усилия от действия нагрузки «Собственный вес»; б) изгибающий момент от действия ветровой нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перельмутер, А. В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа [Текст] / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. – Киев : ИАСВ, SCAD Soft, 2001 – 142 с.
2. Колесниченко, В. Г. Расчёт металлических конструкций и приспособлений при производстве монтажных работ [Текст] / В. Г. Колесниченко. – Киев : Будівельник, 1981. – 346 с.
3. СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования [Текст]. – Введ. 1986-07-01. – М. : Госстрой СССР, 1986. – 78 с.
4. СНиП РК 2.04-01-2010 Строительная климатология [Текст]. – Взамен СНиП РК 2.04-01-2001* ; введ. 2010-12-29 / Казахстанский научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт сейсмостойкого строительства и архитектуры. – Республика Казахстан : РГП «Казгидромет», 2010. – 78 с.
5. ДБН В.2.6-163:2010 Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу [Текст]. – Чинні від 2010-01-01. – К. : Мінбуд України, 2010. – 225 с. – (Конструкції будівель і споруд).
6. Беленя, Е. И. Металлические конструкции. Специальный курс [Текст] / Е. И. Беленя, Н. Н. Стрелецкий. – М. : Стройиздат, 1991. – 388 с.
7. Жербин, М. М. Металлические конструкции [Текст] / М. М. Жербин, В. А. Владимирский. – Киев : Вища школа, 1986. – 149 с.
8. Расчет стальных конструкций [Текст] : справ. пособие / Я. М. Лихтарников, Д. В. Ладыевский, В. М. Клыков. – 2-е изд., испр. и доп. – К. : Будівельник, 1984. – 368 с.
9. ГОСТ 8239-72 Сортамент стальных прокатных профилей. Сталь горячекатаная. Балки двутавровые [Текст]. – Введ. 1993-01-01. – М. : ИПК стандартов, 1993. – 6 с.
10. ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент [Текст]. – Взамен ГОСТ 8239-56 ; введ. 1974-01-01. – М. : Госстрой СССР, 1974. – 18 с.

Получено 13.03.2019

В. В. ГУБАНОВ, Л. М. ХАЛЯВКА

ЗМІНА НДС КОНСТРУКЦІЙ ВИСОТНОЇ БУДІВЛІ В ПРОЦЕСІ МОНТАЖУ
ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Було досліджено явище конструктивної нелінійності висотної будівлі в процесі її зведення, яке полягає у зміні розрахункової схеми. Проведено аналіз напружено-деформованого стану елементів при всіх стадіях зведення і стадії експлуатації. Для аналізу результатів розрахунку побудовані і проаналізовані графіки зміни зусиль в елементах каркаса будівлі.

Ключові слова: напружено-деформований стан, конструктивна нелінійність, багатоповерхові будівлі, металеві конструкції.

VADIM GUBANOV, LINA KHALYAVKA

THE CHANGE IN THE STRESS-STRAIN STATE OF STRUCTURES HIGH-RISE
BUILDINGS IN THE INSTALLATION PROCESS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The phenomenon of structural nonlinearity of a high-rise building in the process of its construction, which consists in changing the design scheme, was investigated. The analysis of the stress-strain state of the elements at all stages of construction and stage of operation. To analyze the results of the calculation, graphs of changes in the forces in the elements of the building frame are constructed and analyzed.

Key words: stress-strain state, structural nonlinearity, multi-storey buildings, metal structures.

Губанов Вадим Викторович – доктор технических наук, профессор кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Член международной организации «Институт гражданских инженеров». Научные интересы: теория обслуживания конструкций, действительная работа и техническая диагностика стальных высотных сооружений.

Халявка Лина Николаевна – магистрант кафедры металлические конструкции и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: анализ напряженно-деформированного состояния элементов конструктивной системы уникального высотного сооружения в процессе монтажа.

Губанов Вадим Вікторович – доктор технічних наук, професор кафедри металевих конструкцій і споруд ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Член міжнародної організації «Інститут цивільних інженерів». Наукові інтереси: теорія обслуговування конструкцій, дійсна робота і технічне діагностування сталевих висотних споруд.

Халявка Ліна Миколаївна – магістрант кафедри металевих конструкцій і споруд ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: аналіз напружено-деформованого стану елементів конструктивної системи унікальної висотної споруди в процесі монтажу.

Gubanov Vadim – D. Sc (Eng.), Professor; Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. A member of the international organization «Institute of Civil Engineer». Scientifics interests: theory of structural maintenance, behavior and refurbishment of high-rise steelworks.

Khalyavka Lina – Master's student, Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: analysis of stress-strain state of structural system elements of a unique high-rise structure during installation.

UDC 691.327.333

ALEXANDER YEFREMOV, TAMARA ZAGORUYKO, DENIS MALININ

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**SLAG ALKALINE NON-AUTOCCLAVED FOAM CONCRETE OF INCREASED
CRACK RESISTANCE**

Abstract. The paper discusses theoretical and experimental investigation of alkaline activated non-autoclaved foam concrete. It was decided to use slag binder as a part of non-autoclaved foam concrete. The effect of the silicate module on the rheological and mechanical properties of the slag binder is investigated. It has been established that a decrease in the activator module from 3 to 1 increases the initial and final setting time of the slag alkaline binder 3 times. When the activator module decreases from 3 to 2 compressive strength increases from 27 to 49 MPa, and when it decreases to 1 the strength index changes slightly.

Key words: alkali-activated non-autoclaved foam concrete, ground blast furnace slag, fly ash, setting time, compressive strength.

1. INTRODUCTION

Foam concrete is a lightweight material composed of cementitious mortar surrounding disconnected bubbles (more than 50 % by volume) which are a result of physical processes during which air is introduced into the mortar (unfoamed) mixture [1].

Foam concrete is one of the most efficient thermal insulation material. It has a low thermal conductivity and is made from cheap raw materials. Cellular concrete is made product for housing and civil engineering mostly in the form of panels and small wall blocks.

The dry density of foamed concrete is usually between 400 and 1 600 kg/m³ and its compressive strength, which varies with density, can typically range between 1 N/mm² and 25 N/mm² at 28 days. Foam concrete has a satisfactory resistance to freeze/thaw and sulfate attack (at least for a short term). The penetrability of the material to various gases and liquids is a function of the constituents and density of the concrete, but it can be dominated by the presence of cracking generated, for example, during curing [2].

The most obvious advantage of foam concrete is its lower density which results in reduction of dead load (additional substantial savings are achieved), reduction of handling and transport costs, faster construction rates (reduction of manpower), good thermal insulation properties (energy conservation advantages, and, thereby, reducing operating costs, heating/air conditioning) and good acoustic properties.

The application of foam concrete can be divided into three main fields: precast elements (wall and ceiling panels), block production (sewn from big blocks or cast in specified moulds) and cast in situ (flooring system, roof insulation and wall filling) [3].

The main disadvantage of non-autoclaved foam concrete is its high shrinkage deformation. Shrinkage in concrete occurs as a result of changes in the volume of new formation (contractional shrinkage), due to evaporation of chemically unbound water (moisture shrinkage) and carbonization shrinkage, which occurs due to the carbonization of calcium hydroxide and develops gradually from the surface of the concrete into the depth. Of these three factors, moisture shrinkage affects the formation of cracks in concrete in the most degree. The more mixing water is introduced into the concrete mix, the greater the amount of chemically unbound water will remain after hydration with cement. The remaining water evaporates when the product dries, leaving behind itself pores in the structure of the solid phase. In consequence because of this the material begins to shrink. Shrinkage causes stress in the hardened concrete, which exceeds the adhesive force of the particles, resulting in cracks and eventually the destruction of the material [4].

The simplest way to reduce shrinkage is to reduce the amount of free water in a concrete structure by reducing the water-hard ratio. However, with a decrease in water consumption, the workability of the concrete mixture decreases, because of this it is not possible to obtain low indicators of average density and given thermal physical properties. To increase the mobility of the concrete mix plasticizers are introduced into its composition. These chemical additives retain the workability of the mixture while reducing water consumption, creating a film with the same charge on the surface of cement particles, which prevents them from early sticking together.

Another way to improve crack resistance is to use a slag alkaline binder in the composition of foam concrete. Due to the high compressive strength, non-autoclaved foam concrete can be obtained, which is close to autoclave concrete. When using a slag alkaline binder, you can completely abandon the most expensive component in the composition, that is Portland cement, replacing it by man-made raw materials and by ground blast-furnace granulated slag and fly ash from thermal power plants. This will reduce the cost of products and will enable recycle industrial wastes that pollute the environment of our region [5, 6].

Slag alkaline binders are effective clinker-free material with high technological and operational properties.

However, alkaline binders on the main kind of slag are characterized by excessively fast setting time as a result of the high reactivity of the slag. The initial and final setting time usually doesn't exceed 10 minutes, which practically excludes their use in concrete.

It is assumed that reducing the silicate module of liquid glass and lowering the percentage of blast furnace slag due to the introduction of a less reactive component in comparison with it fly-ash from a thermal power plant will increase the setting time, but significantly accelerate the set of plastic strength of the raw foam concrete and help achieve high strength properties of non-autoclaved foam concrete [7, 8].

2. EXPERIMENTAL DETAILS

When conducting research, the following materials were used:

- ground blast furnace slag (MDS) fr. < 0.315;
- fly ash (ZU) of the Zuevskaya thermoelectric power station fr < 0.16;
- sodium liquid glass (LS) Diol D-53 (Ms = 3,0; 2,0; 1,0; $\rho = 1,25 \text{ g / cm}^3$);

Samples were tested according to standard procedures using certified test equipment and measuring instruments.

3. TEST RESULTS AND DISCUSSION

At this stage, study was carried out on the effect of fly ash from a thermal power plant and a ground granulated slag on the setting time and compressive strength of a slag-alkaline binder, which hardened under various conditions.

As it can be seen in the figure 1, reducing the activator modulus from 3 to 1 increases the setting time by 3 times.

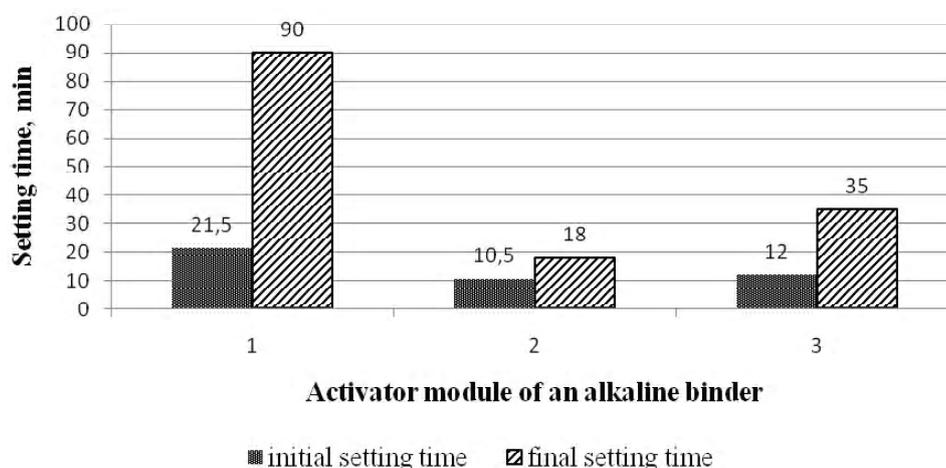


Figure 1 – Influence of the activator module on the setting time.

For instance, the sample with activator module 3 shows an initial setting time of 12 mins, while this value increases to 21 mins in the sample with activator module 1; and the final setting time also increases from 35 mins to 90 mins.

The compressive strength of samples with activator module 1–3 is shown on fig. 2.

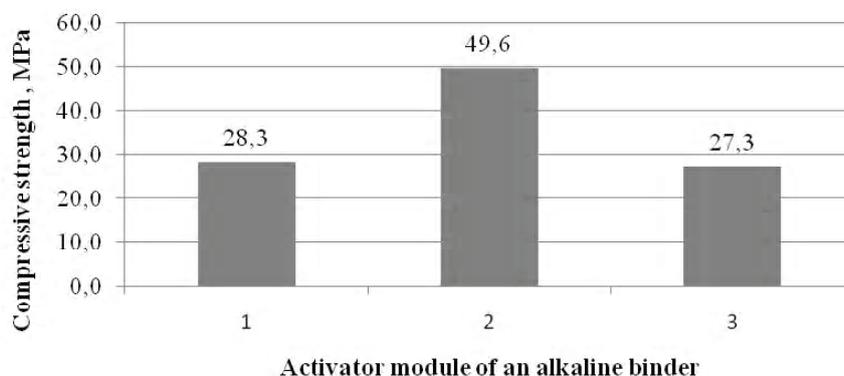


Figure 2 – Influence of the activator module on the compressive strength.

For mixes with activator module 3, the compressive strength is 27 MPa after curing when steaming; and it increases to 49 MPa with activator module 2 and to 28 MPa with activator module 1 (fig. 2).

And the results in this study show that satisfying strength that is suitable for structural applications can be obtained in ambient-temperature-cured-slag-fly-ash blends on liquid glass.

Early setting time reduces the ripening time of foam concrete before heat treatment, which increases the performance of this technology.

4. CONCLUSIONS

1. It is theoretically substantiated that the use of a slag alkaline binder with the addition of fly ash from thermal power plants improves the technological and operational properties of non-autoclaved foam concrete.

2. It has been established that reducing the silicate module of liquid glass makes it possible to achieve optimum setting time for a non-autoclaved foam concrete technology.

3. Reducing the silicate module of liquid glass from 3 to 1, allows to achieve the strength characteristics of an alkaline binder, acceptable for use in structural thermal insulation foam concrete of non-autoclave hardening.

REFERENCES

1. Method for assessment of the freeze-thaw resistance of preformed foam cellular concrete [Текст] / P. J. Ti-kalsky, J. Pospisil, W. A. Macdonald // Cement and concrete research. – 2004. – Vol. 34, N. 5. – P. 889–893.
2. Specification for foam concrete. Application Guide [Text] / K. C. Brady, G. R. A. Watts, M. R. Jones. – Berkshire : TRL Limited. – 2001. – 65 p. – ISSN 1365-6929.
3. Gao, X. Alkali activated slag-fly ash binders: design, modeling and application [Text] / X. Gao. – Netherlands : Eindhoven University of Technology, 2017. – 256 p. – ISBN 978-90-386-4422-6.
4. Баженов, Ю. М. Технология бетона [Текст] : учебник / Ю. М. Баженов. – М. : Изд-во АСВ. – 2003. – 500 с.
5. High strength slag alkaline cements [Text] / V. D. Glukhovskiy, G. S. Rostovskaja, G. V. Rumyna // Proceedings of the seventh international congress on the chemistry of cement. – Paris. – 1980. – PP. 164–168.
6. Технология теплоизоляционных материалов [Текст] / Ю. П. Горлов, А. П. Меркин, А. А. Устенко. – Москва : Стройиздат, 1980. – 399 с.
7. Глуховский, В. Д. Шлакощелочные цементы и бетоны [Текст] / В. Д. Глуховский, В. А. Пахомов. – Киев : «Будівельник», 1978. – 184 с.
8. Yang, K. H. Tests on Alkali-Activated Slag Foamed Concrete with Various Water-Binder Ratios and Substitution Levels of Fly Ash [Text] / K. H. Yang, K. H. Lee // Journal of Building Construction and Planning Research. – 2013, N. 1. – P. 8–14.

Получено 14.03.2019

А. Н. ЕФРЕМОВ, Т. И. ЗАГОРУЙКО, Д. Г. МАЛИНИН
ШЛАКОЩЕЛОЧНОЙ НЕАВТОКЛАВНЫЙ ПЕНОБЕТОН ПОВЫШЕННОЙ
ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Аннотация. В статье представлены теоретические и экспериментальные исследования шлакощелочного неавтоклавного пенобетона. Исследовано влияние силикатного модуля на реологические и механические свойства золошлакового вяжущего. Установлено, что уменьшение модуля активатора с 3 до 1 увеличивает начальное и конечное время схватывания золошлакового вяжущего в 3 раза. При уменьшении модуля активатора с 3 до 2 прочность на сжатие увеличивается с 27 до 49 МПа, а при уменьшении до 1 показатель прочности изменяется незначительно.

Ключевые слова: шлакощелочной неавтоклавный пенобетон, молотый гранулированный доменный шлак, зола-унос, сроки схватывания, прочность при сжатии.

О. М. ЄФРЕМОВ, Т. І. ЗАГОРУЙКО, Д. Г. МАЛИНІН
ШЛАКОЛУЖНИЙ НЕАВТОКЛАВНИЙ ПІНОБЕТОН ПІДВИЩЕНОЇ
ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ

ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У статті представлені теоретичні і експериментальні дослідження шлаколужного неавтоклавного пінобетону. Досліджено вплив силікатного модуля на реологічні і механічні властивості золошлакового в'язучого. Встановлено, що зменшення модуля активатора з 3 до 1 збільшує початковий і кінцевий час схоплювання золошлакового в'язучого в 3 рази. При зменшенні модуля активатора з 3 до 2 міцність на стиск збільшується з 27 до 49 МПа, а при зменшенні до 1 показник міцності змінюється незначно.

Ключові слова: шлаколушний неавтоклавний пінобетон, мелений гранульований доменний шлак, зола-винесення, терміни схоплювання, міцність при стисненні.

Ефремов Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: вяжущие и бетоны на основе промышленных отходов; жаростойкие и огнеупорные бетоны

Загоруйко Тамара Ивановна – доцент кафедры иностранных языков и педагогики высшей школы ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: методика преподавания иностранных языков; педагогика.

Малинин Денис Геннадьевич – аспирант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: синергетические принципы создания композиционных строительных материалов.

Єфремов Олександр Миколайович – доктор технічних наук, професор кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: в'язучі і бетоны на основі промислових відходів; жаростійкі і вогнетривкі бетоны.

Загоруйко Тамара Іванівна – доцент кафедри іноземних мов та педагогіки вищої школи ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: методика викладання іноземних мов, педагогіка.

Малинін Денис Геннадійович – аспірант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: неавтоклавні пінобетони.

Yefremov Alexander – D. Sc. (Eng.), Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: binders and concretes on the basis of industrial waste; heat-resistant concretes

Zagoruyko Tamara – Associate Professor, Foreign Languages and High School Pedagogy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: methods of foreign language teaching, pedagogy.

Malinin Denis – graduate student, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: cellular concretes.

УДК 624.014.2

Е. В. ГОРОХОВ, И. В. РОМЕНСКИЙ, А. В. МУЦАНОВ, Н. С. ОСИПОВ
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

РЕГУЛИРОВАНИЕ УСИЛИЙ В СТРУКТУРНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ МЕТОДОМ ОБРАТНОГО ВЫГИБА

Аннотация. В статье предложен подход к регулированию напряженно-деформированного состояния (НДС) в элементах структурных конструкций методом обратного выгиба. Объектом исследования является структурная конструкция с нетиповыми размерами в плане (соотношение сторон $a/b = 1,6/1$) и высотой ячейки структурного покрытия 2,74 м. В предложенном методе рассматривается изменение параметра высоты ячейки ($1/50L$).

Ключевые слова: большепролетные конструкции, структурные конструкции, НДС, ЛИРА САПР, обратный выгиб.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

На сегодняшний день использование структурных конструкций в перекрытии пролётов свыше 48 м является повсеместным решением. Однако, как известно, сортамент с типовыми элементами для структурных конструкций [1] ограничивает их применение по двум критериям:

- план перекрываемого объекта предполагает квадратную схему;
- габаритные размеры, как правило, не превышают значения 60×60 метров [2].

Как только один из этих критериев не выполняется, выходом из такой ситуации зачастую является либо увеличение сечения стержневых элементов конструкции, либо повышение класса используемого материала в соединительных элементах.

Подход, рассматриваемый в данной работе, предполагает за счет регулирования усилий в стержневых элементах методом обратного выгиба использовать типовые элементы при несоблюдении двух вышеуказанных критериев.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ОБРАТНОГО ВЫГИБА

Сутью реализации метода обратного выгиба конструкции является приведение показателей НДС к допустимым за счет неоднократного перерасчета конструкции, то есть:

- вертикальные перемещения в узлах, полученные после первой итерации, отображаются в расчетной схеме и производятся перерасчеты конструкции;
- если НДС приемлемы [4] – расчет прекращается. Если нет – расчет повторяется.
- благодаря проведению нескольких итераций расчета образуется изначальная кривизна конструкции, называемая обратным выгибом («Вспарушиванием») [3].

Объектом исследования при использовании вышеуказанного метода является структурная конструкция [2, 1] со следующими характеристиками и условиями эксплуатации:

- размеры конструкции в плане – 68,4×45 м (рис. 1);
- размеры ячейки структурной конструкции 3,6×3×2,74 м.
- нагрузка на конструкцию – 262,8 кг/м².

При вышеуказанных условиях перерасчета, изменяемым параметром при исследовании являлась высота структурного покрытия, которая принималась в двух вариантах (рис. 2).

Расчет проводился в программном комплексе ЛИРА-САПР 2017. Результаты расчёта без обратного выгиба приведены на рис. 3 и показывают, что максимальные перемещения при высоте ячейки $1/50L$ достигают 453 мм.

Загрузка 1

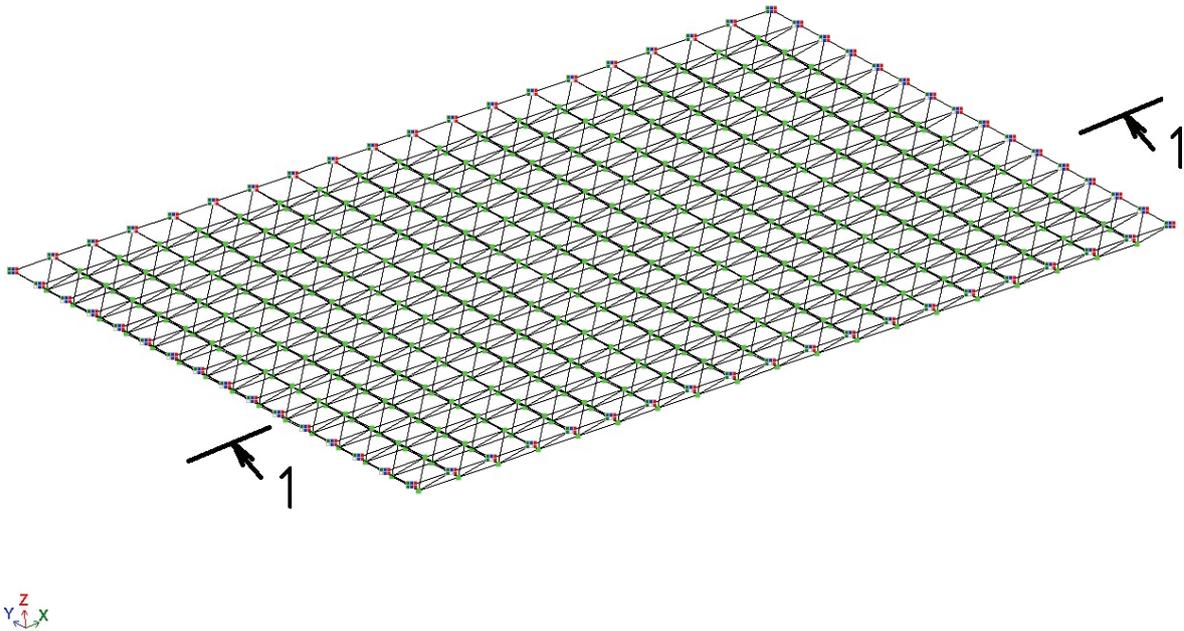


Рисунок 1 – Исследуемая конструкция.

1-1



Рисунок 2 – Высота ячейки структуры $1/50L$.

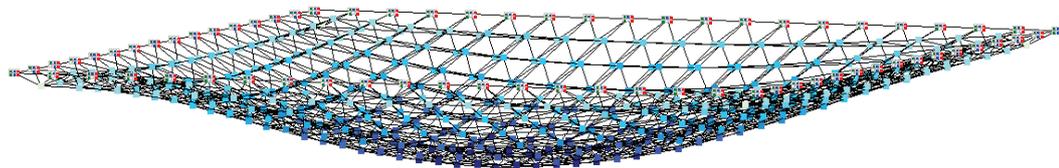
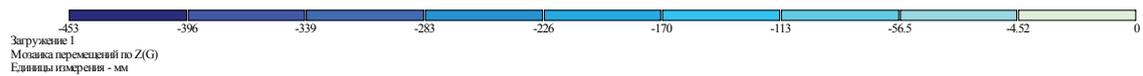


Рисунок 3 – Результаты расчета на статическую нагрузку в ПК-ЛИРА САПР 2017.

При «подключении» метода обратного выгиба за 6 итераций расчета можно выйти на уровень максимальных перемещений 130,37 мм (при создании начальной кривизны конструкции в 1 530 мм (рис. 4)). Результаты расчетных значений по итерациям представлены в таблице.

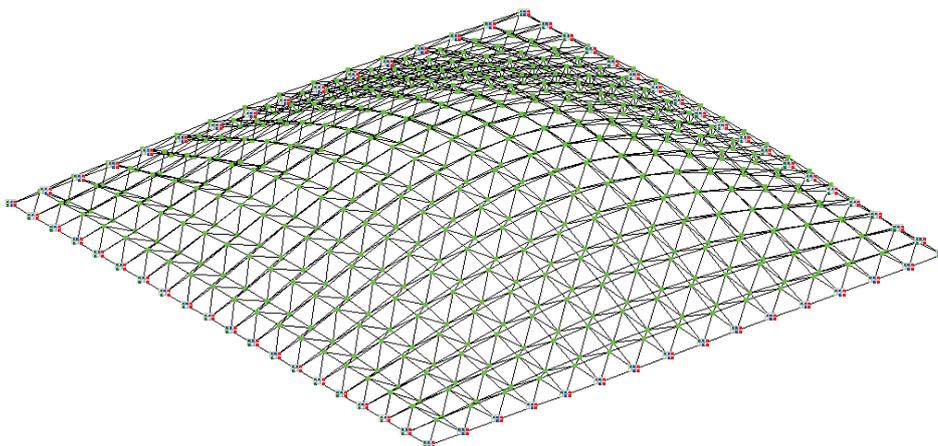


Рисунок 4 – Полученная кривизна структурной конструкции.

Таблица – Результаты расчетных итераций для высоты ячейки $1/50L$

№ шага «выдавливания»	Контролируемый параметр	Вариант закрепления опор
		Неподвижное закрепление
0 (плоский вариант)	W_{\max} (мм)	453
	N_{\max} (кН)	171,42
	f_0/l	0
1	W_{\max} (мм)	309,64
	N_{\max} (кН)	151,36
	f_0/l	8,5
2	W_{\max} (мм)	249,72
	N_{\max} (кН)	151,27
	f_0/l	15,8
3	W_{\max} (мм)	202,95
	N_{\max} (кН)	133,66
	f_0/l	21,8
4	W_{\max} (мм)	170,23
	N_{\max} (кН)	118,57
	f_0/l	26,6
5	W_{\max} (мм)	147,27
	N_{\max} (кН)	106,48
	f_0/l	30,7
6	W_{\max} (мм)	130,37
	N_{\max} (кН)	96,90
	f_0/l	34,2

ВЫВОДЫ

1. При использовании метода обратного выгиба конструкции при высоте ячейки $1/50L$ удалось понизить уровень максимальных перемещений конструкции на 70 %, что подтверждает эффективность использования такого метода.

2. Метод обратного выгиба оказался эффективным при шарнирно-неподвижном закреплении конструкции по контуру. Однако условия примыкания такой конструкции к колоннам не учитывались.

3. Вид конструкции после назначения ей начальной кривизны приобретает вид Гауссовой, как для оболочек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vista Виста Производство перекрестно-стержневых пространственных конструкций [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://vista-marhi.ru/o-sisteme-MARHI/что-такое-PSPK/>. – Официальная страница.

2. Трущев, А. Г. Пространственные металлические конструкции [Текст] : учебное пособие / А. Г. Трущев. – М. : Стройиздат, 1983. – 216 с.
3. Основные подходы к назначению пространственных и жесткостных характеристик покрытия системы МАР-ХИ при регулировании параметров его напряженно-деформированного состояния [Текст] / И. В. Роменский, Т. И. Загоруйко, А. В. Мущанов // Металлические конструкции. – 2015, Том 21, № 1. – С. 5–14.
4. ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування [Текст]. – На заміну частини 1 ДБН В.2.6-163:2010 та ДСТУ Б В.2.6-194:2013 ; чинні від 2015-01-01. – К. : Мінбуд України, 2014. – 198 с.
5. Chilton, John Space Grid Structures: 1. Space frame structures – Design and construction – I Title [Текст] / John Chilton. – Oxford, Auckland, Boston, Johannesburg, Melbourne, New Delhi : Architectural Press, 2000. – 191 p.

Получено 15.03.2019

Є. В. ГОРОХОВ, І. В. РОМЕНСЬКИЙ, О. В. МУЩАНОВ, М. С. ОСІПОВ
РЕГУЛЮВАННЯ ЗУСИЛЬ У СТРУКТУРНИХ КОНСТРУКЦІЯХ МЕТОДОМ
ЗВОРОТНОГО ВИГИНУ

ДОНЕСІ ВІСНИКА «ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. У статті запропоновано підхід до регулювання напружено-деформованого стану (НДС) в елементах структурних конструкцій методом зворотного вигину. Об'єктом дослідження є структурна конструкція з нетиповими розмірами в плані (співвідношення сторін $a/b = 1,6/1$) і висотою структурного покриття 2,74 м. У запропонованому методі розглядається зміна параметра висоти комірки ($1 / 50L$).

Ключові слова: великопрогонові конструкції, структурні конструкції, НДС, ЛІРА САПР, зворотний вигин.

YEVGEN GOROKHOV, IGOR ROMENSKY, ALEXANDER MUSHCHANOV,
NIKITA OSIPOV
REGULATION OF EFFORTS IN STRUCTURAL STRUCTURES BY THE
METHOD OF REVERSE FOLDING

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article proposes an approach to the regulation of the stress-strain state (VAT) in the elements of structural structures by the method of reverse bending. The object of the study is a structural structure with atypical dimensions in the plan (aspect ratio $a/b = 1.6/1$) and a structural coverage cell height of 2.74 m. The proposed method considers the change in the cell height parameter ($1 / 50L$).

Key words: long-span structures, structural structures, SSS, LIRA CAD, Office, reverse bend.

Горохов Евгений Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»; иностранный член Российской Академии архитектурно-строительных наук. Научные интересы: эксплуатационная надежность строительных металлических конструкций, климатические нагрузки на строительные конструкции.

Роменский Игорь Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: совершенствование методов расчета и проектирования пространственных металлических конструкций.

Мущанов Александр Владимирович – ассистент кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: расчет и проектирование пространственных металлических конструкций.

Осипов Никита Сергеевич – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: расчет и проектирование пространственных металлических конструкций.

Горохов Євген Васильович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри металевих конструкцій та споруд ДОНЕСІ ВІСНИКА «ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»; закордонний член Російської Академії архітектурно-будівельних наук. Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій, кліматичні впливи на будівельні конструкції.

Роменський Ігор Вікторович – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій та споруд ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: удосконалення методів розрахунку та проектування просторових металевих конструкцій.

Муцанов Олександр Володимирович – асистент кафедри металевих конструкцій та споруд ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розрахунок і проектування просторових металевих конструкцій.

Осіпов Микита Сергійович – магістрант ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розрахунок і проектування просторових металевих конструкцій.

Gorokhov Yevgen – D. Sc. (Eng.), Professor; Head of the Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture; a foreign member of the Russian Academy of Architectural and Building Science. Scientific interests: operational reliability of building metal structures, climatic loads on building structures.

Romensky Igor – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: include the perfection of calculation method and designing of spatial metal structures.

Mushchanov Alexander – assistant, Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: analysis and design of spatial metal structures.

Osipov Nikita – Master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: analysis and design of spatial metal structures.

УДК 725.41

Е. В. ЯРКИНА^а, В. В. ЯРКИНА^б, Е. О. БРЫЖАТАЯ^б^а Пермский национальный исследовательский политехнический университет, ^б ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ОСОБЕННОСТИ КАРСТООБРАЗОВАНИЯ ПЕРМСКОГО КРАЯ И ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В данной статье изложены особенности процессов карстообразования, развития и морфологического разнообразия карста Пермского края и Донецкой области и его влияние на хозяйственную деятельность. Рассмотрены основные типы, виды и формы карстов и их распространение на территории Пермского края и Донецкой области. Приведены общие сведения о двух карстовых районах (северном и южном) Донецкой области.

Ключевые слова: карст, поверхностное карстопоявление, Пермский край, Донецкая область.

ВВЕДЕНИЕ

Как на территории Пермского края, так и в Донецкой области вблизи земной поверхности залегают легко растворимые в воде горные породы: известняки и доломиты, гипсы и ангидриты, каменная и калийная соли. Просачивающиеся вглубь по трещинам дождевые и талые снеговые воды, а также движущиеся на глубине подземные воды растворяют эти горные породы. В результате под землей образуются пещеры и другие пустоты, а на поверхности – воронки, круглые озера и другие явления, называемые карстовыми.

По примерным подсчетам площадь, занятая обнаженными и погребенными известняками и доломитами, или карбонатными породами, составляет до 40 миллионов квадратных километров на всём земном шаре. На гипсы и ангидриты, или сульфатные породы, обнаженные и погребенные, приходится около 7, а на соли – до 4 миллионов квадратных километров. Это обуславливает большое развитие карстовых явлений на Земле [1].

Образование карстовых деформаций земной поверхности зачастую приводит к авариям зданий и сооружений и соответственно требует применения дополнительных мероприятий по их защите [2, 3]. Поэтому вопрос, рассматриваемый в данной статье, является актуальным как для Пермского края, так и для Донецкой области.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Различают четыре основных типа карста: голый или средиземноморский, покрытый или средне-европейский, закрытый или русский, перекрытый или камский.

Пермский край отличается большим разнообразием типовых видов карста, значительным потенциалом добывающей и перерабатывающей промышленности и, соответственно, существенной техногенной нагрузкой на природные объекты. В частности, там распространены карсты покрытого, закрытого и перекрытого типов.

В Донецкой области распространены карсты покрытого и закрытого типов.

Покрытый карст характеризуется тем, что карстующиеся горные породы перекрыты скоплением нерастворенного остатка и более крупными обломками этих же пород. Этот тип карста развит в областях с умеренно влажным климатом и равномерным распределением осадков.

Закрытый или русский тип карста отличается тем, что карстующиеся горные породы перекрыты песчаниками, глинами и другими некарстующимися породами. Карстовый процесс первоначально развивается скрыто, на глубине, под толщей некарстующихся пород.

© Е. В. Яркина, В. В. Яркина, Е. О. Брыжатая, 2019

Перекрытый или камский тип карста характеризуется тем, что карстующиеся породы в долинах рек перекрыты речными отложениями, под покровом которых и развивается карст. Он широко развит в долинах рек Чусовой, Ирени, а также за пределами Пермского края [1].

Среди закарстованных территорий Пермского края выделяются [4]:

- 6 районов развития преимущественно гипсового и карбонатно-гипсового карста;
- 2 района развития соляного и гипсового карста;
- 3 района закрытого соляного и гипсового карста;
- 6 районов карбонатного карста.

Наибольшее распространение имеет карбонатный карст, общей площадью 29,6 тыс. км².

Многие города и районы Пермского края тяготеют к площадям развития наиболее опасных видов карста – сульфатного и соляного. Значительную опасность для зданий и различных инженерных сооружений представляют провальные воронки, которые характерны для участков, сложенных гипсами. Например, на территории г. Березники разработка Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей привела к развитию техногенного карста, вызвавшего затопление двух рудников и образование четырех провалов. В настоящее время этот процесс находится в активной фазе и ожидается образование новых провалов. А в Октябрьском районе карстующиеся породы получили почти повсеместное распространение – до 94 % [4].

Карстовые формы разделяются на поверхностные и подземные.

Наибольшее распространение среди поверхностных карстовых форм на территории Пермского края получили воронки различного внешнего вида и происхождения, которые сводятся к трем основным типам: коррозионные (поверхностного выщелачивания), гравитационные (обрушение свода подземной полости), коррозионно-суффозионные (вымывание дисперсного материала покровов в трещинно-порово-полостное пространство покровов и карстующейся толщи).

Карстовые провалы – наиболее динамично развивающиеся формы поверхностного проявления процесса.

Поверхностные формы карста сопровождаются, как правило, разуплотнением грунтового массива, окружающего карстовую воронку или провал, что оказывает дополнительное влияние на напряженно-деформированное состояние зданий и сооружений [5].

В Пермском крае на территориях развития карста 70 % явлений, сопровождаемых деформациями земной поверхности, связаны с сульфатным карстом, 25...30 % – с карбонатным, и единичные, но наиболее масштабные по разрушениям – с соляным. В карбонатном карсте провальные явления редки, чаще возникают просадки.

Среди подземных форм карста наиболее представлены полости и пещеры. На территории Пермского края в настоящее время известно более 700 карстовых пещер суммарной протяженностью 72 км. Крупнейшие из них используются в рекреационных, промышленных, военных, культурных, научных и других целях [4]. Наиболее известными из них являются Кунгурская и Ординская пещеры.

Процессы образования, развития и морфологического разнообразия карста в Пермском крае обусловлены специфическим комплексом взаимодействия геологических, структурно-тектонических, гидрогеологических, физико-географических и техногенных особенностей, отличающих их от обстановок образования карста в других регионах мира.

Основные из них:

- разнообразие геотектонических обстановок формирования карстующихся пород, а как следствие – литологических типов карста;
- широкий спектр карстовых форм и проявлений, обусловленный преимущественно многотипностью гидродинамических профилей. Плотность карстопоявлений изменяется от долей единицы до сотен и тысяч на 1 км² при площадной пораженности до 50 % и более;
- преобладание среди типов карста по мощности и характеру отложений закрытого, перекрытого и покрытого [6];
- приуроченность активного карста к речным долинам, тектоническим нарушениям и трещинным зонам;
- наличие в покровных и карстующихся отложениях суффозионно-неустойчивых грунтов;
- гидрогеохимические аномалии карстующихся пород и трещинно-карстовых вод, определяющие агрессивность последних.

На Донбассе первые сведения о карсте появлялись еще в 1930-40 годах, а с 1972 года стали проводиться экспедиции по исследованию карстовых районов Донбасса. В период с 1973 г. и до сегодняшнего

дня многочисленными экспедициями были найдены и исследованы карстовые полости различных размеров.

В Донецкой области отмечены два карстовых района: северный и южный районы (рисунок).

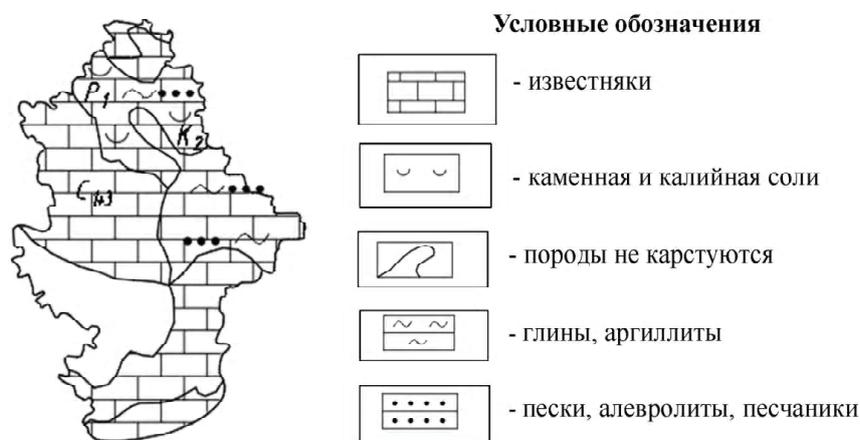


Рисунок – Распространение карстующихся пород в Донецкой области.

