

ВЕСТНИК

ДОНБАССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ



ВЫПУСК 2017-3(125)

**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 2017-3(125)

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

Макеевка 2017

ДООУ 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 2017-3(125)

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

Макіївка 2017

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 № 9 от 29.05.2017

Редакционный совет:

Горохов Е. В., д. т. н., профессор – главный редактор;

Мушанов 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;

Братчун В. И., д. т. н., профессор;

Бумага А. Д., к. т. н., доцент;

Горохов Е. В., д. т. н., профессор;

Губанов В. В., д. т. н., профессор;

Зайченко Н. М., д. т. н., профессор;

Левин В. М., д. т. н., профессор;

Лукьянов А. В., д. т. н., профессор;

Мушанов В. Ф., д. т. н., профессор;

Рожков В. С., к. т. н., доцент;

Югов А. М., д. т. н., профессор;

Яркова Н. И., к. э. н., доцент.

Корректоры Л. Н. Лещенко, Е. В. Гнездилова

Программное обеспечение С. В. Гавенко

Компьютерная верстка Е. А. Солодкова

Подписано к выпуску 30.05.2017

Адрес редакции и издателя

86123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2,

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Телефоны: (0622) 90-29-38; (0623) 22-20-51, (0623) 22-24-67

Тел/факс: (0623) 22-06-16, 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», 2017

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 № 9 від 29.05.2017

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;	Левін В. М., д. т. н., професор;
Братчун В. І., д. т. н., професор;	Лук'янов О. В., д. т. н., професор;
Бумага О. Д., к. т. н., доцент;	Мущанов В. П., д. т. н., професор;
Горохов Є. В., д. т. н., професор;	Рожков В. С., к. т. н., доцент;
Губанов В. В., д. т. н., професор;	Югов А. М., д. т. н., професор;
Зайченко М. М., д. т. н., професор;	Яркова Н. І., к. е. н., доцент.

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

Підписано до випуску 30.05.2017

Адреса редакції і видавця

86123, ДНР, м. Макіївка, вул. Державіна, 2,
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»
Телефони: (0622) 90-29-38; (0623) 22-20-51, (0623) 22-24-67
Тел/факс: (0623) 22-06-16, 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», 2017

УДК 624.133/138

Л. Г. ЛЕВЧЕНКО, В. А. БОЧОРИШВИЛИ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ВЛИЯНИЕ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ОПОЛЗНЕОПАСНОГО СКЛОНА

Аннотация. В данной статье рассмотрено влияние подпорной стенки на активность оползня, расположенного в п. г. т. Юрьевка на побережье Азовского моря. Проведен анализ воздействия собственного веса грунта на склон в природном состоянии и при устройстве подпорной стенки.

Ключевые слова: склон, перемещение, подпорная стенка, устойчивость, оползень.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Побережье Азовского моря характеризуется высокой социальной значимостью, т. к. является курортно-оздоровительной зоной. Строительство новых пансионатов приводит к изменению природного состояния склона, подвижкам грунтового массива, что, в свою очередь, является угрозой для людей и способно привести к чрезвычайной ситуации. Для расчета оползнеопасного склона на сегодняшний день не разработана модель, дающая достоверный результат. Наибольшей точностью характеризуются методы расчетов по деформированной схеме, но они не получили широкого распространения. Большое количество мероприятий по инженерной защите территорий требуют не только надлежащего технико-экономического обоснования, но и опыта проектировщика, определяющего меры защиты.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Противооползневые мероприятия и инженерная защита территорий нормируется в соответствии с [1]. Основные принципы и законы развития оползней приведены в работах [2–3], расчетные методы описаны в [4–5]. По результатам исследований производится подбор необходимых мер защиты. Чаще всего противооползневые мероприятия принимаются инженерами на основании собственного опыта, они должны иметь соответствующее ТЭО. В нормативной документации указано, что наибольшей эффективностью обладают комплексные меры защиты, состоящие из нескольких узконаправленных методов [1].

ЦЕЛЬ

Доказать эффективность устройства подпорной стенки в качестве противооползневого мероприятия для закрепления склона, расположенного на побережье Азовского моря в п. г. т. Юрьевка на территории б/о «Локомотив».

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В качестве исходного склона принят оползнеопасный склон, расположенный в пос. Юрьевка (рис. 1). Данные о нем приведены в научно-техническом отчете о результатах инженерно-геологических изысканий [6]. На верхней террасе располагается автостоянка и хозяйственные строения, на средней – душевые, на нижней – спальные домики, расположенные по типу «елочка».

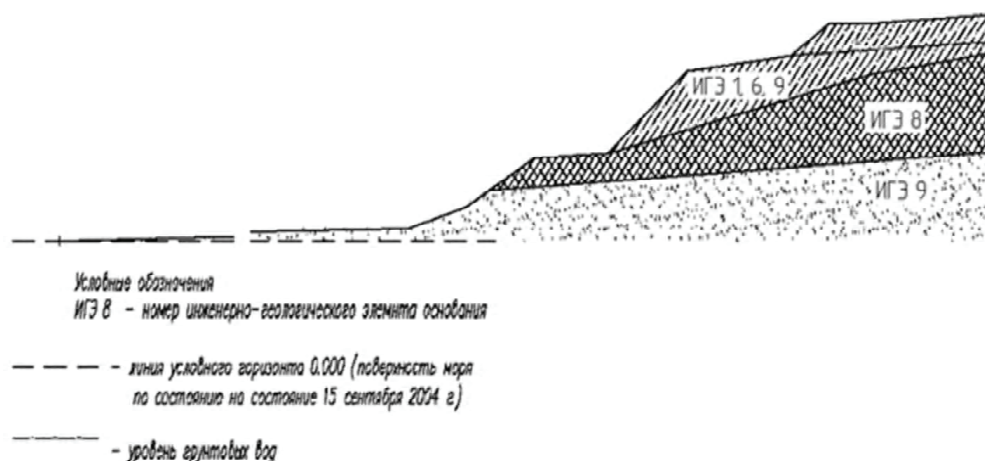


Рисунок 1 – Инженерно-геологический разрез.

Для определения уровня риска для населения выполняется расчет склона при различных вариантах нагружения в ПК «Plaxis». Наиболее значимые результаты получены при нагружении массива гравитационными и фильтрационными силами.

На рисунке 1 приведена конфигурация склона с учетом составляющих его слоев грунта.

В качестве расчетных моделей для ПК «Plaxis» использовались схемы с нагружением гравитационными (схема 1) и фильтрационными (схемы 2–5) силами. В результате расчета получена схема консолидации грунта (рис. 2). Здесь в нижних слоях наблюдается степень уплотнения более 98 %, которая снижается по мере приближения к поверхности. Верхний слой состоят грунты с малой степенью уплотненности, не достигающей 10 %, они подвержены подвижкам.

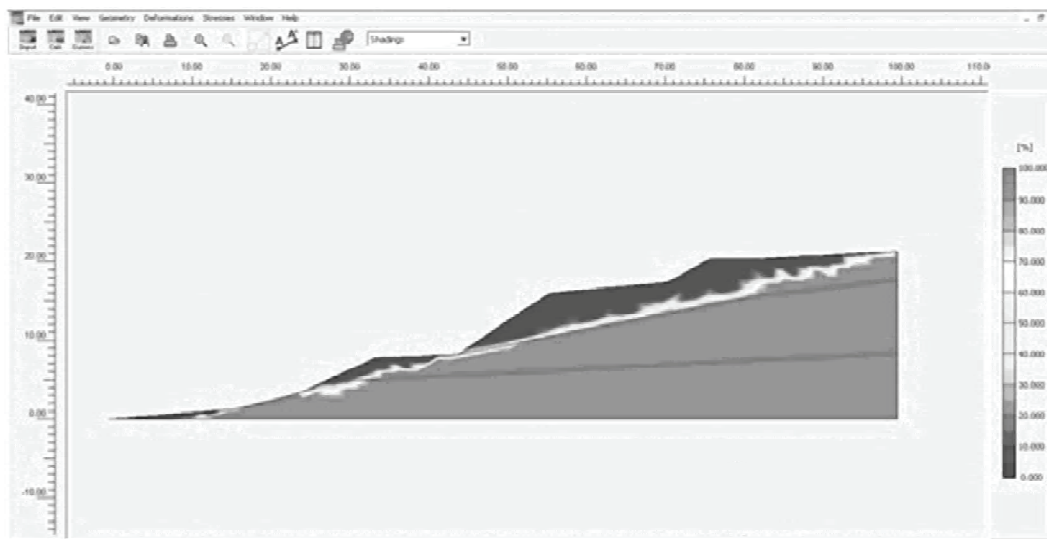


Рисунок 2 – Консолидация грунта.

При нагружении склона гравитационными и фильтрационными силами происходит движение грунтового массива в указанном на рисунке 3 стрелочками направлении. Таким образом, при переувлажнении природного склона произойдет сдвигение автостоянки, обрушение склона на нижнюю террасу, где расположены спальные домики. Это связано с высокими рисками для отдыхающих.

Оползень происходит по поверхности скольжения, при этом максимальная подвижка грунта составляет 360 мм, это обозначено на рисунке 4 плоскостью скольжения средней террасы. При этом движение грунта в верхней и нижней зоне значительно меньше и составляют от 80 до 120 мм.

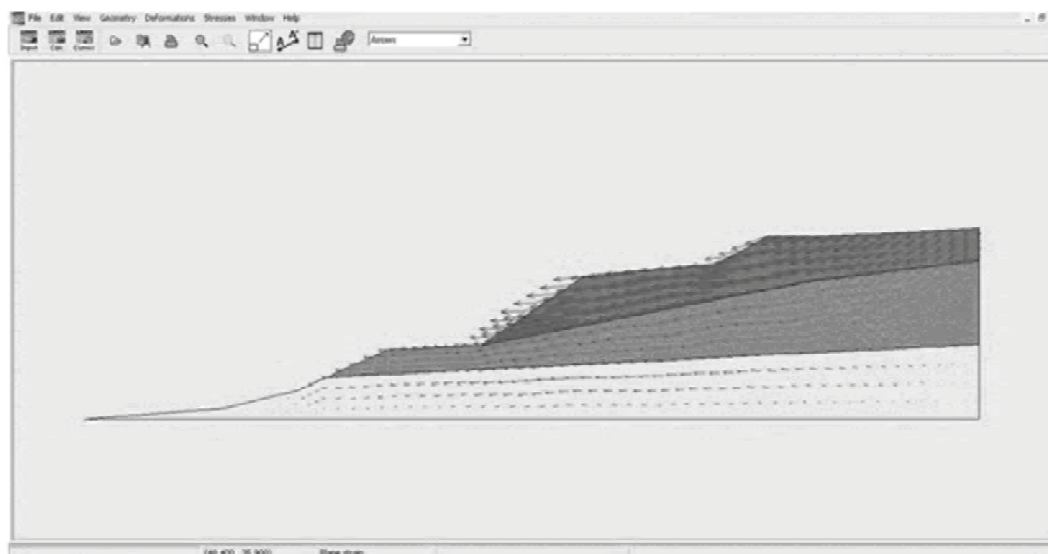


Рисунок 3 – Направление смещения массива грунта (схема 2–4).

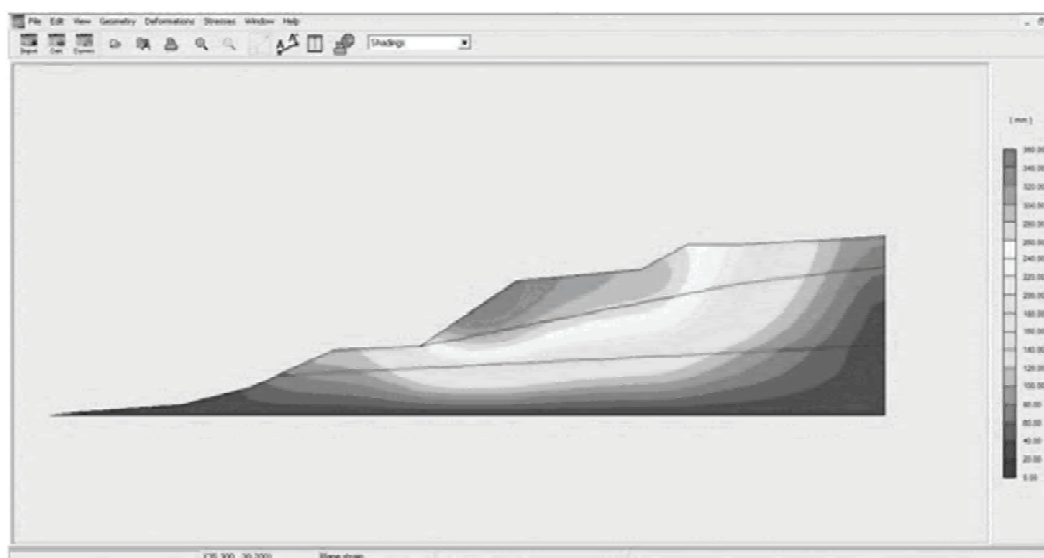


Рисунок 4 – Образование оползневых зон при нагружении по схеме 2.

При разрушении склона вследствие увеличения нагрузки или перепланировки последствия могут быть более масштабными, чем показаны на рисунке 5.

Кроме того, происходит трещинообразование в верхней зоне и у подножия средней террасы. Это подтверждается натурными исследованиями склона (рис. 6).

В зависимости от уровня нагружения вертикальные осадки варьируются в пределах от 26 до 658 мм (рис. 7).

Из графика (рис. 8) видно, что при увеличении гидравлического напора, а также угла наклона грунтовых вод, а следовательно, и водонасыщенности грунтов, коэффициент устойчивости оползнеопасного склона снижается.