Северный карстовый район Донбасса (620 км²) характеризуется развитием сульфатного и соляного карста.

Поверхностные карстовые формы представлены здесь понорами, коррозионными и провальными воронками, заложенными на водораздельных пространствах и в долинах рек. Подземные карстовые формы в Северо-Западном районе редки.

В пределах Северо-Западного района известен галогенный карст. Нижнепермские соляные отложения вскрыты многочисленными выработками в окрестностях городов Славянска и Артемовска. Здесь развит в основном антропогенный карст – провальные воронки и широкие блюдцеобразные проседания, возникающие в покрывающих соль породах путем искусственного подземного выщелачивания или затопления соляных шахт пресными водами.

Небольшие карстовые полости естественного происхождения длиной до 4 м встречаются в кровле соляной залежи Бахмутской котловины. Изредка современными горными выработками (шахтами, штольнями, камерами) вскрываются внутрисолевые погребенные карстовые полости.

Южный карстовый район Донбасса (315 км²) характеризуется карбонатным обнаженным и задернованным карстом в сложных и доломитизированных известняках и доломитах, мощность которых достигает 300 метров.

Наиболее закарстованы зоны в бассейнах рек Сухой и Мокрой Волновахи, в среднем течении р. Кальмиус. Поверхностные формы представлены воронками и понорами, а подземные – трещинами и небольшими (до 100 м) пещерами в бортах долин и карьерах.

В Красноармейском и Донецко-Макеевском углепромышленных районах карстовые полости в известняках неоднократно вскрывались горными выработками. Карстовые камеры, каверны, каналы, трубообразные и щелевидные полости расположены в два яруса. Наиболее крупные из них имеют протяженность до 30 м и диаметр 0,8–1,3 м.

На всей территории ДНР насчитывается 77 шахт. Эти шахты работают без обновления производственных фондов уже более 30 лет, что прямым образом сказывается на безопасности их функционирования.

Многолетняя интенсивная добыча угля с применением устаревших технологий привела к появлению значительного количества отрицательных факторов, влияющих на окружающую среду, а именно:

- активизация процессов деформации земной поверхности;
- образование провалов;
- неконтролируемое метановыделение;
- нарушение гидрологического режима подземных вод;
- подтопление территорий;
- загрязнение водного и воздушного бассейнов, в том числе под воздействием породных отвалов;

– уничтожение почвенно-растительного покрова на значительных территориях, выходящих за пределы землеотводов предприятий.

В связи с этим горнодобывающие предприятия на территории ДНР оказывают негативное воздействие на геологическую среду, которое выражается в активизации процессов карстообразования и нарушении земной поверхности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Карст существенно влияет на ландшафтные особенности территории, ее рельеф, сток, подземные воды, реки и озера, почвенно-растительный покров, хозяйственную деятельность населения.

Закарстованность территории Пермского края и Донецкой области усложняет ведение хозяйственной деятельности и повышает риск возникновения аварийных и чрезвычайных ситуаций. Опыт освоения карстовых районов показывает, что наименьший ущерб нанесен тем из них, где до начала деятельности осуществлялось детальное изучение особенностей развития карста, разрабатывались и проводились научно обоснованные противокарстовые мероприятия [3]. Параметры карстовых полостей при поверхностном карстопроявлении существенно влияют на напряженно-деформированное состояние зданий и сооружений [7]. Поэтому изучение данного геодинамического процесса является важной задачей как для Пермского края, так и для Донецкой области, где это явление получило широкое распространение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Максимович, Г. А. Карст Пермской области [Текст] / Г. А. Максимович, К. А. Горбунова. – Пермь : Пермское книжное издательство, 1958. – 184 с.
2. Готман, Н. З. Проблемы проектирования строительных объектов в условиях карстовой опасности [Текст] / Н. З. Готман // Экологическая безопасность и строительство в карстовых районах : материалы Международного симпозиума ; ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет». – Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2015. – С. 30–37.
3. Петраков, А. А. Исследование мероприятий по защите зданий и сооружений от карстопроявления [Текст] / А. А. Петраков, А. В. Кухарь // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2016. – Том 6, № 2. – С. 61–68.
4. Типы карста Пермского края [Текст] / В. Н. Катаев, Н. Г. Максимович, О. Ю. Мещерякова // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2013. – Вып. 1. – С. 56–66.
5. Яркін, В. В. Влияние разуплотнения грунта вокруг карстовой воронки на НДС конструкций плитного фундамента [Электронный ресурс] / В. В. Яркін, А. В. Кухарь // Будівельні конструкції. – 2015. – Вип. 82. – С. 493–499. – Режим доступа : http://nbuv.gov.ua/UJRN/buko_2015_82_56.
6. Шилова, А. В. Влияние перекрывающих отложений на развитие карстовых форм (на примере с. Усть-Кишерть, Пермский край) [Текст] / А. В. Шилова, Т. Г. Ковалёва // Экологическая безопасность и строительство в карстовых районах : материалы Международного симпозиума / ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет». – Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2015. – С. 351–355.
7. Кухарь, А. В. Влияние параметров карстовой полости на напряженно-деформированное состояние конструкций свайного ленточного фундамента [Текст] / А. В. Кухарь, Е. А. Малахова // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2018. – Вып. 2018-4(132) Научно-технические достижения студентов строительной-архитектурной отрасли. – Том 1. Современная строительная наука и инженерия. – С. 63–67.

Получено 18.03.2019

О. В. ЯРКІНА ^а, В. В. ЯРКІНА ^а, К. О. БРИЖАТА ^б ОСОБЛИВОСТІ КАРСТОУТВОРЕННЯ ПЕРМСЬКОГО КРАЮ І ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

^а Пермський національний дослідницький політехнічний університет, ^б ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У даній статті викладені особливості процесів карстоутворення, розвитку і морфологічного розмаїття карсту Пермського краю і Донецької області і його впливу на господарську діяльність. Розглянуто основні типи і форми карстів і їх поширення на території Пермського краю і Донецької області. Наведено загальні відомості про два карстових райони (північний і південний) Донецької області.

Ключові слова: карст, поверхневе карстопроявлення, Пермський край, Донецька область.

ELENA YARKINA ^a, VLADISLAVA YARKINA ^b, EKATERYNA BRYZHATAYA ^b
PARTICULAR QUALITIES OF KARST FORMATION OF THE PERM AND
DONETSK REGION

^a Permian National Research Polytechnic University, ^b Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. This article have expounded the features of karst formation, development and morphological diversity of the karst of the Perm region and Donetsk region and its impact on economic activity. The main types and forms of karst and their distribution in the Perm region and Donetsk region are considered. The general information about the two karstic regions (northern and southern) of the Donetsk region is given.

Key words: karst, surface karst, Perm region, Donetsk region.

Яркина Елена Викторовна – студентка строительного факультета Пермского национального исследовательского политехнического университета. Научные интересы: особенности карстообразования Пермского края.

Яркина Владислава Викторовна – студентка ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: особенности карстообразования Донецкой области.

Брыжатая Екатерина Олеговна – кандидат технических наук, ассистент кафедры оснований, фундаментов и подземных сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: влияние расчетных моделей грунтового основания на напряженно-деформированное состояние каркасных зданий на плитных фундаментах, исправление кренов многоэтажных зданий, особенности карстообразования в Донецкой области.

Яркіна Олена Вікторівна – студентка будівельного факультету Пермського національного дослідницького політехнічного університету. Наукові інтереси: особливості карстоутворення Пермського краю.

Яркіна Владислава Вікторівна – студентка ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: особливості карстоутворення Донецької області.

Брижата Катерина Олегівна – кандидат технічних наук, асистент кафедри основ, фундаментів і підземних споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вплив розрахункових моделей ґрунтової основи на напружено-деформований стан каркасних будинків на плитних фундаментах, виправлення кренів багатоповерхових будівель, особливості карстоутворення у Донецькій області.

Yarkina Elena – student of Faculty Civil Engineerin, Permian National Research Polytechnic University. Scientifics interests: peculiar properties of karst formation of the Perm region.

Yarkina Vladislava – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: peculiar properties of karst formation of the Donetsk region.

Bryzhataya Ekateryna – Ph. D. (Eng.), Assistant Basements, Foundations and Underground Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: the impact of ground design models of the soil base on the stress-strain state of frame buildings on slab foundations, correction of tilts of high-rise buildings, especially karst formation in the Donetsk region.

UDC 621.928.9

BORIS ROMANENKO, STANISLAV ORLOV, TAMARA ZAGORUYKO
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture**ENERGY SAVING WHEN COLLECTING DUST IN CYCLONES DUE TO MORE COMPLETE USE OF THE ENERGY EXPENDED**

Abstract. The ecological aspects of the current state of the issue of dust removal, the main devices used in modern systems of dust and gas cleaning, methods of improving the cleaning efficiency are considered.

Key words: fine particles, inertial dust collector, cyclone, electric cyclone, triboelectricity.

THE FORMULATION OF THE PROBLEM

Nowadays, one of the main and unresolved issues, associated with pollution of the atmosphere of large cities, is the problem of fine particles in suspension in the air. One of the significant factors of air pollution in urban areas are suspended particles of various fractions. Fine suspended substances, by themselves and in combination with other pollutants, pose a threat to human health [1].

ANALYSIS OF RECENT RESEARCH AND PUBLICATIONS

The content of small particles of harmful substances in the atmospheric air has a detrimental effect on human health. These particles enter the atmosphere as a result of the operation of automobile engines, combustion of coal and wood, waste, and, of course, from industry, and every year there is an increase in mortality from polluted air [1].

According to new estimates of the World Health Organization, in 2012, approximately 12.6 million people died, because they lived or worked in unhealthy conditions – this is almost every fourth person out of the total number of deaths in the world. Environmental risks such as air, water and soil pollution, exposure to chemicals, climate change and ultraviolet radiation contribute to the emergence of more than 100 diseases and injuries.

Protection of the atmosphere is a social and economic problem, which is inextricably linked with the task of creating comfortable conditions for a person's life and work.

Dust-gas emissions from industry have a significant impact on the environment and the atmosphere as a whole. Production of building materials makes a significant negative contribution to the overall environmental performance of the region, since most technological processes are inextricably linked with the formation of dust and its subsequent release into the atmosphere. Such industrial emissions may contain valuable half-finished material that are irretrievably lost. Therefore, cleaning and neutralization of industrial emissions are of sanitary and economic importance [2].

PURPOSE

Analyze the main devices for dust removal from gases. Suggest a way to improve cleaning efficiency.

MAIN MATERIAL

Cyclones are the most characteristic representatives of dry inertial dust collectors [3, 4]. The wide distribution of inertial dust collectors in the industry is associated with the following advantages over other devices of a similar purpose:

- 1) relatively low cost and simplicity of design;

2) the ability to work in conditions of high temperatures and pressure without any significant changes in the design;

3) the ability to capture and classify abrasives, while protecting the internal surfaces of separators with special coatings;

4) high performance while maintaining the required level of fractional purification efficiency with increasing mass concentration of the solid phase;

5) the possibility of dry material deposition.

In view of these advantages, inertial dust collectors are widespread.

With all the variety of design, inertial dust collectors can be divided into the following types [3]:

– reciprocating (countercurrent) cyclones;

– direct-flow cyclones;

– vortex dust collectors (VDC) or dust collectors with counter-swirling flows (CSF).

The most popular dry mechanical dust collectors are reciprocating cyclones. They are also called inertial dust collectors or simply cyclones. The cyclone pattern is shown in Figure 1.

At the moment, the most widespread are cyclones of the NIIOGAZ structures, which may have a cylindrical and conical shape.

Cylindrical cyclones of the CN series are used to trap dry dust of aspiration systems. They are proposed to be used for pre-treatment of gases with an initial dust content of up to 400 g/m^3 and mounted in front of filters and electrostatic precipitators.

A distinctive feature of this series of devices is the presence of an elongated cylindrical part, the slope of the lid and inlet pipe, respectively, 11 , 15 and 24° and the same ratio of the diameter of the exhaust pipe – d to the cyclone diameter $D = d/D = 0.59$.

Modern-day cyclones have a high degree of efficiency in trapping particles as small as 10 microns [4]. Currently, there are a large number of studies on the issue of increasing the efficiency of cyclones, as well as a large number of cyclone types have been created, however, it is impossible to achieve that cyclones are used as an independent apparatus for cleaning gas from dust, therefore cyclones are usually used for pre-treatment gas from dust.

There are also cleaning devices of combined action. They combine the advantages of various types of dust and gas cleaning machines. One of the types of such

devices is a centrifugal electrostatic precipitator or electrocyclone. In it a centrifugal dust collector – a cyclone and an electrostatic precipitator is located in the common case. Devices of this type can be divided according to the location of the electrical part into 2 groups:

1) discharge electrodes are located in the cylindrical part of the cyclone, Figure 2;

2) discharge electrodes are located in the exhaust pipe, Figure 3.

Electric cyclones are more efficient than cyclones, they also allow you to catch particles up to 10 microns in size. But this type of apparatus is not widespread. This is due to a significant increase in the cost of maintenance and an increase in the energy costs, with rising energy prices, for creation of electric field, at , is currently not acceptable.

Currently, the energy spent on the spin of the gas stream is not used efficiently. Currently, only centrifugal forces are used in existing cyclones. The concomitant electrization of the dust flow arising from the interaction of particles between

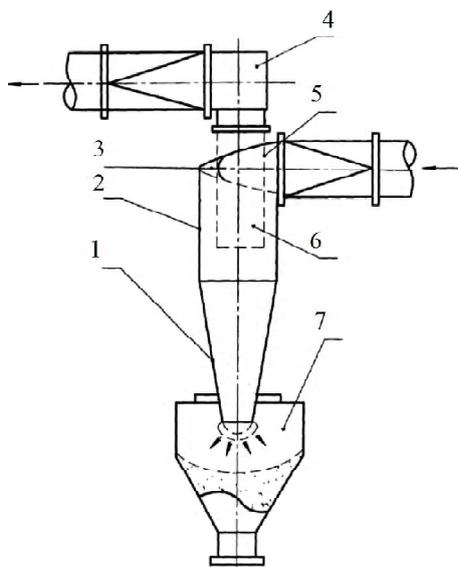


Figure 1 – The cyclone pattern: 1 – conical part of the body; 2 – cylindrical part of the body; 3 – screw cap; 4 – clean gas chamber; 5 – pipe entry dusty gas; 6 – exhaust pipe; 7 – cyclone bunker.

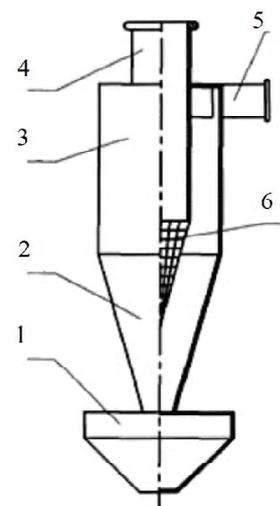


Figure 2 – Discharge electrodes are located in the cylindrical part of the cyclone: 1 – bunker; 2 – cone; 3 – cylindrical part; 4 – exhaust pipe; 5 – inlet; 6 – corona electrode.

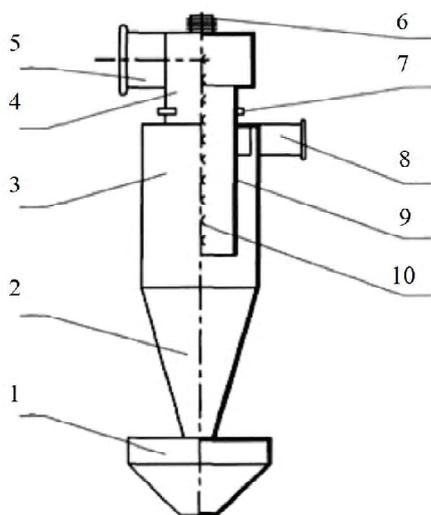


Figure 3 – Discharge electrodes are located in the exhaust pipe: 1 – bunker; 2 – cone; 3 – cylindrical part; 4 – exhaust pipe; 5 – snail; 6 – high-voltage insulator; 7 – fitting; 8 – inlet; 9 – collecting electrode; 10 – corona electrode.

themselves and with the walls of the cyclone is not used. As a result of this interaction, the dust particles acquire a fairly strong electric charge.

The experiments conducted by N. A. Gezichus [5] showed that dust blown off or rolling down from the surface of the formed body should always be negatively electrified, while the body itself must at the same time acquire a positive charge of electricity. Based on his research, the author came to the conclusion that when a smooth surface touches the rough surface of two pieces of the same body, the first of them charges positively (+), and the second negatively (-).

In a cyclone, large dust particles are located near the outer wall of the cyclone, and small ones are in the center of the core of the ascending vortex [6]. Thus, inside the cyclone there will be two space charge zones – in the center of the cyclone a zone of negative charge (-), and at the walls of the cyclone a zone of positive charge (+).

CONCLUSION

The cyclone is a fairly powerful triboelectric generator. This phenomenon is very valuable, since it is possible without the use of external sources of electrical energy, to increase the drift velocity of dust particles to the walls of the cyclone, using the Coulomb force, or the Lorentz force.

REFERENCES

1. Оценка взвешенных частиц PM10 и PM2,5 в атмосферном воздухе жилых зон [Текст] / Р. В. Орлов, А. Б. Стреляева, Н. С. Барикаева // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – № 12. – С. 39–41.
2. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух [Текст]. – Введ. 2012-01-01 / ОАО «Научно-исследовательский институт охраны атмосферного воздуха». – СПб. : ОАО «НИИ Атмосфера», 2012. – 50 с.
3. Балтренас, П. Б. Обеспыливание воздуха на предприятиях стройматериалов [Текст] / П. Б. Балтренас. – М. : Стройиздат, 1990. – 184 с.
4. Очистка промышленных газов от пыли [Текст] / В. Н. Ужов, А. Ю. Вальдберг, Б. И. Мягков [и др.]. – М. : Химия, 1981. – 392 с.
5. Гезихус Н. А. Электризация пыли [Электронный ресурс] / Н. А. Гезихус // Журнал «Самообразование». – Режим доступа : <http://www.bolshoy-beysug.ru/zhurnal/1125-elektrizatsiya-pyli.html>.
6. Lacks, D. J. Effect of particle size distribution on the polarity of triboelectric charging in granular insulator systems [Text] / D. J. Lacks & A. Levandovsky // J. Electrostatics. – 2007. – № 65. – P. 107–112.

Получено 19.03.2019

Б. Р. РОМАНЕНКО, С. М. ОРЛОВ, Т. И. ЗАГОРУЙКО
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЦИКЛОНАХ ЗА СЧЕТ БОЛЕЕ ПОЛНОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАТРАЧЕННОЙ ЭНЕРГИИ
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Аннотация. Рассмотрены экологические аспекты современного состояния вопроса пылеудаления, основные устройства, используемые в современных системах пылегазоочистки, методы повышения эффективности очистки.

Ключевые слова: мелкодисперсные частицы, инерционный пылеуловитель, циклон, электроциклон, трибоэлектричество.

Б. Р. РОМАНЕНКО, С. М. ОРЛОВ, Т. І. ЗАГОРУЙКО
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЦИКЛОНАХ ЗА РАХУНОК БІЛЬШ ПОВНОГО
ВИКОРИСТАННЯ ВИТРАЧЕНОЇ ЕНЕРГІЇ
ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Розглянуто екологічні аспекти сучасного стану питання пиловидалення, основні пристрої, що використовуються в сучасних системах пилогазоочистки, методи підвищення ефективності очищення.

Ключові слова: дрібнодисперсні частинки, інерційний пиловловлювач, циклон, електроциклон, трибоелектрика.

Романенко Борис Романович – аспірант кафедри теплотехніки, теплогазоснабження і вентиляції ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Орлов Станислав Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации и электроснабжения в строительстве ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: автоматизация процессов и аппаратов систем ТГВ.

Загоруйко Тамара Івановна – доцент кафедри іноземних мов та педагогіки вищої школи ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: методика преподавания иностранных языков, роль преподавателя в учебном процессе, проблемы воспитания студенческой молодежи.

Романенко Борис Романович – аспірант кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: енергоресурсозбереження в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.

Орлов Станіслав Михайлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації і електропостачання в будівництві ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: автоматизація процесів і апаратів систем ТГВ.

Загоруйко Тамара Іванівна – доцент кафедри іноземних мов та педагогіки вищої школи ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: методика викладання іноземних мов, роль викладача в навчальному процесі, проблеми виховання студентської молоді.

Romanenko Boris – graduate student, Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: energy saving in heating, ventilation and air conditioning.

Orlov Stanislav – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Automation and Power Supply in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: automation of processes and devices of DVT systems.

Zagoruyko Tamara – Associate Professor, Foreign Languages and High School Pedagogy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: teaching methods of foreign languages, lecturer's functions in a teaching process, students' education problems.

УДК 666.974.2

Д. Ю. БУКИНА, Е. А. СЕЗЕМОВ, А. В. ФЕДОРИК

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**БЕСЦЕМЕНТНЫЕ ВЯЖУЩИЕ НА ОСНОВЕ ШЛАКА ТЕПЛОВЫХ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ (ТЭС)**

Аннотация. Приведены результаты сравнительного исследования зависимости активности щелочных вяжущих от вида щелочного компонента, силикатного модуля и концентрации раствора силиката натрия, а также условий твердения (пропаривание и автоклавирование). Установлено, что активность вяжущих на высокомодульном ($\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O} = 2,8$) силикате натрия невысокая – 4...12 МПа. При снижении силикатного модуля до 1–2 она увеличивается в 3–4 раза.

Ключевые слова: щелочные вяжущие, гидроксид и силикат натрия, условия твердения, прочность камня вяжущих.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Одним из основных отходов промышленности Донбасса являются золошлаковые отходы ТЭС. Только на шести ТЭС Донецкой обл. при работе на полную мощность ежегодно их образуется около шести млн тонн. Максимальный уровень их утилизации в конце 80-х годов XX века не превышал 4...5 %. Отвалы золошлаковых материалов занимают большие площади, а их содержание требует значительных эксплуатационных затрат, которые влияют на повышение себестоимости электроэнергетики.

ОСНОВНАЯ ИННОВАЦИОННАЯ ИДЕЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЕЕ НОВИЗНА

Новым направлением широкого применения зол и шлаков ТЭС может стать производство бетонов на основе щелочных вяжущих (аналоги шлакощелочных). Теоретические основы этих вяжущих разработаны в 60–80-е годы прошлого века В. Д. Глуховским [6]. Щелочные цементы и бетоны подробно изучены в работах П. В. Кривенко [8], Р. Ф. Руновой [5], Ю. П. Горлова [2], А. Н. Ефремова [3, 4], J. Davidovits [7] и др. Структурообразующими соединениями этих вяжущих являются щелочные гидроалюмосиликаты – аналоги природных цеолитов. В указанных работах в качестве алюмосиликатного компонента использовались в основном метакаолин и зола-унос ТЭС. Вследствие разрыхления частиц метакаолина характеризуется примерно вдвое большей нормальной плотностью, что существенно снижает прочность камня на его основе [5]. На золе-унос получают вяжущие также невысокой активности [4–6, 8].

Зола-унос по структуре существенно отличается от шлака ТЭС. В золе-унос до 50 % материала закристаллизовано, шлак жидкого удаления на 100 % остеклован (А. В. Волженский [1]). Это, как показано в нашей работе [3], является решающим фактором большей растворимости глинозема шлака в щелочных растворах и значительно большей активности щелочных вяжущих. В указанной работе установлено, что на основе вяжущих из молотого шлака ТЭС, затворенного раствором гидроксида натрия, можно получать пропаренные и автоклавированные бетоны соответственно классов 7,5...15,0 и 25...30. Такие бетоны могут стать эффективным путем утилизации золошлаков ТЭС. Однако для щелочных вяжущих на гидроксиде натрия присущи два существенных недостатка:

во-первых, раствор гидроксид натрия весьма агрессивен. Попадание его на тело человека, его сухая пыль или пары могут вызвать ожоги кожного покрова, слизистой оболочки дыхательных путей и т. п.;

во-вторых, технический гироксид натрия достаточно дорогой продукт, его оптовая цена 1,5–2,0 раза дороже, например, натриевого жидкого стекла в пересчете на сухое вещество, Жидкое стекло к тому же значительно менее агрессивно. В ДонНАСА установлено, что жидкое стекло, особенно с пониженным силикатным модулем ($M_s = \text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$), отверждается, например, аморфным метакаолином. Однако по структуре и свойствам метакаолин и шлак ТЭС существенно отличаются: шлак характеризуется плотной структурой, его нормальная густота теста почти вдвое ниже.

Цель работы – получение щелочных алюмосиликатных вяжущих на основе шлака ТЭС путем установления закономерностей влияния концентрации и силикатного модуля жидкого стекла на процессы синтеза прочности при различных условиях твердения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В исследованиях использовался молотый шлак Старобешевской ТЭС, полученный помолом до остатка на сите 0,08 мм не более 10...12 %. Испытание прочности производилось на образцах-кубах с ребром 2 см, заформованных из теста нормальной густоты. Кроме особо оговоренных случаев, затворение смесей производилось раствором щелочного компонента (ЩК) плотностью 1,30 г/см³.

Исключая отдельные опыты, тепловлажностное твердение осуществляли после 16–20 часов выдержки в формах с изолированной верхней поверхностью по режиму 2,5 + 6 + 2...4 часа. Изотермический прогрев при пропаривании производился при температуре 95 ± 2 °С, при автоклавировании – 173 °С (давление 0,8 МПа).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

Результаты исследования зависимости активности вяжущих от силикатного модуля жидкого стекла, приведенные на рисунке 1а, показывают, что применение жидкого стекла с $MS = 1-2$ вместо раствора гидроксида натрия приводит к снижению активности вяжущего после пропаривания в 1,67 и после автоклавирования – в 1,58 раза. Активность вяжущего, затворенного промышленным жидким стеклом с силикатным модулем 2,8, резко снижается.

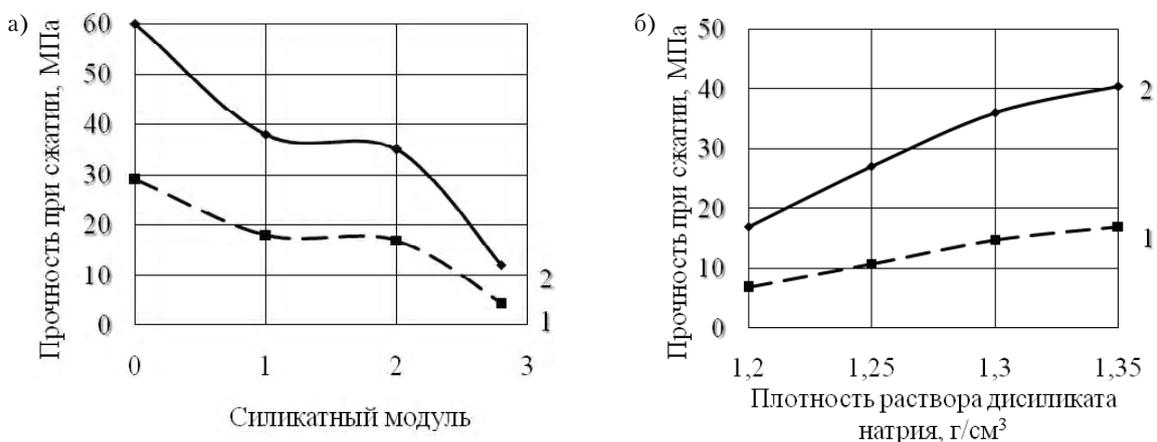


Рисунок 1 – Зависимость активности пропаренных (1) и автоклавированных (2) вяжущих от силикатного модуля (а) и плотности (б) раствора силиката натрия (модуль 0 – раствор гидроксида натрия).

В дальнейших исследованиях для затворения вяжущих применяли двухмодульное жидкое стекло – дисиликат натрия. Как показывают результаты, приведенные на рисунке 1б, концентрация дисиликата натрия оказывает менее резкое влияние на активность вяжущего. С ростом плотности раствора от 1,2 до 1,3 г/см³ происходит практически прямо пропорциональный рост прочности образцов. При дальнейшем повышении плотности до 1,35 г/см³ рост активности цемента заметно снижается.

Исследовано влияние давления пара на синтез прочности камня вяжущих (рисунок 2а). Анализ полученных результатов показывает, что при переходе от пропаривания к автоклавированию и увеличению давления пара до 0,6 МПа (температура насыщенного пара около 160 °С) происходит практически прямолинейный рост прочности образцов. С увеличением давления до 0,8 МПа увеличение активности вяжущего существенно замедляется, а при давлении 1,0..1,2 МПа рост активности вяжущего практически не наблюдается.

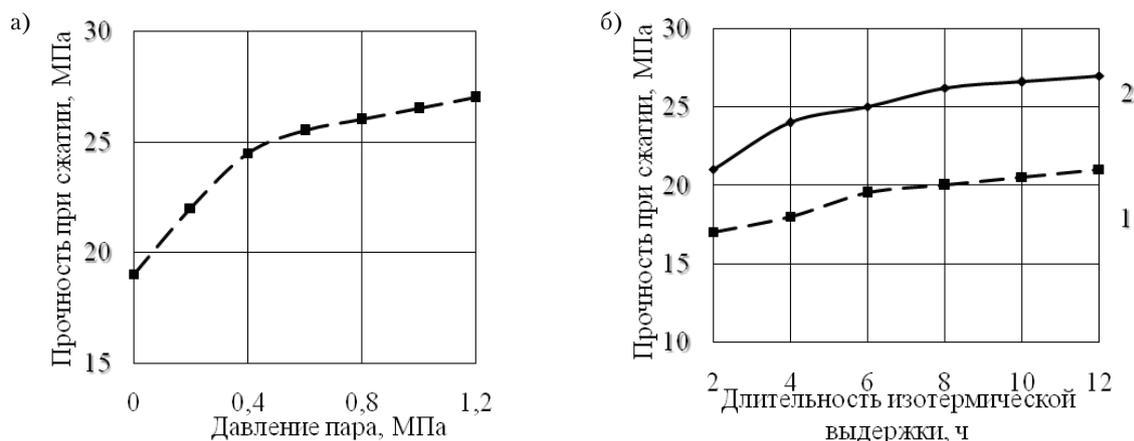


Рисунок 2 – Зависимость активности вяжущих от давления пара (а) и длительности изотермической выдержки (б) при тепловлажностной обработке.

Результаты исследования влияния длительности тепловлажностной обработки на активность цемента (рисунок 2б) свидетельствуют о том, что наиболее существенный рост прочности образцов происходит с увеличением времени изотермического прогрева с 2 до 6 часов. В дальнейшем рост прочности образцов заметно снижается и при длительности прогрева в течение 6–8 часов практически стабилизируется.

ВЫВОДЫ

1. Для получения щелочных вяжущих на основе молотых шлаков ТЭС активностью 15..20 МПа после пропаривания и 30..40 МПа после автоклавирования необходимо применять жидкое стекло с силикатным модуле 1–2 и плотностью 1,25...1,35 г/см³.
2. Тепловлажностную обработку при атмосферном давлении необходимо вести при максимально возможной температуре, автоклавную – при 0,6...0,8 МПа (температура около 160...173 °С), длительность изотермического прогрева при этом должна составлять 6–8 часов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов [Текст] / А. В. Волженский, И. А. Иванов, Б. Н. Виноградов. – М. : Стройиздат, 1984. – 256 с.
2. Автоклавные бесцементные коррозионностойкие бетоны [Текст] / Ю. П. Горлов, А. П. Меркин, В. Ю. Буров и др. // Строительные материалы. – 1984. – № 9. – С. 15.
3. Ефремов, А. Н. Бесклинкерные щелочные вяжущие и бетоны на основе зол и шлаков тепловых электростанций [Текст] / А. Н. Ефремов, А. Н. Лищенко, Д. Ю. Букина // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, 2018. – Вып. 2018-4(132) Научно-технические достижения студентов строительной архитектурной отрасли. – Том 2. Технологии строительных конструкций, изделий и материалов. – С. 166–171.
4. Ефремов, А. Н. Огнеупорные бетоны на щелочных вяжущих с повышенными термомеханическими свойствами [Текст] / А. Н. Ефремов, П.В. Кривенко. – Макеевка : ДонНАСА, 2008. – 187 с.
5. Рунова Р. Ф. Исследование автоклавных щелочно-щелочноземельных алюмосиликатных материалов [Текст] : автореф. дис. кандидата техн. наук / Киевский инж.-строит. ин-т. – К., 1972. – 23 с.
6. Щелочные и щелочноземельные гидравлические вяжущие и бетоны [Текст] / Под общ. ред. В. Д. Глуховского. – К. : Вища школа, 1979. – 232 с.
7. Davidovits, J. Geopolymers – inorganic polymeric new materials [Text] / J. Davidovits // Journal of Thermal Analysis. – 1991. – № 37(8). – P. 1633–1656.
8. Krivenko, P. Alkaline Cements, Concretes and Structures: 50 Years of Theory and Practice [Text] / P. Krivenko // International Conference «Alkaline Activated Materials» – Research, Production and Utilization. – Praha : Zeithamlova Milena, Ing., 2007. – P. 313–347.

Получено 20.03.2019

Д. Ю. БУКИНА, Є. О. СЕЗЕМОВ, А. В. ФЕДОРИК
БЕЗЦЕМЕНТНІ В'ЯЖУЧІ НА ОСНОВІ ШЛАКУ ТЕПЛОВИХ
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ (ТЕС)
ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Наведено результати порівняльного дослідження залежності активності лужних в'язучих від виду лужного компонента, силікатного модуля і концентрації розчину силікату натрію, а також умов твердіння (пропарювання та автоклавування). Встановлено, що активність в'язучих на високомодульному ($\text{SiO}_2 / \text{Na}_2\text{O} = 2,8$) силікаті натрію невисока – 4...12 МПа. При зниженні силікатного модуля до 1–2 вона збільшується в 3–4 рази.

Ключові слова: лужні в'язучі, гідроксид і силікат натрію, умови твердіння, міцність каменю в'язучих.

DARYA BUKINA, EVGENIY SEZEMOV, ANDREY FEDORIK
CEMENT LESS BINDERS BASED ON SLAG OF THERMAL POWER PLANTS
(TPP)
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The results of a comparative study of the dependence of the activity of alkaline binders on the type of the alkaline component, the silicate module and the concentration of sodium silicate solution, as well as the hardening conditions (steaming and autoclaving) are presented. It was established that the activity of binders on high modulus ($\text{SiO}_2 / \text{Na}_2\text{O} = 2.8$) sodium silicate is low – 4...12 MPa. By reducing the silicate module to 1–2, it increases by 3–4 times.

Key words: alkaline binders, sodium hydroxide and silicate, hardening conditions, stone strength binders.

Букина Дарья Юрьевна – аспирант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: стройматериалы на основе промышленных отходов.

Сеземов Евгений Александрович – магистрант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: стройматериалы на основе промышленных отходов.

Федорик Андрей Викторович – магистрант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: стройматериалы на основе промышленных отходов.

Букина Дар'я Юрїївна – аспірант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: будматеріали на основі промислових відходів.

Сеземов Євген Олександрович – магістрант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: будматеріали на основі промислових відходів.

Федорик Андрій Вікторович – магістрант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: будматеріали на основі промислових відходів.

Bukina Darya – graduate student, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: building materials based on industrial waste.

Sezemov Evgeniy – master's student, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: building materials based on industrial waste.

Fedorik Andrey – master's student, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: building materials based on industrial waste.

УДК 622.817

Е. В. КОШЕЛЕВА, М. В. КРАВЧЕНКО

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

АНАЛИЗ ПРИЧИН ВЗРЫВОВ МЕТАНОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ В ПОДЗЕМНЫХ ГАЗОТЦАСЫВАЮЩИХ УСТАНОВКАХ

Аннотация. В статье приведены результаты анализа аварий, связанных с взрывами метановоздушных смесей в подземных газоотсасывающих установках, а также раскрыты причины взрывоопасности этих установок и пути проникновения в них высокотемпературных источников. Обоснован переход от эпизодического контроля содержания метана в трубопроводах подземных газоотсасывающих установок к автоматическому контролю с применением газоанализаторов непрерывного действия.

Ключевые слова: шахта, метан, газоотсасывающая установка, взрывоопасность, авария, газоанализатор, контроль.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Стратегической линией развития подземной добычи угля стало максимально возможное повышение нагрузки на выемочные участки. Одним из сдерживающих факторов такого направления является высокая газообильность выемочных участков многих шахт, в том числе и находящихся на Донбассе [1].

В настоящее время широкое применение на угольных шахтах, обрабатывающих пласты механизированными комплексами, находит способ снижения газообильности, связанный с изолированным отводом из выработанного пространства метановоздушных смесей (МВС) с концентрацией, которая не достигла нижнего предела взрываемости (до 3,5 % об.). Отвод осуществляется с помощью газоотсасывающих установок, что позволяет существенно (более чем в два раза) увеличить допустимую по газовому фактору добычу угля [2, 3].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Детальное изучение публикаций, раскрывающих специфику изолированного отвода МВС из выработанного пространства, показывает, что в таких газотранспортных системах возможно появление взрывоопасных уровней содержания метана [4, 5]. Это создает потенциальную угрозу аварий при наличии высокотемпературных источников, способных воспламенить перемещаемые по трубопроводам смеси [6]. Данные обстоятельства нашли отражение в материалах расследования ряда аварий в угольных шахтах, но они не раскрывают общих закономерностей, позволяющих обоснованно подойти к решению вопроса обеспечения безопасного применения подземных газоотсасывающих установок.

ЦЕЛЬ

Цель данной работы заключается в обобщении сведений о взрывах МВС в подземных газоотсасывающих установках и выявлении факторов, оказывающих влияние на появление таких аварийных событий.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Изолированный отвод метановоздушных смесей крайне опасен при их транспортировке по трубопроводу газоотсасывающей установки, когда концентрация метана достигает значений 5...15 % об. и появляется источник воспламенения этой смеси (рисунок) [7].

© Е. В. Кошелева, М. В. Кравченко, 2019

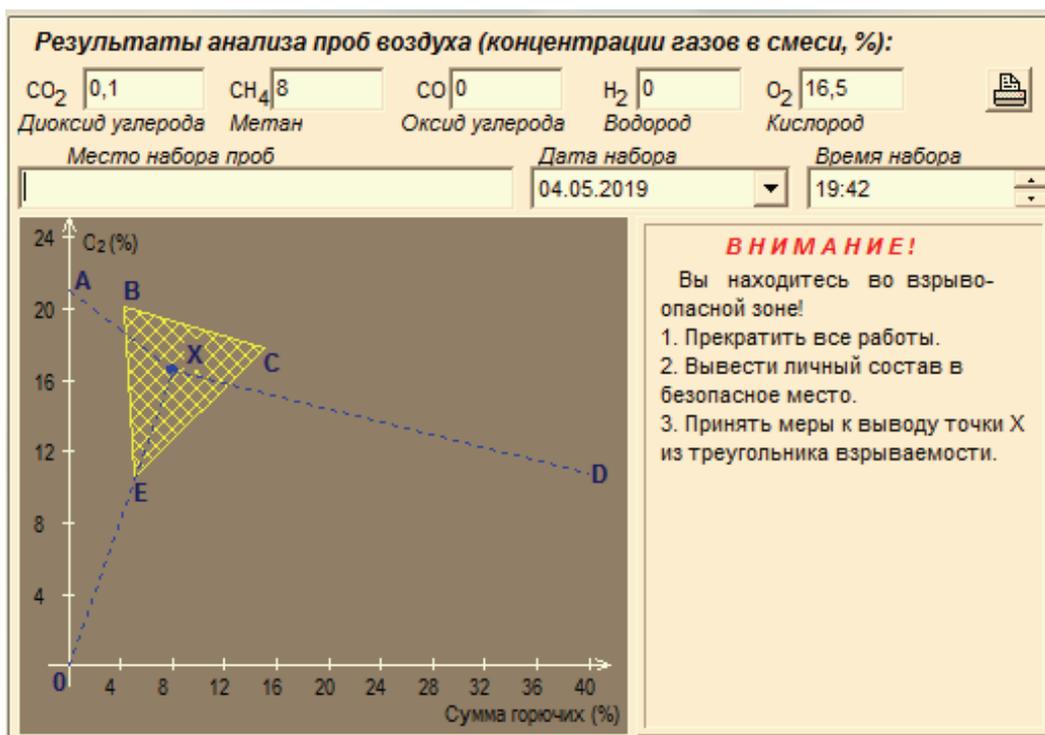


Рисунок – Пример треугольника «взрываемости» для пробы рудничного воздуха (точка X): кислород – 16,5 %, метан – 8 %, диоксид углерода – 0,1 %.

Примером может служить авария, которая произошла 9 мая 2007 г. в Украине в шахте «Краснолиманская». В газоотсасывающем трубопроводе вентиляторной установки ВМЦГ-7 произошел взрыв МВС. Причиной взрыва явилось воспламенение метана, выделившегося из дегазационной скважины при извлечении бурового инструмента, и попадание его в газоотсасывающий трубопровод. Взрывная МВС в трубопроводе образовалась в результате непрогнозируемого повышенного выделения метана из выработанного пространства [8].

Аналогичные аварии происходили и в угольных шахтах России [9].

Рассмотрение аварий, связанных с изолированным отводом метана при помощи подземных газоотсасывающих установок показало, что основными причинами их возникновения является образование взрывоопасных концентраций метановоздушных смесей в газоотсасывающих трубопроводах, формирование опасного скопления метана на выемочном участке вследствие неэффективного отвода метана из выработанного пространства и распространение газовых смесей по горным выработкам. При этом источниками воспламенения МВС могут быть электрические искры, фрикционные искры при ведении горных работ, искры от сварочных работ (на газоотсасывающих установках), тепловое воздействие на элементы газоотсасывающей установки (пожар, мощный электрический ток, перегрев агрегатов тяги и др.), горение МВС на входе и выходе газотранспортной системы и другие высокотемпературные источники. Кроме того, отсутствие постоянного контроля качества герметичности и целостности трубопровода газоотсасывающей установки увеличивает вероятность возникновения аварийных ситуаций.

Газоотсасывающие установки должны работать непрерывно. Их остановка приводит к переходным процессам, которые могут способствовать загазированию горных выработок [10]. Так, прекращение электропитания газоотсасывающего вентилятора сопровождается быстрым (в течение 10–15 мин) ростом содержания метана в выработанном пространстве. Поэтому необходимо при проектировании изолированного отвода метана предусматривать мероприятия, обеспечивающие непрерывную работу газоотсасывающих установок.

Измерение содержания метана в газоотсасывающих установках производится в основном с помощью шахтных интерферометров, которые являются приборами эпизодического действия. Такой вид измерений легко реализуется на практике, но обладает существенным недостатком, связанным с низкой оперативностью получения информации о случаях опасного загазирования газотранспортных систем.

Следует отметить, что при длине трубопровода газоотсасывающей установки в 500 м и средней скорости движения смеси в 20 м/с уже через 30 секунд может произойти загазирование всей газотранспортной системы до взрывоопасных значений. Если сопоставить принятую на практике периодичность эпизодического контроля равную одному часу с временем загазирования указанной системы, то легко установить несоответствие между циклами измерений и безопасностью газоотсоса. Исключить это несоответствие позволяет непрерывный контроль газовой опасности транспортируемой смеси на основе автоматических анализаторов метана [8].

Таким образом, можно констатировать, что для повышения безопасности применения подземных газоотсасывающих установок в нынешних условиях имеются достаточно обоснованные предпосылки.

ВЫВОДЫ

1. В газоотсасывающих установках могут спорадически формироваться взрывоопасные концентрации метана.
2. В подземных газоотсасывающих установках взрывы МВС происходят в подавляющем большинстве в их газотранспортных трубопроводах.
3. Поджигание взрывчатых МВС в подземных газоотсасывающих установках происходит из-за неудовлетворительной герметизации фланцевых соединений или повреждений трубопроводов.
4. Эпизодический контроль содержания метана не позволяет своевременно обнаружить наличие взрывоопасных смесей в трубопроводах подземных газоотсасывающих установок.
5. Для повышения оперативности контроля взрывоопасности смесей, транспортируемых с помощью газоотсасывающих установок, необходимо оснащение этих установок автоматическими анализаторами метана непрерывного действия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Угольная отрасль Украины: энергоресурсы, ретроспектива, состояние, проблемы и стратегия развития [Текст] / В. С. Топалов, Б. А. Грядущий, С. Я. Петренко. – Донецк : ООО «Алан», 2005. – 408 с.
2. Расследование и предотвращение аварий на угольных шахтах [Текст] : в 3 т. / [А. М. Брюханов, В. И. Березинский, В. П. Колосюк и др.] ; под ред. А. М. Брюханова. Т. I. – Донецк : Норд-Пресс, 2004. – 548 с.
3. Балинский, Б. В. Исследование эффективности и безопасности изолированного отвода метана из выработанных пространств с помощью газоотсасывающих вентиляторных установок [Текст] : автореф. дисс. на соискание степени канд. техн. наук. : спец. 05.26.01 / Б. В. Балинский. – Москва : МГИ, 1975. – 17 с.
4. Управление газовой выделением на угольных шахтах [Текст] / С. Г. Калиев, Е. И. Преображенская, В. А. Садчиков и др. – М. : Недра, 1980. – 221 с.
5. Повышение взрывобезопасности выемочных участков угольных шахт, применяющих отвод метана с помощью газоотсасывающих установок [Текст] / В. П. Колосюк, Ю. В. Товстик, О. Г. Болтунов // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах : сб. науч. тр. – 2011. – Вып. I (27). – С. 68–86.
6. Взрывопожаробезопасность горного оборудования [Текст] / С. П. Ткачук, В. П. Колосюк, С. А. Ихно. – К. : Основа, 2000. – 696 с.
7. Решение задач техноферной безопасности в компьютерной системе «Вентиляция шахт» [Текст] / М. В. Кравченко, Н. М. Кравченко, П. С. Пашковский // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах : материалы XII Междунар. науч.- практ. конф. (Кемерово, 22–23 ноября 2017 г.). – Кемерово : КузГТУ. – 2017. – С. 117–1–117–8.
8. Основы технической реализации анализаторов метана для газоотсасывающих установок [Текст] / О. И. Кашуба, В. Н. Медведев, Е. В. Беляева, В. В. Артемов // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2011. – № 2(24) – С. 40–46.
9. Подготовка и разработка высокогазоносных угольных пластов [Текст] / А. Д. Рубан, В. Б. Артемьев, В. С. Забурдаев и др. – М. : Горное дело, 2011. – 501 с.
10. Обеспечение бесперебойности электроснабжения газоотсасывающих установок и вентиляторов местного проветривания [Текст] / А. М. Брюханов, В. П. Колосюк, Е. А. Вареник, В. Н. Савицкий // Уголь Украины. – 2013. – № 5. – С. 32–37.

Получено 01.03.2019

К. В. КОШЕЛЁВА, М. В. КРАВЧЕНКО
АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИБУХІВ МЕТАНОПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ В
ПІДЗЕМНИХ ГАЗОВІДСМОКТУВАЛЬНИХ УСТАНОВКАХ
ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У статті наведено результати аналізу аварій, пов'язаних з вибухами метаноповітряної суміші в підземних газовідсмоктувальних установках, а також розкрито причини вибухонебезпечності цих установок і шляхи проникнення в них високотемпературних джерел. Обґрунтовано перехід від епізодичного контролю вмісту метану в трубопроводах підземних газовідсмоктувальних установок до автоматичного контролю із застосуванням газоаналізаторів безперервної дії.

Ключові слова: шахта, метан, газовідсмоктувальна установка, вибухонебезпечність, аварія, газоаналізатор, контроль.

EKATERINA KOSHELEVA, MIKHAIL KRAVCHENKO
ANALYSIS OF THE CAUSES OF METHANE-AIR-MIXTURES EXPLOSIONS IN
UNDERGROUND GAS-ASSAYING INSTALLATIONS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article presents the results of the analysis of accidents related to the explosions of methane-air mixtures in underground gas-extracting installations, as well as the reasons for the explosion hazard of these installations and the ways of penetration of high-temperature sources into them. The transition from the episodic control of the methane content in the pipelines of the underground gas recovery units to the automatic control using gas analyzers of continuous action has been substantiated.

Key words: mine, methane, gas suction unit, explosion hazard, accident, gas analyzer, control.

Кошелева Екатерина Вадимовна – магистрант кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: безопасность работы газоотсасывающих установок.

Кравченко Михаил Валентинович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: математическое моделирование аварийных вентиляционных режимов, оптимизация планов ликвидации аварий для промышленных объектов

Кошелева Катерина Вадимівна – магістрант кафедри техносферної безпеки ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: безпека роботи газовідсмоктувальних установок.

Кравченко Михайло Валентинович – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри техносферної безпеки ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: математичне моделювання аварійних вентиляційних режимів, оптимізація планів ліквідації аварій для промислових об'єктів.

Kosheleva Ekaterina – Master's student, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: safety of gas recovery units.

Kravchenko Mikhail – Ph. D. (Physical and Mathematical Sciences), Associate Professor, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: mathematical modeling of emergency ventilation modes, optimization of emergency response plans for industrial facilities.

УДК 656.1

М. М. ДЕВЯТОВ, А. М. ПОЛЯКОВ, Е. В. СТОЛЕТОВ
ФГБОУ ВО «ВолГТУ»**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ТРАНСПОРТНОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЕ СЕЛЬСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
НОВОАННИНСКОГО РАЙОНА ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ РФ, НА
ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭВОЛЮЦИИ СИСТЕМЫ ВОДИТЕЛЬ –
АВТОМОБИЛЬ – ДОРОГА – СРЕДА**

Аннотация. Исследование авторами диалектики системы Водитель – Автомобиль – Дорога – Среда (ВАДС) позволило обосновать её эволюционное развитие в новую, современную социально-экономическую и экологически ориентированную, функционально-технологическую транспортно-инфраструктурную систему (СЭЭО-Ф-Т ТИС). С её помощью определены подходы к формированию современных требований к транспортной инфраструктуре (ТИ) сельских муниципальных образований (СМО). На основании этих требований в статье проведён анализ ТИ Панфиловского СМО.

Ключевые слова: эволюция системы ВАДС, СЭЭО-Ф-Т ТИС, сетевые требования ТИ СМО, функционально-технический уровень ТИ.

В соответствии с Градостроительным кодексом РФ, Транспортной стратегией РФ до 2030 года [1], постановлением Правительства об утверждении требований к программам комплексного развития транспортной инфраструктуры (ПКРТИ) поселений, городских округов [2] СМО приступили к работе по приведению своей ТИ в нормативное состояние. Эта целевая установка, как показывает анализ проведённый кафедрой ИПТС ВолГТУ, сформулирована во всех подвергнутых анализу ПКРТИ СМО, разработанных в соответствии с указанным постановлением [2].

В соответствии с действующими документами [3, 4, 5, 6, 7] под нормативным состоянием ТИ СМО понимают автомобильные дороги, обеспечивающие безопасное и удобное движение транспортных средств, сервисное обслуживание их пользователей, безопасное движение пешеходов, а также необходимое обустройство их.

Определяющую роль в данных исследованиях играет система ВАДС, формирующая весь комплекс требований к ТИ СМО. Поэтому чрезвычайно важно определить её современное состояние, находящееся, как показывают исследования [8], в постоянном эволюционном процессе.

Для решения этой задачи установлена сложная система групп взаимосвязанных факторов, влияющих на формирование и развитие этой сложной системы, (рис. 1).

Теоретические модели систем эксплуатации автомобильного транспорта В-А-Д-С, использовавшиеся в разные периоды развития теории проектирования и эксплуатации автомобильных дорог известными советскими и российскими учёными Г. Д. Дубелиром, Н. Н. Ивановым, А. К. Бируля, В. Ф. Бабковым, В. К. Некрасовым, В. М. Сиденко, С. И. Миховичем, В. В. Сильяновым, А. П. Васильевым, Е. М. Лобановым, П. И. Поспеловым и др. и представленные схематично на рисунке (рис. 2), ранее не рассматривались во временной взаимосвязи.

Авторами проведено их исследование с учетом теории экосистемного подхода к инженерно-строительной деятельности [9], а также исследование групп взаимосвязанных факторов, влияющих на формирование и развитие этих систем (рис. 1). В ходе исследования также выявлены современные предпосылки, причины и стимулы, влияющие на выработку современных требований к комплексному развитию ТИ СМО. Они описаны выше. Это позволяет авторам предложить новую модель



Рисунок 1 – Система факторов, влияющих на эволюцию системы В-А-Д-С, как системы, формирующей комплекс требований к транспортной инфраструктуре СМО.

эволюции взаимодействующих подсистем как базовую для формирования комплекса требований к ТИ СМО в современных условиях.

Таким образом, на современном этапе (2008–2018 гг.) сформировалась современная социально-экономическая и экологически ориентированная, функционально-технологическая транспортно-инфраструктурная система (СЭЭО-Ф-Т ТИС) (рис. 2).

Для описания этой системы, оценки и прогнозирования состояния её подсистем, в зависимости от различных социально-экономических и технологических сценариев её развития, на кафедре ИПТС разработана логическая модель обоснования перечня соответствующих индикаторов и закономерностей (рис. 3).

В модели использованы следующие обозначения:

ТТС – транспортно-технологические средства (автомобили, трактора, тракторные поезда, сельскохозяйственная техника, велосипеды,

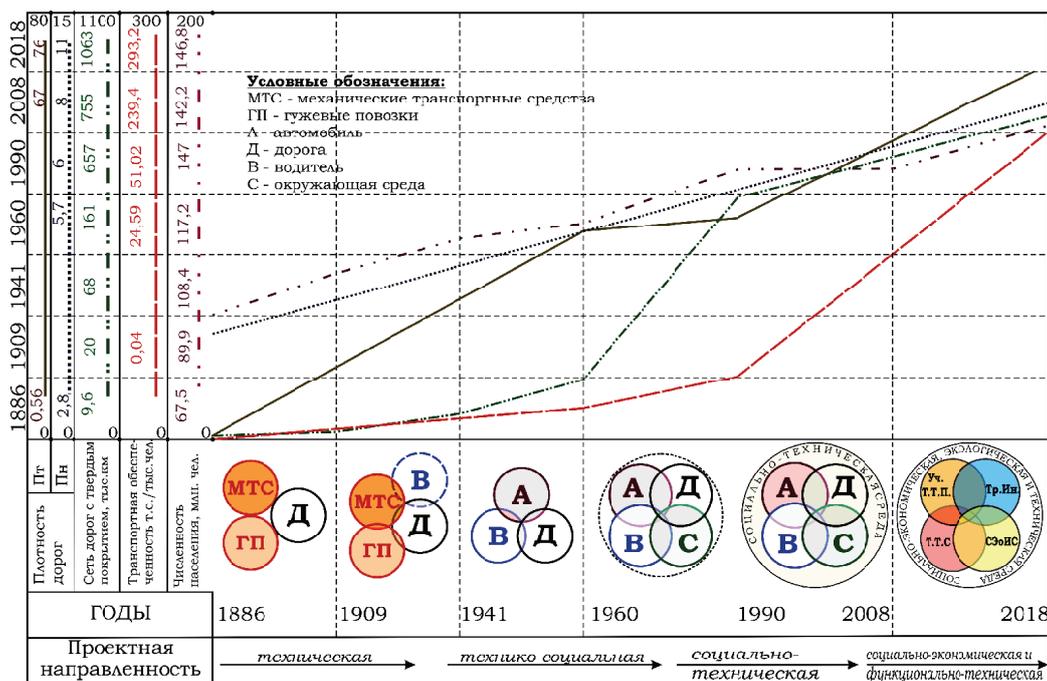


Рисунок 2 – Эволюция систем, формирующих требования к проектированию и эксплуатации автомобильных дорог, в современную социально-экономическую и экологически ориентированную, функционально-технологическую транспортно-инфраструктурную систему (СЭЭО-Ф-Т ТИС).

мотоциклы и мопеды, вспомогательные средства для передвижения маломобильных групп населения);

Тр. Инф. – транспортная инфраструктура, учитывающая функциональную классификацию «связь-сбор-доступ»;

Уч, ТТП – участники транспортно-технологических процессов (водители, трактористы, велосипедисты, мотоциклисты, пешеходы, маломобильные граждане);

С-ЭиОС – социально-экономическая и окружающая среда.

При этом, как видно из логической модели, в системе складываются 4 зоны (уровня взаимосвязей):

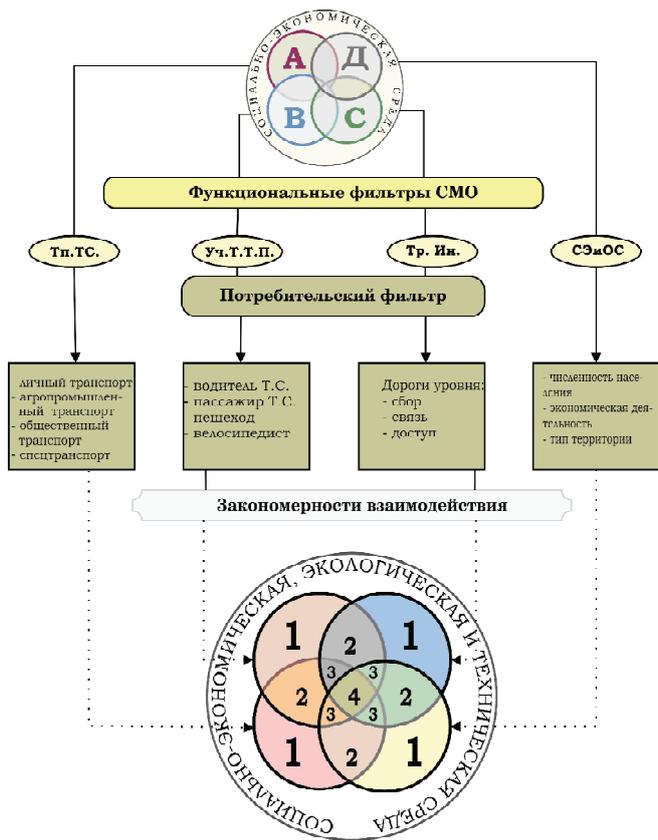


Рисунок 3 – Логическая модель формирования социально-экономической и экологически ориентированной, функционально-технологической транспортно-инфраструктурной системы (СЭЭО-Ф-Т ТИС).

- транспортного обслуживания основных технологических процессов;
- внутренней транспортной инфраструктуры;
- транспортно-экологической безопасности сети СМО.

Таким образом, эта система направлена на характеристику и формирование требований к сетевым показателям ТИ СМО. Для её формирования, описания и оценки состояния необходимо обособить систему соответствующих индикаторов и функциональных закономерностей.

На втором уровне – функционально-технологическом – формируются требования к геометрическим и конструктивным элементам ТИ СМО на основе учёта параметров (индикаторов) и закономерностей, описывающих технологические процессы, обеспечиваемые этой инфраструктурой.

Рассмотрим подробнее подсистемы первого уровня на примере Панфиловского СМО, Новоаннинского района Волгоградской области Российской Федерации.

1. В результате анализа подсистемы в СМО, были выявлены следующие недостатки. Далее по пунктам:

- *в сфере образования*, было произведено объединение сельских школ на основе центральной школы поселения с сокращением остальных. Школьников доставляют до мест учебы на автобусах, что сказывается на увеличении времени достижения конечного пункта;
- *сфера торговли*, в СМО представлена продуктовыми магазинами, хозяйственными магазинами в центральном поселке МО, специализированные магазины находятся в районном центре;
- *система здравоохранения*, представлена в сельских поселениях ФАП-ами, и в центральном посёлке отделениями больницы и амбулатории;
- *сфера спортивно-оздоровительной деятельности*, в СМО представлена в крупных посёлках спортзалами в сельских клубах и открытыми самообустроенными стадионами;
- *сфера культуры* представлена повсеместно домами культуры, сельскими клубами, парками и памятниками;

зона индикаторов состояния элементов подсистемы (1); зона двухэлементных взаимосвязей подсистемы (2); зона трёхэлементных взаимосвязей подсистемы (3); зона четырёхэлементных взаимосвязей подсистемы (4);

Сформированная таким образом модель позволяет перейти к обоснованию современных понятий и характеристик нормативного состояния ТИ СМО.

Представляется целесообразным выделить два уровня современных требованиям к ТИ СМО:

- функционально-сетевые требования, при этом в системе складываются 4 зоны (уровня взаимосвязи) как видно из логической модели (рис. 3).

- функционально-технологические (или элементные), включающие в себя конструктивные и геометрические требования.

На первом уровне – уровне функционально-сетевых требований СЭЭО-Ф-Т ТИС рассматривается с учетом формирования сетевых требований к ТИ СМО. Она описана авторами ранее [10]. В результате проведённого исследования с использованием теории системного анализа и экосистемного подхода к инженерно-строительной деятельности предложено рассматривать ТИ как сложную систему, включающую в себя четыре подсистемы:

- транспортного обслуживания социального обеспечения населения;

– *административная сфера деятельности*, расположена в центре МО, а в остальных поселениях имеет выездной характер;

– *сфера общественной безопасности* привязана к центру МО и представлена участковым полицией, МЧС же базируется в районном центре.

Также нельзя не отметить, что на данный период подъездами с твердым покрытием обеспечены не все населенные пункты.

II. Дорожно-транспортная сеть СМО, и района в целом, способна обеспечивать бесперебойный доступ к объектам, обеспечивающим технологический процесс производства основных видов с/х продукции. За исключением полевых грунтовых дорог, свободное передвижение по которым зависит от погодных условий.

Нельзя не отметить состояние местных дорог, повсеместно требующих ямочный и участками капитальный ремонт, что при обеспечении доступности, влияет на скорость и время достижения необходимых пунктов.

III. В собственности Панфиловского МО находится 60,4 км дорог.

В том числе: асфальтобетонных и цементобетонных – 28 км; грунтовых – 32,4 км.

Из этого следует, что только 46,4 % жителей имеют подъезды с твердым покрытием.

За период реализации ПКРТИ МО не будет в полной мере решен вопрос, с дорожно-транспортной обеспеченностью к каждому домовладению, что нельзя сказать о доступности к объектам внутренней инфраструктуры, подъезды к которым уже либо организованы в полной мере, либо будут организованы в приоритете.

IV. Оценку транспортной безопасности предлагается проводить по следующим показателям:

- Социальная безопасность (кол-во ДТП в год / 1 000 жителей).

За 2017 год, в Новоаннинском районе, произошло 35 аварий при количестве жителей района 33 679 человек:

$$СБ = 35 / 1\ 000 = 0,035.$$

- Транспортная безопасность (кол-во ДТП в год / 100 транспортных средств);
На 2017 год парк машин Новоаннинского района составил 8 487 машин

$$ТБ = 35 / 100 = 0,35.$$

- Тяжесть последствий ДТП (кол-во раненых / 100 ДТП; кол-во погибших / 100 ДТП);
За 2017 год в результате аварий 14 человек погибло, 38 человек получили ранения:

$$ТП_{ран} = 38 / 100 = 0,38; ТП_{пог} = 14 / 100 = 0,14.$$

Оценку экологической безопасности определять по: ПДК загрязняющих веществ грунта, воды, воздуха; предельно допустимый уровень шума (ПДУШ).

Для обеспечения природно-технической совместимости, необходимо приближение индикаторов реализации ПКРТИ МО к нормативному уровню путем определения приоритетности поднятия качественного и количественного уровня тех или иных рассмотренных выше параметров.

Рассмотрев и изучив ПКРТИ Панфиловского СМО, можно сделать предварительный вывод, что данная программа за отведенный период не сможет в полном объеме улучшить сетевые показатели ТИ СМО до необходимого уровня. Это в большей части объясняется нехваткой бюджетных средств на развитие СМО. И необходимостью в ПКРТИ обозначать те или иные приоритеты, определяемые с учётом мнения потребителей транспортного процесса (жители, предприниматели, администрации МО), а также учитывать региональные особенности и технико-экономические возможности.

Необходимо учесть, что в ходе реализации ПКРТИ Панфиловского СМО мероприятия и объемы их финансирования могут корректироваться и дополняться с учетом изменения обстановки и возможностей бюджета поселения. На основе предложенной логической модели СЭЭО-Ф-Т ТИС и сформированных сетевых требований к ТИ СМО, корректировка выполненной ПКРТИ может в полном объеме выполнять требования, указанные в Постановлении Правительства РФ [2], что впоследствии приведет к следующим положительным тенденциям (отсутствующим в разработанных ПКРТИ):

- строительство новых дорог к населённым пунктам, не имеющим подъездов с твёрдым покрытием, по региональной программе за счёт средств областного бюджета;
- расширение мероприятий программы из-за увеличения финансирования бюджета СМО и привлечения иных средств;

- ремонт и реконструкция дорог районного и федерального значения, не влияющие на мероприятия ПКРТИ и бюджет СМО, но оказывающие прямое влияние на показатели транспортной доступности СМО, её технологическое соответствие, а также транспортную безопасность.

ВЫВОДЫ

1. На основе принципов системного анализа и экосистемного подхода, с применением диалектического анализа системы факторов, влияющих на эволюцию системы В-А-Д-С, сформирована новая, современная логическая модель СЭЭО-Ф-Т ТИС как системы, формирующей комплекс требований к ТИ СМО.
2. Сетевые требования к ТИ СМО заключаются в обосновании факторов, определяющих требования к обеспечению транспортной доступности основных жизнеобеспечивающих и социальных услуг населению.
3. Проведён подробный анализ Панфиловского СМО, на соответствие ТИ современным требованиям с учётом разработанной методики. И дана оценка ПКРТИ СМО, как документу, направленному повысить уровень ТИ СМО до нормативного, за отведённый программой период.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс] : распоряжение Правительства РФ от 22 ноября 2008 г. № 1734-р. – Режим доступа : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/94460/>.
2. Об утверждении требований к ПКРТИ поселений, городских округов [Электронный ресурс] : постановление Правительства РФ от 25 декабря 2015 года № 1440. – Режим доступа : <https://base.garant.ru/71296074/>.
3. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* [Текст]. – Введ. 2013-07-01 / ЗАО «СоюздорНИИ». – Москва : Минрегион России, 2013. – 167 с.
4. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* [Текст]. – Введ. 2011-05-20 / ЦНИИП градостроительства, ОАО «Институт общественных зданий», ОАО «Гипрогор». – Москва : Минрегион России, 2011. – 84 с.
5. Рекомендации по проектированию улиц и дорог городов и сельских поселений к главе СНиП 2.07.01-89* [Текст] – Введ. 1994-01-01 / Центральный научно-исследовательский и проектный институт по градостроительству Минстроя России. – Москва : Минстрой России, 1994. – 94 с.
6. СП 243.1326000.2015 Проектирование и строительство автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения [Текст]. – Введен впервые ; введ. 2015-12-01 / ФАУ «РОСДОРНИИ». – Москва : Росстандарт, 2015. – 38 с.
7. СП 99.13330.2016 Внутрихозяйственные автомобильные дороги в колхозах, совхозах и других с/х предприятиях и организациях. Актуализированная редакция СНиП 2.05.11-83 [Текст]. – Введ. 2017-07-01 / ЗАО «ПРОМ-ТРАНСНИИПРОЕКТ». – Москва : Росстандарт, 2016. – 64 с.
8. Девятков, М. М. Эволюция систем, формирующих требования к проектированию и эксплуатации автомобильных дорог, как теоретическая основа проектирования их модернизации [Текст] / М. М. Девятков // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – № 9. – С. 35–37.
9. Цернант, А. А. Экосистемный подход к инженерно-строительной деятельности (транспортное строительство) [Текст] / А. А. Цернант // Сборник трудов ЦНИИС : Философия транспортного строительства. – 2010. – № 255. С. 5–28.
10. Девятков, М. М. Анализ ПКРТИ с использованием систем индикаторов мониторинга их реализации [Текст] / М. М. Девятков, Е. В. Столетов // Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли Юга России : сб. тр. конф. (23–25 мая 2018 г., г. Волгоград). – Волгоград : Волгоградский государственный технический университет, 2018. – С. 68–73. – 323 с.

Получено 13.03.2019

М. М. ДЕВ'ЯТОВ, А. М. ПОЛЯКОВ, Е. В. СТОЛЕТОВ
АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ВИМОГ ДО ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ
СІЛЬСЬКОГО МУНІЦИПАЛЬНОГО УТВОРЕННЯ НОВОАННІНСЬКОГО
РАЙОНУ ВОЛГОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ РФ, НА ОСНОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ
ЕВОЛЮЦІЇ СИСТЕМИ ВОДІЙ – АВТОМОБІЛЬ – ДОРОГА – СЕРЕДОВИЩЕ
ФДБОУ ВО «ВолгДТУ»

Анотація. Дослідження авторами діалектики системи Водій – Автомобіль – Дорога – Середовище (ВАДС) дозволило обґрунтувати її еволюційний розвиток в нову, сучасну соціально-економічну і екологічно орієнтовану, функціонально-технологічну транспортно-інфраструктурну систему (СЕЕО-Ф-Т ТИС). З її допомогою визначено підходи до формування сучасних вимог до транспортної

інфраструктури (ТІ) сільських муніципальних утворень (СМО). На підставі цих вимог у статті проведено аналіз ТІ Панфіловського СМУ.

Ключові слова: еволюція системи ВАДС, СЕЕО-Ф-Т ТІС, мережеві вимоги ТІ СМО, функціонально-технічний рівень ТІ.

MIKHAIL DEVIYATOV, ALEXANDER POLYAKOV, EVGENY STOLETOV
ANALYSIS OF MODERN REQUIREMENTS FOR THE TRANSPORT
INFRASTRUCTURE OF A RURAL MUNICIPALITY OF NOVOANNINSKY
DISTRICT OF THE VOLGOGRAD REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION,
BASED ON A STUDY OF THE EVOLUTION OF THE DRIVER-CAR-ROAD-
WEDNESDAY SYSTEM

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volograd State Technical University»

Abstract. The study by the authors of the Driver-Vehicle-Road-Environment system (WADS) dialectics allowed to substantiate its evolutionary development into a new, modern socio-economic and environmentally oriented, functional-technological transport and infrastructure system (SEA – FT TIS). With its help, approaches to the formation of modern requirements for the transport infrastructure (TI) of rural municipalities (SMO) are defined. Based on these requirements, the article analyzes the TI of Panfilov SMO.

Key words: evolution of the VADS system, SEA – FT TIS, network requirements TI SMO, functional technical level TI.

Девятков Михаил Михайлович – кандидат технических наук, профессор кафедры изысканий и проектирования транспортных сооружений ФГБОУ ВО «ВолГТУ». Научные интересы: анализ современных требований к транспортной инфраструктуре сельского муниципального образования.

Поляков Александр Михайлович – аспирант кафедры изысканий и проектирования транспортных сооружений ФГБОУ ВО «ВолГТУ». Научные интересы: анализ современных требований к транспортной инфраструктуре сельского муниципального образования.

Столетов Евгений Васильевич – магистр ФГБОУ ВО «ВолГТУ». Научные интересы: анализ современных требований к транспортной инфраструктуре сельского муниципального образования.

Дев'ятов Михайло Михайлович – кандидат технічних наук, професор кафедри вишукувань і проектування транспортних споруд ФДБОУ ВО «ВолГДТУ». Наукові інтереси: аналіз сучасних вимог до транспортної інфраструктури сільського муніципального утворення.

Поляков Олександр Михайлович – аспірант кафедри вишукувань і проектування транспортних споруд ФДБОУ ВО «ВолГДТУ». Наукові інтереси: аналіз сучасних вимог до транспортної інфраструктури сільського муніципального утворення.

Столетов Євген Васильович – магістр ФДБОУ ВО «ВолГДТУ». Наукові інтереси: аналіз сучасних вимог до транспортної інфраструктури сільського муніципального утворення.

Devyatov Mikhail – Ph. D. (Eng.), Professor, Survey and Design of Transport Facilities Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volograd State Technical University». Scientific interests: analysis of modern requirements for the transport infrastructure of a rural municipality.

Polyakov Alexander – graduate student, Survey and Design of Transport Facilities Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volograd State Technical University». Scientific interests: analysis of modern requirements for the transport infrastructure of a rural municipality.

Stoletov Evgeny – Master, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volograd State Technical University». Scientific interests: analysis of modern requirements for the transport infrastructure of a rural municipality.

УДК 699.86

Р. Ш. МАНСУРОВ, Т. А. РАФАЛЬСКАЯ

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ С ВОЗДУШНЫМИ
ПРОСЛОЙКАМИ**

Аннотация. Предложена экранированная ограждающая конструкция наружной стены здания без использования теплоизоляционных материалов. Для обеспечения необходимого термического сопротивления наружного ограждения используются экраны (цементносодержащие плиты) с замкнутыми воздушными прослойками. В программном комплексе ANSYS выполнено моделирование процессов теплопередачи в экранированной ограждающей конструкции, состоящей из несущей части и экранов с замкнутыми воздушными прослойками. Выявлены особенности процесса теплопередачи в толще наружного ограждения.

Ключевые слова: наружное ограждение, замкнутая воздушная прослойка, экран, теплопередача, термическое сопротивление.

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы рационального использования топливно-энергетических ресурсов, освоение районов Крайнего Севера, новые технологии строительства быстровозводимых конструкций делают актуальной задачу утепления фасадов зданий, как реконструируемых, так и вновь возводимых. В РФ принят нормативно-правовой документ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 г. N 261-ФЗ, направленный на обеспечение требований по энергосбережению. На его основе разработаны своды правил СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» по проектированию тепловой защиты зданий и сооружений.

Традиционные многослойные ограждающие конструкции состоят из несущих (конструкционных) и теплоизоляционных слоев. Применяются различные виды теплоизоляционных материалов, которые, как правило, должны быть расположены с наружной стороны ограждения.

В качестве теплоизоляционных слоев в настоящее время используются минеральная вата, пенополистирол, пенополиуретан и т. д. Получили широкое распространение следующие фасадные конструкции: сэндвич-панели, вентилируемые фасады и др. [1].

На выбор теплоизоляционных материалов влияют их характеристики: плотность, теплопроводность, теплоусвоение поверхности. Теплоизоляционные материалы являются слабым звеном в наружных ограждающих конструкциях, поскольку имеют ряд недостатков: горючесть, гигроскопичность, усадка, слабая шумоизоляция, низкая прочность и т. п. [2].

Известно, что наиболее эффективным теплоизолятором является воздух в неподвижном или малоподвижном состоянии [3], например, в замкнутых воздушных прослойках. Ещё в 1905 году В. М. Чаплин предложил использовать воздушные прослойки в качестве теплоизоляционного материала в ограждающих конструкциях. В результате проведенных исследований было показано, что:

- альтернативой одного слоя утеплителя может служить несколько воздушных прослоек;
- оптимальная ширина воздушной прослойки составляет 25...50 мм воздушные прослойки не следует делать высокими для уменьшения скорости циркуляции воздуха в них, по возможности, пересекать их по высоте горизонтальными перегородками;

• воздушные прослойки не должны соединяться между собой и с окружающим пространством, так как всякое проникновение воздуха из одной прослойки в другую или извне ухудшает теплоизоляционные свойства.

Несмотря на то, что эти исследования выполнены более 100 лет назад, ранее экранированные ограждающие конструкции без использования теплоизоляционных материалов в строительстве не применялись.

Целью работы является компьютерное моделирование теплового режима ограждающих конструкций, не использующих традиционные теплоизоляционные материалы. В качестве основного инструмента исследования использован программный комплекс ANSYS, позволяющий рассчитать процессы теплообмена и теплотехнические характеристики ограждающей конструкции. Ранее аналогичный подход был успешно использован для теплотехнического расчета многослойной ограждающей конструкции типа «сэндвич-панели» [4, 5].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В работе рассмотрены модели панелей, содержащих одну и 15 воздушных прослоек. На рис. 1 представлено поперечное сечение ограждающей конструкции с одной воздушной прослойкой (модель 1). Цифрами 1–6 отмечены номера слоев, характеристики которых приведены в таблице 1.

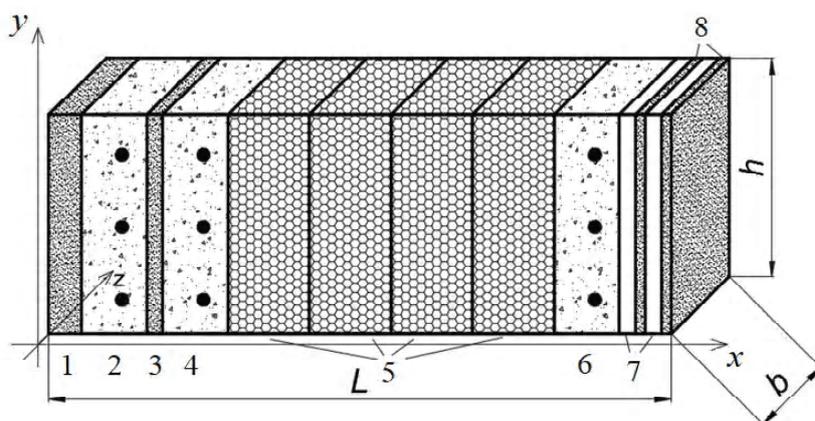


Рисунок 1 – Схема модели № 1 – Ограждающая конструкция с одной воздушной прослойкой.

Таблица 1 – Характеристика ограждающей конструкции по слоям

№ слоя	Наименование	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/м·°С	Толщина слоя δ , мм	Плотность ρ , кг/м ³	Удельная теплоемкость C_p , кДж/(кг·°С)
1	Штукатурка	0,7	10	1 600	0,84
2, 4, 6	Железобетон	1,92	30	2 500	0,84
3	Стяжка	0,76	5	1 800	0,84
5	Пенополистирол	0,052	200	10	1,34
7	Воздушная прослойка	0,14–0,28	16	1,225	1,005
8	Экран (цементносодержащая плита)	0,47	8	1800	0,84

Если предположить, что распределение температуры одинаково во всех поперечных сечениях, задачу можно рассматривать как двумерную. Если, кроме этого, пренебречь зависимостью температуры от вертикальной координаты, получим одномерное приближение задачи.