При устройстве подпорной стенки в нижней части средней террасы (рис. 9) вертикальные перемещения уменьшаются, обеспечивается устойчивость склона и людей, находящихся вблизи него. В данном случае графики показывают, что при уровне нагружения 1,0 вертикальные подвижки не превышают 62 мм, т. е. устойчивость склона возрастает шестикратно (рис. 10). Этого вполне достаточно для обеспечения безопасности склона и населения.



Рисунок 5 – Наплыв грунта на спальные домики типа «елочка».

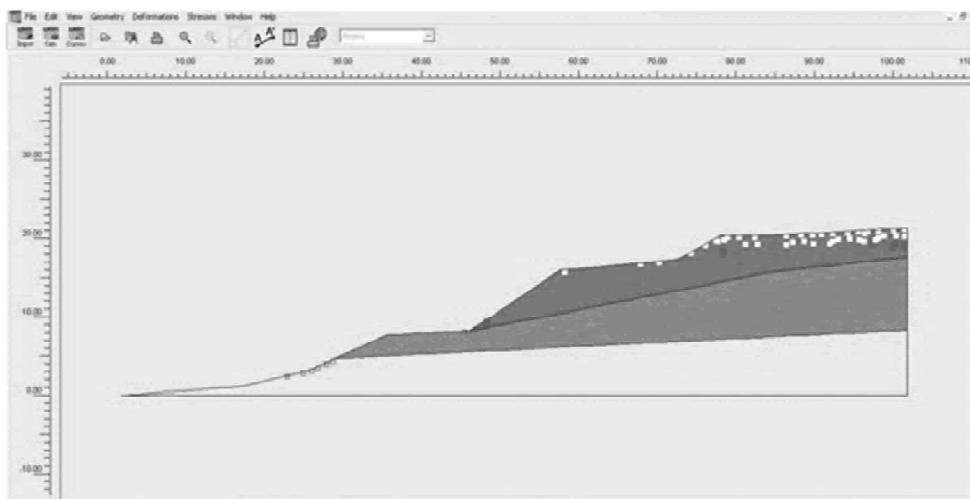


Рисунок 6 – Трещинообразование при нагружении по схемам 2–4.

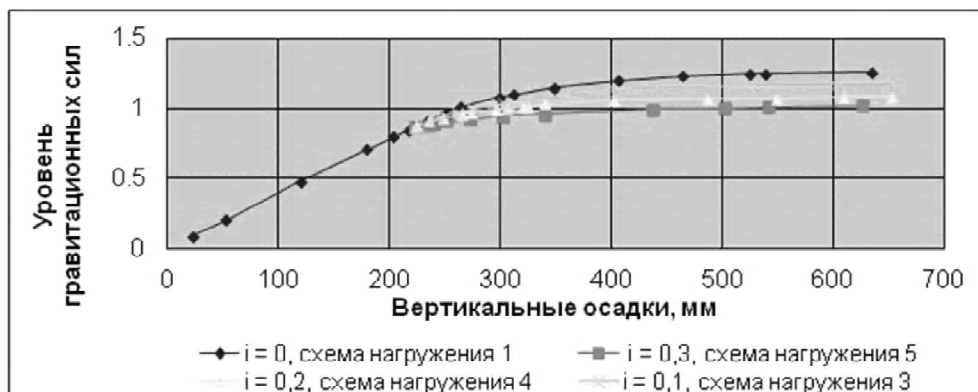


Рисунок 7 – Зависимость вертикальных осадок от уровня гравитационных сил.

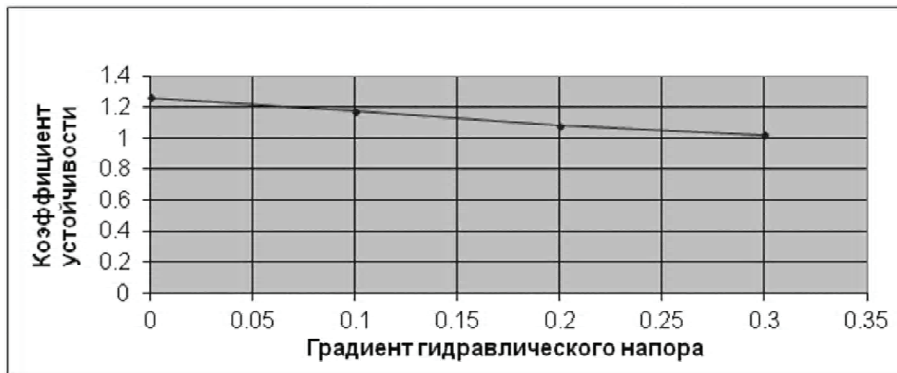


Рисунок 8 – Зависимость коэффициента гидравлического напора от градиента гидравлического напора.

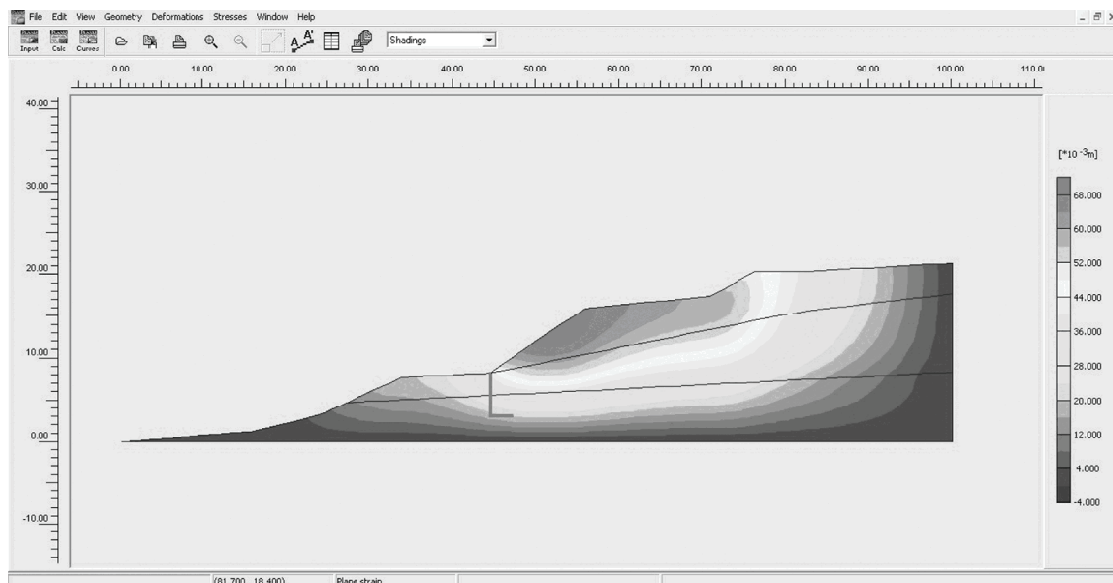


Рисунок 9 – Вертикальные перемещения при устройстве подпорной стенки (уровень нагружения 1,5).



Рисунок 10 – Зависимость вертикальных перемещений от уровня нагружения с учетом установки подпорной стенки.

Конструкция подпорной стенки зависит от условий строительства и полученных результатов. Наиболее часто используется конструкция, схема которой указана на рисунке 11. В зависимости от условий площадки, типа оползня, ее активности и характеристик стенки подбирается наиболее рациональный вариант – сборная или монолитная конструкция.

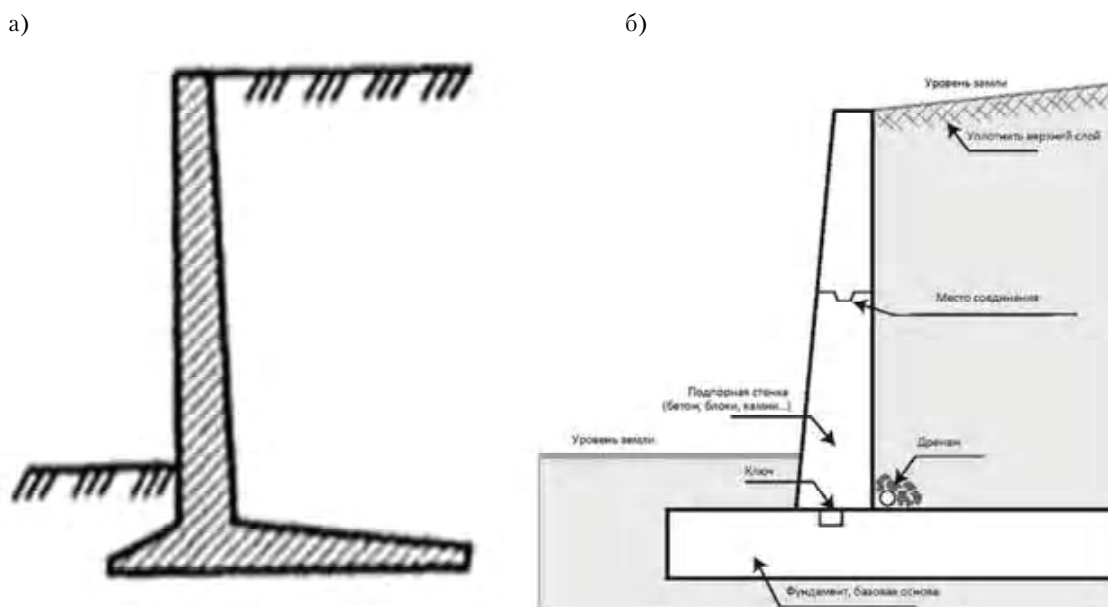


Рисунок 11 – Схема монолитной (а) и сборной (б) железобетонной подпорной стенки.

ВЫВОДЫ

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о целесообразности устройства подпорных стен в качестве защитных противооползневых конструкций на побережье Азовского моря, а именно на территории базы отдыха «Локомотив» в пос. Юрьевка.

Также для повышения устойчивости рекомендуется:

- устранить воздействие на склон фильтрационных сил от движения грунтовых вод верхнего горизонта. Для этого необходимо осуществить перехват грунтовых вод верхнего горизонта с помощью противофильтрационно-дренажной системы. В качестве альтернативного мероприятия может быть рекомендовано снижение интенсивности фильтрационных сил до уровня, соответствующего градиенту гидравлического напора 0,2;
- повысить устойчивость разуплотненного грунтового массива тела склона с помощью устройства противооползневых упорных конструкций. Такими конструкциями могут являться подпорные стены из Г-образных железобетонных стен с плитной частью, защемленной в грунте, а также подпорные стены из буровых свай, пересекающих линии скольжения в грунтовой массе и заанкеренные в неогеновых песках;
- уменьшить инфильтрацию атмосферных осадков в тело склона путем перепланировки территории и устройства ливнеотводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.1.1-3-97. Захист від небезпечних геологічних процесів. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення [Текст]. – Введено вперше ; чинні з 01.07.97 р. – К. : Держбуд України, 1998. – 40 с.
2. Емельянова, Е. П. Основные закономерности оползневых процессов [Текст] / Е. П. Емельянова. – М. : Недра, 1972. – 310 с.
3. Механіка ґрунтів. Основи та фундаменти [Текст] : Підручник / В. Б. Швець, І. П. Бойко, Ю. Л. Винников, М. Л. Зоценко, О. О. Петраков, В. Г. Шаповал, С. В. Біда. – Дніпропетровськ : Пороги, 2012. – 196 с. : іл.
4. Барбакадзе, В. Ш. Расчет и проектирование строительных конструкций и сооружений в деформируемых средах [Текст] / В. Ш. Барбакадзе, С. Мупаками. – М. : Стройиздат, 1989. – 472 с.

5. Lews, R. W. The Finite Element Method in the Deformation and Consolidation of Porous Media [Текст] / R. W. Lews, B. A. Schrefler. – Chichester : Wiley, 1987. – 344 p.
6. Петраков, А. А. Научно-технический отчет по работе «Исследование устойчивости склона на территории б/о «Локомотив» в пос. Юрьевка Донецкой области» [Текст] / А. А. Петраков, Р. А. Таран, Н. А. Петракова. – К. : НИИСК, 2005 – 34 с.

Получено 03.04.2017

Л. Г. ЛЕВЧЕНКО, В. О. БОЧОРИШВИЛІ
ВПЛИВ ПІДПІРНОЇ СТІНКИ НА СТІЙКІСТЬ ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНОГО
СХИЛУ

ДОНУ ВПО «ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. У даній статті розглянуто вплив підпірної стінки на активність зсуву, розташованого в с. м. т. Юр'ївка на узбережжі Азовського моря. Проведено аналіз впливу власної ваги ґрунту на схил в природному стані і при влаштуванні підпірної стінки.

Ключові слова: схил, переміщення, підпірна стінка, стійкість, зсув.

LYUBOV LEVCHENKO, VIKTORIYA BOCHORISHVILI
THE EFFECT OF THE RETAINING WALL ON THE STABILITY OF THE
LANDSLIDE SLOPE

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article deals with the impact of the activity retaining wall shear, located in settlement Yurevka, on the Azov Sea. The analysis of influence of its own weight of soil on the slope in a natural state when the device of retaining wall has been carried out.

Key words: slope, moving, retaining walls, stability, shift.

Левченко Любовь Георгиевна – старший преподаватель кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: укрепление оползневых склонов на побережье Азовского моря методом устройства подпорной стенки и повышение несущей способности грунтового массива оползневого склона.

Бочорিশвили Виктория Александровна – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: укрепление оползневых склонов на побережье Азовского моря методом устройства подпорной стенки и повышение несущей способности грунтового массива оползневого склона.

Левченко Любовь Георгіївна – старший викладач кафедри техносферної безпеки ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: зміцнення зсувних схилів на узбережжі Азовського моря методом улаштування підпірної стінки та підвищення несучої здатності ґрунтового масиву зсувного схилу.