На рис. 2 представлена схема 3D модели ограждающей конструкции с 15 воздушными прослойками (модель № 2). Слои 1–8 те же, что и в модели № 1. В 3D постановке решена задача с учетом движения воздуха.

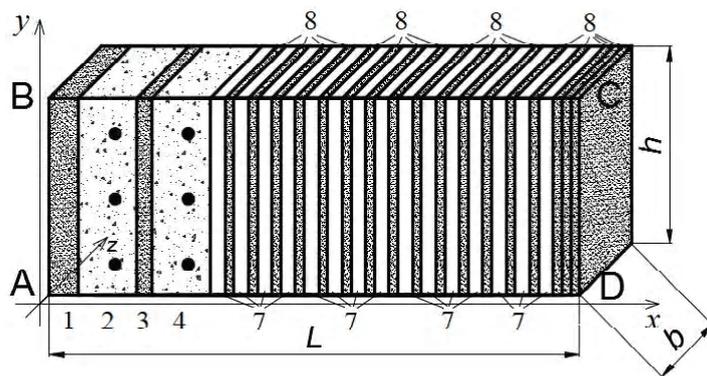


Рисунок 2 – Схема модели № 2 – 3D модель ограждающей конструкции с 15 воздушными прослойками.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ

Моделирование тепловых процессов в многослойной ограждающей конструкции выполнено в одно-, двух- и трехмерной постановках с использованием собственной программы в пакете MathCAD и различных модулей ПК ANSYS.

Подход 1. Для описания процессов теплопереноса в многослойной ограждающей конструкции в одномерной постановке используется 1D уравнение теплопроводности:

$$\rho \cdot C_p \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + F(x, t), \quad (1)$$

где $F(x, t)$ – функция, описывающая источники или стоки тепла. Уравнение (1) можно записать в виде:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K(x) \frac{\partial T}{\partial x} \right) + F(x, t), \quad (1')$$

где $K(x) = \lambda(x) / C_p(x) \cdot \rho(x)$ – коэффициент температуропроводности материала, $K > 0$;
 λ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/м·°С;
 ρ – плотность материала, кг/м³;
 C_p – удельная теплоемкость материала, кДж/(кг·°С).

Значения коэффициентов температуропроводности материалов различных слоев конструкции приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения коэффициента температуропроводности

№ слоя	Материал	Коэффициент температуропроводности K , м ² /с
1	Штукатурка	$5,6 \cdot 10^{-7}$
2, 4, 6	Железобетон	$8,1 \cdot 10^{-7}$
3	Стяжка	$5,6 \cdot 10^{-7}$
7	Воздушная прослойка	$1,8 \cdot 10^{-5}$
8	Экран (цементносодержащая плита)	$6,7 \cdot 10^{-7}$

Уравнение (1) решается методом установления в области $D = [0; T_k] \times [0; L]$, где L – толщина панели, T_k – конечный момент времени. В момент $t = 0$ задано начальное распределение температуры $T = 0$ °С. При $x = 0$ (внутренняя поверхность) и $x = L$ (наружная поверхность) заданы краевые условия 3-го рода (конвективного теплообмена):

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_w = \alpha(T_w - T_\infty), \quad (2)$$

где T_w – температура стенки, °С;
 T – температура окружающей среды, °С.

В расчетах использованы значения коэффициентов теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции $\alpha_{\text{вн}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$, наружной поверхности $\alpha_{\text{нар}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$. Расчётные температуры $T_{\infty, \text{вн}} = 21 \text{ }^\circ\text{С}$ для внутренней поверхности ($x = 0$) и $T_{\infty, \text{нар}} = -37 \text{ }^\circ\text{С}$ для наружной поверхности ($x = L$).

Построим в области D конечно-разностную сетку с шагами τ и h . Для решения $1D$ задачи используем неявную конечно-разностную схему со специальной аппроксимацией тепловых потоков, позволяющей рассчитывать уравнение с разрывным коэффициентом температуропроводности [5].

$$\frac{T_j^{n+1} - T_j^n}{\tau} = \frac{1}{h^2} \cdot \left[\frac{K_j^n + K_{j+1}^{n+1}}{2} (T_{j+1}^{n+1} - T_j^{n+1}) - \frac{K_j^n + K_{j-1}^n}{2} (T_j^{n+1} - T_{j-1}^{n+1}) \right], \quad (3)$$

Для аппроксимации краевых условий (2) используем соотношения:

$$\lambda_{\text{вн}} \frac{T_1^{n+1} - T_0^{n+1}}{h} = \alpha_{\text{вн}} (T_0 - T_{\infty, \text{вн}}); \quad -\lambda_{\text{нар}} \frac{T_M^{n+1} - T_{M-1}^{n+1}}{h} = \alpha_{\text{нар}} (T_M - T_{\infty, \text{нар}}).$$

Перепишем (3) в виде трехточечного уравнения:

$$AA_j \cdot T_{j-1}^{n+1} - CC_j \cdot T_j^{n+1} + BB_j \cdot T_{j+1}^{n+1} = FF_j, \quad (4)$$

где $AA_j = \frac{K_j + K_{j-1}}{2} \cdot \frac{\tau}{h^2}$; $BB_j = \frac{K_j + K_{j+1}}{2} \cdot \frac{\tau}{h^2}$; $CC_j = AA_j + BB_j + 1$; $FF_j = -T_j^n$.

Для определения решения на верхнем временном слое $n+1$ используется метод прогонки [5].

Подход 2. Процессы теплопереноса для моделей № 1, 2 и 3 в двух- и трехмерном приближении рассчитывались в модулях StaticThermal и Fluent ПК ANSYS.

Общий вид $2D/3D$ уравнения теплопроводности:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \sum_{i=1}^N \frac{\partial}{\partial x_i} K(x) \frac{\partial T}{\partial x_i} + Q + Q, \quad (5)$$

где $N = 2$ и 3 – для двух и трехмерной задачи, соответственно.

В двухмерной постановке рассматривалась панель высотой 1 м. На боковых поверхностях $x = 0$ и $x = L$ заданы условия конвективного теплообмена, аналогичные (2). На верхней и нижних границах AD , BC заданы условия теплоизоляции (отсутствие теплового потока).

При решении трехмерной задачи рассматривалась панель высотой 1 м и шириной 1 м. На всех боковых поверхностях типа Symmetry заданы условия теплоизоляции:

$$\left. \frac{\partial T}{\partial n} \right|_w = 0. \quad (6)$$

На внешней и внутренней поверхностях – условия конвективного теплообмена (2).

Данный подход позволяет моделировать стационарные тепловые процессы в твердых телах и в воздушных прослойках. Однако эффекты конвективного теплообмена за счет движения воздуха в воздушных прослойках, которые могут вносить существенный вклад в термическое сопротивление конструкции, в этом подходе не учитываются. Поэтому на следующем этапе (*Подход 3*) было выполнено моделирование задачи в модуле ANSYS Fluent.

Математическая модель, кроме уравнения теплопроводности, включает уравнения Навье – Стокса [6], которые описывают движение воздуха. Поэтому модель позволяет учесть конвективное движение воздуха в прослойках. Поскольку скорости потока невелики, расчет выполнен в предположении ламинарности течения. Учет силы тяжести и зависимости плотности воздуха от температуры необходим для организации естественной конвекции в замкнутых пространствах.

Для полноценного исследования был также проведен расчет с учетом лучистого теплообмена, для чего в правую часть уравнения добавлен источниковый член Q , который определяется законом Стефана-Больцмана:

$$Q = q_{\text{л}} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_{\infty}^4 - T_w^4), \quad (7)$$

где ε – излучательная способность поверхности (степень черноты);

σ – постоянная Стефана – Больцмана.

В дальнейших расчетах принято значение степени черноты экранов $\varepsilon = 0,4$ – что соответствует принятому материалу (алюминиевая фольга).

Воздух имеет низкую поглощающую и рассеивающую способность. В этом случае тепловым излучением самой среды можно пренебречь, а лучистый теплообмен вычисляется между поверхностями, ограничивающими эту среду, поэтому была выбрана модель S2S (SurfacetToSurface) для расчета лучистого теплообмена [5, 6].

Для оценки эффективности ограждающих конструкций используют величину термического сопротивления, которая характеризует свойство материала противостоять изменениям температур.

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_n} + \sum R_i + \frac{1}{\alpha_n} \quad (8)$$

Здесь $R_i = \delta_i / \lambda_i$ – термическое сопротивление i -го слоя конструкции;
 δ – толщина слоя ограждающей конструкции, м.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

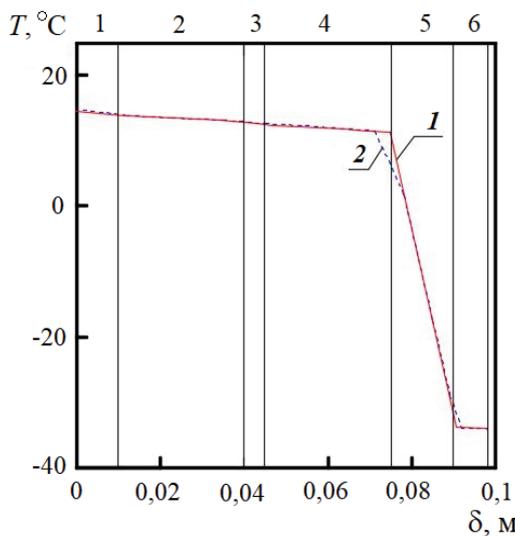


Рисунок 3 – Распределение температур по толщине ограждения (модель № 1): 1 – подход 1; 2 – подход 2.

На рис. 4 представлено распределение температуры по толщине панели модели № 2. Количество элементов сетки составляет 54 500. Анализ полученных данных, показал, что температура понижается равномерно по всей толщине ограждающей конструкции. Это свидетельствует о том, что конструкция теплоустойчива, т. е. тело стремится сохранить первоначальную температуру. Термическое сопротивление модели № 2 составляет $R = 10,71 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$. Падение температуры внутри отдельного слоя происходит по линейному закону и не зависит от y .

Области слабого изменения температуры соответствуют экранам, а области падения температур – воздушным прослойкам. Падение температуры в воздушной прослойке существенно, что объясняется низкой теплопроводностью воздуха и её шириной.

Далее выполнено моделирование температурного поля модели № 2 в ANSYS Fluent. Количество элементов сетки – 1 497 600. Размер сеточного элемента в воздушной прослойке равен 0,5 мм.

В результате расчетов видим, что в воздушных прослойках организуется естественное конвективное движение воздуха. Поток воздуха поднимается вверх вдоль более теплой стенки, а вдоль более холодной опускается вниз.

Решение задачи для модели № 1 получено с помощью подходов 1 и 2. В начальный момент стена имела температуру $T = 0 \text{ °C}$. Расчет «на установление» выполнен по описанным выше методикам. Количество элементов сетки в подходе 2 составляло 11 500 элементов. В подходе 1 использован шаг разностной сетки $h = 0,2 \cdot 10^{-3}$. Результаты расчетов представлены на рис. 3.

График распределения температур (подход 2) построен по сечению $y = 1 \text{ м}$. График показывает, что в слоях 1 4 и 6 температура изменяется незначительно, а в слое 5 (воздух) наблюдается резкое падение температуры, что можно объяснить низкой теплопроводностью воздуха.

Сравнительный анализ графиков распределения температуры показал, что результаты расчетов с использованием подходов 1 и 2 совпадают, за исключением узких зон на границах раздела воздух-твердое тело. Это свидетельствует о том, что в данной постановке поле температур является одномерным.

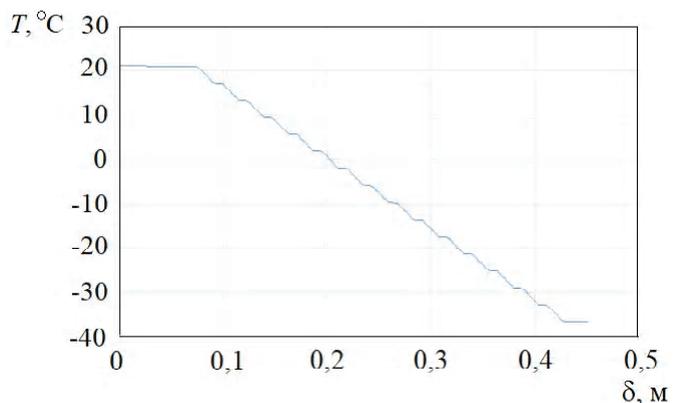


Рисунок 4 – Распределение температур по слоям ограждающей конструкции модели 2.

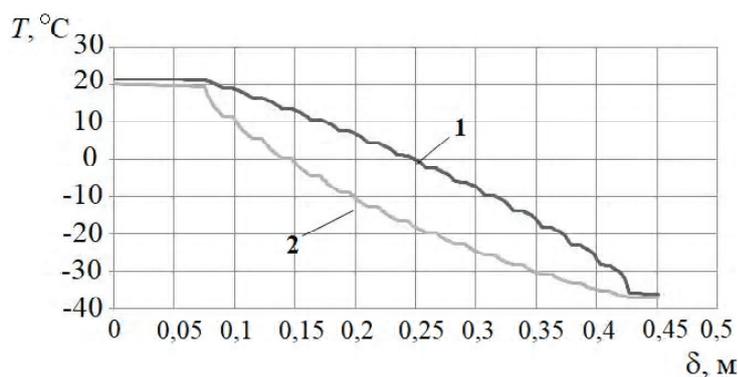


Рисунок 5 – Распределение температур в сечениях 1 и 2, расположенных в верхней и нижней частях конструкции стены.

Были рассчитаны модели ограждающей конструкции с толщинами воздушной прослойки 8, 12, 16, 20, 24, 32 мм. Кроме этого, изменялись размеры (высота и ширина) панели: 0,5×0,5; 1×1; 2×2 и 3×3 м. При увеличении толщины воздушной прослойки с 8 до 16 мм термическое сопротивление резко возрастает, а затем стабилизируется. Это можно объяснить изменением структуры воздушных потоков в толще воздушных прослоек.

За счет движения воздуха в воздушных прослойках образуются вихри. При увеличении толщины воздушных прослоек частные вихри сливаются в один вихрь, циркулирующий с большой скоростью между нагретыми и охлажденными поверхностями, что приводит к росту интенсивности теплообмена.

Таким образом, оптимальная толщина воздушной прослойки варьируется от 16 до 20 мм. Термическое сопротивление ограждающей конструкции $R = 9,32 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, при толщине прослойки 16 мм и размере конструкции 3×3 м.

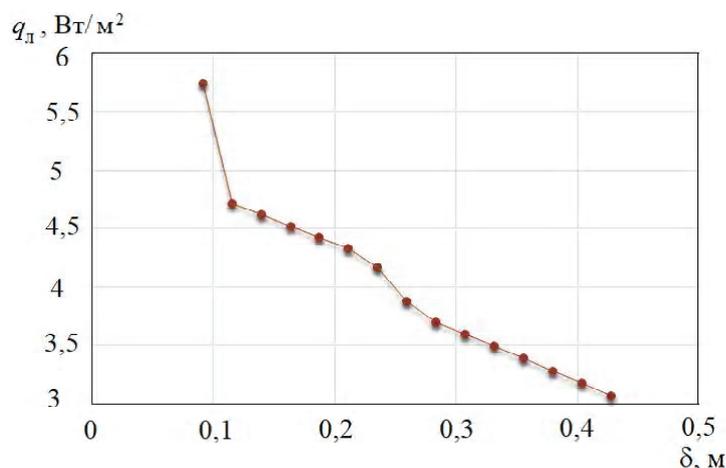


Рисунок 6 – Лучистый тепловой поток по толщине ограждения.

Следует отметить, что по нормативным документам значение термического сопротивления может быть вычислено только для одной воздушной прослойки, так как информация о распределении температуры внутри конструкции отсутствует. При моделировании в ПК ANSYS данные получены более точно, так как температура непосредственно вычисляется в каждом слое.

ВЫВОДЫ

1. Традиционные теплоизоляционные материалы в ограждающих конструкциях могут быть заменены экранированными наружными ограждениями.
2. Отсутствие теплоизоляционного материала в экранированных ограждающих конструкциях обуславливает их долговечность и пожаробезопасность.

Распределение температуры в верхнем сечении стенки 1 и в нижнем сечении 2 представлено на рис. 5, где видно, что распределение температуры зависит от положения сечения.

Анализ распределения температур показал, что в верхней части конструкции температура выше, чем в нижней, что можно объяснить движением воздуха в воздушных прослойках.

Следующей задачей являлся подбор оптимальной толщины воздушных прослоек. Для решения задачи использовалась геометрия модели № 3, в которой толщина воздушной прослойки является параметром.

Для полноценного исследования теплообмена был проведен расчет с учётом лучистого теплообмена [7]. На рис. 6 представлено изменение лучистого теплового потока q_l по толщине ограждающей конструкции с воздушными прослойками 16 мм.

Анализ полученных данных показывает, что интенсивность лучистого теплового потока снижается по толщине конструкции, что обуславливается изменением температуры по слоям конструкции. Полное термическое сопротивление наружного ограждения с учётом лучистого теплообмена, вычисленное в ПК ANSYS, составляет $R = 5,75 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, а по СП 50.13300.2012 $R = 4,7 \text{ м}^2\text{К/Вт}$.

3. Оптимальная толщина воздушной прослойки, при которой достигается максимальное термическое сопротивление, составляет 16÷20 мм.

4. В конструкции с малой шириной воздушной прослойки воздух неподвижен или движется с минимальной скоростью, и поэтому является хорошим теплоизолятором. При увеличении ширины воздушной прослойки – теплообмен возрастает за счет конвективной составляющей.

5. Снижение степени черноты поверхности экранов позволит достичь значений термического сопротивления $R = 9 \text{ м}^2\text{К/Вт}$. Это согласуется с результатами [3], где показано, что при $\varepsilon = 0,05$ вклад лучистого теплообмена близок к нулю.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Levin, Sh. Modular design and improvement system in the smart home with the use of interval multiset estimates [Текст] / Sh. Levin // Journal of communication technology and electronics, 2013. – Vol. 58. – P. 584–593.
2. Rita, Yi. The usage of automation system in smart home to provide a sustainable indoor environment: a content analysis in web 1.0 v [Текст] / Yi. Rita, Li. Man // International journal of smart home, 2013. – Vol. 7. – P. 47–59.
3. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий [Текст] / К. Ф. Фокин; под ред. Ю. А. Табунщикова, В. Г. Гагарина. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с.
4. Мансуров, Р. Ш. Исследование теплотехнических характеристик наружных экранированных ограждающих конструкций [Текст] / Р. Ш. Мансуров, Т. А. Рафальская, Д. И. Ефимов // Инвестиции, строительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения : материалы IX Международной научно-практической конференции. – В 2 частях, ч. 2. – Томск : Изд-во Том. гос. ахит.-строит. ун-та, 2019. – С. 709–714.
5. Данилов, М. Н. Численное исследование теплозащитных характеристик строительных сэндвич-панелей [Текст] / М. Н. Данилов, Н. Н. Федорова // Инженерно-физический журнал. – 2014. – Т. 87. – № 5. – С. 1096–1105.
6. Флэтчер, К. Вычислительные методы в динамике жидкостей [Текст] / К. Флэтчер. – М. : Мир, 1991. – 552 с.
7. Siegel, R. Thermal Radiation Heat Transfer. Hemisphere Publishing Corporation [Текст] / R. Siegel, J. R. Howell. – Washington : DC. – 1992. – 862 p.

Получено 14.03.2019

Р. Ш. МАНСУРОВ, Т. А. РАФАЛЬСЬКА
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖЕНЬ З ПОВІТРЯНИМИ ПРОШАРКАМИ
Новосибірський державний архітектурно-будівельний університет

Анотація. Запропонована екранована захисна конструкція зовнішньої стіни будівлі без використання теплоізоляційних матеріалів. Для забезпечення необхідного термічного опору зовнішнього огородження використовуються екрани (цементномістильні плити) з замкнутими повітряними прошарками. У програмному комплексі ANSYS виконано моделювання процесів теплопередачі в екранованій огорожувальній конструкції, що складається з несучої частини і екранів з замкнутими повітряними прошарками. Виявлено особливості процесу теплопередачі в товщі зовнішнього огородження.

Ключові слова: зовнішнє огородження, замкнутий повітряний прошарок, екран, теплопередача, термічний опір.

RUSTAM MANSUROV, TATYANA RAFALSKAYA
MATHEMATICAL MODELING OF THERMAL CHARACTERISTICS OF
EXTERNAL FENCES WITH AIR GAPS

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering

Abstract. A screened enclosing structure of the outer wall of the building without the use of thermal insulation materials is proposed. To ensure the required thermal resistance of the outer fence, screens (cement-containing slabs) with closed air gaps are used. In the ANSYS software package, the simulation of heat transfer processes was performed in a shielded building envelope consisting of a carrier part and screens with closed air gaps. The features of the heat transfer process in the thickness of the outer enclosure are revealed.

Key words: external enclosure, closed air gap, screen, heat transfer, thermal resistance.

Мансуров Рустам Шамильевич – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой теплогаснабжения и вентиляции Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). Заслуженный работник высшей школы РФ. Научные интересы: вентиляция, кондиционирование воздуха, микроклимат помещений, строительная теплофизика.

Рафальская Татьяна Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры теплогаснабжения и вентиляции Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). Научные интересы: теплоснабжение, строительная теплофизика, микроклимат помещений.

Мансуров Рустам Шамильевич – кандидат технічних наук, доцент; завідувач кафедри теплогазопостачання та вентиляції Новосибірського державного архітектурно-будівельного університету (Сібстрін). Заслужений працівник вищої школи РФ. Наукові інтереси: вентиляція, кондиціонування повітря, мікроклімат приміщень, будівельна теплофізика.

Рафальська Тетяна Анатоліївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплогазопостачання та вентиляції Новосибірського державного архітектурно-будівельного університету (Сібстрін). Наукові інтереси: теплопостачання, будівельна теплофізика, мікроклімат приміщень.

Mansurov Rustam – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Head of Heat Supply and Ventilation Department, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin). Honored Worker of Higher School of the Russian Federation. Scientifics interests: ventilation, air conditioning, indoor microclimate, building thermal physics.

Rafalskaya Tatyana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Heat Gas Supply and Ventilation Department, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin). Scientifics interests: heat supply, building heat physics, indoor microclimate.

УДК 691.328.1

В. И. КОРСУН, Н. А. ВИНОГРАДОВА, Г. А. ШВЕЦ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УЧЕТА В ПРОЧНОСТНЫХ РАСЧЕТАХ СТАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ В КАЧЕСТВЕ ВНЕШНЕЙ АРМАТУРЫ В ЭЛЕМЕНТАХ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

Аннотация. Данная статья посвящена решению актуальной в современном строительстве задачи снижения веса строительных конструкций при сохранении несущей способности. Описаны проведенные авторами прочностные испытания, показывающие положительное влияние стального профиля на несущую способность элементов сборно-монолитных перекрытий. Также приведены теоретические исследования, подтверждающие результаты эксперимента и показывающие эффективность учета в прочностных расчетах влияния профиля.

Ключевые слова: сборно-монолитные перекрытия, сталежелезобетонные балки, прочностные испытания.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В России сталежелезобетонные конструкции не являются новыми, однако не получают широкого распространения. Область их применения весьма ограничена: многопролетные и мостовые сооружения, водоводы и трубопроводы в гидроэлектростанциях, путепроводы и виадуки. В отдельных случаях сталежелезобетонные конструкции используют в строительстве высотных зданий.

Данная ситуация возникла в связи со сложностью их расчета и отсутствием на протяжении долгого времени актуальных нормативных документов по проектированию. Несомненно, введение СП 266.1325800.2016 «Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования» даст старт более широкому применению этого вида конструкций.

Однако сборно-монолитные перекрытия с балками по профилированному стальному настилу, которым посвящено данное исследование, в новом СП не представлены, что говорит о недостаточной их экспериментальной и теоретической изученности.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ.

Для оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) сталежелезобетонных конструкций проводят различные эксперименты: численные (аналитические) и натурные. Численные методы исследования поведения конструкции с помощью различных программных комплексов являются малозатратными по сравнению с экспериментальными исследованиями, однако последние имеют явное преимущество – наиболее обширные и достоверные сведения об НДС конструкции и особенностях ее поведения в реальных условиях эксплуатации.

В последние годы экспериментальные исследования сталежелезобетонных конструкций проводились в КазГАСУ [1], СПбПУ Петра Великого [2], Белорусско-Российском университете [3], японском Технологическом университете Кочи [4], Техническом университете г. Кошица [5]. В результате были получены обширные экспериментальные данные о них, апробированы и предложены к внедрению различные новые конструктивные решения.

Аналитические исследования проводились исследователями СПбГАСУ [6, 7], СПбПУ Петра Великого [8], Сиднейского университета [9], Политехнического университета Гонконга [10], Технического университета Праги [11], Технического университета г. Брно [12]. Перечисленные работы внесли вклад

в развитие методов расчета сталежелезобетонных конструкций, учета температурных деформаций и ползучести.

Авторы также имеют ряд статей по данной тематике [13, 14].

ЦЕЛИ

Изучить влияние продольного армирования и легковесных вставок на характеристики напряженно-деформированного состояния балочных элементов перекрытий системы «Марко» и разработать рекомендации по расчету трещиностойкости, деформаций и прочности по нормальным сечениям.

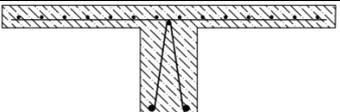
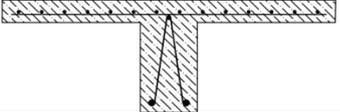
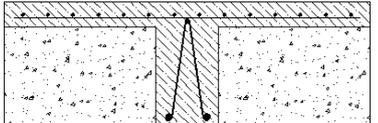
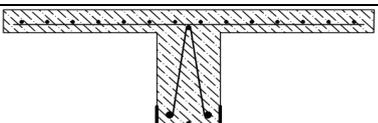
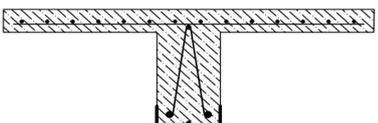
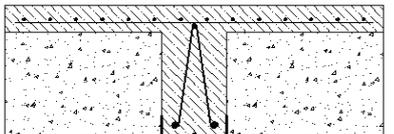
Задачи исследования:

- изучить влияние вида продольного армирования, наличия легковесных вставок на трещиностойкость и прочность балочных элементов конструкций;
- выполнить теоретические исследования характеристик напряженно-деформированного состояния составных конструкций системы «Марко», а также экспериментальные исследования при нагружении возрастающим до разрушения изгибающим моментом;
- разработать рекомендации по уточнению методик расчета СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» в части расчетов по образованию трещин, прогибов и прочности по нормальным сечениям сборно-монолитных конструкций системы «Марко».

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Произведено испытание шести образцов балочных элементов, особенности которых представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Изготовленные образцы

Номер балки	Вид поперечного сечения	Описание
I-I		Бетонная балка таврового сечения с арматурным каркасом
I-II		Бетонная балка таврового сечения с арматурным каркасом (аналогична I-I)
II		Бетонная балка таврового сечения с арматурным каркасом с газобетонными блоками размерами 600×300×200 мм, расположенными под свесами бетонного таврового сечения (ориентированными вдоль балки)
III-I		Бетонная балка таврового сечения с арматурным каркасом с профилем МАРКО-УНИВЕРСАЛ с гладкими стенками и дном
III-II		Бетонная балка таврового сечения с арматурным каркасом с профилем МАРКО-УНИВЕРСАЛ с гладкими стенками и дном. На месте произведена доработка балки путём сверления в бетоне отверстий и установки анкеров (по 10 шт. в днище профиля с каждой стороны).
IV		Бетонная балка таврового сечения с арматурным каркасом с профилем МАРКО-УНИВЕРСАЛ с гладкими стенками и дном каркасом с газобетонными блоками размерами 600×300×200 мм, расположенными под свесами бетонного таврового сечения (ориентированными вдоль балки) На месте произведена доработка балки путём сверления в бетоне отверстий и установки анкеров (по 10 шт. в днище профиля с каждой стороны).

Типовой арматурный каркас состоит из двух основных продольных стержней нижнего пояса \varnothing 12 мм А500С и одного продольного стержня верхнего пояса \varnothing 8 мм (рисунок 1,а), объединенных поперечной диагональной арматурой Вр-І \varnothing 5 мм с помощью контактной сварки (рисунок 1,б). На балках с профилем арматурный каркас установлен на гнутый оцинкованный профиль «Универсал» размером 120×40 мм, изготовленный из оцинкованной листовой стали толщиной 1 мм (рисунок 1,в).

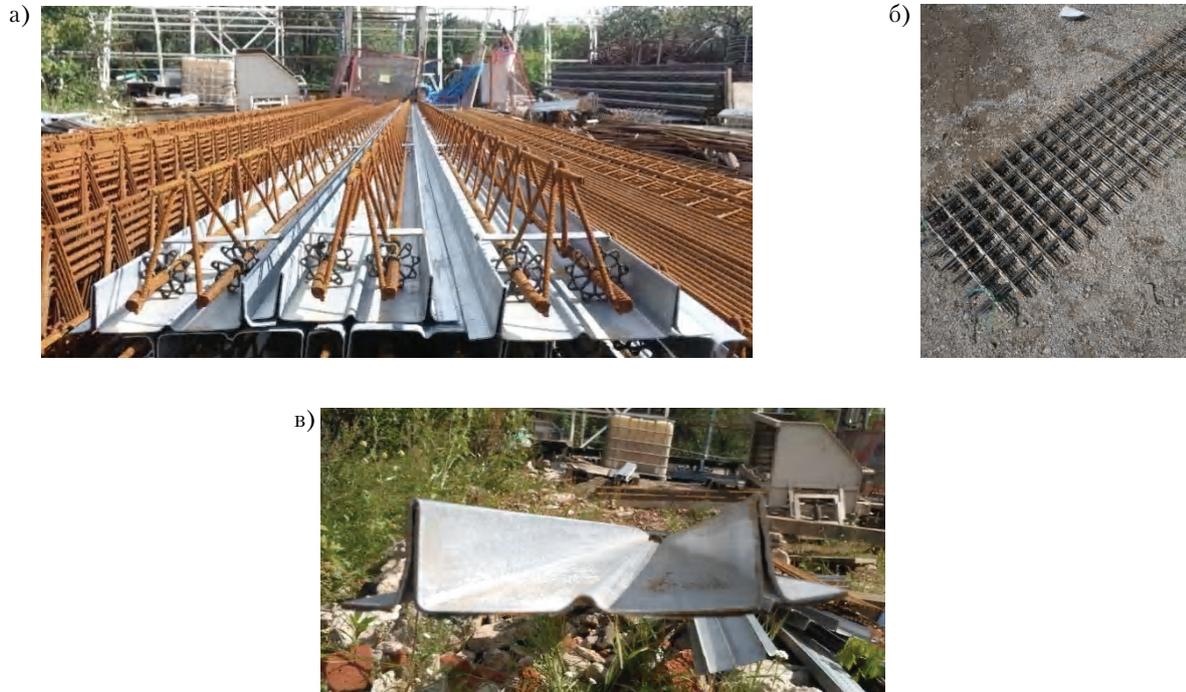


Рисунок 1 – Типовой арматурный каркас: а) треугольный арматурный каркас; б) арматурная сетка; в) стальной профиль.

Испытания балок проводились на базе научно-испытательной лаборатории «Политех-СКИМ-тест» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого кафедры «Строительная механика и строительные конструкции». Внешний вид балок и экспериментальная установка показаны на рисунке 2.



Рисунок 2 – Подготовка к проведению испытаний.

Балки испытывались по схеме шарнирно-опираемой балки с двумя сосредоточенными силами (рисунок 3). Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 8829-94.

Нагрузку прикладывали на расстоянии $1/3$ пролета от опор по оси балки симметрично в виде 2-х равных сосредоточенных поперечных сил домкратами. Усилие F , создаваемое гидравлическими

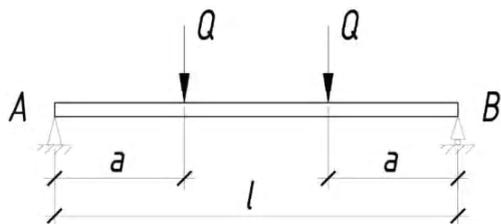


Рисунок 3 – Схема испытаний балок.

домкратами, достаточно точно контролируется по величине давления P рабочей жидкости (масла) в системе нагнетания (сила $F = P \cdot S_{\text{п}}$, где $S_{\text{п}}$ – площадь поршня). При постоянной для данного домкрата величине площади поршня соотношение силы F и давления P имеет прямую пропорциональную зависимость.

Первые нормальные трещины в бетоне образовались в сечениях под точками приложения нагрузки и имели незначительные раскрытия (до 0,05 мм). Затем в зоне чистого изгиба появлялись еще несколько трещин. Развитие

нормальных трещин в нижней зоне бетонной полки наблюдалось главным образом непосредственно перед разрушением.

За предельное состояние принималось физическое разрушение образцов, характеризовавшееся большими пластическими деформациями стального профиля (балка III-I) и разрушением ребра в зоне чистого изгиба.

Внешний вид балок перед разрушением и после разрушения показан на рисунке 4.

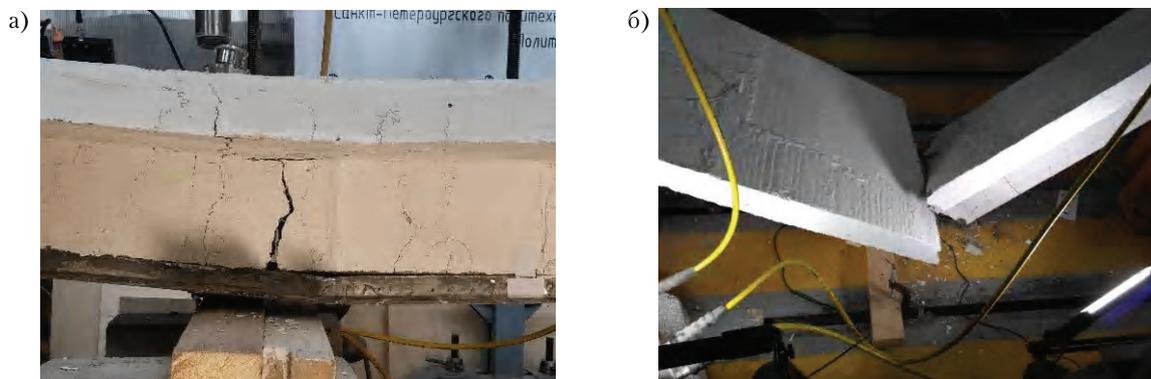
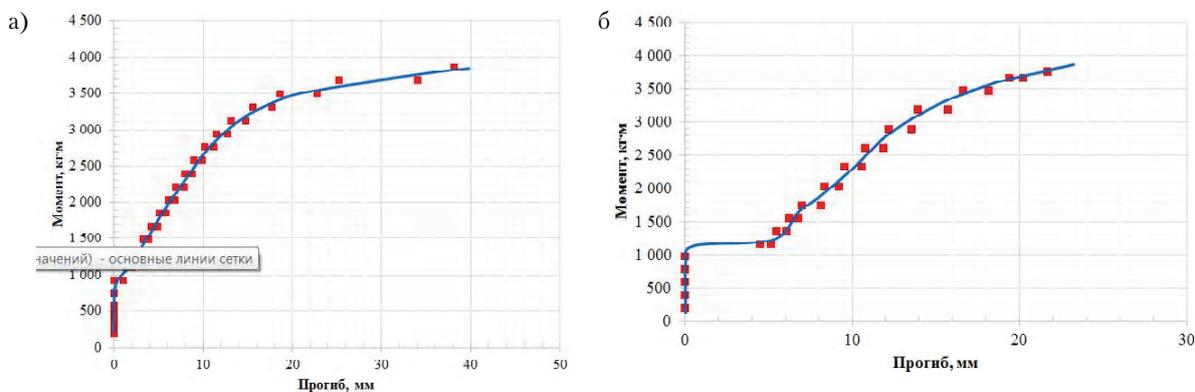


Рисунок 4 – Балка: а) перед разрушением; б) после разрушения.

В процессе проведения испытания зафиксированы прикладываемая нагрузка с помощью динамометров и прогибы в середине пролета с помощью прогибомеров.

На основании полученных данных построены графики зависимости значений прогибов образцов от изгибающего момента (рисунок 5).

На основании опытных данных выявлено, что у образцов со стальным профилем, уложенным по низу балки, несущая способность выше на 15 %, чем у образцов балок с бетонным основанием. А у образцов, стальной профиль которых заанкерен при помощи саморезов, несущая способность выше на 55 %.



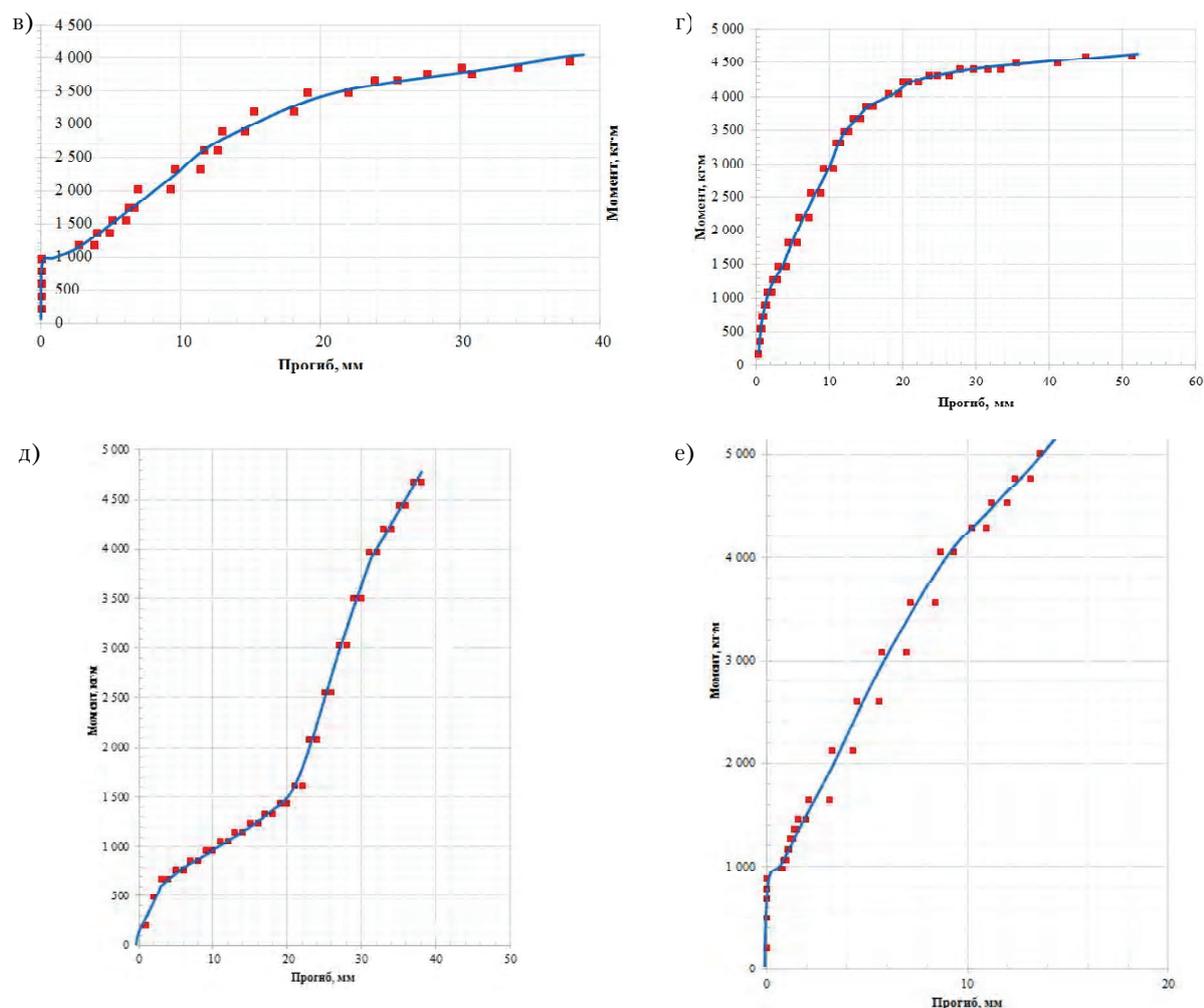


Рисунок 5 – Графики зависимости $M = f(f)$ для балок: а) I-I; б) I-II; в) II; г) III-I; д) III-II; е) IV.