Бочорішвілі Вікторія Олександрівна – магістрант ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: зміцнення зсувних схилів на узбережжі Азовського моря методом улаштування підпірної стінки та підвищення несучої здатності ґрунтового масиву зсувного схилу.

Levchenko Lyubov – Senior Lecturer, Technosphere safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: strengthening of landslide slopes on the coast of the Azov Sea by the method of retaining wall construction and increase of bearing capacity of the soil massif of the landslide slope.

Bochorishvili Viktoriya – Master's degree student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: strengthening of landslide slopes on the coast of the Azov Sea by the method of retaining wall construction and increase of bearing capacity of the soil massif of the landslide slope.

УДК 69.059.3

М. В. КУШНИР, Н. В. ПРЯДКО, А. С. ВОЛКОВ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**РАСЧЕТ И УСИЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ ПОКРЫТИЯ
КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

Аннотация. В статье проведено исследование и сравнение традиционного и композитного метода усиления железобетонной балки перекрытия. Оценено влияние на несущую способность железобетонной балки метода усиления с применением композитного материала. Приведен подсчет экономической эффективности использования двух методов усиления по расходу материала.

Ключевые слова: железобетонная балка покрытия, обследование, дефекты, повреждения, оценка технического состояния, усиление, композитный материал, углеволокно, растяжение, внешнее армирование.

К настоящему времени в отечественной и зарубежной практике накоплено множество различных способов и конструктивных приемов усиления.

Традиционные способы усиления железобетонных конструкций с использованием металлоконструкций сравнительно дорогостоящие, трудоемкие и в ряде случаев не обеспечивают выполнение соответствующих работ без остановки технологического процесса. В этой связи вполне актуальным является использование новых технологий и способов усиления, а также использование современных материалов. В мировой практике для усиления железобетонных конструкций успешно применяют композитные материалы на основе высокопрочных углеродных волокон. В большинстве случаев усиление конструкций углепластиковыми оказывается вполне конкурентоспособным по сравнению с традиционными методами как по срокам производства работ, так и по стоимости.

Для проведения исследования была принята железобетонная балка таврового профиля, расчетный изгибающий момент от действия постоянных и временных нагрузок $M = 575,3$ кН·м, $h = 96$ см, ($h_0 = 87,6$ см), $b = 11$ см, расчетная ширина полки $b'_n = 35$ см, $h'_n = 18$ см, бетон В12,5 (коэффициент условий работы бетона $m_{\delta 1} = 0,85$), арматура – стержни периодического профиля из стали Ст5 (класс А-II).

В ходе эксплуатации здания контроль за состоянием балок не проводился надлежащим образом, вследствие чего при обследовании были выявлены такие дефекты, как оголившаяся арматура, каверны, вертикальные трещины и прогибы, превышающие предельно допустимые значения.

Для определения необходимости усиления конструкции был проведен перерасчет конструкции.

Для перерасчета использовался ПК СКАД «Арбат».

Некоторые результаты расчета балки приведены на рис. 1.

Анализируя результаты расчета, можно констатировать, что несущая способность балки по нормальным и наклонным сечениям не обеспечена.

Следовательно, необходимо усиление конструкции по нормальным и наклонным сечениям.

В качестве традиционного метода усиления был принят метод подведения разгрузочных балок таврового сечения № 36 (рис. 2).

Предполагается, что конструкция усиления воспринимает 75 % действующих нагрузок.

Альтернативным методом усиления конструкции является использование технологии с применением композитных материалов.

Для определения способа монтажа, а также расчета усиления конструкций руководствовались [7].

Участок	Проверка	Коэффициент		
1	Ширина раскрытия наклонных трещин (длительная)	1.331		Факторы
2	Прочность по предельному моменту сечения	1.061		Факторы
3	Ширина раскрытия наклонных трещин (длительная)	1.331		Факторы

Рисунок 1 – Результаты экспертизы.

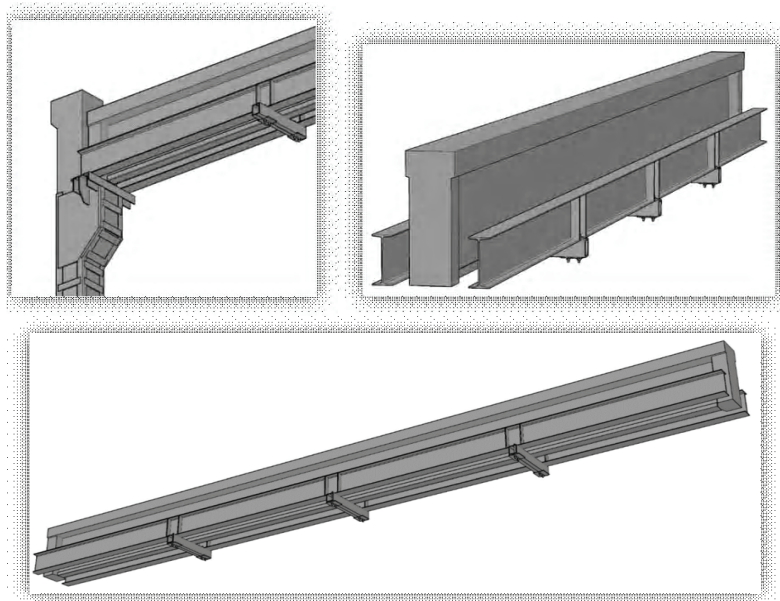


Рисунок 2 – Усиление железобетонной балки подведением металлических разгружающих двутавров.

За основной метод расчета принят метод предельных состояний.
Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов, усиленных ФАП, производят из общего условия по [7]:

$$M < M_{ult}$$

Высоту сжатой зоны находят, используя уравнение равновесия (рис. 3):

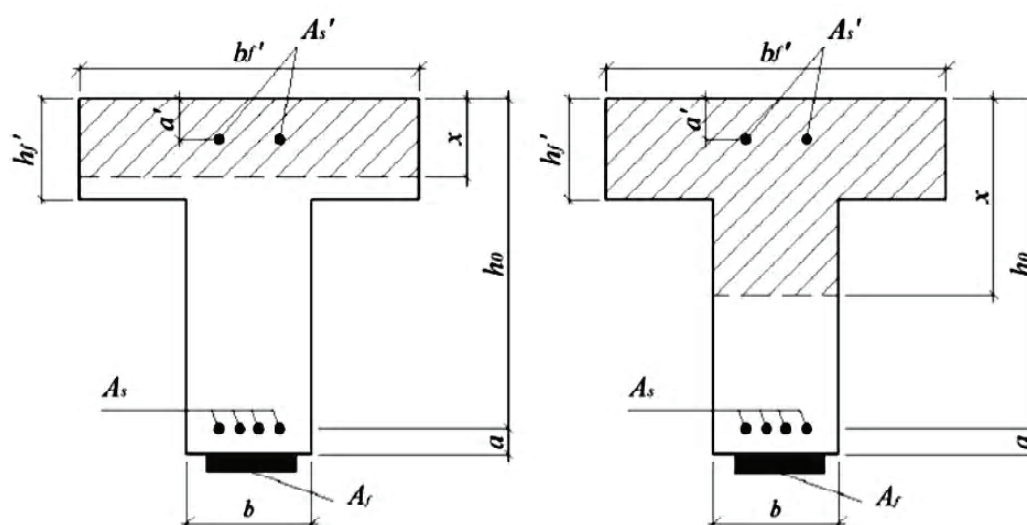


Рисунок 3 – Положение границы сжатой зоны в сечении изгибаемого элемента с внешним армированием из композитных материалов.

$$R_b A_b + R_{sc} A'_s - R_s A_s - \sigma_f A_f = 0. \quad (1)$$

Для расчета прочности сечений, наклонных к продольной оси изгибаемого элемента используется условие

$$Q_{ult} < Q_b + Q_{sw} + \psi_f Q_f. \quad (2)$$

Усиление по наклонным трещинам осуществляют с использованием армирующих хомутов (рис. 4).

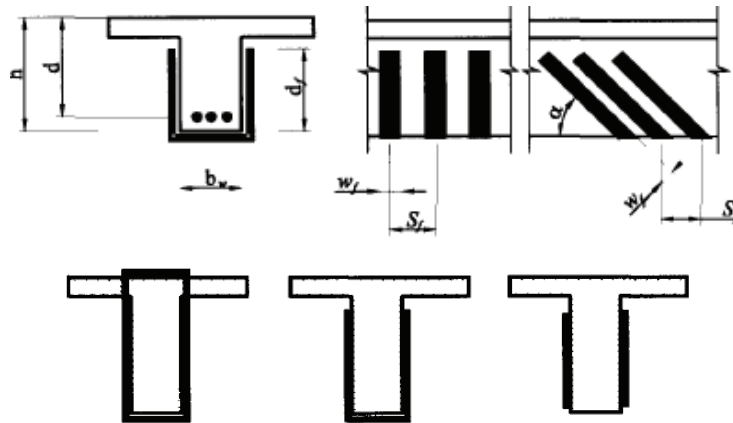


Рисунок 4 – Схемы усиления наклонных сечений элементов.

ВЫВОДЫ

В результате расчетов определено, что для обеспечения прочности нормальных к продольной оси сечений необходима наклейка углеволоконной ленты SikaWrap-230 C-45 снизу ребра балки по всей длине конструкции. Ширина ленты 100 мм. Наклейку следует производить в 1 слой, с применением эпоксидного клея Sikadur-330 (рис. 5).

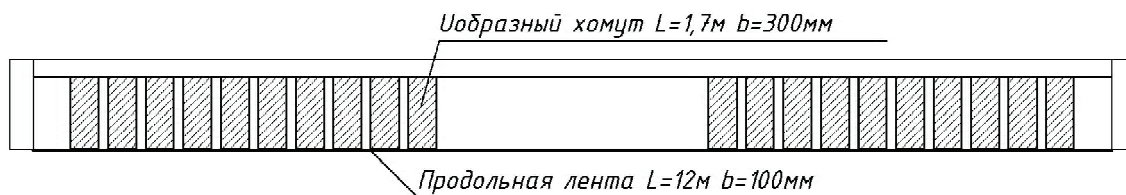


Рисунок 5 – Общая схема усиленной конструкции углеволокном.

Таким образом, несущая способность балки увеличилась на 22 %.

Запас прочности обеспечен и составляет 17,8 % от действующих усилий.

Для обеспечения прочности сечений, наклонных к продольной оси изгибаемого элемента необходима наклейка 20 хомутов (по 10 с каждого края балки) SikaWrap-230 C-45 шириной 300 мм. Схема приклейки U-образная, на всю высоту ребра балки. Длина хомута 1,7 м. Расстояние в свету между хомутами 50 мм.

Наклейку следует производить в 1 слой эпоксидной смолой Sikadur-330.

Таким образом, несущая способность обеспечена. Запас прочности составляет 2,2 % от действующих усилий.

В результате проведения расчетов экономической эффективности, основываясь на [8] определено, что применение внешнего армирования железобетонной балки на 45 % эффективнее по сравнению с традиционными методами усиления.

Резюмируя вышеизложенное, можно констатировать, что применение композитных материалов для восстановления работоспособности строительных конструкций позволяет существенно сократить трудоемкость работ, эксплуатационные расходы, обеспечить необходимую несущую способность конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування [Текст]. – Замість СНиП 2.01.0785 ; надано чинності 2007-01-01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 78 с.
2. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення. Вимоги проектування [Текст]. – Введено вперше ; чинний від 2007-01-01. – Київ : Мінбуд України, 2006. – 15 с.
3. СНиП 2.03.01-84. Строительные нормы и правила. Бетонные и железобетонные конструкции [Текст]. – Взамен СНиП II-21-75 и СН 511-78 ; введ. 1986-01-01. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 79 с.
4. Прядко, Н. В. Обследование и реконструкция промышленных зданий [Текст] : Учебное пособие / Н. В. Прядко. – Макеевка : ДонНАСА, 2006. – 156 с.
5. ГОСТ 25.601-80. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания плоских образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах [Текст]. – Введ. 1981-07-01. – Москва : Издательство стандартов, 1980. – 14 с.
6. Шилин, А. А. Внешнее армирование железобетонных конструкций композитными материалами [Текст] / А. А. Шилин, В. А. Пшеничный, Д. В. Картузов. – М. : Стройиздат, 2007. – 184 с.
7. СП 164.1325800.2014. Свод правил. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования [Текст]. – Введен впервые ; введения 2014-09-01. – Москва : Минстрой России, 2015. – 52 с.
8. СН 509-78. Строительные нормы. Инструкция по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений [Текст]. – Взамен раздела 5 Инструкции СН 423-8-71 ; введ. 1979-01-01. – М. : Госстрой СССР, 1979. – 65 с.

Получено 04.04.2017

М. В. КУШНИР, М. В. ПРЯДКО, А. С. ВОЛКОВ
РОЗРАХУНОК І ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ БАЛКИ ПОКРИТТЯ
КОМПОЗИТНИМИ МАТЕРІАЛАМИ
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У статті проведено дослідження і порівняння традиційного і композитного методу посилення залізобетонної балки перекриття. Оцінено вплив на несучу здатність залізобетонної балки методу посилення із застосуванням композитного матеріалу. Наведено підрахунок економічної ефективності використання двох методів посилення з витратою матеріалу.

Ключові слова: залізобетонна балка покриття, обстеження, дефекти, пошкодження, оцінка технічного стану, посилення, композитний матеріал, вуглеволокно, розтягнення, зовнішнє армування.

MAKSYM KUSHNIR, NIKOLAY PRYADKO, ANDREI VOLKOV
CALCULATION AND STRENGTHENING OF REINFORCED CONCRETE BEAM
OF COATING BY COMPOSITE MATERIALS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. In the article, a study and comparison of the traditional and composite method for reinforcing a reinforced concrete floor beam was carried out. The effect on the load-carrying capacity of the reinforced concrete beam of the reinforcement method with the use of a composite material is estimated. The calculation of the economic efficiency of the use of two methods of increasing the material consumption is given.

Key words: reinforced concrete beam, examination, defects, damage, technical condition assessment, reinforcement, composite material, carbon fiber, tension, external reinforcement.

Кушнір Максим Владимирович – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: решение проблем усиления конструкций зданий и сооружений.

Прядко Николай Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры промышленных и гражданских зданий ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: обследование и реконструкция зданий и сооружений.

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 их модифицированного высокопрочного бетона, оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

Кушнір Максим Володимирович – студент ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: рішення проблем підсилення конструкцій будівель і споруд

Прядко Микола Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри архітектури промислових і цивільних будівель ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: обстеження і реконструкція будівель і споруд.

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.

Kushnir Maksym – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: include problem solving enhance the buildings and structures.

Pryadko Nikolay – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Architecture Industrial and Civil Buildings Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: investigation and reconstruction of buildings and structures.

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

УДК 69.059.4.003

В. Н. ЛЕВЧЕНКО, Д. В. ЛЕВЧЕНКО, Н. А. НЕВГЕНЬ, А. А. ХРАМОГИН
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»**УЧЕТ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И
НАДЕЖНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И
СООРУЖЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Аннотация. Экономическая оценка надёжности строительных конструкций – сложная комплексная задача. Она должна решаться с учетом затрат, направленных на обеспечение требуемых показателей качества в процессе проектирования, возведения и эксплуатации зданий и сооружений. В статье приводятся пути получения равнонадежных конструкций при их проектировании: как производится технологическое обеспечение надежности конструкций и чем обеспечивается надежность в процессе эксплуатации конструкций. Приведены необходимые теоретические предпосылки и практические рекомендации, на основании которых могут быть сделаны важные шаги по пути коренного улучшения качества строительства при одновременном уменьшении его стоимости.

Ключевые слова: надежность, эффективность, долговечность, вероятностная оценка, ремонтпригодность.

Основной экономический эффект надежности строительных конструкций определяется на стадии проектирования. Здесь прежде всего должен быть установлен необходимый уровень надежности в зависимости от функционального назначения объекта и требуемого срока его службы. Применительно к этому уровню выбираются материалы несущих и ограждающих конструкций.

Затем задача сводится к проектированию равнонадежной конструкции с требуемым уровнем надежности, что достигается:

- выбором рациональных конструктивных решений и методов расчета;
- выбором рациональной производственной базы и включением в проект технологически обоснованных статистических характеристик качества.

Здесь рассматриваются лишь проектные и производственно-технические факторы, непосредственно влияющие на уровень надежности конструкций, считая при этом, что другие факторы учитываются при прочих равных условиях.

Повышение уровня теоретической надежности, снижение расчетного коэффициента надежности и, следовательно, уменьшение затрат на возведение зданий и сооружений может быть достигнуто за счет:

- максимального (с учетом возможностей производственной базы) укрупнения элементов сборных конструкций и соответственного уменьшения числа их сопряжений;
- создания конструктивных схем, обеспечивающих резервирование надежности, т. е. таких схем, при которых отказ одного или даже нескольких элементов не означал бы отказа всей конструкции;
- применения пространственных конструкций;
- максимального использования стандартных и унифицированных элементов, которые, как правило, изготавливаются по более совершенной технологии и имеют высокий уровень надежности;
- применения элементов железобетонных конструкций с учетом их контрольной (конструктивной) прочности;
- расположения однотипных элементов сборных конструкций, имеющих разные характеристики начальной безотказности, в расчетных участках конструктивно-монтажных цепей таким образом, чтобы обеспечить приблизительно равный уровень надежности во всех звеньях конструкции;

- проектирование узлов сопряжений с характеристиками надежности, близкими к соответствующим характеристикам элементов;
- применения монолитных конструкций. Заметим, что несмотря на то, что эти конструкции в силу однородности материала, элементов и узлов должны быть более надежными, они обладают одним существенным недостатком: при их возведении труднее управлять качеством, так как невозможно обеспечить равнонадежность конструкции путем рационального размещения в ней элементов с разными уровнями надежности и учесть их конструкционную прочность;
- проектирования долговечности и ремонтпригодности. При этом длительность межремонтных периодов определяется путем подсчета долговечности защитных покрытий и изменчивости прочности материала во времени;
- обеспечения технологичности конструкций и рабочих чертежей.

Это требование обуславливается созданием конструкций, приспособленных для рациональной организации изготовительных, строительно-монтажных и ремонтных работ с учетом пооперационного предупредительного контроля качества.

Непременным условием уменьшения расчетного коэффициента надежности при заданном уровне надежности конструкции является получение надлежащих гарантий в том, что действительные характеристики качества (надежности) возведенной в натуре конструкции будут соответствовать расчетной модели. Эта задача решается путем организации активного производственного контроля качества и стабилизации технологических процессов, что связано с некоторыми материальными затратами.

В железобетонных конструкциях имеются еще и дополнительные резервы экономии:

1. Повышение коэффициента однородности бетона и уменьшение коэффициента перегрузки от собственного веса, что позволяет уменьшить расчетные сечения.

2. Оценка физико-механических характеристик качества элементов железобетонных конструкций по их контрольной прочности. Сущность метода заключается в том, что на основе сплошного контроля готовой продукции неразрушающими методами определяются фактические значения физико-механических характеристик качества в различных сечениях элементов.

Как известно, по принятой методике расчета железобетонных конструкций проектом устанавливается один класс бетона для всего элемента, а величина сечения обычно принимается постоянной по длине. Естественно, что прочность, необходимая в расчетном сечении, оказывается излишней для других сечений. В силу особенностей технологии производства железобетонных конструкций имеет место изменчивость характеристик прочности в пределах элемента. Задача состоит в том, чтобы учесть вероятность совпадения действительных характеристик прочности в некоторых сечениях с расчетными усилиями, действующими в тех же сечениях.

Н. А. Крыловым [4] предложена методика вероятностной оценки этих совпадений, позволяющая уменьшить расчетный класс бетона или, что то же, расчетный коэффициент надежности и получить существенный экономический эффект.

Так, например, для сопоставления действительных характеристик прочности бетона однопролетной железобетонной балки (рис. 1) с сопротивлениями, допускаемыми по расчету для различных её сечений, строится специальная контрольная эпюра $R_{\text{вх}}$. Ординаты этой огибающей эпюры определены по результатам расчета бетона на сжимающие усилия от действующих моментов, а также сжимающие или перерезывающие усилия от поперечных сил при условии восприятия арматурой действующих усилий и обеспечения надежного ее сцепления с бетоном. Расчеты выполнены с учетом изменения величин изгибающих моментов и перерезывающих сил по длине балки (эпюры M и Q).

При сплошном контроле прочности бетона в изделиях для каждого контролируемого сечения должно быть соблюдено условие:

$$R_{\text{визм.}} < R_{\text{вх}}, \quad (1)$$

где $R_{\text{визм.}}$ – действительная (измеренная) прочность бетона в контролируемом сечении элемента;
 $R_{\text{вх}}$ – расчетное сопротивление бетона в том же сечении.

3. Применение селективного отбора при сплошном контроле физико-механических и геометрических характеристик качества. Такой отбор позволяет дифференцировать однотипные элементы сборных конструкций по характеристикам надежности и рационально размещать их в конструкции.

На рис. 2 представлены схема каркаса многоэтажного здания (а) и график требуемого теоретического уровня надежности в зависимости от места расположения элементов (колонн) в конструкции (б). Разобьем здание по высоте на три участка с допустимыми равными уровнями надежности

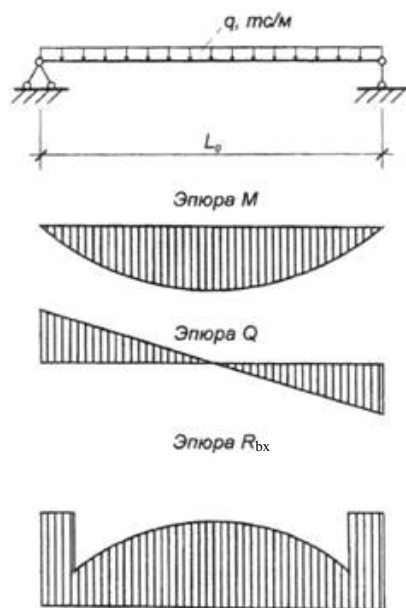


Рисунок 1 – Расчетные и контрольные эпюры для однопролетной железобетонной балки.

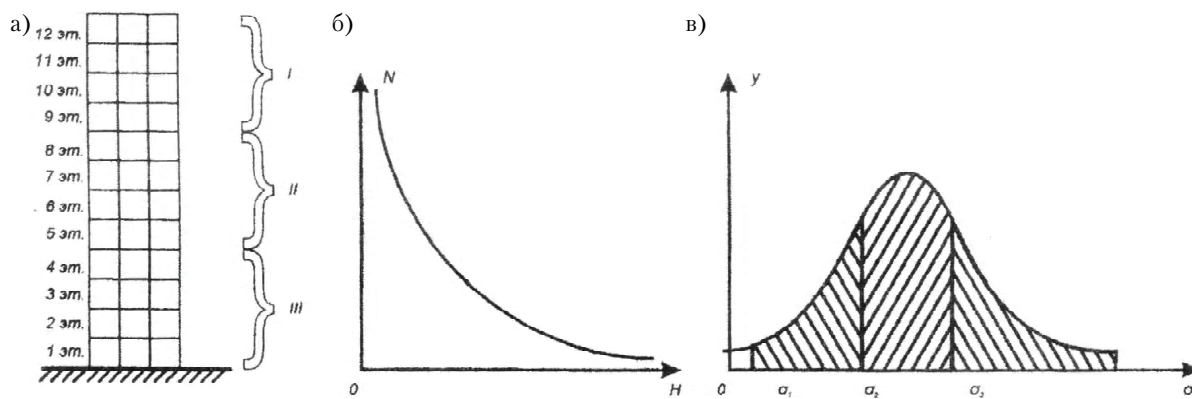


Рисунок 2 – Обеспечение равнонадежности конструкций: а) схема каркаса; б) график изменения надежности конструкции по высоте здания; в – изменчивость характеристик прочности партии элементов сборных колонн: I – первый участок надежности (12–9 этажи); II – второй участок надежности (8–5 этажи); III – третий участок надежности (4–1 этажи); Н – надежность конструкции; N – число ярусов (этажей) колонны; σ_b – прочность элементов; y – количество элементов данной прочности (частота распределения).

элементов. Очевидно, что для нижнего, третьего участка потребуются элементы с наиболее высоким уровнем надежности, а для верхнего – с наименьшим. По результатам сплошного контроля качества изготовления партии элементов сборных колонн построим кривую распределения характеристик их прочности (в).

Площадь, расположенная под кривой нормального распределения, также разобьем на три участка, отличающихся минимальной, средней и максимальной прочностью элементов.

Руководствуясь графиком, представленным на рис. 2в, произведем селективный отбор, т. е. разбраковку партии по характеристикам прочности от σ_1 до σ_2 , от σ_2 до σ_3 и больше σ_3 . Теперь ясно, что для первых четырех этажей (III участок) пойдут звенья колонн с характеристиками прочности больше σ_3 , для 5–8 этажей (II участок) – с характеристиками от σ_2 до σ_3 и для 9–12 этажей (I участок) – от σ_1 до σ_2 . Соответственно должна быть дифференцирована и точность монтажных работ. В отдельных случаях по высоте здания может меняться и метод монтажа, обеспечивающий в нижних ярусах максимальную точность сопряжений, т.е. минимальные эксцентриситеты, а в верхних (где труднее добиться высокой точности) – должно быть подтверждено проверочным расчетом надежности конструкций и экономическими соображениями.

4. Улучшение качества строительства, сведение к минимуму доли дефектной продукции и удлинение межремонтного периода.

5. Осуществление рекомендаций службы надежности по совершенствованию проектных решений и технологических процессов производства, направленных на повышение уровня надежности и, следовательно, на улучшение технико-экономических показателей строительства.

Задача службы эксплуатации строительных конструкций в конечном счете сводится к поддержанию заданного уровня их надежности в течение всего срока службы. С повышением уровня надежности возрастают капитальные затраты, связанные с их возведением, а затраты на эксплуатацию соответственно уменьшаются. Во временных сооружениях, рассчитанных на короткий срок службы, затраты на эксплуатацию могут оказаться близкими к нулю. В зданиях высокого класса, рассчитанных на длительный период эксплуатации, эти расходы составляют существенную часть общей стоимости строительства. Экономическая эффективность затрат на проведение профилактических осмотров и ремонтов может быть оценена путем сопоставления этих затрат с первоначальной стоимостью строительства.

Как известно, периодичность профилактических ремонтов зависит от интенсивности постепенного износа элементов и узлов конструкции. Интенсивность износа в свою очередь зависит от качества материалов, совершенства конструктивных решений, степени воздействия внешней среды и условий эксплуатации конструкции. Последние определяются уровнем ее ремонтпригодности и организацией эксплуатационной службы. В отдельных случаях (например, при работе в агрессивных средах) высокий уровень ремонтпригодности и надежная эксплуатация позволят свести к минимуму расчетный коэффициент условий работы.