В рамках теоретического исследования проведены расчеты образцов балок СМП по прочности нормальных сечений согласно СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения». Данный расчет изгибаемых элементов ведется в зависимости от положения границы сжатой зоны бетона в балке.

В случае рассматриваемых образцов балок СМП высотой 250 мм и длиной 3 000 мм граница сжатой зоны находится в полке, выше слоя арматурной сетки, уложенной поверх треугольного каркаса. Следовательно, все продольные арматурные стержни в балке являются растянутыми.

Результаты расчетов изгибающих моментов, а также сопоставление их с экспериментальными значениями (в процентном соотношении) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета

Образец 1 Балка I-I	Образец 2 Балка I-II	Образец 3 Балка II	Образец 4 Балка III-I	Образец 5 Балка III-II	Образец 6 Балка IV
Расчет по СП 63.13330.2012					
M = 2,62 т·м	M = 2,62 т·м	M = 2,52 т·м	M = 4,72 т·м	M = 4,31 т·м	M = 4,36 т·м
65 %		62,5 %	117,5 %	107 %	108,5 %
Опытные величины					
M = 4,00 т·м	M = 4,04 т·м	M = 4,02 т·м	M = 4,62 т·м	M = 6,12 т·м	M = 6,33 т·м
100 %		100 %	115,7 %	155 %	160 %
x = 2,16 см	x = 2,01 см	x = 2,11 см	x = 3,14 см	x = 2,9 см	x = 3,18 см

В таблице за значение в 100 % принят изгибающий момент, полученный как среднее арифметическое от опытных значений моментов в образцах I-I и I-II.

ВЫВОДЫ

По результатам опытных данных выявлено незначительное увеличение (порядка 15 %) несущей способности балок за счет применения тонкого стального профиля по низу несущих балок СМП. Но если профиль будет включаться в работу не только за счет собственного сцепления с бетоном, но и с помощью анкеровки, то увеличение несущей способности достигает порядка 55 % по сравнению с балками без профиля.

По результатам теоретического исследования сделан вывод о необходимости введения поправочного коэффициента, учитывающего сцепление профиля с бетоном для корректного определения максимального изгибающего момента в балках СМП.

Таким образом, применение внешнего армирования является эффективным средством повышения прочности и жесткости железобетонных изгибаемых элементов.

Дальнейшие экспериментальные и теоретические исследования будут являться важным вкладом в процесс внедрения данных конструкций в практику проектирования и строительства, дадут почву для дальнейших исследований в этой области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Замалиев, Ф. С. Экспериментальные исследования пространственной работы сталежелезобетонных конструкций [Текст] / Ф. С. Замалиев // Вестник МГСУ. – 2012. – № 12. – С. 53–60.
2. Технология легких сталебетонных конструкций из пенобетона и фиброцементных листов [Текст] / В. А. Рыбаков, Г. Л. Козинец, Н. И. Ватин, В. З. Величкин [и др.] // Инженерно-строительный журнал. – 2018. – № 6(82). – С. 103–111.
3. Медведев, В. Н. Прочность и деформативность балочных изгибаемых элементов с внешним листовым армированием [Текст] / В. Н. Медведев, С. Д. Семенюк // Инженерно-строительный журнал. – 2016. – № 3. – С. 3–15.
4. Soty, R. Formulation for Maximum Shear Force on L-Shape Shear Connector Subjected to Strut Compressive Force at Splitting Crack Occurrence in Steel-Concrete Composite Structures [Текст] / R. Soty, H. Shima // Procedia Engineering. – 2011. – № 14. – P. 2420–2428.
5. Analysis of encased steel beams with hollow cross-sections [Текст] / V. Kvocak, V. Kozlejova, D. Dubecky // Procedia Engineering. – 2012. – № 40. – P. 223–228.
6. Михаськин, В. В. Моделирование сталежелезобетонного перекрытия с профилированным настилом и оценка расчетной схемы в сравнении с ручным расчетом [Текст] / В. В. Михаськин, М. А. Карачева // Вопросы науки и образования. – 2018. – № 7(19). – С. 56–58.
7. Харлаб, В. Д. О расчет сталежелезобетонных балок с учетом линейной и нелинейной ползучести бетона [Текст] / В. Д. Харлаб, К. В. Козлов // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 3(50). – С. 109–114.
8. Напряженно-деформированное состояние фрагмента сталежелезобетонного перекрытия в условиях огневого воздействия [Текст] / В. А. Рыбаков, И. А. Ананьева, А. О. Родичева, О. Т. Огидан // Инженерно-строительный журнал. – 2017. – № 6(74). – С. 161–174.
9. Tahmasebinia, F. Three-Dimensional FE Modelling of Simply-Supported and Continuous Composite Steel-Concrete Beams [Текст] / F. Tahmasebinia, G. Ranzi // Procedia Engineering. – 2011. – № 14. – P. 434–441.
10. Chung, K. F. Advanced Finite Element Modelling of Composite Beams with High Strength Materials and Deformable Shear Connectors [Текст] / K. F. Chung, C.K. Chan // Procedia Engineering. – 2011. – № 14. – P. 1114–1122.
11. Machacek, J. Design of Shear Connection between Steel Truss and Concrete Slab [Текст] / J. Machacek, M. Charvat // Procedia Engineering. – 2013. – № 57. – P. 722–729.
12. Holomek, J. Test Arrangement of Small-scale Shear Tests of Composite Slabs [Текст] / J. Holomek, M. Bajera, M. Vilda // Procedia Engineering. – 2016. – № 161. – P. 716–721.
13. Огнестойкость сборно-монолитных часторебристых плит по балкам со стальным профилем [Текст] / М. В. Гравит, Е. С. Недвига, Н. А. Виноградова, Ж. С. Теплова // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2016. – № 12(51). – С. 73–83.
14. Теплова, Ж. С. Прочность сталежелезобетонных образцов при центральном сжатии [Текст] / Ж. С. Теплова, Н. А. Виноградова // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. – № 5(32). – С. 29–38.

Получено 12.03.2019

В. И. КОРСУН, Н. А. ВИНОГРАДОВА, Г. А. ШВЕЦЬ
ЕФЕКТИВНІСТЬ УРАХУВАННЯ В МІЦНІСНИХ РОЗРАХУНКАХ
СТАЛЕВОГО ПРОФІЛЮ В ЯКОСТІ ЗОВНІШНЬОЇ АРМАТУРИ В
ЕЛЕМЕНТАХ ЗБІРНО-МОНОЛІТНИХ ПЕРЕКРИТТІВ

Санкт-Петербурзький політехнічний університет Петра Великого

Анотація. Дана стаття присвячена розв'язанню актуальної у сучасному будівництві задачі зниження ваги будівельних конструкцій при збереженні несучої здатності. Вона описує проведені авторами міцнісні випробування, що показують позитивний вплив сталевих профілів на несучу здатність елементів збірно-монолітних перекриттів. Також у статті наведені теоретичні дослідження, що підтверджують результати експерименту і показують ефективність урахування в міцнісних розрахунках впливу профілю.

Ключові слова: збірно-монолітні перекриття, сталезалізобетонні балки, міцнісні випробування.

VLADIMIR KORSUN, NATALIA VINOGRADOVA, GEORGIY SHVETS
THE EFFECTIVENESS OF ACCOUNTING IN THE STRENGTH CALCULATIONS
OF STEEL PROFILES AS EXTERNAL REINFORCEMENT IN THE ELEMENTS
OF PREFABRICATED MONOLITHIC FLOORS

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Abstract. This article is devoted to solving the actual task in modern construction of reducing the weight of building structures while maintaining the carrying capacity. It describes the strength tests carried out by the authors, showing the positive effect of the steel profile on the bearing capacity of the elements of composite monolithic floors. The article also presents theoretical studies confirming the results of the experiment and showing the effectiveness of the account in the strength calculations of the influence of the profile.

Key words: precast-monolithic floors, steel concrete beams, strength tests.

Корсун Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры строительства уникальных зданий и сооружений Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Научные интересы: исследование закономерностей кратковременного и длительного деформирования бетона, железобетона, сталефибробетона в условиях одноосных напряженных состояний, в том числе в условиях действия повышенных температур, разработка физических соотношений для бетонов средней и высокой прочности. Участие в разработке строительных норм проектирования.

Виноградова Наталья Анатольевна – аспирант кафедры строительства уникальных зданий и сооружений Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Научные интересы: влияние жесткой стальной профилированной арматуры на напряженно-деформированное состояние балочных железобетонных конструкций.

Швец Георгий Андреевич – аспирант кафедры строительства уникальных зданий и сооружений Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Научные интересы: влияние воздействий повышенных температур и нагружений различной длительности на напряженно-деформированное состояние статически неопределимых конструкций балочного типа из высокопрочного бетона.

Корсун Володимир Іванович – доктор технічних наук, професор кафедри будівництво унікальних будівель і споруд Санкт-Петербурзького політехнічного університету Петра Великого. Наукові інтереси: дослідження закономірностей короткочасного та тривалого деформування бетону, залізобетону, сталефібробетону в умовах одноосових напружених станів, у тому числі в умовах дії підвищених температур, розробка фізичних співвідношень для бетонів середньої і високої міцності. Участь у розробці будівельних норм проектування.

Виноградова Наталія Анатоліївна – аспірант кафедри будівництво унікальних будівель і споруд Санкт-Петербурзького політехнічного університету Петра Великого. Наукові інтереси: вплив жорсткої сталевих профільованої арматури на напружено-деформований стан балкових залізобетонних конструкцій.

Швец Георгій Андрійович – аспірант кафедри будівництва унікальних будівель і споруд Санкт-Петербурзького політехнічного університету Петра Великого. Наукові інтереси: вплив підвищених температур і навантажень різної тривалості на напружено-деформований стан статично невизначених конструкцій балкового типу з високоміцного бетону.

Korsun Vladimir – D. Sc. (Eng.), Professor, Construction of Unique Buildings and Structures Department, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. Scientific interests: the study of patterns of short-term and long-term deformation of concrete, reinforced concrete, steel fiber concrete under conditions of non-axial stress states, including under the action of elevated temperatures, the development of physical ratios for concrete of medium and high strength. Participation in the development of building design standards.

Vinogradova Natalia – graduate student, Construction of Unique Buildings and Structures Department, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. Scientific interests: the effect of rigid steel profiled reinforcement on the stress-strain state of girder reinforced concrete structures.

Shvets Georgiy – graduate student, Construction of Unique Buildings and Structures Department, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. Scientific interests: the influence of the effects of elevated temperatures and loads of various durations on the stress-strain state of statically indefinable beam-type structures of high-strength concrete.

УДК 620.9 : 504; 621.484/.486

Ф. В. НЕДОПЕКИН, Н. С. ШЕСТАВИН, В. В. ЮРЧЕНКО
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»**ПРОЕКТ СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА НА ПЕРЕКРЕСТКЕ
УЛИЦ**

Аннотация. В крупных городах важной экологической проблемой становится загрязнение воздуха выхлопами автомобилей, которые регулярно накапливаются на некоторых оживленных перекрестках. Предложено устанавливать на таких перекрестках очистные сооружения, работающие на базе тепловой энергии окружающей среды. Приведен пример такого сооружения для самого проблемного перекрестка города Донецка, посредством которого будет осуществляться очистка воздуха от выхлопных газов автомобилей, а также захват диоксида углерода при условии самообеспечения электроэнергией.

Ключевые слова: очистка воздуха, перекресток улиц, тепловая энергия, диоксид углерода, электроэнергия.

Смягчение последствий глобального изменения климата в настоящее время возможно путем широкомасштабного применения технологий с негативными выбросами и надежной секвестрации парниковых газов [1], которые могут и должны применяться на территории Донбасса [2]. Одним из существенных источников парниковых газов, а также общего загрязнения окружающей природной среды являются выбросы выхлопных газов автомобильного транспорта, особенно в периоды неполного сгорания топлива, что характерно при пересечении автотранспортом перекрестков улиц крупных городов.

Очистка воздуха от природных и антропогенных загрязнителей может осуществляться непосредственно в местах концентрации таких загрязнителей посредством стационарных и подвижных устройств [2], разработкой и внедрением которых занимаются многие научные организации и коммерческие компании. Наибольших успехов в направлении прямого улавливания загрязнителей и диоксида углерода (CO_2) из воздуха достигла швейцарская компания Climeworks, эксплуатируя демонстрационную установку мощностью 900 тонн CO_2 в год [1] и реализуя его в пищевой промышленности и тепличных хозяйствах Швейцарии.

Установки по прямому захвату CO_2 из воздуха и очистке воздуха от различных загрязнителей требуют значительных затрат электроэнергии. Поэтому, с целью повышения энергоэффективности таких установок и обеспечения высокого качества городской окружающей среды предлагается использовать в подобных установках низкотемпературное тепло загрязненного воздуха, который концентрируется на перекрестках улиц городов.

Электричество может быть произведена путем прямого преобразования солнечного света в электричество с помощью фотоэлектрических элементов или косвенного преобразования с помощью солнечных тепловых систем. Такие солнечные системы для получения электроэнергии включают параболические зеркальные системы, системы центрального приемника излучения, двигатель Стирлинга и «солнечные электростанции типа трубы» (Solar Chimney Power Plant – SCPP) [3].

SCPP является солнечной тепловой электростанцией, которая использует парниковый принцип (солнечный воздушный коллектор) и эффект плавучести, который поддерживается в трубе и индуцируется солнцем как конвективный поток, приводящий в движение турбогенератор для выработки электроэнергии. Традиционный SCPP состоит из круговых прозрачных навесов или крыш, поднятых на определенную высоту над землей, с трубой или башней в центре. В центральной трубе находится один

или несколько турбогенераторов. Воздух поступает в систему из окружающего пространства по окружности между крышей коллектора и землей. Излучение солнца проникает в коллектор через крышу и попадает на поверхность земли и подогревает землю, а отражаясь, нагревает соседний воздух выше температуры окружающей среды, далее нагретый до определенной температуры воздух поступает на выход коллектора.

Теплый воздух из коллектора движется в сторону и вверх в центральную трубу, в результате плавуности и разности давлений между окружающим воздухом и теплым воздухом внутри SCPP. Кинетическая энергия теплого воздуха превращается в электрическую энергию с помощью турбогенератора.

В 1981 году немецкая инженеринговая компания Schlaich Bergemann and Partners (SBP) предложила, спроектировала, построила и испытала SCPP в Manzanares, Испания. Эта SCPP имела коллектор диаметром 240 м и трубу высотой в 195 м и 10 м в диаметре. Это самая большая построенная SCPP на сегодняшний день предназначена для получения 50 кВт электроэнергии [4]. Номинальная выходная мощность экономически обоснованных SCPP в три-четыре порядка выше, чем результат SCPP в Manzanares. Результаты эксплуатации SCPP в Manzanares показали, что эта концепция является возможной альтернативой обычных электростанций. С учетом результатов эксперимента по SCPP в Manzanares и различных новых модельных исследований и разработок можно констатировать, что SCPP имеет общую эффективность ниже 2 %, которая во многом зависит от высоты трубы и площади коллектора.

SCPP имеет некоторые преимущества для выработки электроэнергии, а также некоторые недостатки по сравнению с другими энергетическими системами [2].

Преимущества SCPP:

- SCPP использует прямое и диффузное излучения;
- строительные материалы (в основном из стекла и бетона) для SCPP относительно недороги и доступны;
- SCPP не требует никаких возобновляемых видов топлива для того, чтобы работать, и не производит никаких выбросов;
- SCPP работает с использованием простой технологии. За исключением, возможно, турбо-генератора;
- SCPP не требует водяного охлаждения;
- SCPP имеет низкую стоимость обслуживания;
- SCPP имеет длительный срок службы (по крайней мере от 80 до 100 лет);
- SCPP подходит для работы в тропиках и в пустынных районах, где солнечная радиация является очень надежным источником энергии.

Недостатки SCPP:

- для того чтобы стать экономически жизнеспособными, SCPP должен быть построен очень больших масштабов;
- выход электроэнергии от SCPP не является постоянным в течение всего дня или года;
- строительство SCPP требует большого количества материалов, тем самым вызывая логистические проблемы, связанные с наличием и транспортировкой материалов;
- нет структуры оценок, которые бы сейчас предлагались для определения экономической рентабельности SCPP;
- эффективность SCPP ниже 2 % и в основном зависит от высоты дымовой трубы и площади коллектора.

Для анализа потенциала применения SCPP для удаления загрязняющих веществ и CO₂ из выхлопных газов автомобиля наиболее рационально осуществлять в зонах скопления автомобилей, то есть на наиболее интенсивных перекрестках, когда неполное сгорание происходит в режиме ожидания. Использование устройств для улавливания CO₂ из воздуха может быть экономически выгодным в случае использования дополнительных источников энергии из окружающей среды как природных, так и искусственного происхождения.

Например, разработаны устройства и способы по утилизации промышленных отходов тепла, сточной горячей воды или отработанного пара для повышения эффективности работы SCPP [5]. Такую же роль дополнительного источника энергии для SCPP могут сыграть горячие выхлопные газы автомобильного транспорта. Кроме того, в качестве наружной поверхности коллектора можно покрывать прозрачными тонкопленочными фотоэлектрическими батареями [6], что позволит обеспечить собственные потребности устройства в электроэнергии.

На основе этих предложений по созданию солнечных электростанций, которые будут экономически эффективными, если используется дополнительная энергия от окружающей среды естественно (солнце и ветер) и искусственного (горячие выхлопные газы от автомобилей) происхождения, предлагается устройство, которое можно расположить в городе Донецке на пересечении улицы Артема и проспекта Богдана Хмельницкого (рис. 1), под названием «Воздушный террикон» (ВТ), так как это устройство выглядит почти так же, как большинство терриконов Донбасса. ВТ предназначен для очистки воздуха от выхлопных газов автомобилей на перекрестках улиц и для улавливания парниковых газов [7].

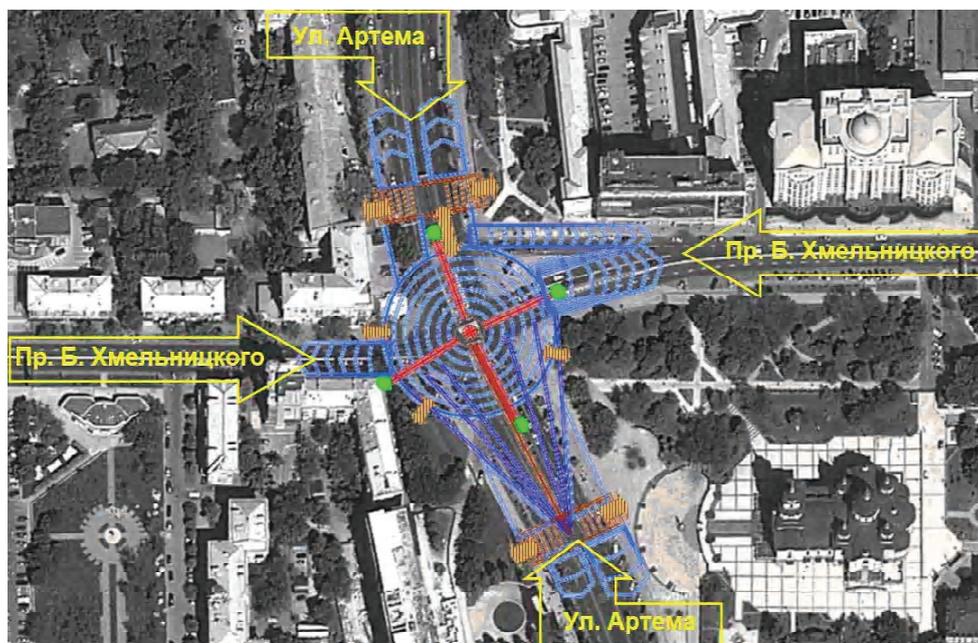


Рисунок 1 – Расположение «Воздушного террикона» в Донецке.

Для выполнения этих экологических функций используется электроэнергия, вырабатываемая вертикальной и горизонтальной ветровыми турбинами и системой солнечных батарей. Силовая структура состоит из стеклянного конуса, корпуса тепловой трубки, монорельсового транспорта и ребер – сектора конуса с солнечными батареями. Тепловая труба помещается над областью перекрестка, где двигаются автомобили. В пространстве между стеклянным конусом и воронкой тепловой трубы располагаются коммерческие площадки, а в секторе конуса – смотровые площадки и познавательная зона отдыха (рис. 2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Negative Emissions Technologies and Reliable Sequestration: A Research Agenda [Text] / Committee on Developing a Research Agenda for Carbon Dioxide Removal and Reliable Sequestration, Board on Atmospheric Sciences and Climate, Board on Energy and Environmental Systems and etc. – Washington, DC : The National Academies Press, 2019. – 510 p. – ISBN 978-0-309-48452-7.
2. Низко-углеродные возможности для промышленных регионов Украины [Текст] : монография / Н. С. Шеставин, Ф. В. Недопекин, В. В. Осетров, В. В. Юрченко. – Дружковка : Юго-Восток, 2015. – 239 с. – ISBN 978-966-374-822-1.
3. Solar Chimney Power Plant – A Review [Текст] / P. J. Bansod, S. B. Thakre, N. A. Wankhade // International Journal of Modern Engineering Research. – 2014. – Vol. 4, Iss. 11. – P. 18–34.
4. Design of Commercial Solar Updraft Tower Systems – Utilization of Solar Induced Convective Flows for Power Generation [Текст] / J. Schlaich, R. Bergemann, W. Schiel, G. Weinrebe // Journal of Solar Energy Engineering. – 2005. – Vol. 127. – P. 117–124.
5. A by using industrial waste heat and solar energy heat power generation wind tower device and method for hot wind tower power generation device and method by using industrial waste heat and solar energy [Text] / Liang Kunfeng, Gao Chunyan, Fu Zhumu, Lin Wang, Chang Zhiyong // CN102691626 (A). – 2012. № 09–26. – (in Chinese).

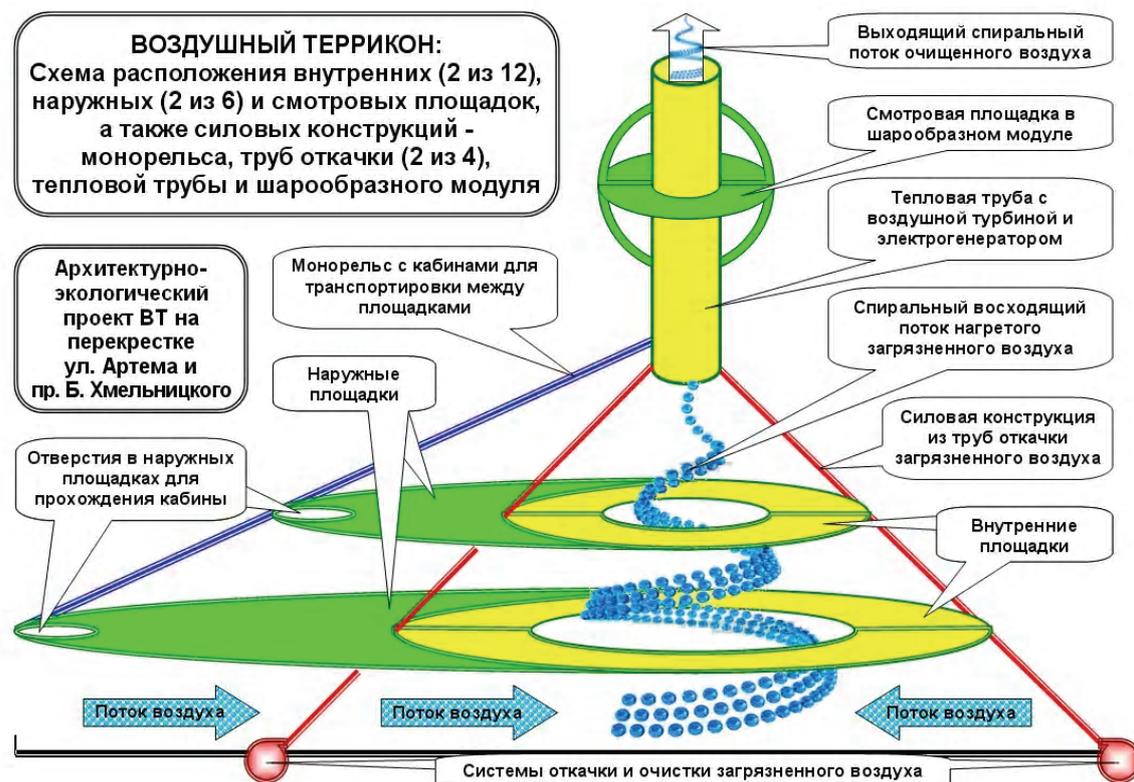


Рисунок 2 – Упрощенная схема «Воздушного террикона».

- Xingwen, Mo Combining photovoltaic technology of solar heating wind power-generating system – Solar chimney power generation system combining photovoltaic technology [Text] / Mo Xingwen // CN202385034 (U). – 2012. № 08–15. – (in Chinese).
- Shestavin, M. S. Capabilities Sequestration Anthropogenic Emissions from Low Fugitive Sources [Текст] / M. S. Shestavin : Materials digest of the XXXII International Scientific and Practical Conference «Models and Methods of Solving Formal and Applied Scientific Issues in Phys.-Math., Tech. and Chem. Research» (United Kingdom, London, September 20–25, 2012). – London : International Academy of Science and Higher Education, 2012. – P. 65–67.

Получено 05.03.2019

Ф. В. НЕДОПЕКІН, М. С. ШЕСТАВІН, В. В. ЮРЧЕНКО
ПРОЕКТ СПОРУДИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ НА ПЕРЕХРЕСТІ ВУЛИЦЬ
ДОНУ ВПО «Донецький національний університет»

Анотація. У великих містах важливою екологічною проблемою стає забруднення повітря вихлопами автомобілів, які регулярно накопичуються на деяких поживавлених перехрестях. Запропоновано встановлювати на таких перехрестях очисні споруди, що працюють на базі теплової енергії навколишнього середовища. Наведено приклад такої споруди для самого проблемного перехрестя міста Донецька, за допомогою якого буде здійснюватися очищення повітря від вихлопних газів автомобілів, а також захоплення діоксиду вуглецю за умови самозабезпечення електроенергією.

Ключові слова: очищення повітря, перехрестя вулиць, тепла енергія, діоксид вуглецю, електроенергія.

FEDOR NEDOPEKIN, NIKOLAY SHESTAVIN, VIKTORIA YURCHENKO
THE PROJECT FACILITIES FOR AIR PURIFICATION AT THE CROSSROADS
Donetsk National University

Abstract. In large cities, air pollution from automobile emissions that regularly accumulate at some busy intersections becomes an important environmental issue. It has been proposed to install treatment facilities at such intersections operating on the basis of environmental thermal energy. An example of such a construction is given for the most problematic crossroads of the city of Donetsk, through which air will be cleaned from vehicle exhaust gases, as well as carbon dioxide capture, subject to self-sufficiency in electricity.
Key words: air purification, street intersection, thermal energy, carbon dioxide, electric power.

Недопекин Федор Викторович – доктор технических наук, профессор кафедры физики неравновесных процессов, метрологии и экологии ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Научные интересы: физическая гидродинамика в металлургии, теплоэнергетике и экологии.

Шестакин Николай Степанович – кандидат технических наук, заведующий отделом научно-технической информации научно-исследовательской части ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Научные интересы: моделирование аэродинамических процессов в устройствах возобновляемых источников энергии.

Юрченко Виктория Владимировна – соискатель кафедры физики неравновесных процессов, метрологии и экологии ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Научные интересы: программирование и расчетные эксперименты с аэродинамическими процессами в устройствах возобновляемых источников энергии.

Недопекін Федір Вікторович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри фізики нерівноважних процесів, метрології та екології ДОНУ ВПО «Донецький національний університет». Наукові інтереси: фізична гідродинаміка в металургії, теплоенергетиці та екології.

Шестакин Микола Степанович – кандидат технічних наук, завідувач відділу науково-технічної інформації науково-дослідної частини ДОНУ ВПО «Донецький національний університет». Наукові інтереси: моделювання аеродинамічних процесів в пристроях поновлюваних джерел енергії.

Юрченко Вікторія Володимирівна – здобувач кафедри фізики нерівноважних процесів, метрології та екології ДОНУ ВПО «Донецький національний університет». Наукові інтереси: програмування та розрахункові експерименти з аеродинамічними процесами в пристроях поновлюваних джерел енергії.

Nedopekin Fedor – D. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Physics of Nonequilibrium Processes, Metrology and Ecology, Donetsk National University. Scientifics interests: physical hydrodynamics in metallurgy, power system and ecology.

Shestavin Nikolay – Ph. D. (Eng.), Head of the Department of Scientifics interests and Technical Information of the Research Section, Donetsk National University. Scientifics interests: modeling of aerodynamic processes in devices of renewable energy sources.

Yurchenko Viktoria – applicant for the Department of Physics of Nonequilibrium Processes, Metrology and Ecology, Donetsk National University. Scientifics interests: programming and computational experiments with aerodynamic processes in devices for renewable energy sources.

УДК 7.04:535.4.011.22.23

М. О. МОИСЕЕНКО, О. Н. ПОПОВ, А. П. МАЛИНОВСКИЙ
ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»**НДС НЕРАЗРЕЗНЫХ ПЛАСТИН С МАЛОЙ НАЧАЛЬНОЙ ПОГИБЬЮ ИЗ
ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ПРИ РАЗНЫХ ПАРАМЕТРАХ
ОПИРАНИЯ**

Аннотация. Исследуется изменение напряженно-деформированного состояния двухпольных гибких пластин, находящихся под действием температурной нагрузки. Проводится сравнительный анализ пластин разной гибкости $\lambda = 72; 50; 33$ (отношение меньшего размера пластины a к толщине h) с разными граничными условиями их опирания. Материал конструкции – сплав Вт6. При расчете учитывается наличие в пластинах начальных несовершенств формы – начального прогиба.

Ключевые слова: двухпольная пластина, температурная нагрузка, начальный прогиб, неоднородность материала, геометрическая нелинейности.

Элементы конструкции, состоящие из неразрезных пластин разных толщин и гибкости, находят свое применение в авиастроении, машиностроении, строительстве [1]. Наличие начальных несовершенств начальной формы могут значительно изменять характер поведения пластин под внешним воздействием по сравнению с заложенными при проектировании прямолинейными формами. Кроме того, конструкции подобного типа могут подвергаться не только внешним силовым нагрузкам, но и температурным воздействиям. Поэтому важно при проектировании конструкций одновременно учитывать геометрическую нелинейность, изменение физических свойств материала под нагрузкой. Анализ работ, посвященных расчету пластин и оболочек, дает основание говорить об актуальности исследований, а также об отсутствии единой методики расчета.

Целью представленной работы является проведение исследования, на основе ранее разработанной методики и программы расчета [3] изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) неразрезных пластин с малой начальной погибью, находящихся под действием температурной нагрузки. А также проведение сравнительного анализа влияния граничных условий на изменение характеристик НДС пластин.

Расчет велся в перемещениях аналитически энергетическим методом [3]. Учитывалось изменение механических свойств материала в зависимости от температуры [2] и геометрическая нелинейность по Т. Карману [4]. Исходя из минимума функционала, определялись варьируемые параметры функций перемещений, по которым определялись деформации и напряжения.

В представленной статье рассматриваются пластины гибкостью $\lambda = 72; 50; 33$ (отношение меньшего размера пластины a к толщине h) с начальным синусоидальным прогибом – W_0 в продольном направлении. Максимальный начальный прогиб – W_0 в центре пластины равен половине толщины. Пластина, выполненная из материала Вт6 [2], разделена симметрично на две панели шарнирно подвижным поперечным подкреплением. На пластину действует температурное поле, которое в продольном направлении изменяется линейно по треугольной зависимости (рис. 1). Граничные условия пластины: поперечные кромки жестко защемлены, продольные кромки имеют шарнирное закрепление.

Для наглядности полученных результатов и проведения сравнительного анализа ниже приведены эпюры, построенные вдоль продольной оси симметрии пластины с максимальным начальным прогибом, равным половине толщины пластины, которые характеризуют поперечные перемещения

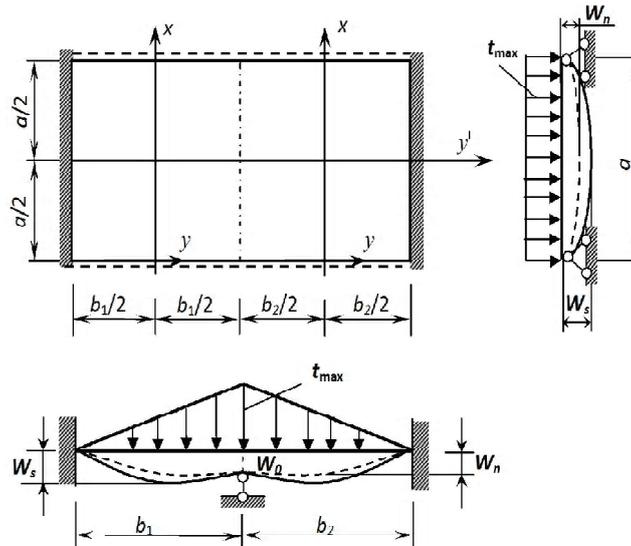


Рисунок 1 – Расчетная схема неразрезной пластины с начальным прогибом.

и интенсивность напряжений пластин с разной гибкостью $\lambda = 72; 50; 33$ и максимальной температурой $t = 100 \div 400$ град.

На рис. 2 представлены эпюры суммарных прогибов панели W_s гибкостью $\lambda = 50; 72$ с начальным прогибом $h/2$ при разных значениях возрастающей максимальной температуры.

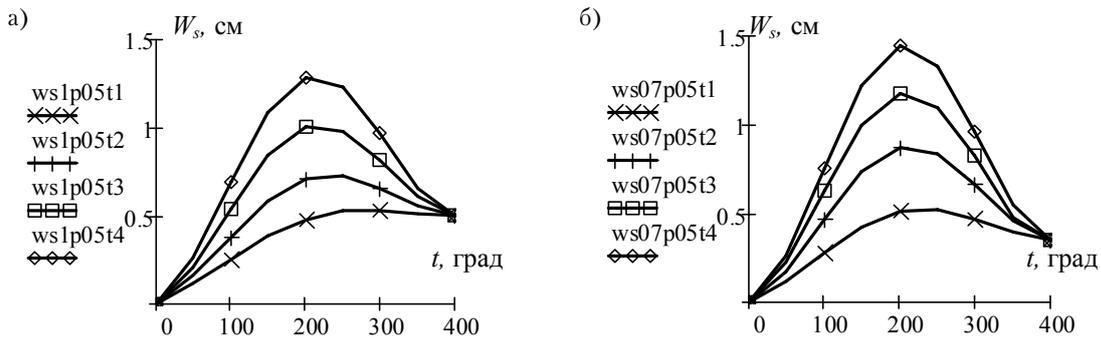


Рисунок 2 – Эпюры суммарных прогибов панели W_s с начальным максимальным прогибом $h/2$ гибкостью $\lambda = 50$ (а) и $\lambda = 72$ (б) при максимальных температурах $t = 100 \div 400$ град.

На рис. 3–5 представлены эпюры интенсивности напряжений σ_i для верхних и нижних волокон пластины разной гибкости $\lambda = 33; 50; 72$ (соответственно $h = 1,5$ см; $h = 1,0$ см; $h = 0,7$ см) при разных значениях максимальной температуры $t = 100 \div 400$ град.

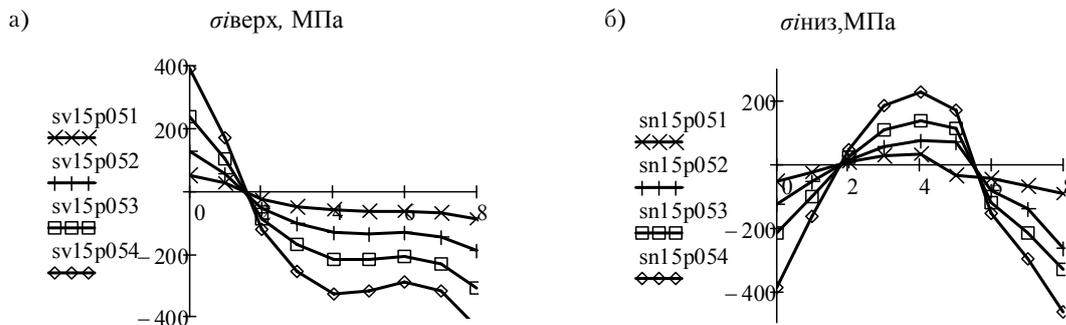


Рисунок 3 – Эпюры интенсивности напряжений σ_i для верхних (а) и нижних волокон (б) пластины с начальным максимальным прогибом $h/2$, гибкостью $\lambda = 33$ при температуре $t = 100 \div 400$ град.

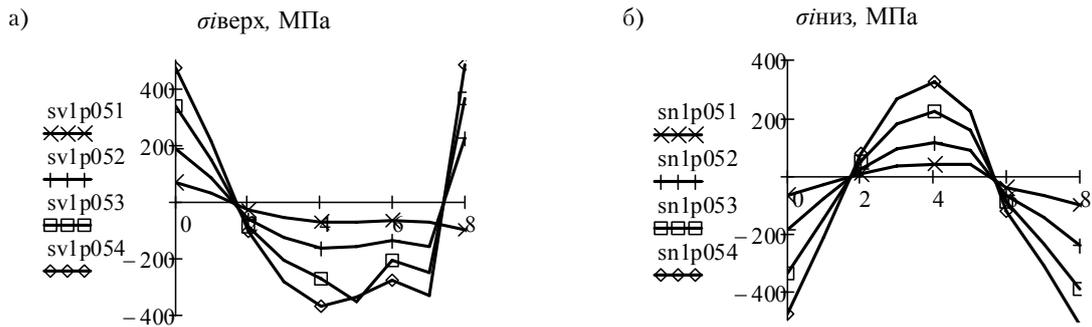


Рисунок 4 – Эпюры интенсивности напряжений σ_i для верхних (а) и нижних (б) волокон пластины с начальным максимальным прогибом $h/2$, гибкостью $\lambda = 50$ при температуре $t = 100 \div 400$ град.