Объем работ, стоимость выполнения плановых текущих ремонтов и их количество за весь период эксплуатации должны определяться на стадии проектирования объекта. Эти соотношения могут быть определены по формуле

$$C'_3 = C''_{\text{эп}} \cdot n, \quad (2)$$

где C'_3 – сумма затрат на проведение профилактических ремонтов;
 $C''_{\text{эп}}$ – средняя стоимость одного профилактического ремонта;
 n – количество профилактических ремонтов на весь срок службы конструкции.

Таким образом, служба эксплуатации, организуемая применительно к функциональным особенностям здания или сооружения и степени его ремонтпригодности, является регулятором долговечности конструкции. Расходы на ее содержание (жилищно-эксплуатационные конторы, ремонтно-строительные цехи предприятий, инженерная служба общественных зданий и т. п.) компенсируются экономией, достигаемой за счет увеличения срока службы объекта.

ВЫВОДЫ

Решение проблемы надежности несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений позволит получить значительный технико-экономический эффект в области капитального строительства. Этот эффект может быть достигнут как за счет уменьшения расчетного коэффициента надежности при гарантированном качестве элементов и узлов строительных конструкций, так и за счет увеличения срока их службы.

Непрерывным условием решения проблемы надежности является четкое взаимодействие процессов проектирования, возведения и эксплуатации строительных конструкций. Особо важное значение здесь имеет проектирование характеристик надежности с учетом технического уровня производственной базы и организация производства, обеспечивающая безусловное соответствие действительных показателей качества проектным величинам.

Решение рассматриваемой проблемы в области проектирования сводится к проверке надежности элементов и конструкций, которая может служить одним из технических и экономических критериев рациональности решения задачи на этой стадии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанов, В. И. Экономика повышения долговечности и коррозионной стойкости строительных конструкций [Текст] / В. И. Агаджанов. – М. : Стройиздат, 1988. – 173 с.
2. Барашиков, А. Я. Оценка технического состояния строительных конструкций, зданий и сооружений [Текст] / А. Я. Барашиков, А. Н. Малышев. – К. : [б. и.], 1998. – 231 с. – ISBN 5-8238-0586-1.

3. Колотилкин, Б. М. Проблемы долговечности и надежности зданий [Текст] / Б. М. Колотилкин. – М. : Знание, 1969. – 46 с.
4. Радиотехнические методы контроля качества железобетона [Текст] / Н. А. Крылов, В. А. Калашников, А. М. Полищук. – М. : Стройиздат, 1966. – 121 с.
5. Рекомендации по обеспечению надежности и долговечности железобетонных конструкций, промышленных зданий и сооружений при их реконструкции восстановлении [Текст] / Харьковский проектный и научно-исследовательский институт (Промстройиниипроект) Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1990. – 176 с.
6. Руководство по определению экономической эффективности повышения качества и долговечности строительных конструкций [Текст] / НИИЖБ Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1981. – 55 с.

Получено 05.04.2017

**В. М. ЛЕВЧЕНКО, Д. В. ЛЕВЧЕНКО, М. О. НЕВГЕНЬ, О. А. ХРАМОГІН
УРАХУВАННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ І
НАДІЙНІСТЬ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД В
ПРОЦЕСІ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
ДОНУ ВПО «ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»**

Анотація. Економічна оцінка надійності будівельних конструкцій – складне комплексне завдання. Воно повинне вирішуватися з урахуванням витрат, спрямованих на забезпечення потрібних показників якості в процесі проектування, зведення та експлуатації будівель і споруд. У статті наводяться шляхи одержання рівнонадійних конструкцій при їх проектуванні: як відбувається технологічне забезпечення надійності конструкцій і яким чином забезпечується надійність у процесі експлуатації конструкцій. Наведені необхідні теоретичні передумови та практичні рекомендації, на підставі яких можуть бути зроблені важливі кроки на шляху до корінного покращення якості будівництва при одночасному зменшенні його вартості.

Ключові слова: надійність, ефективність, довговічність, ймовірна оцінка, ремонтпридатність.

**VICTOR LEVCHENKO, DMITRY LEVCHENKO, NIKOLAI NEVGEN,
ALEKSANDR KHRAMOGIN
CONSIDERATION OF FACTORS, AFFECTING DURABILITY AND RELIABILITY
OF BUILDING CONSTRUCTIONS AND STRUCTURES IN THE PROCESS OF
THEIR OPERATION**

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Economic assessment of engineering constructions durability complex task. It should be solved taking into account expenses to provide the required quality while designing, constructing and operating a building. The methods of designing of equally reliable structures, of technical providing of reliability and of ensuring reliability while operating are described in the article. It has been given the necessary theoretical feedbacks and practical advice which can improve the construction quality and reduce its price at the same time.

Key words: reliability, efficiency, probability analysis, operational life, maintainability.

Левченко Виктор Николаевич – кандидат технических наук, профессор, проректор по научно-педагогической и воспитательной работе ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Левченко Дмитрий Викторович – кандидат технических наук, доцент. Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Невгень Николай Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Храмогин Александр Андреевич – магистр ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Левченко Віктор Миколайович – кандидат технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної і виховної роботи ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Левченко Дмитро Вікторович – кандидат технічних наук, доцент. Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Невгень Микола Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Храмогін Олександр Андрійович – магістр ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Levchenko Victor – Ph. D. (Eng.), Professor, Vice-rector in education and pedagogic activities, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

Levchenko Dmitry – Ph. D. (Eng.), Associated Professor. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

Nevgen Nikolai – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

Khramogin Aleksandr – the master, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

УДК 72.012:004.4

Д. О. ЛЯЛИН, С. Н. МАШТАЛЕР, Е. А. ДМИТРЕНКО

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА AUTODESK REVIT В ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Аннотация. Представлены варианты выполнения проектной документации и визуализации с использованием программного комплекса Autodesk Revit, получены автоматические чертежи и спецификации объектов, выполнен рендер 3D-модели.

Ключевые слова: BIM, визуализация, 3D-модель, программный комплекс, пространственная модель, информационная модель здания.

Технология BIM (Building Information Modeling или Building Information Modeling) представляет собой создание виртуальной модели здания в цифровом виде. Использование модели облегчает процесс проектирования на всех его этапах, обеспечивая более тщательный анализ и контроль. Будучи завершенными, эти компьютерные модели содержат точную геометрию конструкции и все необходимые данные для закупки материалов, изготовления конструкций и производства строительных работ. Технология информационного моделирования используется во многих странах мира на государственном уровне. Именно на государственном, то есть государстве для выполнения всех своих проектов требует использования технологий информационного моделирования. Безусловным и общепризнанным лидером в этой сфере является Великобритания. Задача, которая ставится на ближайшие годы – сокращение стоимости строительства на 33 %. При этом 20%-е сокращение достигнуто уже в этом году. Если перевести в денежное выражение, то это 2 млрд фунтов стерлингов. Особенность подхода BIM-технологии заключается в том, что строительный объект проектируется как единое целое, изменение какого-либо параметра влечет за собой автоматическое изменение остальных связанных с ним параметров и объектов, вплоть до чертежей, визуализаций, спецификаций и календарного плана [1, 2, 4].

«Autodesk Revit», или просто «Revit» – программный комплекс, реализующий принцип информационного моделирования зданий (Building Information Modeling, BIM). Предназначен для архитекторов, проектировщиков при проектировании несущих конструкций и инженерных систем. Предоставляет возможности трехмерного моделирования элементов здания и плоского черчения элементов оформления, создания пользовательских объектов, организации совместной работы над проектом, начиная от концепции и заканчивая выпуском рабочих чертежей и спецификаций. База данных Revit может содержать информацию о проекте на различных этапах жизненного цикла здания, от разработки концепции до строительства и снятия с эксплуатации (4D BIM) [3, 5].

Актуальность данной работы заключается в получении автоматических чертежей объектов и визуализации с использованием программного комплекса Autodesk Revit, изучение инструментов программы для дальнейшего применения в проектной деятельности.

Целью работы является наглядное представление реальных проектов с использованием программного комплекса Autodesk Revit.

В рамках работы BIM моделирование использовалось при выполнении следующих проектов:

1. Реконструкция жилого дома в г. Иловайск.
2. Техническое обследование и паспортизация трансформаторных и распределительных подстанций г. Донецк.
3. Благоустройство территории строительного техникума в г. Ясиноватая.

В рамках программы восстановления жилищного фонда было выполнено обследование текущего состояния жилого дома в городе Иловайске. Дом представляет собой старую постройку 20-х годов прошлого столетия. По конструктивной схеме стены несущие, выполнены из каменной кладки. Перекрытия выполнены по деревянным балкам. Фундаменты ленточные. Кровля – деревянная стропильная из асбестоцементных листов.

Вследствие пожара было уничтожено 3 квартиры. Квартира № 1 была самостоятельно восстановлена жильцами. Квартиры № 2, № 3 – будут восстановлены по проекту. По результатам визуального обследования были выполнены замеры, составлены предварительные эскизы, на основании которых была построена BIM-модель здания.

Все элементы «Revit» представляют собой понятие «семейства» – категории объектов, имеющих определенные параметры, которые можно группировать, сортировать, извлекать данные. Выполнено заполнение окон и дверей в соответствии с заданными типоразмерами. Спецификации являются видами на единую информационную модель, что позволяет выполнять автоматический подсчет необходимых параметров. Программа автоматически выполняет подсчет необходимых параметров по заданным критериям, изменяя и исправляя геометрию модели, спецификации также автоматически пересчитываются. Информация, содержащаяся о свойствах параметрических объектов, используется для создания спецификаций окон, дверей, отделки помещений данного объекта и др.

Возможности программного комплекса достаточно широки, так, например, для придания архитектурной выразительности зданию выполнены выступы кирпичной кладки на фасаде (рис. 1). Геометрия выступов создавалась в модели выдавливанием и командой формы по траектории.

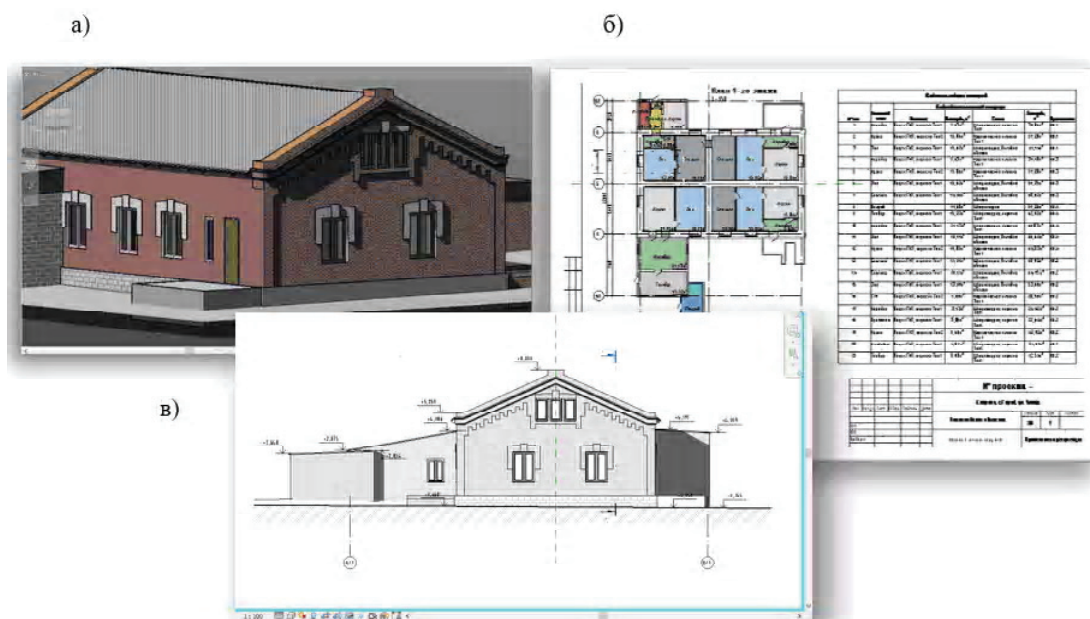


Рисунок 1 – Фрагменты модели здания из ПК «Revit»: а) пространственная модель здания; б) оформленный чертеж; в) проекция в виде чертежа фасада.

В программе также, помимо архитектурной части, есть возможность создавать конструкторскую. Стропильная система и обрешетка была построена с помощью инструмента балочной системы.

Модель представляет собой 3D объект, настроив отображение которого в определенных плоскостях, получают автоматические чертежи. В чертежах, при их оформлении возможна простановка размеров, марок, выносок, высотных отметок. Вынос на листы осуществляется простым перетягиванием вида из дерева проекта.

В ходе проведения работ по техническому обследованию и паспортизации трансформаторных и распределительных подстанций необходимо было выполнить большой объем документации типовых объектов. Подстанции представляют собой простые по конструкции формы, прямоугольные в плане.

Использование «Revit» позволило автоматизировать и ускорить выпуск проектной документации по этим объектам. На первом этапе создается модель одной подстанции, по шаблону которой создаются другие. Т. к. подстанции построены по типовым проектам, то имеют одинаковую планировку, только отличаются размерами. При выполнении документации для похожего объекта размер «перебивается», но в отличие от AutoCAD модель в Revit динамическая и меняет свои размеры и параметры.

Все объекты Revit представляют собой вложенные семейства. Так же и штамп является семейством. Удобство состоит в том, что, отредактировав штамп для одного объекта на одном листе, необходимая информация изменится и на других листах, что упрощает и ускоряет выпуск документации (рис. 2).