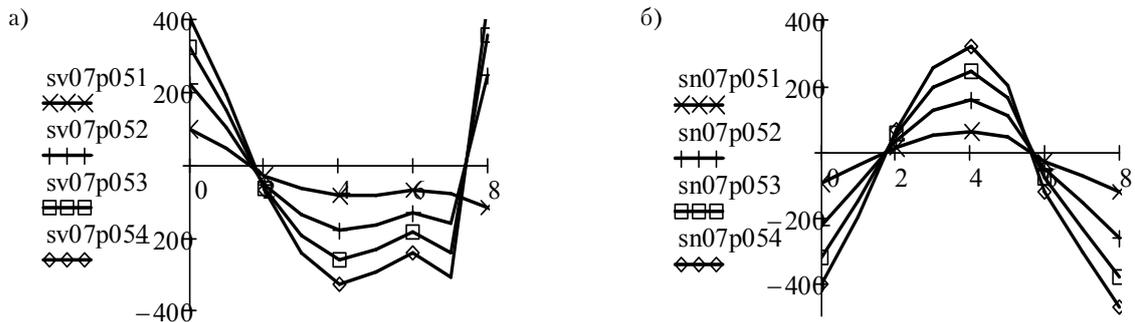


Рисунок 5 – Эпюры интенсивности напряжений σ_i для верхних (а) и нижних (б) волокон пластины с начальным максимальным прогибом $h/2$, гибкостью $\lambda = 72$ при температуре $t = 100 \div 400$ град.

На рис. 6–8 представлены графики зависимости интенсивность напряжений σ_i (МПа) – температура t (град) для пластин с начальным максимальным прогибом $h/2$ с разной гибкостью $\lambda = 33; 50; 72$, соответственно $h = 1,5$ см; $h = 1,0$ см; $h = 0,7$ см:

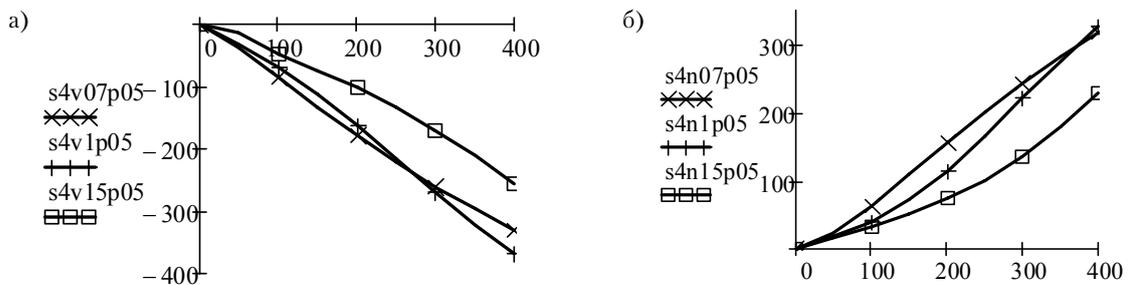


Рисунок 6 – Графики зависимости интенсивность напряжений σ_i (МПа) – температура t (град) для верхних (а) и нижних (б) волокон центра панели разной гибкости – $\lambda = 33; 50; 72$ с начальным максимальным прогибом – $h/2$.

- рис. 6 для верхних (а) и нижних (б) волокон центра панели;
- рис. 7 для верхних (а) и нижних (б) волокон в центре левого опирания пластины;
- рис. 8 для верхних (а) и нижних (б) волокон центра пластины.

На рис. 9 представлен график зависимости максимального суммарного прогиба от температуры ($100 \div 400$ град) для центра панели при разной гибкости пластины $\lambda = 33; 50; 72$ с начальным максимальным прогибом – $h/2$

В таблице представлены полученные численные результаты расчета суммарного прогиба в зависимости от температуры ($100 \div 400$ град) для центра панели.

Для проведения сравнительного анализа характеристик НДС пластин, находящихся под действием температуры, имеющих разные граничные условия, брались ранее полученные авторами результаты, представленные в статьях [5–7]. В указанных работах проводились исследования НДС пластин

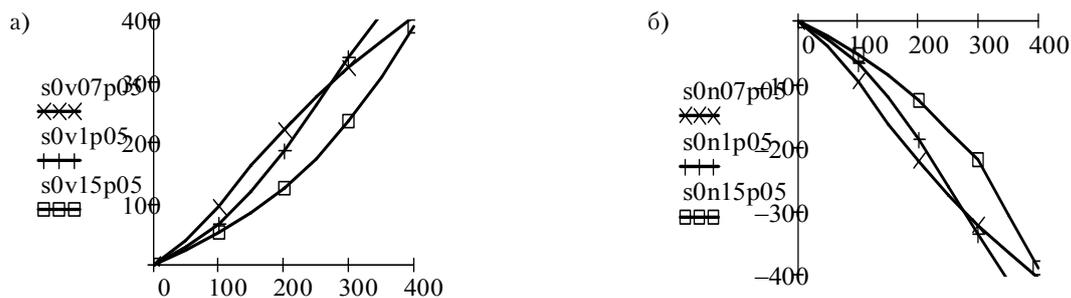


Рисунок 7 – Графики зависимости интенсивность напряжений σ_i (МПа) – температура t (град) для верхних (а) и нижних (б) волокон в центре левого защемления пластины разной гибкостью $\lambda = 33; 50; 72$ с начальным макси-

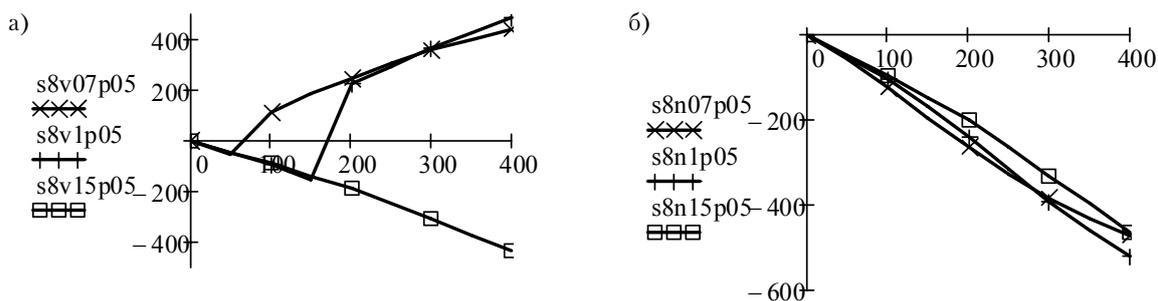


Рисунок 8 – Графики зависимости интенсивность напряжений σ_i (МПа) – температура t (град) для верхних (а) и нижних (б) волокон центра пластины с начальным максимальным прогибом $h/2$ разной гибкостью $\lambda = 33; 50; 72$.

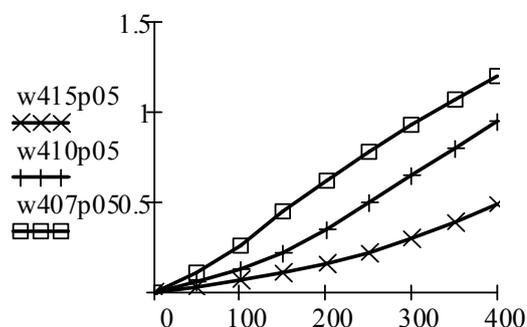


Рисунок 9 – График зависимости максимальный прогиб w (см) – температура (град) пластин разной гибкости $\lambda = 33; 50; 72$ с начальным максимальным прогибом $-h/2$ (центр панели).

Таблица – Значения максимального дополнительного прогиба в середине панели пластины

λ	W (см)	Температура t (град)							
		50	100	150	200	250	300	350	400
$\lambda = 33$		0,0311	0,0656	0,1065	0,1564	0,2182	0,2951	0,3873	0,4912
$\lambda = 50$		0,0551	0,126	0,2248	0,3532	0,4989	0,6501	0,7972	0,9536
$\lambda = 72$		0,1059	0,2636	0,4481	0,6221	0,7805	0,9291	1,0685	1,1966

при шарнирном закреплении по всему контуру. Так же, как и в представленной работе, рассматривались пластины толщинами $h = 1,5$ см; $h = 1,0$ см; $h = 0,7$ см (соответственно гибкостью $\lambda = 33; 50; 72$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе полученных результатов и сравнительного анализа с предыдущими полученными [5–7] результатами для пластин разной гибкости $\lambda = 33; 50; 72$, с разными граничными условиями, с начальным прогибом, равным половине толщины пластины, сделаны следующие выводы.

В пластинах гибкостью $\lambda = 33$ полученные графики «прогиб – температура» с учетом неоднородности и геометрической нелинейности близки к результатам, полученным при линейном расчете. С увеличением гибкости зависимости интенсивности напряжений – температура становятся нелинейными, что указывает на необходимость учета физической (зависимость механических свойств материала от величины температуры) и геометрической нелинейностей (прогибы сравнимы с толщиной) при расчетах, особенно в пластинах при $\lambda = 72; 50$. При $\lambda = 50$ прогибы изменяются плавно до 150 градусов и далее плавно нарастают нелинейно. При $\lambda = 72$ они возрастают нелинейно после 100 градусах.

В пластинах гибкостью $\lambda = 33$ знаки напряжений при росте температуры не изменяются (они отрицательны). При $\lambda = 50$ знаки напряжений изменяются в верхних волокнах возле центрального подкрепления с минуса на плюс. При $\lambda = 72$ знаки изменяются уже после 50 градусов в центре пластины. Они становятся положительными.

Сравнение с результатами работ [5–7] по прогибам и интенсивности напряжений при других граничных условиях (шарнирное закрепление по контуру) показало на количественное изменение величин характеризующих НДС. Качественно граничные условия изменяют НДС незначительно.

Дальнейшие исследования связаны с определением НДС двухпольных гибких пластин, подкрепленных в поперечном направлении ребрами разной жесткости [8–13]. Это позволит рассмотреть влияние податливости контура пластин на НДС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расчет неразрезных прямоугольных пластин средней толщины [Текст] / А. Н. Леонтьев, Хасан А. М. Вагналла // Вестник МГСУ. – 2007. – № 1. – С. 97–100.
2. Расчеты на прочность, устойчивость и колебания в условиях высоких температур [Текст] / Н. И. Безухов, В. Л. Бажанов, И. И. Гольденблат, Н. А. Николаенко и др. / Под ред. И. И. Гольденבלата. – М.: Машиностроение, 1965. – 568 с.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, Россия, RU. Расчет тонкостенных конструкций с начальным прогибом [Текст] / О. Н. Попов, М. О. Моисеенко, Т. А. Трепутнева; правообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет» (ТГАСУ). – № 2017614725. – 26 апреля 2017.
4. Петров, В. В. Нелинейная инкрементальная строительная механика [Текст] / В. В. Петров. – М.: Инфра – Инженерия, 2014. – 480 с.
5. Деформируемость двухпольной гибкой пластины с начальным прогибом при неравномерном нагреве [Текст] / М. О. Моисеенко, О. Н. Попов, Т. А. Трепутнева // Строительная механика и расчет сооружений. – 2017. – № 5. – С. 21–27.
6. Изменение величин напряжений, прогибов в пластине с начальным прогибом под действием неравномерного температурного поля [Текст] / М. О. Моисеенко, О. Н. Попов, Т. А. Трепутнева, А. В. Гордиенко // Строительная механика и расчет сооружений. – 2018. – № 2. – С. 26–31.
7. Моисеенко, М. О. Исследование воздействия температурного поля на изменение НДС неразрезной гибкой пластины с начальным прогибом [Текст] / М. О. Моисеенко, О. Н. Попов // Строительная механика и расчет сооружений. – 2018. – № 5. – С. 51–57.
8. Белова, О. Ю. Расчет полой составной оболочки с учетом упругой податливости продольных швов [Текст] / О. Ю. Белова // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1991. – № 7. – С. 44–48.
9. Исследование совместной работы мембранного настила и податливого бортового элемента [Текст] / В. Н. Гордеев, К. Н. Ивлев, А. В. Перельмуер, А. Я. Прицкер // Строительная механика и расчет сооружений. – 1972. – № 3. – С. 50–54.
10. Состояние вопроса по исследованию влияния податливости контура на прочность и жесткость тонкостенных элементов [Текст] / Е. Е. Лучникова, О. Н. Попов, М. О. Моисеенко // Инвестиции, строительство, недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики: материалы VII Международной научно-практической конференции (Томск, 14–16 марта 2017 г.). – В 2 частях. – Том 1. – 2017. – Томск: Издательство: Томский государственный архитектурно-строительный университет. – 556 с. – С. 382–385. – ISBN: 978-5-93057-773-0 (ч. 1).
11. Расчет упругих мембранных покрытий с гибким контуром [Текст] / В. И. Малый, И. Л. Должиков, М. И. Аляутдинов, В. И. Куликов // Строительная механика и расчет сооружений. – 1981. – № 2. – С. 18–22.
12. Турков, А. В. Способы учета податливости жесткого заземления при проведении эксперимента [Текст] / А. В. Турков, К. В. Марфин // Строительство и реконструкция. – 2015. – № 1(57). – С. 62–64.

13. Kumpuak, O. G. Numerical simulation of yielding supports the shape of annular tubes under static and short – term dynamic loading [Текст] / O. G. Kumpuak, N. V. Mescheulov // International Journal for computational Civil and Structural Engineering. – 2017. – № 13(4). – P. 103–113.

Получено 12.03.2019

М. О. МОІСЕЄНКО, О. М. ПОПОВ, А. П. МАЛИНОВСЬКИЙ
НДС НЕРОЗРІЗНИХ ПЛАСТИН З МАЛИМ ПОЧАТКОВИМ ПРОГИНОМ З
ТЕРМОЧУТЛИВОГО МАТЕРІАЛУ ПРИ РІЗНИХ ПАРАМЕТРАХ
ОБПИРАННЯ
ФДБОУ ВО «Томський державний архітектурно-будівельний університет»

Анотація. Досліджується зміна напружено-деформованого стану двопільних гнучких пластин, які перебувають під дією температурного навантаження. Проводиться порівняльний аналіз пластин різної гнучкості $\lambda = 72; 50; 33$ (відношення меншого розміру пластини a до товщини h) з різними граничними умовами їх спирання. Матеріал конструкції – сплав ВТ6. При розрахунку враховується наявність в пластинах початкових недосконалостей форми – початкового прогину.

Ключові слова: двопільна пластина, температурне навантаження, початковий прогин, неоднорідність матеріалу, геометрична нелінійність.

MARGARITA MOISEENKO, OLEG POPOV, ANATOLY MALINOVSKY
STRESS-STRAIN STATE CONTINUOUS PLATE SMALL INITIAL LOSS OF
HEAT-SENSITIVE MATERIAL WITH DIFFERENT PARAMETERS OF SUPPORT
Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering

Abstract. The change in the stress-strain state of bipolar flexible plates under the influence of temperature load is investigated. A comparative analysis of plates of different flexibility $\lambda = 72; 50; 33$ (the ratio of the smaller plate size a to thickness h) with different boundary conditions for their support. Construction material – alloy W6. The calculation takes into account the presence in the plates of the initial imperfections of the form – the initial deflection.

Key words: two-field plate, temperature load, initial deflection, in homogeneity of the material, geometric nonlinearity.

Моисеенко Маргарита Олеговна – кандидат технических наук, доцент кафедры строительной механики ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет». Научные интересы: развитие метода расчета разномодульных прямоугольных тонкостенных элементов конструкций с разрывными параметрами с учетом нелинейностей.

Попов Олег Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет». Научные интересы: расчёт прямоугольных пластин и пологих оболочек, подкреплённых рёбрами жёсткости с учётом физической и геометрической нелинейности.

Малиновский Анатолий Павлович – кандидат технических наук, доцент кафедры строительной механики ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет». Научные интересы: оптимизация параметров конструкций, методов расчета разномодульных прямоугольных тонкостенных элементов конструкций с разрывными параметрами с учетом нелинейностей.

Моісеєнко Маргарита Олегівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельної механіки ФДБОУ ВО «Томський державний архітектурно-будівельний університет». Наукові інтереси: розвиток методу розрахунку різномодульних прямокутних тонкостінних елементів конструкцій з розривними параметрами з урахуванням нелінійностей.

Попов Олег Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної механіки ФДБОУ ВО «Томський державний архітектурно-будівельний університет». Наукові інтереси: розрахунок прямокутних пластин і пологих оболонок, підкріплених ребрами жорсткості, з урахуванням фізичної та геометричної нелінійностей.

Малиновський Анатолій Павлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельної механіки ФДБОУ ВО «Томський державний архітектурно-будівельний університет». Наукові інтереси: оптимізація параметрів конструкцій, методів розрахунку різномодульних прямокутних тонкостінних елементів конструкцій з розривними параметрами з урахуванням нелінійностей.

Moiseenko Margarita – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Structural Mechanics Department, Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. Scientific interests: development of a method for calculating multi-module rectangular thin-walled structural elements with discontinuous parameters, taking into account non-linearities.

Popov Oleg – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Structural Mechanics Department, Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. Scientific interests: the calculation of rectangular plates and shallow shells, supported by stiffeners, taking into account the physical and geometric nonlinearity.

Malinovsky Anatoly – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Structural Mechanics Department, Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. Scientific interests: optimization of parameters of structures, methods for calculating multi-modular rectangular thin-walled elements of structures with discontinuous parameters, taking into account nonlinearities.

УДК 69.059.3

С. И. МЕРКУЛОВ^а, С. М. ЕСИПОВ^б, Д. В. ЕСИПОВА^б^а ФГБОУ ВО «Курский государственный университет», ^б ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК, УСИЛЕННЫХ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Аннотация. Рассмотрена методика проведения и результаты экспериментальных исследований изгибаемых элементов, усиленных по технологии внешнего армирования с композиционными материалами на основе углеродных волокон. Сделаны выводы о влиянии усиления на ширину раскрытия нормальных трещин балок, о влиянии напряженно-деформированного состояния балок в момент усиления на раскрытие трещин.

Ключевые слова: усиление, трещинообразование, углеродные волокна, композитный материал, нормальные трещины, ширина раскрытия трещины.

Для оценки применимости метода усиления железобетонных изгибаемых конструкций методом внешнего армирования необходимо выполнить оценку не только по первой группе предельных состояний [1, 2], но и по второй группе, т. е. по пригодности к эксплуатации. Для железобетонных балок, относящихся к 2-ой и 3-ей категориям трещиностойкости, первостепенными являются предельные состояния достижения предельной ширины раскрытия трещин.

Ряд авторов в своих работах [6–9], рассматривая работу элементов под нагрузкой, не выполняют анализа результатов испытаний неусиленных и усиленных образцов с учетом критериев 2-ой группы предельных состояний. Но, как показывают практические исследования, наличие и ширина раскрытия нормальных (и в т. ч. наклонных в некоторых случаях) силовых трещин в растянутой зоне (в случаях перечисленных исследований – в зоне усиления) определяет форму разрушения усиленной балки и предельные значения изгибающих моментов, при которых элемент усиления и основной элемент будут работать совместно. Кроме того, трещины в значительной мере определяют сопротивление элемента действию коррозии стальной арматуры, что критично для усиливаемых элементов с учетом их долговечности.

Для рассмотрения влияния внешнего армирования на трещинообразование железобетонных балок были выполнены экспериментальные исследования на опытных образцах однопролетных балок пролетом 1 200 мм.

Геометрические размеры сечений, классы бетона и арматуры, конфигурация и диаметры стержней армирования приняты на основании предварительных расчетов с учетом недопущения разрушения по наклонным сечениям либо вследствие потери общей устойчивости. Опытные образцы балок армированы пространственным каркасом из двух плоских сварных каркасов из арматурной стали А400 d8 мм с симметричным расположением продольной растянутой и сжатой арматуры. Рабочая арматура в каркасе расположена в один ряд, количество стержней сжатой арматуры – 2 шт., растянутой – 2 шт. В качестве поперечной арматуры приняты детали типа «П», образованные из стержней из арматурной стали А400 d6 мм. Шаг поперечной арматуры по длине балки переменный: в крайних четвертях – 50мм, в средних – 100мм.

Образцы железобетонных балок были испытаны в 4 серии: Б-1, Б-2, Б-3, Б-4. В серию Б-1 вошли две балки-близнеца Б-1-1 и Б-1-2. Серия Б-1 являлась контрольной. В серию Б-2 вошли две балки

Б-2-1 и Б-2-2. Обе балки до испытаний были усилены внешним армированием из приклеенного к нижней грани однослойного композитного материала шириной 90 мм на основе углеродных волокон. На балке Б-2-2 были устроены торцевые хомуты шириной 120 мм из аналогичного композитного материала. На балке Б-2-1 хомутов нет. В серию Б-3 вошли две балки Б-3-1 и Б-3-2. Балка Б-3-1 была нагружена кратковременной нагрузкой до величины изгибающего момента, равного 50 % от разрушающего для серии Б-1, после чего была полностью разгружена и усилена аналогично балке Б-2-2. Балка Б-3-2 была нагружена кратковременной нагрузкой до величины изгибающего момента, равного 70 % от разрушающего для серии Б-1, после чего была полностью разгружена и усилена аналогично балке Б-2-2. В серию Б-4 вошли две балки Б-4-1 и Б-4-2. Балка Б-4-1 была нагружена кратковременной нагрузкой до величины изгибающего момента, равного 50 % от разрушающего для серии Б-1, после чего была усилена под нагрузкой аналогично балке Б-2-2. Балка Б-4-2 до усиления была нагружена кратковременной нагрузкой до величины изгибающего момента, равного 70 % от разрушающего для серии Б-1, после чего была усилена под нагрузкой аналогично балке Б-2-2. Балки всех серий были доведены до разрушения ступенчатым приложением кратковременной нагрузки. В ходе проведения испытаний регистрировались этапы развития и ширина раскрытия трещин с использованием микроскопа МПБ-100.

Образование нормальных трещин было зарегистрировано во всех образцах в ходе проведения испытаний. Момент образования нормальных трещин определялся визуально, его значения приведены в таблице 1. Согласно полученным данным образование трещин начиналось при величине изгибающего момента, равного:

Таблица 1 – Моменты трещинообразования при испытании образцов

Серия испытаний	Маркировка образца	Теоретический момент трещинообразования $M_{сгс}^{теор}$, кН·м	Экспериментальный момент трещинообразования $M_{сгс}^{эксп}$, кН·м	$\frac{M_{сгс}^{эксп}}{M_{сгс}^{теор}}$
Б-1	Б-1-1	0,9	1,44	20 %
	Б-1-2	0,9	1,44	20 %
Б-2	Б-2-1	1,19	2,83	28 %
	Б-2-2	1,19	2,83	24 %
Б-3	Б-3-1	0,9	1,72	18 %
	Б-3-2	0,9	1,44	16,7 %
Б-4	Б-4-1	0,9	1,44	15,6 %
	Б-4-2	0,9	1,72	20 %

- 20 % от разрушающего момента в балках серии Б-1;
- 24...28 % от разрушающего момента в балках серии Б-2;

Значения моментов трещинообразования для серий Б-3 и Б-4 соответствуют контрольной серии. Появление трещин предшествует усилению.

Таким образом, в ходе испытаний балок с доведением их до разрушения растянутая зона бетона в сечениях с трещинами была частично выключена из работы. При дальнейшем нагружении происходило образование новых, в основном нормальных трещин, а также увеличение высоты и ширины раскрытия ранее образовавшихся трещин. На приопорных участках наблюдалось образование наклонных трещин. Их высота и ширина раскрытия не фиксировались. Наибольшее появление и развитие трещин зарегистрировано в зоне чистого изгиба образцов.

Данные о величине ширины раскрытия нормальных трещин и усредненных расстояний между трещинами в местах пересечения ими продольной арматуры на отдельных этапах нагружения балок приведены в таблице 2. Значение $M_{разр}^{эксп}$ в таблице 2 взято для контрольного образца Б1-1.

Анализ трещинообразования опытных образцов показал, что усиление уменьшает ширину раскрытия трещин по сравнению с контрольной серией во всем диапазоне изгибающих моментов для серий Б-2 и Б-3. Ширина раскрытия трещин уменьшается на 104–108 % в серии Б-2 и 44–67 % в серии Б-3. Образцы серии Б-4 не показали изменения параметров трещинообразования по сравнению с контрольной серией. Стоит отметить, что отслоение внешнего армирования совместно с защитным слоем бетона от конструкции (что вызвало разрушение образцов всех серий) начиналось вблизи трещины с максимальной шириной раскрытия [4, 6].

Таблица 2 – Изменение параметров трещинообразования образцов

Серия испытаний	Маркировка образца	Этап нагружения $M^{эксн} / M^{эксн}_{разр}$, %													
		20–40		40–60		60–80		80–100		100–120		120–140		> 140	
		$a_{crсr}$ мм	$l_{crсr}$ мм	$a_{crсr}$ мм	$l_{crсr}$ мм	$a_{crсr}$ мм	$l_{crсr}$ мм	$a_{crсr}$ мм	$l_{crсr}$ мм	$a_{crсr}$ мм	$l_{crсr}$ мм	$a_{crсr}$ мм	$l_{crсr}$ мм	$a_{crсr}$ мм	$l_{crсr}$ мм
Б-1	Б-1-1	0,03– 0,05	101	0,08– 0,11	71	0,13– 0,2	63	0,19– 0,25	51	–	–	–	–	–	–
	Б-1-2	0,03– 0,04	103	0,08– 0,12	63	0,12– 0,18	63	0,2– 0,26	60	–	–	–	–	–	–
Б-2	Б-2-1	–	–	0,05– 0,08	98	0,08– 0,11	96	0,1– 0,13	96	0,13– 0,23	60	0,23– 0,3	55	–	–
	Б-2-2	–	–	0,03– 0,05	77	0,06– 0,09	77	0,1– 0,13	67	0,15– 0,2	66	0,23– 0,28	65	0,25– 0,32	54
Б-3	Б-3-1	0,03– 0,05 0,02– 0,03	98	0,08– 0,13 0,04– 0,1	86	0,06– 0,13	60	0,1– 0,14	50	0,13– 0,17	50	0,16– 0,22	43	–	–
	Б-3-2	0,03– 0,04 0,02– 0,03	100	0,07– 0,09 0,06– 0,08	67	0,12– 0,18 0,12– 0,15	67	0,12– 0,17	50	0,15– 0,23	50	–	–	–	–
Б-4	Б-4-1	0,03– 0,04	100	0,06– 0,09	75	0,09– 0,15	75	0,14– 0,19	66	0,16– 0,2	66	0,24– 0,25	48	–	–
	Б-4-2	0,02– 0,05	96	0,07– 0,09	72	0,09– 0,16	54	0,17– 0,18	54	0,19– 0,26	46	–	–	–	–

Примечание – для образцов серии Б-3 ширина раскрытия трещин в ходе предварительного нагружения без усиления приведена в числителе, в ходе нагружения после усиления – в знаменателе.

Как видно из рисунка 1, отслоение начинается после образования критической нормальной трещины в защитном слое бетона. Взаимное горизонтальное и вертикальное смещение берегов трещин способствует отслоению. Трещина пересекает защитный слой бетона до растянутой стальной арматуры и дальше продолжается в горизонтальной плоскости в направлении опор [3]. Величина раскрытия критической трещины к моменту начала отслоения составила 0,16...0,17 мм.

По данным таблицы 2 был построен график, иллюстрирующий динамику раскрытия трещин по мере увеличения изгибающего момента. График представлен на рисунке 2.

Анализ рисунка 2 позволяет выявить точку излома диаграмм «момент-прогиб» для образцов серий Б-2, Б-3, соответствующую значению изгибающего момента 7,5 кНм [4, 5]. При моменте, превышающем указанную величину, нарастание величины раскрытия трещин ускоряется на 15 % для серии Б-2 и на 5 % для серии Б-3.

Все балки, кроме усиленных под нагрузкой, показали уменьшение ширины раскрытия нормальных трещин во всем интервале нагрузок. Характер распределения трещин по длине зоны чистого изгиба, а также среднее расстояние между трещинами изменяется незначительно. Для ненагруженных балок сокращение раскрытия трещин составило 100...118 %, для разгруженных после приложения нагрузки – 36...54 %. Параметры трещинообразования балок, усиленных под нагрузкой, идентичны параметрам для неусиленных балок. Момент трещинообразования ненагруженных балок повышается на 96 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меркулов, С. И. Увеличение несущей способности железобетонных изгибаемых конструкций усилением внешним армированием композитным материалом [Текст] / С. И. Меркулов, С. М. Есипов // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2018. – № 2(1002). – С. 56–57.
2. Бетонные конструкции, усиленные композитным материалом [Текст] / В. И. Римшин, С. И. Меркулов, С. М. Есипов // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. – 2018. – № 2(35). – С. 93–100.
3. Влияние реологических свойств бетона на прогибы железобетонных элементов под нагрузкой [Текст] / С. М. Есипов, Д. В. Гридякина, А. А. Володина, К. А. Лосевская // Международный студенческий строительный форум-2017 : сборник докладов: в 2 томах. – Том 2. – 2017. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. – 414 с. – С. 260–264. – ISBN: 978-5-361-00582-6.

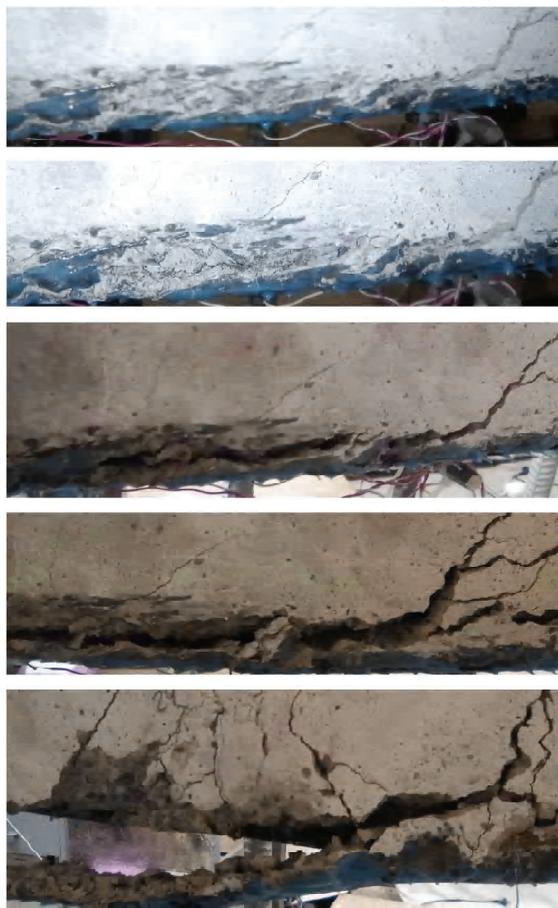


Рисунок 1 – Стадии разрушения контактной зоны «композит-бетон» образца Б-3-1 в интервале изгибающего момента $M = 8,0...9,5$ кН·м (сверху вниз).

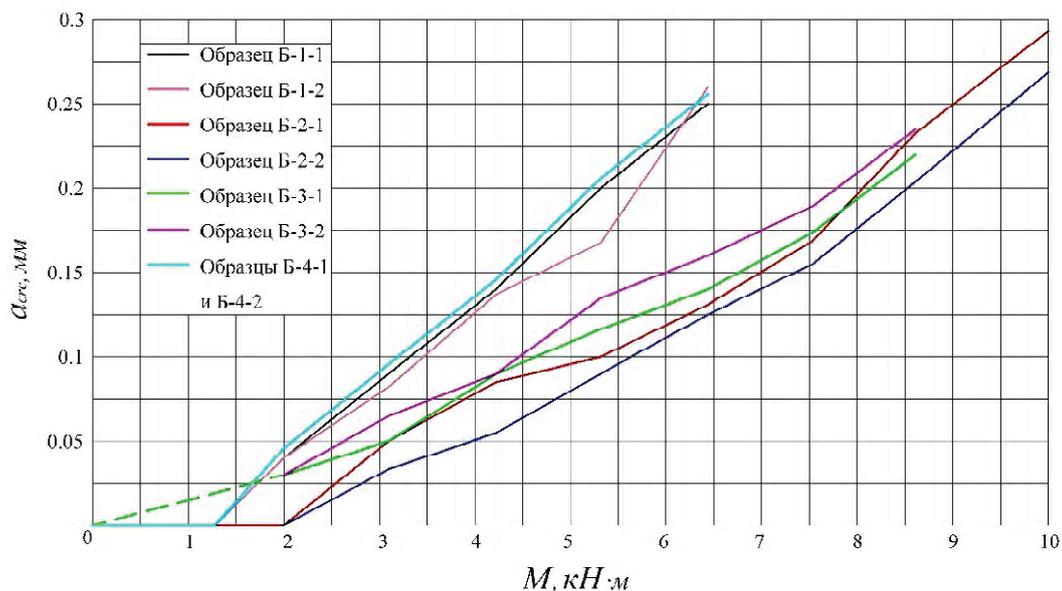


Рисунок 2 – График зависимости ширины раскрытия нормальной трещины от изгибающего момента в сечении.

4. Экспериментальные исследования образцов армобетонных балок с различным содержанием в растянутой зоне стержней стеклопластиковой арматуры [Текст] / Н. В. Фролов, Г. А. Смоляго, М. А. Полоз // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2017. – № 1. – С. 60–64.

5. Анализ применения полимеркомпозитной арматуры в армобетонных конструкциях [Текст] / Н. В. Фролов, М. А. Полоз, М. Ш. Ноурузи // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2017. – № 3. – С. 45–50.
6. Григорьева, Я. Е. Прочность и деформативность железобетонных балок, усиленных углепластиком на стадии, близкой к исчерпанию несущей способности [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / Я. Е. Григорьева. – Москва, 2013. – 24 с.
7. Михуб Ахмад Прочность, деформативность и трещиностойкость изгибаемых железобетонных элементов, усиленных композитными материалами [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / Михуб Ахмад. – Ростов-на-Дону, 2013. – 24 с.
8. Параничева, Н. В. Усиление строительных конструкций с помощью углеродных композиционных материалов [Текст] / Н. В. Параничева, Т. В. Назмеева // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 2. – С. 19–22.
9. Юшин, А. В. Анализ напряженно-деформированного состояния двухпролетных железобетонных балок, усиленных композитными материалами по наклонному сечению, с учетом нелинейности [Текст] / А. В. Юшин, В. И. Морозов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 273–279.

Получено 14.03.2019

С. И. МЕРКУЛОВ ^а, С. М. ЕСИПОВ ^б, Д. В. ЕСИПОВА ^б
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРІЩИНОУТВОРЕННЯ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК, ПОСИЛЕНИХ КОМПЗИТНИМИ
МАТЕРІАЛАМИ

^а ФДБОУ ВО «Курський державний університет»; ^б ФДБОУ ВО «Белгородський державний технологічний університет ім. В. Г. Шухова»

Анотація. Розглянуто методику проведення і результати експериментальних досліджень згинальних елементів, підсилених за технологією зовнішнього армування з композиційними матеріалами на основі вуглецевих волокон. Зроблено висновки про вплив посилення на ширину розкриття нормальних тріщин балок, про вплив напружено-деформованого стану балок в момент посилення на розкриття тріщин.

Ключові слова: посилення, утворення тріщин, вуглецеві волокна, композитний матеріал, нормальні тріщини, ширина розкриття тріщини.

SERGEY MERKULOV ^а, STANISLAV ESIPOV ^б, DIANA ESIPOVA ^б
EXPERIMENTAL STUDIES OF THE CRACKING OF REINFORCED CONCRETE
BEAMS REINFORCED WITH COMPOSITE MATERIALS

^а Kursk State University, ^б The Federal State Budget Educational of Higher Education «Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov»

Abstract. The methodology and results of experimental studies of bending elements reinforced by external reinforcement technology with composite materials based on carbon fibers are considered. The conclusions are made about the effect of reinforcement on the width of the opening of normal cracks of beams, about the effect of the stress-strain state of beams at the moment of reinforcement on the opening of cracks.

Key words: reinforcement, crack formation, carbon fibers, composite material, normal cracks, crack opening width.

Меркулов Сергей Иванович – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой промышленного и гражданского строительства ФГБОУ ВО «Курский государственный университет». Член-корреспондент Российской академии архитектуры и строительных наук. Научные интересы: разработка теории реновации и реконструкции конструктивных систем зданий и сооружений.

Есипов Станислав Максимович – старший преподаватель кафедры строительства и городского хозяйства ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова». Научные интересы: реконструкция железобетонных конструктивных систем зданий и сооружений с помощью высокопрочных композитных неметаллических материалов.

Есипова Диана Васильевна – магистрант кафедры строительства и городского хозяйства ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова». Научные интересы: теория конструктивной безопасности реконструированного железобетона с учетом накопления силовых и средовых повреждений.

Меркулов Сергей Иванович – доктор технічних наук, професор; завідувач кафедри промислового та цивільного будівництва ФДБОУ ВО «Курський державний університет». Член-кореспондент російської академії архітектури і будівельних наук. Наукові інтереси: розробка теорії реновації та реконструкції конструктивних систем будівель і споруд.

Єсіпов Станіслав Максимович – старший викладач кафедри будівництва і міського господарства ФДБОУ ВО «Белгородський державний технологічний університет ім. В. Г. Шухова». Наукові інтереси: реконструкція залізобетонних конструктивних систем будівель і споруд за допомогою високоміцних композитних неметалевих матеріалів.

Єсіпова Діана Василівна – магістрант кафедри будівництва та міського господарства ФДБОУ ВО «Белгородський державний технологічний університет ім. В. Г. Шухова». Наукові інтереси: теорія конструктивної безпеки реконструйованого залізобетону з урахуванням накопичення силових і середовищних пошкоджень.

Merkulov Sergey – D. Sc. (Eng.), Professor; the Head of the Industrial and Civil Construction Department, Kursk State University. Scientifics interests: increasing the carrying capacity of reinforced concrete bent structures.

Esipov Stanislav – Senior Lecturer, Construction and Municipal Economy Department, The Federal State Budget Educational of Higher Education «Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov». Scientifics interests: increasing the carrying capacity of reinforced concrete bent structures.

Esipova Diana – Master's student, Construction and Municipal Economy Department, The Federal State Budget Educational of Higher Education «Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov». Scientifics interests: the theory of structural safety of reconstructed reinforced concrete with the accumulation of power and environmental damage.

УДК 69.001.5

И. Л. ПЕРШИНА, П. В. БУРЦЕВ

ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова»

**К ВОПРОСУ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В
АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЕ**

Аннотация. Рассматривая звук в качестве отрицательного фактора воздействия на архитектурную пространственность и, как следствие, на человека, наряду с общепринятыми методами решения этой проблемы выделяется материаловедческий подход. Тенденция современной направленности которого стремится к трансдисциплинарности. Учитывая факт практической невозможности уменьшения количества источников шумового загрязнения архитектурного пространства больших городов и мегаполисов, некоторое решение шумовой проблемы интерьерного и даже камерного экстерьерного архитектурного пространства представляется в популяризации современных приспособлений и материалов, прямое назначение которых – шумозащита.