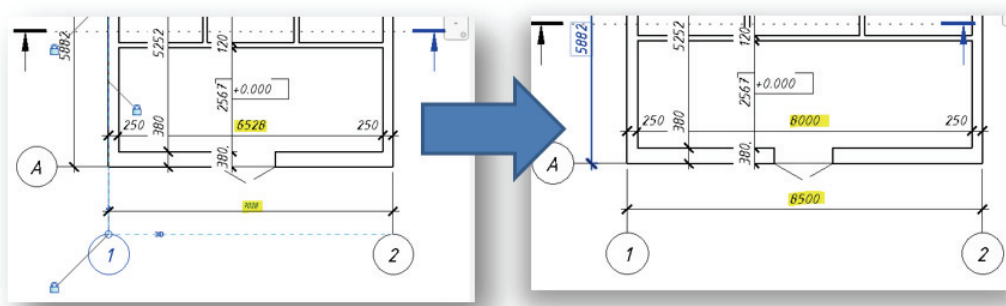


Рисунок 2 – Динамическое изменение раз мера шаблонной подстанции.

Процесс создания автоматизации выпуска чертежей представляет собой:

- создание модели;
- создание зависимостей;
- создание проекций-чертежей: 4 фасада, план, разрез;
- создание и настройка штампа;
- простановка размеров, отметок, дефектов;
- вывод на печать.

В рамках участия в конкурсе на проект благоустройства территории проводимого Министерством молодежи и спорта, выполнена визуализация прилегающей территории и теннисной площадки Ясиноватского строительного техникума транспортного строительства.

На основании чертежей площадки и фотографий выполнилось построение поверхности и наполнение объектами сцены – деревья, растения, кусты, машины, скамейки, сетки и т. д.

В диспетчере материалов для каждого объекта были настроены текстуры, цвета, отражающие свойства накладываемых материалов объекта.

В классических программах для рендера источник света задается точно с параметрами, в Revit есть возможность привязать объект к конкретным координатам и поставить солнечный источник света так, как он в действительности соответствовал бы определенной дате и времени. Такой инструмент пригодится при расчете инсоляции, например при вписании здания в застройку.

Для проверки освещения, источников света, материала, камеры и выявления ошибок выполнен черновой рендер. Финальная визуализация производилась в облачном сервисе Autodesk 360. Более мощное оборудование в отличие от ноутбуков позволяет получить картинку высокого расширения и качества менее чем за 20 минут.

На финальной стадии (рис. 3) выполнена постобработка в Adobe Photoshop. Добавление неба на задний план – картинка представляла собой слой с прозрачным фоном для добавления любой картинки неба. Добавление людей – выполнено для оживления картинки и реалистичного восприятия объекта. Цветокоррекция – настройка яркости, контрастности финального изображения.

ВЫВОДЫ

1. На примере конкретных объектов показано, что использование программного комплекса Autodesk Revit позволяет уменьшить трудозатраты на выполнение рабочей документации проекта.
2. Результатом проведенной работы стали автоматически полученные чертежи объектов, спецификации окон, дверей, балочной системы, стропильной системы, ведомости помещений, ведомость отделки помещений.

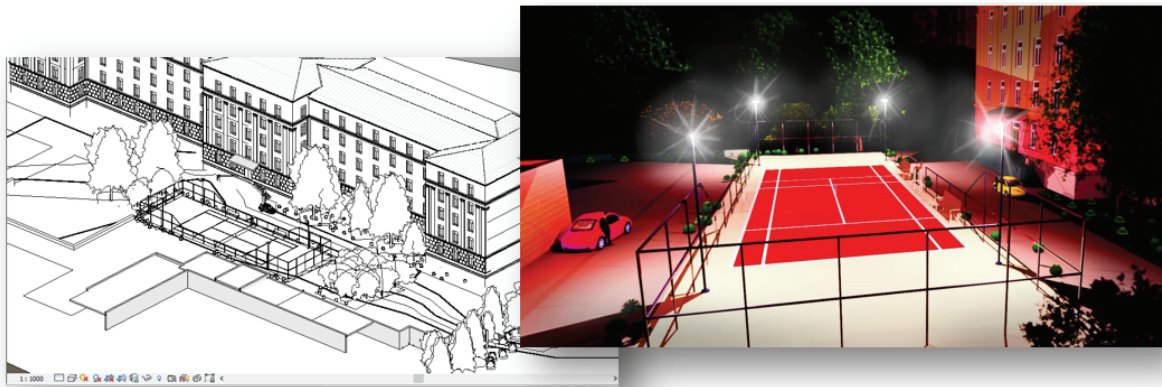


Рисунок 3 – 3d модель сцены и финальное изображение.

3. Широкие возможности ПК «Revit» позволяют выполнять детальную визуализацию различных объектов для дальнейшего использования и наглядного представления как в бизнес-плане, так и последующей работе над проектом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ланцов, А. Л. Компьютерное проектирование зданий: REVIT 2015 [Текст] / А. Л. Ланцов. – М. : Consistent Software Distribution ; РИОР, 2014. – 664 с. : ил.
2. Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства [Электронный ресурс] : Проектирование, строительство, эксплуатация / Autodesk, Inc. – [Б. м.] : Autodesk, Inc., 2014. – 58 с. – Режим доступа : http://autodeskcommunity.ru/upload/iblock/656/bim_brochure.pdf.
3. Вандезанд, Джеймс. Autodesk Revit Architecture 2013-2014 [Текст] : Официальный учебный курс / Джеймс Вандезанд, Фил Рид, Эдди Кригел ; Перевод с англ. В. В. Талапов. – М. : ДМК Пресс, 2013. – 328 с. : ил.
4. Wing, Eric. Autodesk Revit Architecture 2016: No Experience Required [Текст] : Autodesk Official Press / Eric Wing. – [S. l.] : Sybex, 2015. – 864 p. – ISBN 978-1-119-05953-0.
5. John, Daniel. Architectural Commercial Design Using Autodesk Revit 2014 [Текст] / Daniel John. – [S. l.] : SDC Publications, 2013. – 478 p. – ISBN 978-1-58503-802-2.

Получено 05.04.2017

Д. О. ЛЯЛІН, С. М. МАШТАЛЕР, Є. А. ДМИТРЕНКО
ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ AUTODESK REVIT В
ПРОЕКТНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. Представлені варіанти виконання проектної документації та візуалізації з використанням програмного комплексу Autodesk Revit, отримані автоматичні креслення і специфікації об'єктів, виконано рендер 3D-моделі.

Ключові слова: BIM, візуалізація, 3D-модель, програмний комплекс, просторова модель, інформаційна модель будівлі.

DENIS LYALIN, SERGII MASHTALER, EVGENIY DMITRENKO
APPLICATION OF THE AUTODESK REVIT SOFTWARE COMPLEX IN
PROJECT ACTIVITIES
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. It has been presented versions of the project documentation and visualization using the software complexes of Autodesk Revit, the automatic seating and the specialization of objects have been obtained, the ranger of the 3D model has been carried out.

Key words: the BIM, visualization, 3D-model software system, three-dimensional model, building information model.

Лялин Денис Олегович – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование современных программных комплексов в инженерной деятельности.

Машталер Сергей Николаевич – ассистент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие методик определения характеристик напряженно-деформированного состояния железобетонных (сталефибробетонных) элементов при простых режимах силового и температурного воздействий, 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.

Лялін Денис Олегович – студент ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання сучасних програмних комплексів в інженерній діяльності.

Машталер Сергій Миколайович – асистент кафедри залізобетонних конструкцій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток методик визначення характеристик напружено-деформованого стану залізобетонних (сталефібробетонних) елементів при простих режимах силового і температурного впливів, оцінка технічного стану і 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.

Lyalin Denis – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: use of modern software systems in engineering.

Mashtaler Sergii – assistant 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 (steel fiber concrete) elements under simple modes of power and temperature influences, estimation of technical state and design of reinforced concrete constructions.

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.

УДК 691.162

С. Н. ШАБАЕВ

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

**РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СОЕДИНЕНИЯ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ
С БИТУМОМ НЕФТЯНЫМ ДОРОЖНЫМ ВЯЗКИМ**

Аннотация. Во множественной литературе, посвященной вопросу изучения процессов модификации нефтяных битумов резиновой крошкой, даются конкретные практические рекомендации по технологическим режимам и составу, однако практически всегда отсутствует информация о том, что выступало в качестве параметра оптимизации и какие значения факторов были приняты. Объясняется это отсутствием теоретической модели, позволяющей прогнозировать эффективность того или иного принятого технологического процесса.

Ключевые слова: резинобитумное вяжущее, модификация, совмещение, резиновая крошка.

Основной задачей модификации битумов резиновой крошкой является улучшение их физико-химических свойств. При этом особое внимание уделяется расширению интервала пластичности, адгезионных и когезионных характеристик резинобитумных вяжущих [1–10]. В то же время, несмотря на то, что все авторы утверждают о наличии эффекта модификации, величина этого эффекта различная. Это, вполне вероятно, обуславливается влиянием различных факторов в каждом конкретном случае. В качестве факторов выступают состав дисперсионной среды, температура термомеханического процесса совмещения, размер, удельная поверхность частиц и химический состав резиновой крошки, конструкция и скорость вращения смесителя, время термомеханического процесса, рецептура и другие. Таким образом, наличие большого количества разнообразных факторов и предопределяет неоднозначность результатов. Чтобы можно было дать объяснение всем этим различиям, необходимо разработать теоретическую модель процесса совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом. Одной из важнейших характеристик этой модели выступает параметр оптимизации.

В работе [11] выстроено предположение о том, что модифицирующий эффект достигается за счет высвобождаемого из резиновой крошки каучука. При этом существует оптимальное время процесса совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом, при котором количество высвободившегося каучука, с учетом параллельно протекающего процесса его деструкции, имеет экстремум. В этом случае резинобитумные вяжущие должны обладать наилучшими физико-химическими характеристиками.

Однако остаются нерешенными несколько вопросов: все ли характеристики резинобитумных вяжущих имеют наилучшие значения, а если не все имеют экстремум, то какие характеристики необходимо рассматривать.

В статье [12] приведены результаты определения физико-химических свойств резинобитумных вяжущих при заданных факторах в зависимости от длительности термомеханического процесса совмещения резиновой крошки с пластифицированным нефтяным битумом. Произведя анализ представленных зависимостей, можно утверждать, что экстремум имеют (в случае экстраполяции должны иметь) только три зависимости: температуры размягчения по кольцу и шару, температуры размягчения по кольцу и шару после прогрева и температуры хрупкости по Фраасу от времени совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом. Две из них, а именно зависимости температуры размягчения по кольцу и шару и температуры хрупкости по Фраасу от времени совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом, определяют интервал пластичности резинобитумного вяжущего, а значит, по ним можно определить оптимальное время термомеханического процесса совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом. Данная зависимость представлена на рисунке 1.

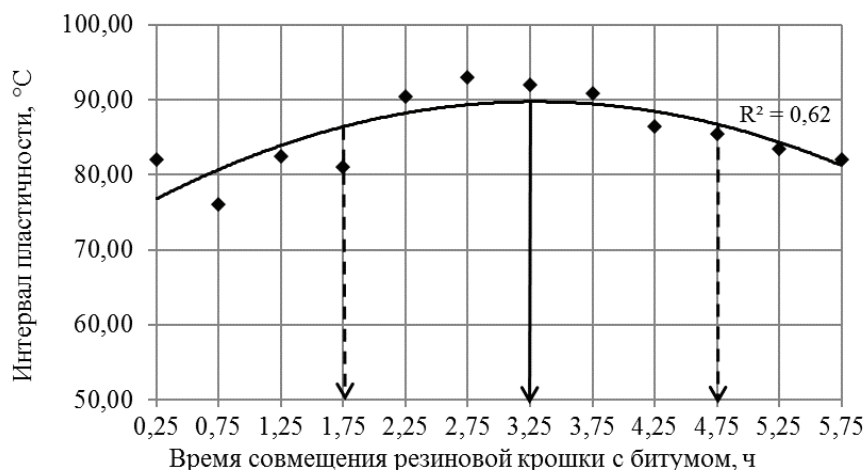


Рисунок 1 – Зависимость интервала пластичности резинобитумного вяжущего от времени совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом.

Анализ зависимости показывает, что при заданных факторах эксперимента оптимальное время совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом составляет 3,25 часа. Изменение времени в большую или меньшую стороны ведет к снижению интервала пластичности резинобитумного вяжущего, однако это изменение незначительно. Если принять, что допустимое снижение интервала пластичности резинобитумного вяжущего по сравнению с экстремумом может составлять 5 %, то можно получить допустимый интервал времени совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом, составляющий $3,25 \pm 1,50$ часа.

Из теоретических исследований [11] известна зависимость общего объема образованного каучука от продолжительности процесса совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом при различном обобщенном показателе $\sigma_{\text{раств}}$, зависящем от факторов. Если в этой зависимости объем образованного каучука заменить интервалом пластичности резинобитумного вяжущего, то общий ее вид не изменится (рисунок 2, линиями со стрелками показано оптимальное время, а засечками – нижние и верхние границы допустимого времени совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом). Возможность замены объема образованного каучука интервалом пластичности резинобитумного вяжущего при сохранении общего вида зависимости обусловлено тем, что каучук имеет более высокую температуру размягчения и низкую температуру хрупкости по сравнению с нефтяными битумами, в связи с чем увеличение содержания каучука в составе резинобитумных вяжущих ведет к увеличению интервала пластичности композита.

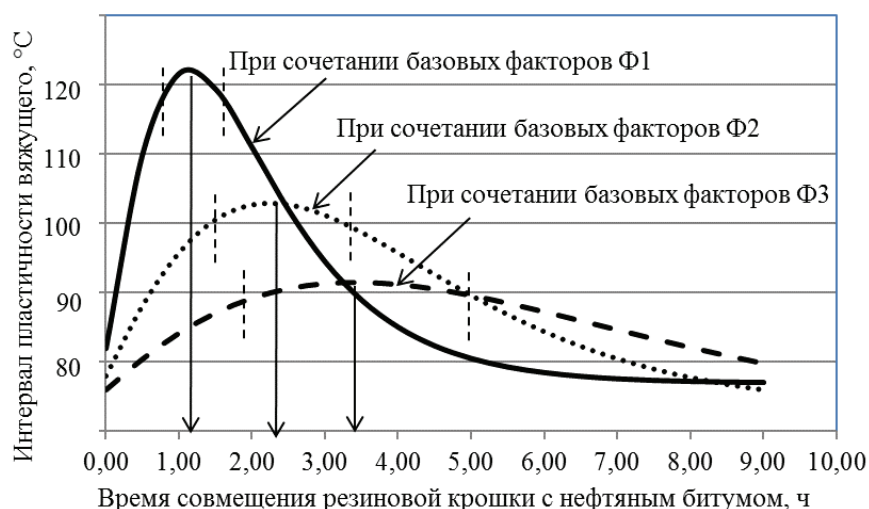


Рисунок 2 – Зависимость интервала пластичности резинобитумного вяжущего от времени совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом при различном сочетании базовых факторов.

Если на рисунке 2 соединить точки экстремумов, а также точки, располагающиеся на пересечении линий зависимостей с засечками, то можно получить зависимости интервала пластичности резинобитумного вяжущего и допустимого отклонения времени от оптимального времени совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом (рисунок 3).

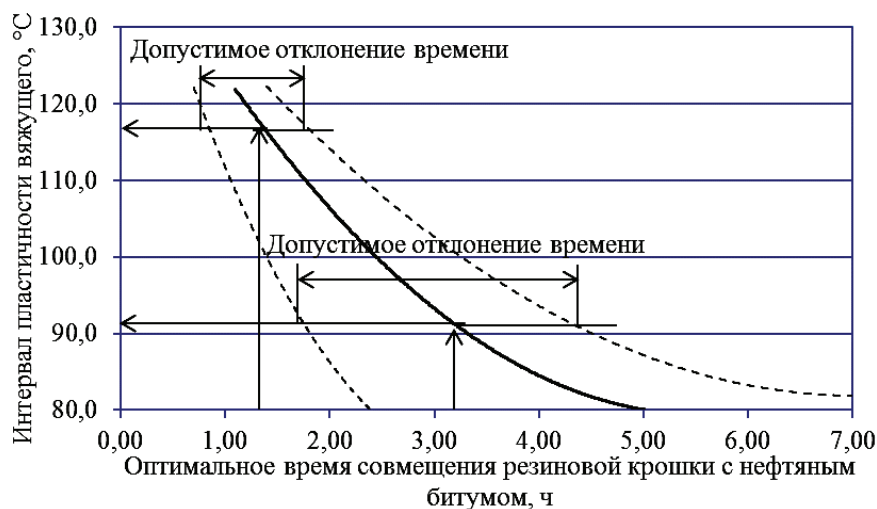


Рисунок 3 – Общий вид зависимости интервала пластичности резинобитумного вяжущего и допустимого отклонения времени от оптимального времени совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом.

Анализ представленных зависимостей позволяет сделать несколько выводов:

1. В качестве параметра оптимизации термомеханического процесса совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом целесообразно назначить интервал пластичности резинобитумного вяжущего, при этом в качестве интегрального фактора выступает оптимальное время процесса совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом.

2. При каждом сочетании базовых факторов (состав дисперсионной среды, температура термомеханического процесса совмещения, размер, удельная поверхность частиц и химический состав резиновой крошки, конструкция и скорость вращения смесителя, рецептура) существует оптимальное значение зависящего от них интегрального фактора.

3. Чем меньше оптимальное время совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом, тем меньше допустимые отклонения от него и больший интервал пластичности резинобитумного вяжущего можно достигнуть.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Effects of mixture design variables on rubber-bitumen interaction: properties of dry mixed rubberized asphalt mixture [Текст] / A. I. B. Farouk, N. A. Hassan, M. Z. H. Mahmud [et al] // Materials and Structures. – 2017. – Volume 50, Issue 1. – P. 97–103.
2. Mull, M. A. Fracture resistance characterization of chemically modified crumb rubber asphalt pavement [Текст] / M. A. Mull, K. Stuart, A. Yehia // Journal of Materials Science. – 2002. – Vol. 37. – P. 557–566.
3. Kim, H. Rheology investigation of crumb rubber modified asphalt binders [Текст] / H. Kim, S. Lee, S. Amirkhanian // KSCE Journal of Civil Engineering. – 2010. – Vol. 14. – P. 839–843.
4. Morrison, G. R. A new look at rubber-modified asphalt binders [Текст] / G. R. Morrison, S. A. M. Hesp // Journal of Materials Science. – 1995. – Vol. 30. – P. 2584–2590.
5. Chuan, X. Optimization of technical measures for improving high-temperature performance of asphalt-rubber mixture [Текст] / X. Chuan, L. Tianqing, Q. Yanjun // Journal of Modern Transportation. – 2013. – Vol. 21. – P. 273–280.
6. Shakir, S. Asphalt Rubber Interlayer Benefits in Minimizing Reflective Cracking of Overlays over Rigid Pavements [Текст] / S. Shakir, P. Jorge, M. Manuel // 7th RILEM International Conference on Cracking in Pavements : Mechanisms, Modeling, Testing, Detection and Prevention Case Histories / A. Scarpas, N. Kringos, I. Al-Qadi, A. Loizos (Eds.). – 2012. – Vol. 4. – P. 1157–1167.
7. Characteristics of desulfurized rubber asphalt and mixture [Текст] / M. Tao, Z. Yongli, H. Xiaoming, Z. Yao // KSCE Journal of Civil Engineering. – 2016. – Vol. 20. – P. 1347–1355.

8. Hicks, R. G. Evaluation of Terminal Blend Rubberized Asphalt in Paving Applications [Текст] : Report Number: CP2C-2010 – 102TM Technical Memo / R. G. Hicks, D. Cheng, T. Duffy. – Chico, California : California Pavement Preservation Center, 2010. – 76 p.
9. Crumb rubber blends in noise absorption study [Текст] / H. Zhu, C. Liu, K. Tom, T. Norasit // Materials and Structures. – 2008. – Vol. 41. – P. 383–390.
10. Juan, G. Black curves and creep behavior of crumb rubber modified binders containing warm mix asphalt additives [Текст] / G. Juan, A. Ana, G. Felice // Mechanics of Time-Dependent Materials. – 2016. – Vol. 20. – P. 389–403.
11. Шабаев, С. Н. Исследование влияния технологического режима получения композиционных резинобитумных вяжущих на их свойства [Текст] / С. Н. Шабаев, С. А. Иванов // Приволжский научный журнал. – 2016. – № 3. – С. 53–62.
12. Шабаев, С. Н. Теоретические основы моделирования процесса модификации битумов резиновой крошкой [Текст] / С. Н. Шабаев // Приволжский научный журнал. – 2016. – № 4. – С. 66–75.

Получено 06.04.2017

С. М. ШАБАЄВ

РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ З'ЄДНАННЯ ГУМОВОЇ КРИХТИ З БІТУМОМ НАФТОВИМ ДОРОЖНІМ В'ЯЗКИМ

Кузбаський державний технічний університет імені Т. Ф. Горбачова

Анотація. У множинній літературі, присвяченій питанню вивчення процесів модифікації нафтових бітумів гумовою крихтою, даються конкретні практичні рекомендації щодо технологічних режимів і складу, проте практично завжди відсутня інформація про те, що виступало як параметр оптимізації і які значення факторів були прийняті. Пояснюється це відсутністю теоретичної моделі, що дозволяє прогнозувати ефективність того чи іншого прийнятого технологічного процесу.

Ключові слова: гумобітумне в'язуче, модифікація, суміщення, гумова крихта.

SERGEY SHABAEV

IMPROVED PRODUCTION METHOD OF THE PROCESS OF CONNECTION OF RUBBER CRUMB WITH CONSTRUCTION BITUMEN VISCOSITY

T. F. Gorbachev Kuzbas State Technical University

Abstract. In the numerous references devoted to the study of the processes of modification of petroleum bitumen with crumb rubber, it has been given specific practical recommendations on technological regimes and composition, but there is almost always no information on what acted as an optimization parameter and what values of factors have been taken. It is explained by the absence of a theoretical model that allows one to predict the effectiveness of one or another accepted technological process.

Key words: rubber-bituminous binder, modification, combination, rubber crumb.

Шабаев Сергей Николаевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автомобильных дорог и городского кадастра Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачева. Научные интересы: рациональное применение гранулометрического состава вскрышных пород на технологических дорогах угольных разрезов. Модифицирование битума резиновой крошкой.

Шабаев Сергій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри автомобільних доріг і міського кадастру Кузбаського державного технічного університету імені Т. Ф. Горбачова. Наукові інтереси: раціональне застосування гранулометричного складу розкривних порід на технологічних дорогах вугільних розрізів. Модифікування бітумугумовою крихтою.

Shabaev Sergey – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Head of Roads and Urban Cadastre Department, T. F. Gorbachev Kuzbas State Technical University. Scientific interests: rational application of the granulometric composition of overburden on technological roads of coal mines. Modification of bitumen with rubber crumb.

УДК 725.34:691.327:620.193

С. В. СОРОКАНИЧЛуганский национальный аграрный университет, Луганский национальный университет имени Владимира
Дала**КОРРОЗИЯ БЕТОНА СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ ФИЛЬТРАЦИОННОГО
ВЛАГОПЕРЕНОСА**

Аннотация. Построена математическая модель процессов коррозии бетона морских сооружений, основанная на рассмотрении всей совокупности физических и химических процессов в поровом пространстве бетона. Модель учитывает химические процессы, в результате которых происходит накопление в бетоне сульфатов, а также образование пленок. На основе химических и физических процессов решена задача Стефана с подвижными границами, которая сводится к двумерной задаче связывания агрессивного вещества в жидкой фазе на подвижной границе. Предлагаемая математическая модель может быть использована для усовершенствования методики проведения экспериментальных исследований, а в дальнейшем для разработки инженерных методик прогнозирования долговечности сооружений, эксплуатируемых в морской воде.

Ключевые слова: бетон, коррозия, математическая модель, агрессивная среда.

ВВЕДЕНИЕ

Исследованию процессов коррозии бетонов в морской воде посвящены многочисленные работы, анализ которых приведен в [1, 2, 6, 10]. Они позволили установить основные химические реакции, протекающие в бетоне в зависимости от химического состава и температуры воды, вида вяжущего и добавок, использованных при приготовлении бетона и т. п. Вместе с тем до последнего времени отсутствовали научно-обоснованные методики расчета долговечности и, соответственно, надежности сооружений. Известно, что наиболее интенсивно процессы коррозии протекают в зоне капиллярного подсоса. В частности, наличие направленного влагопереноса за счет процессов испарения влаги с открытой бетонной поверхности приводит к существенному изменению кинетики процессов коррозии [5]. Ранее были исследованы процессы коррозии бетона в неполностью водонасыщенном бетоне в случае направленного одномерного процесса влагопереноса [4, 6]. В настоящей работе указанное решение распространено на случай испарения влаги с боковой поверхности, т. е. случай плоской задачи. Кроме того, вводятся дополнительные упрощения и допущения, позволяющие получить относительно простые аналитические решения. Согласно указанной схеме при массопереносе агрессивного вещества вокруг капилляров в поровом пространстве бетона образуется расширяющаяся во времени граница химического (фазового) превращения.

Целью работы является разработка математической модели коррозии бетона, учитывающей влияние физических и химических процессов в поровом пространстве бетона.

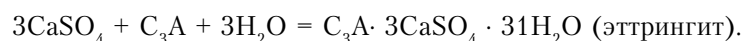
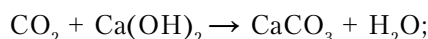
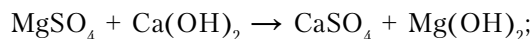
Химические особенности процессов коррозии

В реальных условиях морские бетонные сооружения подвергаются воздействию жидких агрессивных сред, химический состав которых согласно данным [1] представлен в табл.

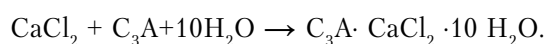
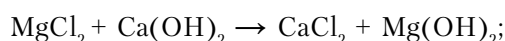
Таблица – Химический состав морской воды Черного моря

Общая соленость г/л	Содержание ионов г/л					
	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
18,0	9,9	1,4	0,04	5,5	0,67	0,22

Наиболее четкое представление о механизме разрушения бетонов в морской воде дано в работах М. Регура [1]. Коррозионное действие морской воды определяет главным образом MgSO_4 , который реагирует с гидроксидом кальция с образованием гипса и гидроксида магния [1]. Образовавшийся гипс, реагируя с выделяющимся при гидролизе силикатов кальция гидроксидом кальция, образует гидросульфатоалюминат кальция. Одновременно протекают процессы образования гидрохлоралюмината кальция и возможно образование таумасита.



Соединения Mg(OH)_2 и CaCO_3 образуют пленку на поверхности бетона и уплотняют поры [1]. Эттрингит и частично CaSO_4 выделяются с увеличением объема и вызывают расширение. Кроме этих основных реакций, протекает взаимодействие хлоридов с гидроксидом кальция C_3A :



Указанные уравнения реакций представляют лишь суммарную схему процессов. Выполнявшиеся многократно химические анализы затвердевшего цементного камня подтвердили накопление в бетоне магния и сульфатов, а в последнее время и образование пленок Mg(OH)_2 и CaCO_3 [1].