Ключевые слова: шумозащита, архитектурное пространство, геоника, звукопоглощающие материалы, возобновляемая энергия.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В настоящее время для всех стран мира характерно агрессивное и концентрированное уплотнение городов. Проживание в мегаполисах (техногенных аномалиях) становится источником морального и физического дискомфорта [1]. В городах выделяют три группы экологических проблем: природно-ландшафтные, ресурсно-хозяйственные и антропоэкологические. Последняя проблема связана со здоровьем населения городов. Изменение качества городской среды в худшую сторону вызывает у людей различные заболевания. Природа и биологические свойства человека, формировавшиеся в течение многих тысячелетий, не способны изменяться такими же быстрыми темпами как мир, в котором он живёт. Несоответствие между этими процессами может приводить к конфликту между биологической природой человека и окружающей его средой. Одним из существенных раздражителей является шум антропогенного происхождения, нарушающий жизнедеятельность человека. Главным источником шумового загрязнения являются транспортные средства. Помимо транспорта (60÷80 % шумового загрязнения) другими важными источниками шума в городах являются промышленные предприятия, строительные и ремонтные работы, автомобильная сигнализация и т. д. По данным обсерватории Bruitparif [2], в некоторых районах Парижа звуковой шум достигает 80 дБ среднего предельного порога, за которым человеческое ухо находится в опасности [3]. Прямым следствием шумового фона такой мощности является психологический дискомфорт, выраженный в следующих цифрах: 26 % человек испытывают проблемы со сном из-за шумовых помех, 26 % не в состоянии сосредоточиться на своей деятельности и 25 % быстрее устают. 54 % французов считают, что основные источники шума связаны с транспортом (цифровые показатели взяты из базы официальной статистической информации TNS Sofres Франции за 2010 год и опубликованы в журнале «Le Francilofone», №10 [4]. Несмотря на то, что с момента афиширования данных прошло восемь лет, шумовой фон в мегаполисах не имеет тенденции уменьшения. Поэтому, предлагается принять приведенные статистические данные за отправную точку в формулировке проблемы).

Более половины населения Западной Европы проживает в районах, где уровень шума составляет 55÷70 дБ. Шум в определённых условиях может оказывать значительное влияние на здоровье и поведение человека. Может вызывать раздражение и агрессию, повышение артериального давления, шум в ушах, потерю слуха. Наибольшее раздражение вызывает шум в диапазоне частот 3 000÷5 000 Гц.

Человек, подвергающийся действию интенсивного шума, затрачивает в среднем на 10...20 % физических и нервно-психических усилий больше, чем работающий в комфортных по шуму условиях. У работающих в шумных производствах отмечается увеличение на 10...15 % заболеваний общего характера. При шуме на уровне более 110 дБ (предельно-допустимый уровень шума) у человека возникает звуковое опьянение, по субъективным ощущениям аналогичное алкогольному или наркотическому. При действии на головной мозг прерывистым звуком интенсивностью 120 дБ обнаружено значительное повышение окрашиваемости, что означает повреждение клеток [5]. При шуме на уровне 145 дБ у человека происходит разрыв барабанных перепонок.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросами влияния шума на человека занимались Р. Тэйлор [6], Г. А. Суворов и А. М. Лихницкий [7], Е. Ц. Андреева и др. [8]. Шум, как объект специальных исследований, породил такую отрасль науки, как аудиология.

Ключевым вектором развития постиндустриальных городов должна стать экология, влияющая на качество архитектурной среды. Решение проблем возможно в рамках трансдисциплинарной науки геоники. Одним из направлений геоники, которые рассматриваются в настоящее время, – является оптимизация системы «человек-материал-среда обитания» посредством разработки новых технологий получения минералов и композитов [9], способных нивелировать акустическое загрязнение среды.

Для целенаправленной оптимизации функционирования системы «человек – материал – среда обитания», в геонике определены направления, в которых подсистема «материал», сама будучи эволюционирующим звеном, является источником воздействия на подсистему «среда обитания», а последняя, в свою очередь, на подсистему «человек» [9]. Эти наработки позволят занять достойное место на нарождающемся гигантском мировом рынке услуг по трансформации городов [10].

ЦЕЛИ

Анализ средств шумозащиты как определяющей детерминанты системы «человек-материал-среда обитания» в архитектурной геонике.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

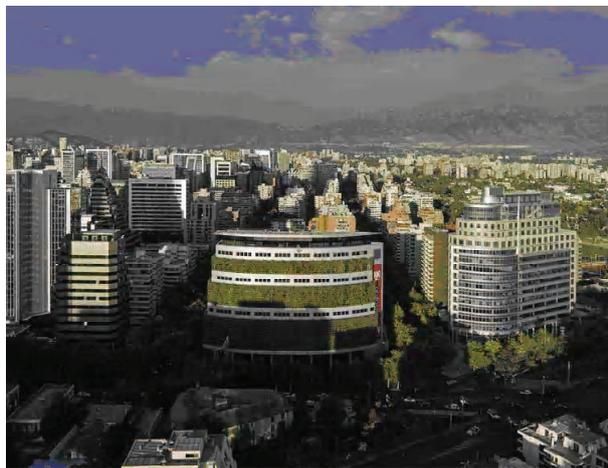


Рисунок 1 – Здание общественного назначения. Сантьяго, Чили. Архитекторы Enrique Browne, Borja Huidobro.

Использование метода проектирования «зелёной архитектуры» (рис. 1, [11]), безусловно, экологично, но приемлемо не во всех климатических поясах. Не всегда приемлема в архитектурной среде установка экранирующих звук приспособлений, таких как звукоотражающие экраны, вдоль транспортных магистралей (рис. 2, [12]). Хотя и имеет оправданную целесообразность. Например, из пластмасса РС celotex, ударная вязкость которой в 10 раз больше, чем у обычного стекла, в 3–5 раз – у гофрированного кровельного листа и в 2 раза – закаленного стекла. Т. е. она практически не разбивается. А температурные свойства исключают деформирование в диапазоне температур от –40 до 120 °С.

Для понижения уровня шума в облицовке поверхностей здания применяются различные облицовочные материалы. Например, звукопоглощающие микрослот-пластины [13], которые идеально подходят даже для горячих или испаряющихся сред, а также в гигиенических областях, так как они легко очищаются. Микрослот-пластины SonoPerf D (рис. 3) в сочетании с акустическим флисом определяют скорость поглощения звука первым классом (класс А до 0,95 А). Такой материал предпочтителен для облицовки поверхностей нелинейной архитектуры. Фактурность поверхности нечитаема, так как микросель не видна даже при очень близком расстоянии.

ряющихся сред, а также в гигиенических областях, так как они легко очищаются. Микрослот-пластины SonoPerf D (рис. 3) в сочетании с акустическим флисом определяют скорость поглощения звука первым классом (класс А до 0,95 А). Такой материал предпочтителен для облицовки поверхностей нелинейной архитектуры. Фактурность поверхности нечитаема, так как микросель не видна даже при очень близком расстоянии.

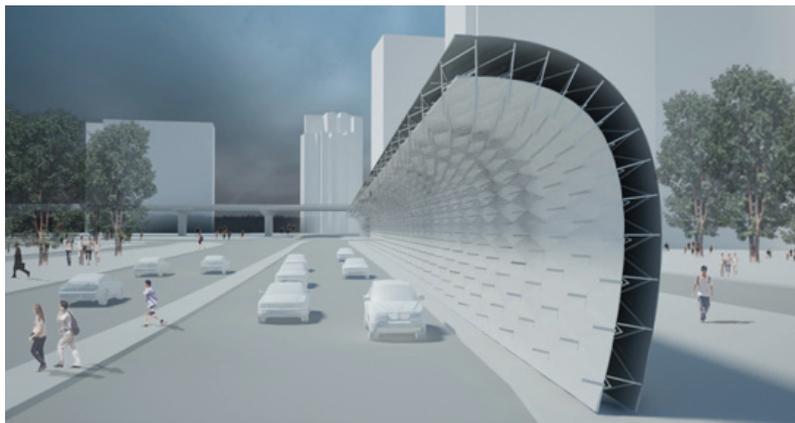


Рисунок 2 – Звукоотражающее ограждение дорог. Трёхмерная модель.

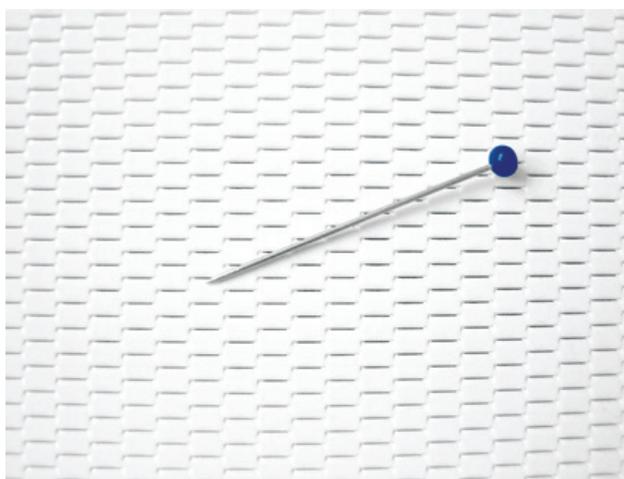


Рисунок 3 – Микрослот-пластины SonoPerf D, производитель Armstrong.

Напротив, эффектную фактурную поверхность имеет металлопена или пенометалл (рис. 4). Это прочный и легкий материал с низкими тепло- и звукопроводностью из вспененного алюминия, стали, латуни, титана и различных сплавов. Производят подобные материалы с 1990-х годов, но с совершенствованием технологии они приобретают все более невероятные свойства. Кроме звукопоглощающего эффекта пенометалл исключительно ударопрочен и, ввиду своей структурности, не тонет

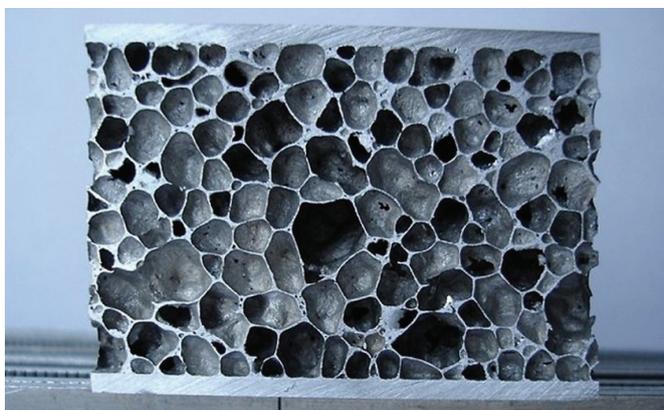


Рисунок 4 – Пенометалл.

в воде, сжимается до 80 % от своего размера под воздействием веса. Способы получения металлопены основаны на применении газов: пропускание горячих газов через расплавленный металл или использование реактивов, выделяющих газ при нагревании [14].

Особое место в геонике занимает разработка технологий получения звукопоглощающих бетонов и легких бетонных панелей с керамзитным заполнителем или с минеральными древесными волокнами. Такие бетоны можно использовать в качестве акустических барьеров или промежуточного слоя в конструктиве наружной стены, который тоже можно назвать акустическим барьером.

Факторами, которые в основном влияют на эффективность таких акустических барьеров, являются звукоизоляция, связанная с вовлеченными массами, и звукопоглощение, связанное с пористостью и формой материалов. Шумовой барьер состоит из двух слоев: одного из обычного железобетона с плотностью 2 200...2 400 кг/м³, имеющего опорную функцию, одного из легких пористых бетонов с плотностью 900...1100 кг/м³.

Смесь может быть изготовлена из лавы, керамзита или минеральных древесных волокон. Деревянные волокна дают наилучшие акустические результаты и придают фасаду более теплые цветовые оттенки.

Поскольку эти стены выполнены из бетона, значение индекса звукоизоляции очень велико (более 40 дБ). Панели становятся звукопоглощающими благодаря использованию слоя пористого бетона и неровности профиля на фасаде [15].

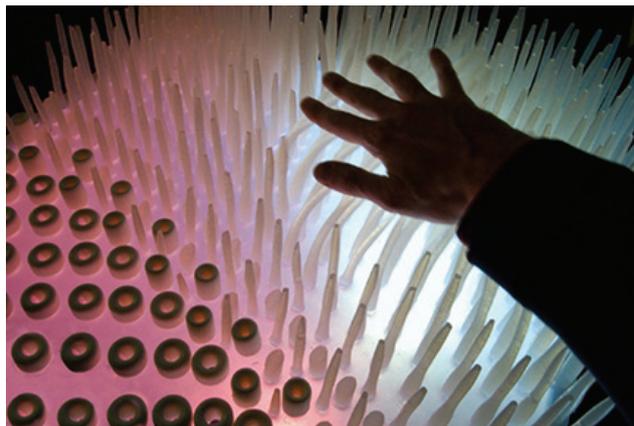


Рисунок 5 – Ковёр SHAGG. Автор изобретения Шон Лалли (Sean Lally).

Другой разновидностью инновационных решений по проблеме шумовых загрязнений города является ковер SHAGG (рис. 5). Он предназначен не для помещения, а для улицы. Его поверхность – толстые щупальца – защищают от постороннего шума, а специальный материал, взаимодействуя с энергией земли, обеспечивает постоянное тепло [16].

Окружающий шум может стать одним из наиболее распространенных источников энергии. Вибрации могут обеспечить обильную энергию и могут передаваться через многие среды, делая эту форму кинетической энергии очень полезной. Считая эту концепцию основополагающей, в геонике отведено особое место материалам, способным за счёт вибраций под действием звуковых волн поглощённого звука вырабатывать электроэнергию.

В 2010 году исследователи Цено Гальчевым и Халил Наджафи из Университета Мичигана изобрели пьезоэлектрические мини-генераторы, способные производить 500 мкВт каждый, с идеей, что этого может быть достаточно для питания небольших электрических устройств, таких, как кардиостимуляторы. Используя эту идею, группа французских архитекторов Julien Bourgeois, Olivier Colliez, Savinien de Pizzol, Cédric Dounval, Romain Grouselle запроектировала в 2013 году небоскрёб «Soundscraper» (Звукоскрёб) (рис. 6). Это невероятная башня, покрытая звукопоглощающим материалом, спроектирована, чтобы «впитывать» городской шум и конвертировать его в энергию.

«Soundscraper» расположен рядом с основными транспортными инфраструктурами, в основном за пределами городских центров, где шумовое загрязнение максимально велико. Автомагистраль, железнодорожный узел представляют собой участки на городской территории с наибольшей эффективностью для производства энергии.

Фасад небоскреба вибрирует в зависимости от силы и преобладающего направления городских шумов. Во всей башне высотой 100 метров встроено 84 000 электроактивных ресниц. Ресницы покрыты звуковыми датчиками P.F.I.G (генераторы с параметрической частотой). Специализированный энергетический комбайн PFIG преобразует звуковые колебания, вызванные окружающими шумами, для захвата кинетической энергии, после чего для преобразования механической энергии в электричество используется массив ячеек преобразователя, использующий новый метод срабатывания. Затем электрический ток переносится в отделение для основной памяти, чтобы перераспределить его в город. В то же время эта возобновляемая энергия может участвовать в сокращении выбросов CO₂ [17].

ВЫВОДЫ

Таким образом, средствами современных композитов можно решить сразу две задачи – чрезмерное шумовое загрязнение и энергетические проблемы.

Шум является частью нашей городской среды и нашей повседневной жизни, и это одна из наиболее распространенных форм загрязнения в городах, но это также важный источник энергии, который еще не оценен. Шум является основной помехой, ощущаемой в городе, далеко идущей впереди

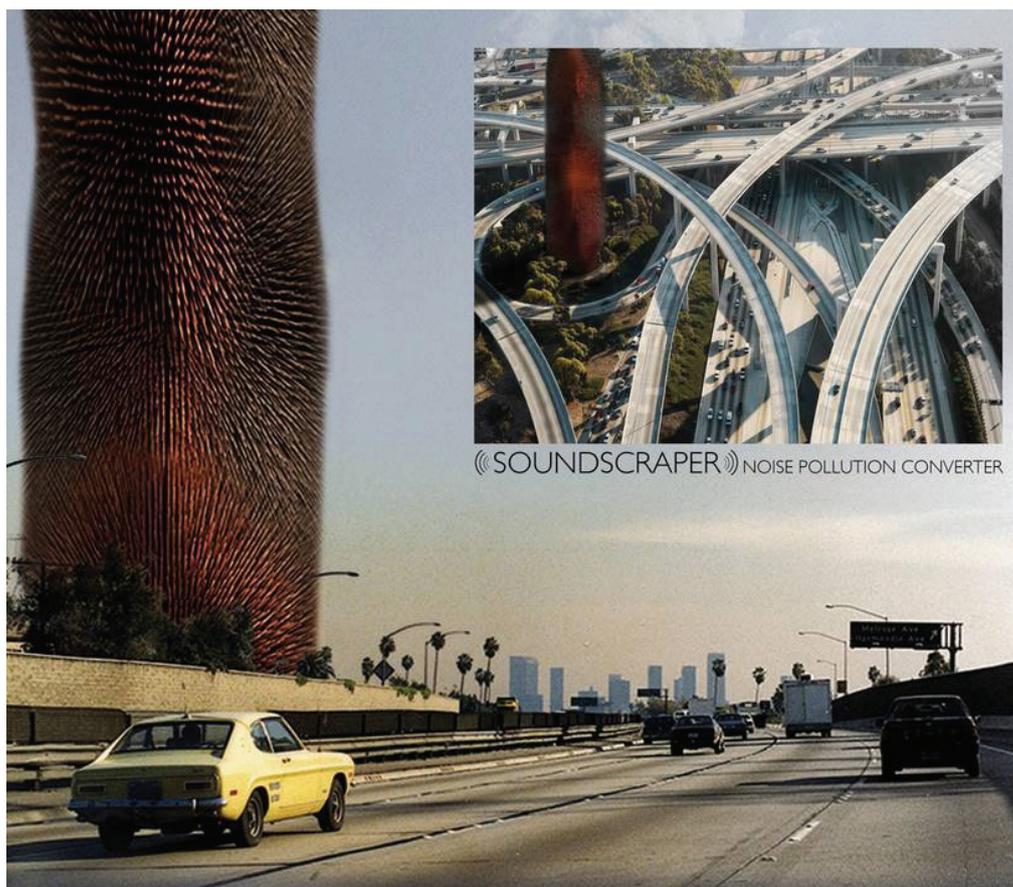


Рисунок 6 – Трёхмерная модель Soundscaper.

загрязнения воздуха или плохих жилищных условий. В системе «человек-материал-среда обитания», звено «материал» является той областью знаний современной науки, которая позволит справиться с такой глобальной экологической проблемой урбанизации, как шумовое загрязнение. А также предоставит архитекторам возможность создания концепций в формообразовании и создании благоприятных пространств, благодаря использованию инновационных строительных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лесовик, В. С. Архитектурная геоника [Текст] / В. С. Лесовик // Жилищное строительство. – 2013. – № 1. – С. 9–12.
2. Le rôle de Bruitparif [Ressource électronique]. – Mode d'accès : <https://www.bruitparif.fr/le-role-de-bruitparif1/>. – Titre de l'écran.
3. Futur: le bruit, nouvelle source d'énergie [Ressource électronique] // Le Parisien. – [S. v. : S. é.]. – Mode d'accès : <http://www.leparisien.fr/magazine/grand-angle/futur-le-bruit-nouvelle-source-d-energie-17-06-2013-2904413.php>. – Titre de l'écran.
4. TNS Sofres de la France [Text] // Le Francilofone. – 2010. – № 10. – P. 1–11.
5. Романов, С. Н. Биологическое действие вибрации и звука. Парадоксы и проблемы XX века [Текст] / С. Н. Романов. – Ленинград : «Наука», 1991. – 158 с.
6. Тэйлор, Р. Шум [Текст] / Р. Тэйлор. – [Б. м.] : Мир, 2003. – 308 с.
7. Суворов, Г. А. Импульсный шум и его влияние на организм человека [Текст] / Г. А. Суворов, А. М. Лихницкий. – Ленинград : Медицина. Ленингр. отд-ние, 1975. – 207 с.
8. Шум и шумовая болезнь [Текст] / Е. Ц. Андреева-Галанина, С. В. Алексеев, А. В. Кадыскин, Г. А. Суворов ; Под ред. проф. Е. Ц. Андреевой-Галаниной. – Ленинград : Медицина. Ленингр. отд-ние, 1972. – 303 с.
9. Лесовик, В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении [Текст] : монография / В. С. Лесовик, 2-изд., Белгород : [Б. и.], 2016. – 286 с.
10. Щукин, Алексей Кризис города [Электронный ресурс] / Алексей Щукин // Эксперт. – 2010. – № 18(703). – Режим доступа : http://expert.ru/expert/2010/18/krizis_goroda/.

11. Browne, Enrique Edificio Consorcio Santiago [Electronic resource] / Enrique Browne + Borja Huidobro // Plataforma Arquitectura. – [2006]. – Access mode : <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-14392/edificio-consorcio-sede-santiago-enrique-browne-borja-huidobro>. – ISSN 0719-8914.
12. Highway Noise Barrier [Electronic resource] // Shanda Noise Barrier Engineering. – Access mode : <https://www.noisebarrier.org/soundbarrier/highway-noise-barrier.html>. – Screen title.
13. SonoPerf Micro-slotted, absorbent, acoustic metal panels [Electronic resource] // ANDRITZ FIEDLER. – 2010. – Access mode : <https://docplayer.net/22182937-Sonoperf-micro-slotted-absorbent-acoustic-metal-panels.html>. – Screen title.
14. Иванова, Ж. Материалы будущего, которые можно использовать уже сегодня [Электронный ресурс] / Ж. Иванова // Let's work Together. – 06–10 Sept. – 2019. – Режим доступа : <https://design-mate.ru/read/an-experience/materials-of-future-that-you-can-use-today>.
15. Sound-absorbing concrete and lightweight concrete panels [Electronic resource] // FIP INDUSTRIALE. – Access mode : <http://www.fipindustriale.it/index.php?area=106&menu=96&lingua=1>.
16. Дремо, В. Энергия вместо кирпичей [Электронный ресурс] / В. Дремо // CABLOOK. – [2015]. – Режим доступа : <http://www.cablook.com/extracreative/energiya-vmesto-kirpichej/>.
17. Soundscaper Captures Sound Kinetic Energy while Reducing Noise Pollution [Ressource électronique] / Julien Bourgeois, Olivier Colliez, Savinien de Pizzol, Cédric Dounval [et d.] // Architectural Magazine «eVolo». – [2013]. – Mode d'accès : <http://www.evolo.us/soundscaper-captures-sound-kinetic-energy-while-reducing-noise-pollution/#more-23424>. – Titre de l'écran.

Получено 11.03.2019

І. Л. ПЕРШИНА, П. В. БУРЦЕВ
ДО ПИТАННЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ В
АРХІТЕКТУРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ
ФДБОУ ВО «Белгородський державний технологічний університет ім. В. Г. Шухова»

Анотація. Розглядаючи звук як негативний фактор впливу на архітектурну просторовість і, як наслідок, на людину, поряд із загальноприйнятими методами вирішення цієї проблеми виділяється матеріалознавчий поттерн. Тенденція сучасної спрямованості якого прагне до трансдисциплінарності. З огляду на факт практичної неможливості зменшення кількості джерел шумового забруднення архітектурного простору великих міст і мегалополісів, деяке рішення шумової проблеми інтер'єрного і навіть камерного екстер'єрного архітектурного простору убачається в популяризації сучасних пристосувань і матеріалів, пряме призначення яких – шумозахист.

Ключові слова: шумозахист, архітектурний простір, геоніка, звукопоглинальні матеріали, відновлювальна енергія.

IRINA PERSHINA, PAVEL BURTSEV
TO THE ISSUE OF SOLVING PROBLEMS OF NOISE POLLUTION IN THE
ARCHITECTURAL ENVIRONMENT
The Federal State Budget Educational of Higher Education «Belgorod State Technological
University named after V. G. Shukhov»

Abstract. Considering sound as a negative factor of influence on architectural spatiality and, as a result, on a person, along with the generally accepted methods for solving this problem, the material science pattern is highlighted. The trend of the modern trend which seeks to transdisciplinarity. Considering the fact that it is practically impossible to reduce the number of sources of noise pollution in the architectural space of large cities and megalopolises, some solution to the noise problem of the interior and even in the chamber exterior architectural space seems to popularize modern appliances and materials whose direct purpose is noise protection.

Key words: noise protection, architectural space, geonics, sound-absorbing materials, renewable energy.

Першина Ирина Леонидовна – аспирант кафедры архитектуры и градостроительства ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова». Научные интересы: акустическое воздействие на архитектурную пространственность; геофакторное влияние на архитектурное пространство; феноменологический метод исследования архитектурного пространства, основанный на чувственном восприятии.

Бурцев Павел Владимирович – бакалавр кафедры теплогазоснабжения и вентиляции ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова». Научные интересы: способы шумоглушения вентустановок, акустические расчеты, акустические материалы.

Першина Ирина Леонідівна – аспірант кафедри архітектури та містобудування ФДБОУ ВО «Белгородський державний технологічний університет ім. В. Г. Шухова». Наукові інтереси: акустичний вплив на архітектурну просторовість; геофакторное вплив на архітектурний простір; феноменологічний метод дослідження архітектурного простору, заснований на чуттєвому сприйнятті.

Бурцев Павло Володимирович – бакалавр кафедри теплогазопостачання та вентиляції ФДБОУ ВО «Белгородський державний технологічний університет ім. В. Г. Шухова». Наукові інтереси: способи шумоглушення вентустановок, акустичні розрахунки, акустичні матеріали.

Pershina Irina – graduate student, Architecture and Urban Planning Department, The Federal State Budget Educational of Higher Education «Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov». Scientifics interests: acoustic impact on architectural spatiality; geofactor influence on the architectural space; a phenomenological method of studying architectural space based on sensory perception.

Burtsev Pavel – bachelor, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, The Federal State Budget Educational of Higher Education «Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov». Scientifics interests: sound attenuation methods for ventilation installations, acoustic calculations, acoustic materials.

УДК 625.8

Т. В. АНИКАНОВА, А. С. ПОГРОМСКИЙ

ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова»

ПРИМЕНЕНИЕ ШЛАКОВ ОЭМК ДЛЯ УСТРОЙСТВА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Аннотация. В работе рассмотрены возможности применения шлаков электросталеплавильного производства при строительстве автомобильных дорог. В настоящее время их используют значительно меньше, чем доменные шлаки, что связано с изменением состава и свойств шлаков электросталеплавильного производства при их продолжительном хранении в отвалах. Исследования проводились на шлаках Оскольского электрометаллургического комбината (ОЭМК). Были определены свойства шлака ОЭМК текущего выхода и лежалого (5, 10 и 18 лет хранения) и их изменения во времени. Показаны возможности применения шлаков ОЭМК текущего выхода и хранившегося в отвалах несколько лет в качестве того или иного компонента асфальтобетонной смеси (щебень, песок, минеральный порошок). Показано, что при длительном хранении все неустойчивые частицы шлака ОЭМК успевают распасться и диспергироваться. Куски шлака, которые не рассыпались в порошок, представляют интерес как мелкий и крупный заполнитель для асфальтобетонов. Приводятся результаты исследования минерального порошка на основе шлака ОЭМК. Показано, что добавление пылевидной фракции шлаков ОЭМК в качестве минерального порошка позволяет улучшить показатели водостойкости и длительной водостойкости.

Ключевые слова: электросталеплавильный шлак, шлак текущего выхода, лежалый шлак, силикатный распад, щебень на основе шлаков ОЭМК, шлаковый песок, минеральный порошок на основе шлаков ОЭМК, асфальтобетон.

ВВЕДЕНИЕ

Строительство, ремонт и реконструкция автомобильных дорог требуют больших затрат минерального сырья в виде песка, щебня, минерального порошка. Запасы минерального сырья на территории страны распределены неравномерно, что вызывает значительные транспортные расходы по его доставке к объектам строительства. Расширение масштабов дорожного строительства сопровождается непрерывным увеличением вовлекаемых в хозяйственный оборот сырья и материалов, что требует разработки новых месторождений, зачастую в труднодоступных и удаленных от мест потребления районах. Это вызывает повышение капитальных вложений на создание новых мощностей по добыче минерального сырья и увеличивает себестоимость его производства. Кроме того, запасы минерального сырья со временем неизбежно сокращаются, что требует широкого вовлечения в строительство автомобильных дорог нетрадиционных видов сырья, а также отходов промышленного производства.

Использование вторичных ресурсов позволяет не только расширить сырьевую базу, но и в значительной мере способствует защите окружающей среды от отрицательного воздействия промышленных и бытовых отходов. По ориентировочной оценке, под отвалы и свалки в настоящее время в России занято свыше 1,2 млн га земли. В связи с этим перед учеными, занимающимися проблемами развития дорожно-транспортной инфраструктуры актуальными являются исследование и разработка научных основ технологии и способов применения в дорожном строительстве местных дорожно-строительных материалов и побочных продуктов промышленности.

Одним из перспективных направлений является использование шлаков черной металлургии, большая часть которых на сегодня складывается в отвалах. Их утилизация позволит существенно расширить сырьевую базу для дорожного строительства, обеспечив дорожную отрасль минеральным

сырьем на 15–20 лет, улучшить экологическую обстановку в районах металлургического производства, сократить расходы на строительство и ремонт автомобильных дорог.

В отличие от достаточно изученных и широко применяемых в строительстве доменных шлаков, шлаки электросталеплавильного производства используются при строительстве автодорог значительно в меньшей степени, что связано с изменением состава и свойств таких шлаков при их продолжительном хранении в отвалах. В настоящее время в отвалах ряда металлургических предприятий, таких как Череповецкий, Тульский, НовOLIпецкий, Оскольский, скопились миллионы тонн шлаков. Применение таких шлаков в качестве материалов при устройстве конструктивных слоев дорожных одежд и в составе композитов для устройства покрытий при строительстве и ремонте автомобильных дорог требует комплексного изучения влияния сроков и условий хранения шлаков на изменение их физико-механических свойств.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Данная работа посвящена исследованию возможностей направленного комплексного использования отвальных электросталеплавильных шлаков при строительстве и ремонте автомобильных дорог.

Результаты экспериментальных исследований, а также имеющийся опыт использования различных шлаков и других техногенных продуктов при строительстве автомобильных дорог свидетельствует о том, что рациональный состав цемента- и асфальтобетонов, технология их укладки зависят от химического, минералогического состава шлаков и других их показателей [1–3]. В то же время известно, что дорожная отрасль во многих случаях имеет возможность использовать шлаки не только текущего производства, но и отвальные [4, 5].

Результаты исследований показывают, что в процессе длительного хранения шлаков происходят изменения фазового состава, при чем не все показатели ухудшаются, ряд показателей даже улучшается. В связи с этим нами в работе [6] было показано, что необходим дифференцированный подход к использованию шлаков текущего производства и длительного их хранения с учетом их состава и свойств.

В работе [7] показано, что в процессе длительного хранения происходит обеднение шлака оксидом кальция и обогащение диоксидом кремния. Исследование процессов, происходящих в шлаках при длительном вылеживании, показало, что в шлаковой массе происходит уменьшение содержания фракций, склонных к силикатному распаду и гидратационному диспергированию.

Куски шлака, которые не рассыпались в порошок, представляют интерес как каменный материал, который может быть использован в качестве мелкого и крупного заполнителя для асфальтобетонов, а также в качестве материала для устройства укрепленных и неукрепленных слоев оснований дорожных одежд. В качестве щебня для асфальтобетонов лучше использовать шлак, хранившийся в отвалах 10–15 лет, так как он не будет подвержен силикатному распаду. Тогда как в качестве минерального порошка следует использовать шлак текущего выхода как материал, обладающий активными свойствами, содержащий максимум электронно-акцепторных центров на своей поверхности.

Прежде чем рекомендовать к использованию текущий или лежалый шлак ОЭМК в качестве того или иного компонента асфальтобетонной смеси (щебень, песок, минеральный порошок) авторами были определены их основные характеристики и изменение их свойств шлака во времени.

Физико-механические характеристики щебня на основе электросталеплавильных шлаков различного срока хранения в отвалах приведены в табл. 1. Исследования шлака проводились в соответствии с нормативной литературой [8–10].

Из табл. 1 видно, что хранившийся в течение 18 лет в отвалах шлак имеет большую марку по дробимости, чем шлак текущего выхода. Так, для фракции 5...10 мм после 5 лет хранения марка по дробимости увеличилась на 67 % и составила 1 000, а после 10 лет хранения – на 100 % (1 200). После 18 лет хранения марка по дробимости не изменилась и составила 1 200.

Для фракции 10...20 мм текущего выхода марка по дробимости составила 600, после 5 лет хранения – 1 000, после 10 лет хранения – 1 200, при дальнейшем вылеживании шлака в отвалах марка по дробимости не изменилась (1 200). После хранения шлака в отвалах в течение 5 лет щебень фракции 20...40 мм имеет марку по дробимости 1 000. При хранении шлака в отвалах 10 и 18 лет этот показатель щебня увеличился до 1200.

После 5 лет хранения морозостойкость щебня всех фракций увеличилась на 67 % с 15 до 25 циклов. Следует отметить, что при хранении в шлаке уменьшается содержание пылевидных и глинистых частиц. Это говорит о том, что в качестве щебня для асфальтобетона лучше использовать лежалый

Таблица 1 – Физико-механические характеристики щебня на основе шлаков ОЭМК

Щебень на основе электросталеплавильного шлака		Характеристики			
		Марка по дробимости	Морозостойкость, циклов	Содержание зерен лещадной формы, %	Содержание пылевидных и глинистых частиц, %
Текущего выхода	Фр. 5–10 мм	600	15	1,5	1,5
	Фр. 10–20 мм	600	15	1,5	1,5
	Фр. 20–40 мм	–	–	–	–
5 лет хранения	Фр. 5–10 мм	1 000	25	1,5	1,0
	Фр. 10–20 мм	1 000	25	1,5	1,0
	Фр. 20–40 мм	1 000	25	–	1,0
10 лет хранения	Фр. 5–10 мм	1 200	25	–	1,0
	Фр. 10–20 мм	1 200	25	–	1,0
	Фр. 20–40 мм	1 200	25	–	1,0
18 лет хранения	Фр. 5–10 мм	1 200	25	–	1,0
	Фр. 10–20 мм	1 200	25	–	1,0
	Фр. 20–40 мм	1 200	25	–	1,0

шлак ОЭМК. Увеличение марки по дробимости подтверждает предположение о том, что образцы, пролежавшие в отвалах 10, 18 лет меньше подвержены силикатному распаду.

Результаты исследования изменений физико-механических характеристик песка на основе шлаков ОЭМК с учетом их сроков хранения представлены в табл. 2. Исследования проводились в соответствии с ГОСТ [8].

Таблица 2 – Физико-механические характеристики песка на основе шлаков ОЭМК

Песок на основе электросталеплавильного шлака	Характеристики				
	Модуль крупности	Группа песка	Насыпная плотность, кг/м ³	Средняя плотность, кг/м ³	Содержание глинистых частиц, % по массе
Текущего выхода	1,26	Очень мелкий	1,44	1810	2,00
5 лет хранения	2,70	Крупный	1,40	1800	1,50
10 лет хранения	2,74	Крупный	1,40	1800	1,05
18 лет хранения	2,85	Крупный	1,40	1800	1,05

Из табл. 2 видно, что уже после 5 лет хранения модуль крупности увеличился более чем в 2 раза и составил 2,7, вместо 1,26 у шлакового песка текущего выхода. В течение последующих 13 лет этот показатель продолжал увеличиваться. Визуально песок из шлака текущего выхода мелкий, а песок из шлака, хранившегося в отвалах 5, 10, 18 лет, – крупный. Следует отметить, что сроки хранения шлака практически не повлияли на насыпную и среднюю плотность шлакового песка. Важным является тот фактор, что после 10 лет хранения в песке на 30 % уменьшилось содержание глинистых частиц.

Изменения свойств шлакового песка во времени показали, что в качестве мелкого заполнителя для асфальтобетонов лучше использовать «лежалый» материал.

Результаты исследования изменений свойств минерального порошка на основе шлаков ОЭМК с учетом их сроков хранения представлены в табл. 3. Исследования проводились в соответствии с ГОСТ [11].

Из табл. 3 видно, что после 5 лет хранения зерновой состав практически не изменился. Показатели средней и истинной плотности также остались на прежнем уровне. Так, средняя плотность шлакового минерального порошка независимо от срока хранения составила 2 010 кг/м³, показатель истинной плотности изменился незначительно: 2 830 кг/м³ – для шлакового минерального порошка текущего выхода до 2 800 кг/м³ – для минерального порошка из шлака, пролежавшего в отвале 18 лет. По мере увеличения сроков хранения минерального порошка его показатели пористости, битумоемкости и влажности незначительно уменьшаются. Следует подчеркнуть, что гидратационная активность

Таблица 3 – Свойства минерального порошка на основе шлаков ОЭМК

Показатель	Требования ГОСТ	Минеральный порошок на основе электросталеплавильного шлака			
		текущего выхода	5 лет хранения	10 лет хранения	18 лет хранения
Зерновой состав, % по массе, не менее:					
мельче 1,25 мм	95	98,15	97,41	97,21	97,20
> 0,315 мм	80	90,32	88,98	88,59	88,87
> 0,071 мм	60	79,87	76,90	77,17	77,20
Средняя плотность, кг/м ³	не нормируется	2 010	2 010	2 010	2 010
Истинная плотность, кг/м ³	не нормируется	2 830	2 810	2 800	2 800
Показатель битумоемкости, г, не более	100	75,45	70,19	70,15	70,10
Пористость, %, не более	45	38,45	36,20	36,20	36,20
Влажность, %	не нормируется	0,60	0,40	0,40	0,40

шлака с возрастом снижается, так как во времени активно протекают процессы силикатного распада, поэтому в качестве минерального порошка для асфальтобетонов лучше использовать минеральный порошок из шлака текущего выхода.

Для исследования минерального порошка на основе шлака ОЭМК было выбрано четыре состава асфальтобетона типа Г (идеальный гранулометрический состав). Составы были подобраны не по гранулометрическому составу фактического материала, а по требованиям ГОСТ 9128-2013 [12], то есть зерновой гранулометрический состав у всех смесей одинаковый (табл. 4).

Физико-механические свойства асфальтобетона приведены в табл. 5.

Таблица 4 – Гранулометрический состав асфальтобетонной смеси типа Г

Наименование показателя	Размер отверстий сит, мм							
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071	< 0,071
Частные остатки, %	13,00	17,0	19,	14,0	12,0	9,0	6,0	10
Полные остатки, %	13,0	30,0	49,0	63,0	75,0	84,0	90,0	100
Полные проходы, %	87,0	70,0	51,0	37,0	25,0	16,0	10,0	–

В табл. 5 приведены свойства асфальтобетонов следующих составов:

Таблица 5 – Физико-механические свойства асфальтобетона типа Г при введении в его состав минерального порошка из шлаков различного срока хранения

№ состава	Предел прочности при сжатии, МПа			Водонасыщение, %	Коэффициент водостойкости	Коэффициент длительной водостойкости		
	20 °С	50 °С	0 °С			15 сут.	60 сут.	90 сут.
1	5,2	2,4	10,0	2,13	0,88	0,87	0,80	0,77
2	6,4	2,8	11,8	2,99	0,92	0,95	1,01	1,06
3	6,4	2,6	11,4	4,37	0,90	0,90	0,92	0,95
4	6,3	2,6	11,2	4,24	0,89	0,89	0,87	0,84

– состав № 1 (контрольный образец): 95 % отсева кварцитопесчаника + 5 % минерального порошка (известняк) + 6,5 % битума;

– состав № 2: 95 % отсева кварцитопесчаника + 5 % минерального порошка (шлак текущего выхода) + 6,5% битума;

– состав № 3: 95 % отсева кварцитопесчаника + 5 % минерального порошка (отвалный шлак, хранившийся 5 лет) + 6,5 % битума;

– состав № 4: 95 % отсева кварцитопесчаника + 5 % минерального порошка (отвалный шлак, хранившийся 10 лет) + 6,5 % битума.

Из табл. 5 видно, что применение в качестве минерального порошка шлака ОЭМК позволяет повысить прочность асфальтобетона. При замене известняка на шлак ОЭМК текущего выхода прочность при сжатии при 20 °С возросла на 23 % и составила 6,4 МПа, а при 50 °С – на 17 % (2,8 МПа).

При использовании в качестве минерального порошка шлаков, хранившихся в отвалах 5 и 10 лет, водонасыщение образцов увеличивается почти в 2 раза, что связано с плохим взаимодействием с битумом. Коэффициент водостойкости у всех составов практически не изменился, тогда как коэффициент водостойкости выше у образцов, в которых в качестве минерального порошка применялся шлак ОЭМК. Самый высокий коэффициент длительной водостойкости имели образцы состава № 2, где в качестве минерального порошка использовался шлак текущего выхода. При использовании шлаков, хранившихся в отвалах 5 и 10 лет (состав № 3 и № 4), коэффициент длительной водостойкости уменьшался, но все равно был выше, чем у состав № 1 (минеральный порошок – известняк).

ВЫВОДЫ

1. Показано, что при длительном хранении все неустойчивые частицы шлака ОЭМК успевают распасться и диспергироваться. Те же куски шлака, которые не рассыпались в порошок, представляют интерес как каменный материал, который может быть использован в качестве мелкого и крупного заполнителя для асфальтобетонов, а также в качестве материала для устройства укрепленных и неукрепленных слоев оснований дорожных одежд.

2. Содержание в минеральной части активных электронно-акцепторных центров уменьшается с течением времени, поэтому в качестве минерального порошка лучше использовать шлаки текущего выхода.

3. Использование камневидной фракции лежалых шлаков 5, 10 и 18 лет хранения в отвалах в качестве заполнителя бетонов для строительства автомобильных дорог позволит повысить их долговечность благодаря исключению разупрочнения асфальтобетонов из-за силикатного распада.

4. Добавление пылевидной фракции шлаков ОЭМК в качестве минерального порошка позволяет значительно улучшить показатели водостойкости, длительной водостойкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шлакосиликатные материалы на основе отвальных шлаков черной металлургии и отходов химической промышленности [Текст] / Ш. М. Рахимбаев, О. Ф. Лелебина, А. В. Смагдеева // Проблемы утилизации промышленных отходов в строительстве и промышленности строительных материалов : тезисы конференции. – Красноярск : [б. и.], 1989. – С. 103–104.
2. Армированный асфальтобетон с применением активных минеральных отходов и побочных продуктов промышленности [Текст] / В. П. Подольский, Г. А. Расстегаева, Л. Н. Расстегаева // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2000. № 9. – С. 10–11.
3. Гридчин, А. М. Дорожно-строительные материалы из отходов промышленности [Текст] / А. М. Гридчин. – Белгород : Изд-во БелГГАСМ, 1997. – 204 с.
4. Термоактивация минерального сырья и промышленных отходов [Текст] / Е. И. Евтушенко, Ю. К. Рубанов, И. В. Старостина // Новые материалы и технологии НМТ-98 : тез. докл. Всероссийской научн.-техн. конф. – М. : Изд-во «ЛАТМЭС», 1998. – С. 20–21.
5. Влияние условий подготовки основных электросталеплавильных шлаков на свойства силикатных бетонов [Текст] / И. В. Старостина, Ю. К. Рубанов, Е. И. Кравцов, Е. И. Евтушенко // Качество, безопасность, энерго- и ресурсосбережение в промышленности строительных материалов и строительстве на пороге XXI века : сб. докл. Междунар. науч.-практич. конф. (Белгород, 21-22 октября 2000 г.). – Ч. 2. – Белгород : Изд-во БелГГАСМ, 2000. – С. 384–388.
6. Применение электросталеплавильных шлаков в конструкциях жестких дорожных одежд [Текст] / А. С. Погромский, Г. С. Духовный, Т. В. Аниканова, Ш. М. Рахимбаев. Белгород : Изд-во БГТУ, 2018. – 100 с.
7. Погромский, А. С. Дифференцированный подход к использованию электросталеплавильных шлаков при строительстве и ремонте дорожных одежд [Текст] / А. С. Погромский, Т. В. Аниканова // Научно-технические технологии и инновации : сб. докладов Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им. В. Г. Шухова (Белгород, 09-10 октября 2014 г.). – В 8 томах. – Том. 5. – Белгород : Изд-во БГТУ, 2014. – С. 61–64.
8. ГОСТ 3344-83 Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 3344-73 и ГОСТ 23756-79 ; введ. 1985-01-01. – М. : Государственный комитет СССР по делам строительства, 1985. – 15 с.
9. ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 8267-82, ГОСТ 8268-82, ГОСТ 10260-82, ГОСТ 23254-78, ГОСТ 26873-86 ; введ. 1985-01-01. – М. : Госстрой России, 1994. – 11 с.

10. ГОСТ 8269.0-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний [Текст]. – Взамен ГОСТ 3344-83, ГОСТ 7392-85, ГОСТ 8269-87 ; введ. 1998-07-01. – М. : Минстрой России, 1997. – 57 с.
11. ГОСТ Р 52129-2003 Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия [Текст]. – Введен впервые ; введ. 2003-10-01. – М. : Госстрой России, 2003. – 38 с.
12. ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 9128-2009 ; введ. 2014-11-01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 55 с.

Получено 10.03.2019

Т. В. АНИКАНОВА, О. С. ПОГРОМСЬКИЙ
ЗАСТОСУВАННЯ ШЛАКІВ ОЕМК ДЛЯ УЛАШТУВАННЯ
АСФАЛЬТОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ
ФДБОУ ВПО «Белгородський державний технологічний університет ім. В. Г. Шухова»

Анотація. У роботі розглянуті можливості застосування шлаків електросталеплавильного виробництва при будівництві автомобільних доріг. На даний час їх використовують значно менше, ніж доменні шлаки, що пов'язано зі зміною складу і властивостей шлаків електросталеплавильного виробництва при їх тривалому зберіганні у відвалах. Дослідження проводилися на шлаках Оскольського електрометалургійного комбінату (ОЕМК). Були визначені властивості шлаку ОЕМК поточного виходу і залежаного (5, 10 і 18 років зберігання) і їх зміни в часі. Показано можливості застосування шлаків ОЕМК поточного виходу і тих, що зберігалися у відвалах кілька років, в якості того чи іншого компонента асфальтобетонної суміші (щебінь, пісок, мінеральний порошок). Показано, що при тривалому зберіганні всі нестійкі частки шлаку ОЕМК встигають розпастися і диспергувати. Шматки шлаку, які не розсипалися в порошок, становлять інтерес як дрібний і крупний заповнювач для асфальтобетонів. Наводяться результати дослідження мінерального порошку на основі шлаку ОЕМК. Показано, що додавання пилоподібної фракції шлаків ОЕМК в якості мінерального порошку дозволяє поліпшити показники водостійкості і тривалої водостійкості.

Ключові слова: електросталеплавильний шлак, шлак поточного виходу, залежаний шлак, силікатний розпад, щебінь на основі шлаків ОЕМК, шлаковий пісок, мінеральний порошок на основі шлаків ОЕМК, асфальтобетон.

TATIANA ANIKANOVA, ALEXEY POGROMSKY
THE USE OF OEMK SLAGS FOR MAKING ASPHALT CONCRETE PAVEMENT
STRUCTURES
Belgorod Shukhov State Technological University

Abstract. The paper considers the possibility of using slags of electric steel-making production in the construction of highways. At present, they are used much less than blast-furnace slags, which is associated with changes in the composition and properties of slags from electric steel-making production during their long storage in dumps. Studies were carried out on the slags of the Oskolsky electrometallurgical plant (OEMK). The properties of the slag OEMK current output and stale (5, 10 and 18 years of storage) and their changes over time were identified. The possibilities of the use of slag OEMK current output and stored in the dumps for several years as one or another component of the asphalt concrete mix (crushed stone, sand, mineral powder) are shown. It is shown that during long-term storage all unstable particles of the OEMK slag have time to disintegrate and disperse. Pieces of slag that did not crumble into powder are of interest as fine and coarse aggregate for asphalt concrete. The results of the study of the mineral powder based on the slag OEMK are given. It is shown that the addition of the dust-like slag fraction to OEMK as a mineral powder makes it possible to improve water resistance and long-term water resistance.

Key words: electric steel slag, current output slag, dead slag, silicate decomposition, crushed stone based on OEMK slags, slag sand, mineral powder based on OEMK slags, asphalt concrete.

Аниканова Татьяна Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры архитектурных конструкций ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова». Научные интересы: кинетика гетерогенных процессов, применение шлаков электросталеплавильного производства в дорожном строительстве, ячеистые бетоны.

Погромский Алексей Сергеевич – доцент кафедры автомобильных и железных дорог ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова». Научные интересы: кинетика гетерогенных процессов, применение шлаков электросталеплавильного производства в дорожном строительстве.

Аніканова Тетяна Вікторівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри архітектурних конструкцій ФДБОУ ВПО «Белгородський державний технологічний університет ім. В. Г. Шухова». Наукові інтереси: кінетика гетерогенних процесів, застосування шлаків електросталеплавильного виробництва в дорожньому будівництві, пористі бетони.

Погромський Олексій Сергійович – доцент кафедри автомобільних шляхів і залізниць ФДБОУ ВПО «Белгородський державний технологічний університет ім. В. Г. Шухова». Наукові інтереси: кінетика гетерогенних процесів, застосування шлаків електросталеплавильного виробництва в дорожньому будівництві.

Anikanova Tatiana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Architectural Constructions Department, Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. Scientifics interests: kinetics of heterogeneous processes, the use of electric steel production slag in road construction, cellular concrete.

Pogromsky Alexey – Associate Professor, Roads and Railways Department, Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. Scientifics interests: kinetics of heterogeneous processes, the use of electric steel production slag in road construction.

УДК 528.92

Ш. Ф. МУТТАЛИБОВА, С. А. ГАНИЕВА

Азербайджанский университет архитектуры и строительства

**СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ КАДАСТРА ГОРОДА
СУМГАИТА НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПО
ЛИНЕЙНЫМ И ПОЛИГОННЫМ ПАРЦЕЛЛАМ**

Аннотация. В статье рассматривается вопрос о сборе географических данных для линейных и полигонных участков и создании кадастровой информационной модели для территории города Сумгаит. С этой целью были использованы информационные системы INTERLIS. Для создания базы данных был выполнен процесс кодирования, была создана система кодирования городской информации. На основе этой системы была создана кадастровая информационная модель для города Сумгаит.

Ключевые слова: Сумгаит, кадастр, INTERLIS, кодирование, модель данных.

Город Сумгаит расположен в 35 км к северо-западу от г. Баку, на западном берегу Каспийского моря, недалеко от реки Сумгаит, на равнине. В городе есть два административных района, два поселка и три муниципалитета. Поселения Хаджи Зейналабдин и Джорат подчинены округу. Площадь административного округа составляет 9 495 гектаров Апшеронского полуострова [1].

Климат Сумгаита сухой, субтропический и полупустынный. Количество ветренных дней – 75, скорость ветра обычно 5...20 м/с. Самая низкая температура воздуха составляет –13 °С, а самая жаркая температура +40 °С (в августе). Дождевые осадки в основном осень-зима-лето. Река Сумгаит проходит по городу. С южной стороны от города расположен Самур-Апшеронский канал [1].

В качестве исследовательского участка была взята площадь в 12 300 гектаров на административной территории г. Сумгаит. Количество участков, включенных в область исследования, составило 67 000 парцель – земельных участков (рис. 1).



Рисунок 1 – Граница и административная территория города Сумгаит.

На территории Сумгаита было собрано большое количество данных для создания электронной кадастровой базы данных недвижимости [2]. Для сбора, анализа и первоначальной идентификации объектов, основанных на объектах недвижимости, была выполнена следующая оптимальная последовательность работ (таблица).

© Ш. Ф. Мутталибова, С. А. Ганиева, 2019

Таблица – Сбор, анализ существующих данных об объектах недвижимости и предварительная идентификация объектов

№	Название	Проделанные работы
1.	Сбор, подготовка и консолидация данных	<ul style="list-style-type: none"> Преобразованы ортофотографические изображения в единую географическую систему координат (UTM 39). Собраны топографические планы, охватывающие районы и подогнаны в систему UTM39, масштабом 1:2000, 1:5000, 1:10000. Накоплена векторная информация, отражающая топографию района – зданий, сооружений и дорог, и преобразована в единую географическую систему координат (UTM39). Если нет векторной информации, тогда проводится классификация и векторизация дорог и границ из ортофотоснимков, посредством программы ГИС. В топографических планах на основе ГИС векторизированы административные (районные), правовые и экономические границы районов. Определены приблизительные границы муниципалитетов и сельскохозяйственных земель. Преобразованы данные о земельных участках для недвижимости в формате DWG в ГИС и доведены до системы UTM39.
2.	Формирование электронной рабочей среды	<ul style="list-style-type: none"> Все цифровые географические и текстовые данные преобразованы в единую идентификационную географическую базу данных. Подготовлены, маркированы и отображены картографические документы в программном обеспечении ГИС, которые содержат все слои объектов. Добавлены различные тематические карты в ГИС и обогащены макросами. Создан внешний интерфейс ГИС.
3.	Анализ и идентификация	<ul style="list-style-type: none"> До окончания работы во всех разделах области проекта, в неделю 1 или 2 раза проводились анализы. Эти работы проведены параллельно с измерительными и изыскательскими работами в течение проектного периода. В результате анализа была оценена, идентифицирована и зарегистрирована идентификация недвижимости неопределенных областей. Основные разделы преобразованы на подсекции в формате А3 (приблизительно 190×130 метров) в масштабе 1:1000 и распечатаны выдержки из этих электронных подразделов. Планированы варианты выхода на территорию; Предоставлена идентификационная информация для камерального анализа

Для создания модели данных кадастра недвижимости в Сумгаите был использован механизм обмена информацией по информационной системе INTERLIS. Основная идея INTERLIS заключается в том, что обмен информацией о географической информационной системе (ГИС) возможен только тогда, когда участвующие стороны имеют четкую и единую идею о типе геоданных [3, 4]. По этой причине

INTERLIS имеет четкую картину геоинформационных моделей и, в конечном счете, структуру обменного формата [5] (рис. 2).

INTERLIS формирует продолжение модели контактной информации и расширяет ее через функции, характерные для ГИС [5]. Модель данных включает в себя следующее: название модели, определения ценового диапазона, применяемые ко всей модели; иллюстрация с различными темами.

Описание модели данных в INTERLIS выглядит следующим образом:

```
dataModel = 'MODEL' model-name
[ model-valueRangeDef ]
(* theme *)
'END' model-name '.
```

Соотношения между объектами создаются с помощью «контактных знаков». В этом случае необходимо указать, какая таблица и какие объекты принадлежат к отношению. Но контактные данные разрешены только в той же теме.

```
relAttribute = '->' table-name.
```

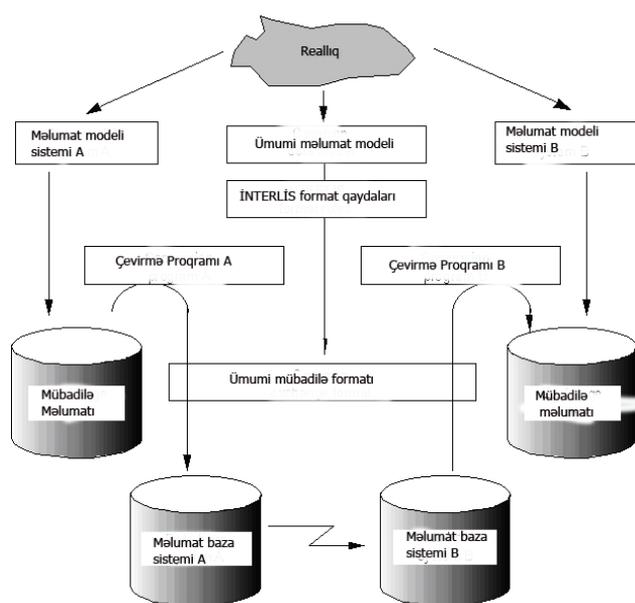


Рисунок 2 – Обмен информацией между различными геобазы данными с использованием общей модели геоданных и общего языка информации.

Все координаты, длина и единица измерения площади задается в единицах длины. Если длина должна быть определена с точностью до одного миллиметра, это выглядит следующим образом:

DIM1 0.000 1000.000.

Диапазон цен для каждого компонента устанавливается с координатами. Без каких-либо признаков первый компонент показывает восточное, второй компонент – северное направление, а третий компонент – высоту.

Координаты:

coord2 = 'COORD2' Emin_dec Nmin_dec Emax_dec Nmax_dec.

coord3 = 'COORD3' Emin_dec Nmin_dec Hmin_dec Emax_dec Nmax_dec Hmax_dec.

Длина и измерение территории

length = 'DIM1' min_dec max_dec.

area_measurement = 'DIM2' min_dec max_dec.

Угол

angle = ('RADIANS' | 'GRADS' | 'DEGREES') min_dec max_dec.

Диапазон

range = '[' min_dec '..' max_dec ']'.
 Во время кодирования регистрируется набор символов, то есть набор 8-разрядных обозначений (ISO 8859 1:1987) и INTERLIS определяет возможные предложения для этого (STANDART). Но для особых случаев они меняются, и сюда вводится код требуемого символа.

Предположим, что нам нужно настроить систему кодирования городских данных. Этот процесс был выполнен следующим образом. Первоначально в каждую группу были включены 4 кодировки, а область исследования была определена по иерархической идентификации. Была создана новая ГИС для разработки новых иерархических областей. В дополнение к кодам адресованы непомеченные участки, которые не зарегистрированы на основе полевых исследований. Этот процесс был реализован с использованием 4-точечной системы кодирования. Ниже приведен пример кодирования городской информации для создания базы данных (рис. 3).

Предположим, что нам нужно настроить систему кодирования городских данных. Этот процесс был выполнен следующим образом. Первоначально в каждую группу были включены 4 кодировки, а область исследования была определена по иерархической идентификации. Была создана новая ГИС для разработки новых иерархических областей. В дополнение к кодам адресованы непомеченные участки, которые не зарегистрированы на основе полевых исследований. Этот процесс был реализован с использованием 4-точечной системы кодирования. Ниже приведен пример кодирования городской информации для создания базы данных (рис. 3).



Рисунок 3 – Пример кодирования для создания базы данных Сумгаита.

На основе вышеуказанного кодирования создана база данных для территории Сумгаита (рис. 4). Этот тип системы баз данных также может использоваться другим, третьим пользователем. Такая база данных состоит из:

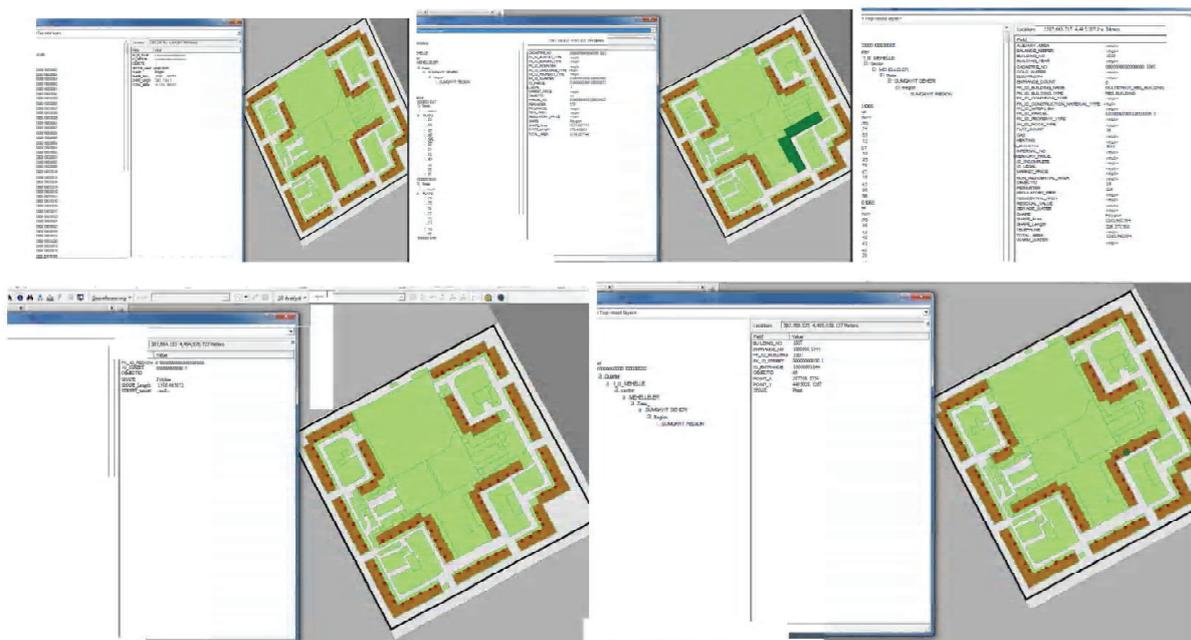


Рисунок 4 – Фрагменты из базы данных, созданные для Сумгаита.

- парцелл, и здания были исследованы до тех пор, пока они не были идентифицированы, и в это время любая незаконная деятельность была легко обнаружена;
- любые данные, полученные с помощью полевых исследований, были легко проанализированы с помощью программы ГИС. Например: информация о поле, характеристики владельца, строительные материалы, типы организации и т. д.
- отсутствующая информация была проанализирована и интегрирована в систему посредством полевых исследований;
- такая система рассчитана для 20 векторных систем, но также может работать с 30 моделями баз данных;
- с помощью такой системы можно создать произвольную тематическую карту. Например, чтобы показать трехмерные модели зданий г. Сумгаит.

Если интерфейс полностью разработан в соответствии вышеупомянутым рекомендациям, тогда такая информация может быть интегрирована на любые участки города, такие как транспортные сети, инфраструктура и т. д. Другими словами, этот тип системы может использоваться для любых целей Сумгаита, а также для создания цифровой электронной карт города.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sumqayıt [Электронный ресурс] // Vikipediya. – Электрон. дан. – Режим доступа : <https://az.wikipedia.org/wiki/Sumqayıt>. – Загл. с экрана.
2. Tanirverdiev, Ch. Q. Method of creating a database of real estate cadastre [Text] / Ch. Q. Tanirverdiev // Scientific works of the Azerbaijan University of Architecture and Construction. – 2015. – № 2. – P. 122–128.
3. INTERLIS [Электронный ресурс] // Vikipediya. – Электрон. дан. – Режим доступа : <https://en.wikipedia.org/wiki/Interlis>. – Загл. с экрана.
4. INTERLIS [Электронный ресурс] // GDAL. – Электрон. дан. – Режим доступа : http://www.gdal.org/drv_ili.html. – Загл. с экрана.
5. INTERLIS Language for Modelling Legal 3D Spaces and Physical 3D Objects by Including Formalized Implementable Constraints and Meaningful Code Lists [Electronic resource] / E. Kalogianni, E. Dimopoulou, W. Quak, M. Germann, L. Jenni, P. Oosterom // ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2017. – Vol 6. – № 319. – P. 3380–3390. – Access mode : https://www.researchgate.net/publication/320562521_INTERLIS_Language_for_Modelling_Legal_3D_Spaces_and_Physical_3D_Objects_by_Including_Formalized_Implementable_Constraints_and_Meaningful_Code_Lists.

Получено 10.03.2019

Ш. Ф. МУТТАЛІБОВА, С. А. ГАНІЄВА
СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ КАДАСТРУ МІСТА СУМГАЇТА НА
ОСНОВІ ОПРАЦЮВАННЯ ГЕОГРАФІЧНИХ ДАНИХ ПО ЛІНІЙНИХ І
ПОЛІГОННИХ ПАРЦЕЛАХ

Азербайджанський університет архітектури і будівництва

Анотація. У статті розглядається питання про збір географічних даних для лінійних і полігонних ділянок і створення кадастрової інформаційної моделі для території міста Сумгаїт. З цією метою були використані інформаційні системи INTERLIS. Для створення бази даних було виконано процес кодування, була створена система кодування міської інформації. На основі цієї системи була створена кадастрова інформаційна модель для міста Сумгаїт.

Ключові слова: Сумгаїт, кадастр, INTERLIS, кодування, модель даних.

SHAFAG MUTTALIBOVA, SACHLY GANIEVA
CREATION OF AN INFORMATION MODEL OF THE CADASTRE OF THE CITY
OF SUMGAIT BASED ON PROCESSING OF GEOGRAPHIC DATA ON LINEAR
AND POLYGON PARCELS

Azerbaijan University of Architecture and Construction

Abstract. The article considers the issue of collecting geographic data for linear and polygon sections and creating a cadastral information model for the territory of the city of Sumgait. For this purpose, the information systems INTERLIS were used. To create a database, the coding process was carried out; a coding system for city information was created. Based on this system, a cadastral information model for the city of Sumgait was created.

Key words: Sumgait, cadastre, INTERLIS, coding, data model.

Мутталибова Шафаг Фіруддун – кандидат технических наук, доцент Азербайджанского университета архитектуры и строительство. Научные интересы: создание кадастровых информационных моделей.

Ганиева Сачлы Абдулхак – кандидат физико-математических наук, доцент; заведующая кафедрой геоматики Азербайджанского университета архитектуры и строительство. Научные интересы: создание кадастровых информационных моделей.

Мутталибова Шафаг Фіруддун – кандидат технічних наук, доцент Азербайджанського університету архітектури і будівництва. Наукові інтереси: створення кадастрових інформаційних моделей.

Ганієва Сачли Абдулхак – кандидат фізико-математичних наук, доцент; завідувач кафедри геоматики Азербайджанського університету архітектури і будівництва. Наукові інтереси: створення кадастрових інформаційних моделей.

Muttalibova Shafag – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Azerbaijan University of Architecture and Civil Engineering. Scientifics interests: the creation of cadastral information models.

Ganiyeva Sachly – Ph. D. (Physical and Mathematical Sc.), Associate Professor; Head of the Department of Geomatics, Azerbaijan University of Architecture and Civil Engineering. Scientifics interests: the creation of cadastral information models.

СОДЕРЖАНИЕ

ДМИТРЕНКО Е. А., ГРАНИНА Т. О., ДЕМЕРЗА В. Р. Оценка эффективности применения высокопрочного бетона на примере железобетонных конструкций каркасного здания	5
ЧЕРНЫШЕВ В. Н., ЩЁКОВ Е. А. Сравнительная оценка технологий удаления фосфора из городских сточных вод	13
ЛЕСНОЙ В. И., ЗЯТИНА В. И., СЮЗЯЕВА В. С., ОВЧАРЕНКО А. В. Усовершенствование затрубной обработки прифилтровой зоны скважин пневмоимпульсным воздействием	18
ГОЛУБЕЦ Д. О., ПРОКОПЕНКО Д. Р., МОЗГОВОЙ Д. О., ДМИТРЕНКО Е. А., ВОЛКОВ А. С. Исследование и разработка конструкций усиления подземного резервуара	24
ВОЙТОВА Ж. Н., МАЛЮТИНА Т. П. Инструменты построения модели строительного объекта в BIM-технологиях	33
ГУБАНОВ В. В., ХАЛЯВКА Л. Н. Изменение НДС конструкций высотного здания в процессе монтажа	38
ЕФРЕМОВ А. Н., ЗАГОРУЙКО Т. И., МАЛИНИН Д. Г. Шлакощелочной неавтоклавный пенобетон повышенной трещиностойкости	42
ГОРОХОВ Е. В., РОМЕНСКИЙ И. В., МУЩАНОВ А. В., ОСИПОВ Н. С. Регулирование усилий в структурных конструкциях методом обратного выгиба	46
ЯРКИНА Е. В., ЯРКИНА В. В., БРЫЖАТАЯ Е. О. Особенности карстообразования Пермского края и Донецкой области	51
РОМАНЕНКО Б. Р., ОРЛОВ С. М., ЗАГОРУЙКО Т. И. Энергосбережение в циклонах за счет более полного использования затраченной энергии	56
БУКИНА Д. Ю., СЕЗЕМОВ Е. А., ФЕДОРИК А. В. Бесцементные вяжущие на основе шлака тепловых электростанций (ТЭС)	60
КОШЕЛЕВА Е. В., КРАВЧЕНКО М. В. Анализ причин взрывов метановоздушных смесей в подземных газоотсасывающих установках	64
ДЕВЯТОВ М. М., ПОЛЯКОВ А. М., СТОЛЕТОВ Е. В. Анализ современных требований к транспортной инфраструктуре сельского муниципального образования Новоаннинского района Волгоградской области РФ, на основе исследования эволюции системы Водитель – Автомобиль – Дорога – Среда	68
МАНСУРОВ Р. Ш., РАФАЛЬСКАЯ Т. А. Математическое моделирование теплотехнических характеристик наружных ограждений с воздушными прослойками	74
КОРСУН В. И., ВИНОГРАДОВА Н. А., ШВЕЦ Г. А. Эффективность учета в прочностных расчетах стального профиля в качестве внешней арматуры в элементах сборно-монолитных перекрытий	82
НЕДОПЕКИН Ф. В., ШЕСТАВИН Н. С., ЮРЧЕНКО В. В. Проект сооружения для очистки воздуха на перекрестке улиц	90
МОИСЕЕНКО М. О., ПОПОВ О. Н., МАЛИНОВСКИЙ А. П. НДС неразрезных пластин с малой начальной погибью из термочувствительного материала при разных параметрах опирания	95
МЕРКУЛОВ С. И., ЕСИПОВ С. М., ЕСИПОВА Д. В. Экспериментальные исследования трещинообразования железобетонных балок, усиленных композитными материалами	102
ПЕРШИНА И. Л., БУРЦЕВ П. В. К вопросу решения проблем шумового загрязнения в архитектурной среде	108
АНИКАНОВА Т. В., ПОГРОМСКИЙ А. С. Применение шлаков ОЭМК для устройства асфальтобетонных конструкций дорожных одежд	115

Статьи, публикуемые в журнале «Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры», размещены

- в российской информационно-аналитической системе –
Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)
- в электронно-библиотечной системе IPRbooks
- в информационно-поисковой системе Google Scholar.

ЗМІСТ

ДМИТРЕНКО Є. А., ГРАНИНА Т. О., ДЕМЕРЗА В. Р. Оцінка ефективності застосування високоміцного бетону на прикладі залізобетонних конструкцій каркасної будівлі	5
ЧЕРНИШЕВ В. М., ЩОКОВ Є. О. Порівняльна оцінка технологій видалення фосфору з міських стічних вод	13
ЛЕСНОЙ В. І., ЗЯТІНА В. І., СЮЗЯЄВА В. С., ОБЧАРЕНКО А. В. Удосконалення затрубного оброблення прифільгрової зони свердловин пневмоімпульсним впливом	18
ГОЛУБЕЦЬ Д. О., ПРОКОПЕНКО Д. Р., МОЗГОВИЙ Д. О., ДМИТРЕНКО Є. А., ВОЛКОВ А. С. Дослідження і розробка конструкцій посилення підземного резервуара	24
ВОЙТОВА Ж. М., МАЛЮТІНА Т. П. Інструменти побудови моделі будівельного об'єкта в BIM-технологіях	33
ГУБАНОВ В. В., ХАЛЯВКА Л. М. Зміна НДС конструкцій висотної будівлі в процесі монтажу	38
ЄФРЕМОВ О. М., ЗАГОРУЙКО Т. І., МАЛИНІН Д. Г. Шлаколушний неавтоклавний пінобетон підвищеної тріщиностійкості	42
ГОРОХОВ Є. В., РОМЕНСЬКИЙ І. В., МУЦАНОВ О. В., ОСІПОВ М. С. Регулювання зусиль у структурних конструкціях методом зворотного вигину	46
ЯРКІНА О. В., ЯРКІНА В. В., БРИЖАТА К. О. Особливості карстоутворення Пермського краю і Донецької області	51
РОМАНЕНКО Б. Р., ОРЛОВ С. М., ЗАГОРУЙКО Т. І. Енергозбереження в циклонах за рахунок більш повного використання витраченої енергії	56
БУКІНА Д. Ю., СЕЗЕМОВ Є. О., ФЕДОРИК А. В. Безцементні в'язучі на основі шлаку теплових електростанцій (ТЕС)	60
КОШЕЛЄВА К. В., КРАВЧЕНКО М. В. Аналіз причин вибухів метаноповітряної суміші в підземних газовідсмоктувальних установках	64
ДЕВ'ЯТОВ М. М., ПОЛЯКОВ А. М., СТОЛЕТОВ Є. В. Аналіз сучасних вимог до транспортної інфраструктури сільського муніципального утворення Новоаннінського району Волгоградської області РФ, на основі дослідження еволюції системи Водій – Автомобіль – Дорога – Середовище	68
МАНСУРОВ Р. Ш., РАФАЛЬСЬКА Т. А. Математичне моделювання теплотехнічних характеристик зовнішніх огорожень з повітряними прошарками	74
КОРСУН В. І., ВИНОГРАДОВА Н. А., ШВЕЦЬ Г. А. Ефективність урахування в міцнісних розрахунках сталевого профілю в якості зовнішньої арматури в елементах збірно-монолітних перекриттів	82
НЕДОПЕКІН Ф. В., ШЕСТАВІН М. С., ЮРЧЕНКО В. В. Проект споруди для очищення повітря на перехресті вулиць	90
МОІСЕЄНКО М. О., ПОПОВ О. М., МАЛИНОВСЬКИЙ А. П. НДС нерозрізних пластин з малим початковим прогином з термочутливого матеріалу при різних параметрах обпирання	95
МЕРКУЛОВ С. І., ЄСІПОВ С. М., ЄСІПОВА Д. В. Експериментальні дослідження тріщиноутворення залізобетонних балок, посилені композитними матеріалами	102
ПЕРШИНА І. Л., БУРЦЕВ П. В. До питання вирішення проблем шумового забруднення в архітектурному середовищі	108
АНИКАНОВА Т. В., ПОГРОМСЬКИЙ О. С. Застосування шлаків ОЕМК для улаштування асфальтобетонних конструкцій дорожніх одягів	115

Статті, що публікуються у журналі «Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури», розміщені

- в російській інформаційно-аналітичній системі – Російський індекс наукового цитування (РІНЦ)
- в електронно-бібліотечній системі IPRbooks
- в інформаційно-пошуковій системі Google Scholar.

CONTENTS

DMITRENKO EVGENIY, GRANINA TATIANA, DEMERZA VADIM. The Evaluation of the Effectiveness of the use of High-Strength Concrete on the Example of Reinforced Concrete Structures of a Frame Building	5
CHERNYSHEV VALENTIN, SHCHOKOV YEVHEN. Comparative Evaluation of Phosphorus Removal Technologies from Municipal Wastewater	13
LESNOI VIACHESLAV, VITALII ZYATINA, SYUZYAEVA VALERIYA, OVCHARENKO ANASTASIA. Joint Filtration Zone for Water Intake Wells Regeneration	18
GOLUBETS DARYA, PROKOPENKO DANA, MOZGOVOI DENIS, DMITRENKO EVGENIY, VOLKOV ANDREI. Research and Development of Underground Reservoir Reinforcement Structures	24
VOYTOVA ZHANNA, MALYUTINA TATYANA. Tools of Building a Model of a Construction Object in BIM-Technologies	33
GUBANOV VADIM, KHALYAVKA LINA. The Change in the Stress-Strain State of Structures High-Rise Buildings in the Installation Process	38
YEFREMOV ALEXANDER, ZAGORUYKO TAMARA, MALININ DENIS. Slag Alkaline Non-Autoclaved Foam Concrete of Increased Crack Resistance	42
GOROKHOV YEVGEN, ROMENSKY IGOR, MUSHCHANOV ALEXANDER, OSIPOV NIKITA. Regulation of Efforts in Structural Structures by the Method of Reverse Folding	46
YARKINA ELENA, YARKINA VLADISLAVA, BRYZHATAYA EKATERYNA. Particular Qualities of Karst Formation of the Perm and Donetsk Region	51
ROMANENKO BORIS, ORLOV STANISLAV, ZAGORUYKO TAMARA. Energy Saving when Collecting Dust in Cyclones Due to More Complete use of the Energy Expended	56
BUKINA DARYA, SEZEMOV EVGENIY, FEDORIK ANDREY. Cement Less Binders Based on Slag of Thermal Power Plants (TPP)	60
KOSHELEVA EKATERINA, KRAVCHENKO MIKHAIL. Analysis of the Causes of Methane-Air-Mixtures Explosions in Underground Gas-Assaying Installations	64
DEVYATOV MIKHAIL, POLYAKOV ALEXANDER, STOLETOV EVGENY. Analysis of Modern Requirements For the Transport Infrastructure of a Rural Municipality of Novoanninsky District of the Volgograd Region of the Russian Federation, Based on a Study of the Evolution of the Driver-Car-Road-Wednesday System	68
MANSUROV RUSTAM, RAFALSKAYA TATYANA. Mathematical Modeling of Thermal Characteristics of External Fences with Air Gaps	74
KORSUN VLADIMIR, VINOGRADOVA NATALIA, SHVETS GEORGIY. The Effectiveness of Accounting in the Strength Calculations of Steel Profiles as External Reinforcement in the Elements of Prefabricated Monolithic Floors	82
NEDOPEKIN FEDOR, SHESTAVIN NIKOLAY, YURCHENKO VIKTORIA. The Project Facilities for Air Purification at the Crossroads	90
MOISEENKO MARGARITA, POPOV OLEG, MALINOVSKY ANATOLY. Stress-Strain State Continuous Plate Small Initial Loss of Heat-Sensitive Material with Different Parameters of Support	95
MERKULOV SERGEY, ESIPOV STANISLAV, ESIPOVA DIANA. Experimental Studies of the Cracking of Reinforced Concrete Beams Reinforced with Composite Materials	102
PERSHINA IRINA, BURTSEV PAVEL. To the Issue of Solving Problems of Noise Pollution in the Architectural Environment	108
ANIKANOVA TATIANA, POGROMSKY ALEXEY. The use of OEMK Slags for Making Asphalt Concrete Pavement Structures	115

The articles published in journal «Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture» are indexed by:

- the Russian Information and Analytical System – Russian Science Citation Index (RSCI)
- the electronic-library system IPRbooks
- the search engine Google Scholar.