Физические особенности процессов коррозии

Одним из основных факторов долговечности бетонов является безнапорная фильтрация, которая проявляется в эксплуатируемых длинномерных конструкциях мостов, тоннелей и других гидротехнических сооружений. В условиях направленного (фильтрационного) влагопереноса поровая структура бетона рассматривается в качестве капиллярно-пористой среды.

Учитывается, что:

- испарение происходит с боковой поверхности;
- бетон по структуре порового пространства является капиллярно-пористым телом;
- боковая граница принимается проницаемой для влаги и непроницаемой для солей;
- на внутренней поверхности порового пространства бетона образуется и перемещается подвижный фронт химических превращений (ФХП);
- скорость капиллярного влагопереноса больше скорости испарения, т. е. испарение происходит только с поверхности. Указанное естественно, если учесть, что при периодических волновых движениях происходит замачивание поверхности бетона;
- принимается, что скорость фильтрационных потоков в направлении осей x и y постоянна и равна усредненному значению.

Принимается, что структура порового пространства бетона в данном случае характеризуется как капиллярно-пористое тело. Геометрическое описание структуры: она приводится к монокапиллярной со сквозными капиллярами радиуса r_0 , расположенными в шахматном порядке на расстоянии $2R_0$, друг от друга. Таким образом, можно выделить структурный элемент радиуса R_0 , с изолированной боковой поверхностью, в центре которого располагается сквозной капилляр радиуса r_0 . Кроме того, к капилляру примыкают микрокапилляры, по которым осуществляется массоперенос преимущественно в радиальном направлении.

При математическом формулировании задачи соответствующая задача типа Стефана с подвижными границами сводится к соответствующей одномерной задаче с функцией стока, характеризующей скорость связывания агрессивного вещества в химических реакциях. Для рассматриваемого случая двухмерной задачи связывание агрессивного вещества в жидкой фазе происходит на подвижной границе в направлении осей x и y . Схема изучаемого процесса коррозии представлена на рис. 1.

Обоснование указанной методики и алгоритма численного расчета дано в [3]. В данном случае функция стока имеет вид:

$$Q(t) = q_{1x}(t) + q_{2y}(t); \quad Q(t) = \sum_{i=1}^2 q_{in}(t), \quad (1)$$

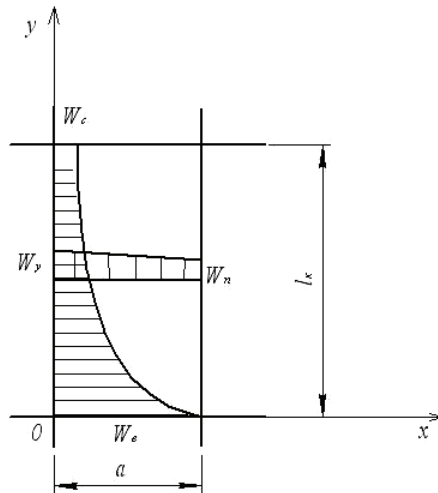


Рисунок 1 – Распределение влаги в элементе по двум направлениям.

где

$$q_{1x}(t) = \frac{2D\bar{C}_x\bar{\omega}_x}{(R_1t + r_0^2)}; R_1 = \frac{2D\bar{C}_x\bar{\omega}_x}{\mu m_0}; q_{2y}(t) = \frac{2D\bar{C}_y\bar{\omega}_y}{(R_2t + r_0^2)}; R_2 = \frac{2D\bar{C}_y\bar{\omega}_y}{\mu m_0}$$

Здесь обозначено: $q_{1x}(t)$, $q_{2y}(t)$ – функции стока в направлении осей x и y ; D – коэффициент диффузии раствора агрессивного вещества; \bar{C}_x , \bar{C}_y , $\bar{\omega}_x$, $\bar{\omega}_y$ – соответственно усредненные значения концентраций и влагосодержания в точках с координатами x и y ; n – координатная ось; m_0 – концентрация нейтрализуемого компонента; μ – стехиометрический коэффициент.

С учетом сделанных допущений исходное уравнение массопереноса агрессивной жидкости имеет вид:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \right) - V_0 \frac{\partial C}{\partial x} - V_1 \frac{\partial C}{\partial y} - Q(t) = 0. \quad (2)$$

Краевые условия записываются в виде:

$$y = 0, C = C_n, \quad (3)$$

$$y = l_k, C = C_c, \quad (4)$$

$$x = 0, \frac{\partial C}{\partial x} = 0, \quad (5)$$

$$x = 0, D \frac{\partial C}{\partial x} + V_0 C = 0, \quad (6)$$

$$t = 0, C = C_0. \quad (7)$$

Для данной задачи получено соответствующее математическое решение [8]. Для установления адекватности модели проведены экспериментальные исследования образцов бетона в жидких агрессивных средах (рис. 2, 3) [9]. Результаты исследований подтвердили кинетику накопления продуктов коррозии в поровом пространстве бетона.

ВЫВОДЫ

Разработанная математическая модель процессов коррозии бетонов в морской воде учитывает влияние физических и химических процессов на кинетику процессов коррозии и может быть использована для разработки инженерных методик прогнозирования долговечности сооружений, эксплуатируемых в агрессивной среде.

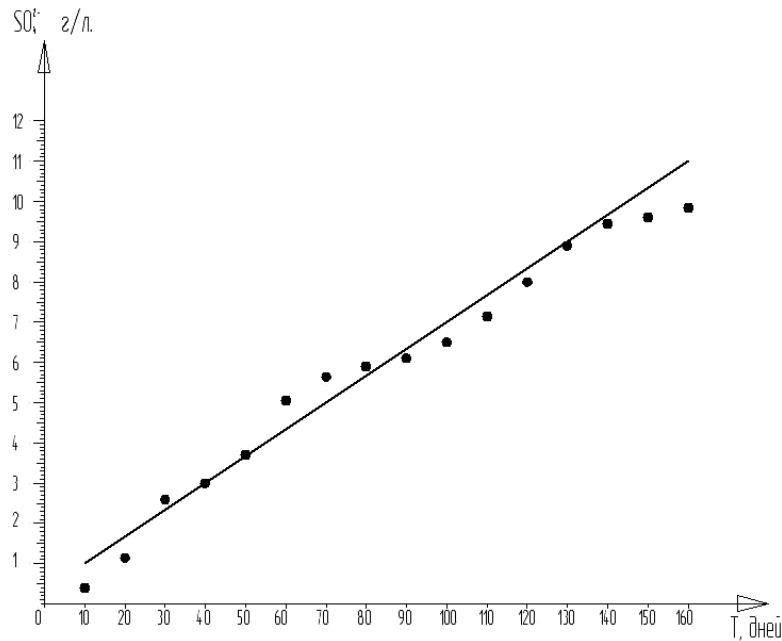


Рисунок 2 – Суммарное накопление сульфатов в порах бетона (агрессивная среда – морская вода).

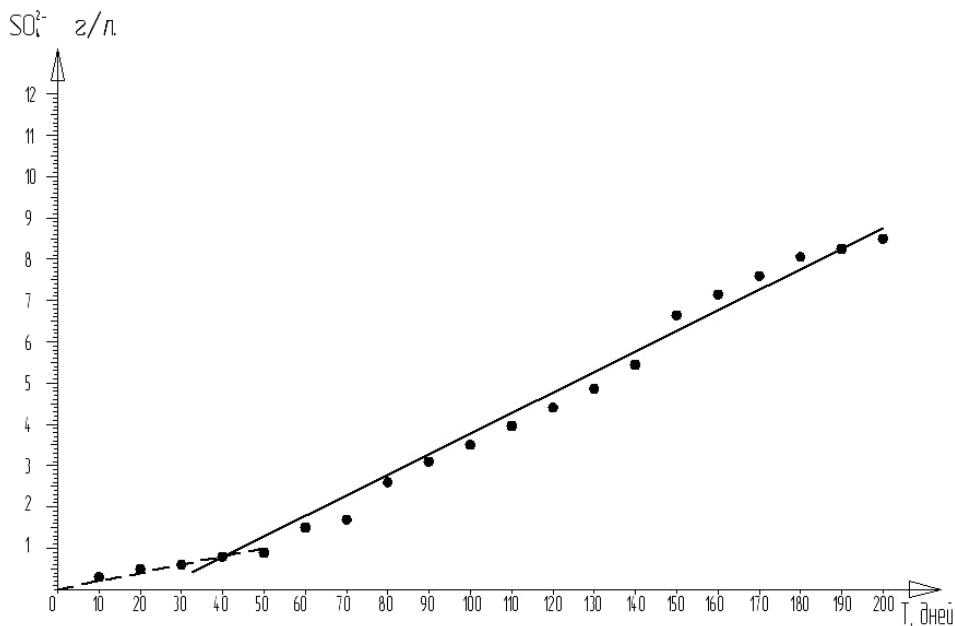


Рисунок 3 – Суммарное накопление сульфатов в порах бетона (агрессивная среда – раствор сульфата натрия, пунктирной показано водонасыщение).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долговечность железобетона в агрессивных средах [Текст] / С. Н. Алексеев, Ф. М. Иванов, С. Модры, П. Шисль. – М. : Стройиздат, 1990. – 316 с.
2. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты [Текст] / В. М. Москвин, Ф. М. Иванов, С. Н. Алексеев, Е. А. Гусев. – М. : СИ, 1980. – 536 с.
3. Физико-математическое моделирование процессов коррозии III вида с учетом влагопереноса [Текст] / А. С. Файвусович, В. А. Рязанова, Г. Г. Бурцев, Т. А. Хохленко // Современные проблемы строительства : Ежегод. науч.-техн. сб. Т. 1 / ред.: Ю. К. Пелых; Укр. гос. строит. корпорация «Укрстрой», Гос. проект. и науч.-исследоват. ин-т «Донец. промстройинипроект». – Донецк : Лебедь, 2002. – С. 208–218.

4. Рязанова, В. А. Теоретические основы процессов сульфатной коррозии бетонных конструкций с испаряющей поверхностью [Текст] / В. А. Рязанова // Збірник наукових праць ЛНАУ. Серія : Технічні науки. – Луганськ : Видавництво ЛНАУ, 2007. – № 71(94). – С. 197–207.
5. Файвусович, А. С. Влияние влагопереноса на кинетику процесса коррозии [Текст] / А. С. Файвусович, В. А. Рязанова, Т. А. Хохленко // Будівельні конструкції. Сучасні проблеми бетону та його технологій. – К., 2002. – Вип. № 56. – С. 424–431.
6. Штарк, И. Долговечность бетона [Текст] / И. Штарк, Б. Вихт ; [пер. с нем. под рук. П. В. Кривенко]. – Киев : Оранта, 2004. – 301 с.
7. Лыков, А. В. Явление переноса в капиллярно-пористых телах [Текст] / А. В. Лыков. – М. : Гостехтеориздат, 1954. – 298 с.
8. Рябичева, Л. А. Коррозия бетона сооружений, эксплуатирующихся в агрессивной среде в зоне капиллярного подсоса [Текст] / Л. А. Рябичева, С. В. Сороканич, И. К. Максук // Ресурсосберегающие технологии производства и обработки давлением материалов в машиностроении : сб. науч. трудов. – Луганск, 2016. – Вып. № 2(17). – С. 172–185.
9. Сороканич, С. В. Коррозия бетона сооружений эксплуатирующихся в морской воде [Текст] / С. В. Сороканич, В. А. Беляева // Науковий вісник ЛНАУ. Серія: Технічні науки. – Луганськ : ЛНАУ, 2009. – № 3. – С. 305–308.
10. A rational model to predict the service life of rc structures in a marine environment [Текст] / K. Yokozeki, K. Motohashi, K. Okada, T. Tsutumi // SP-170: Fourth CANMET/ACI International Conference on Durability of Concrete. Volume One / Editor: V. M. Malhotra. – Detroit : Farmington Hills, Mich. ; American Concrete Institute, 1997. – P. 777–799.

Получено 07.04.2017

С. В. СОРОКАНИЧ

КОРОЗИЯ БЕТОНУ СПОРУД З УРАХУВАННЯМ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО ВОЛОГОПЕРЕНОСУ

Луганський національний аграрний університет, Луганський національний університет імені Володимира Даля

Анотація. Побудована математична модель процесів корозії бетону морських споруд, заснована на розгляді всієї сукупності фізичних і хімічних процесів в пористому просторі бетону. Модель враховує хімічні процеси, в результаті яких відбувається накопичення в бетоні сульфатів, а також утворення плівок. На основі хімічних і фізичних процесів розв'язана задача Стефана з рухомими границями, яка зводиться до двовимірної задачі зв'язування агресивної речовини в рідкій фазі на рухомій границі. Запропонована математична модель може бути використана для вдосконалення методики проведення експериментальних досліджень, а в подальшому для розробки інженерних методик прогнозування довговічності споруд, експлуатованих в морській воді.

Ключові слова: бетон, корозія, математична модель, агресивне середовище.

STANISLAV SOROKANICH

CORROSION OF CONCRETE STRUCTURES WITH CONSIDERATION OF THE FILTRATION MOISTURE TRANSFER

Lugansk National Agrarian University, Vladimir Dahl Lugansk National University

Abstract. It has been made a mathematical model of the processes of corrosion of concrete marine structures based on consideration of the totality of the physical and chemical processes in the pore space of concrete. The model takes into account chemical processes that result in the accumulation in the concrete of sulfate and the formation of the films. On the basis of chemical and physical processes it has been solved the Stefan problem with moving boundary, which is reduced to the two-dimensional problem of the binding of aggressive substances in the liquid phase at the moving boundary. The proposed mathematical model can be used to improve the methods of conducting experimental studies, and further engineering methods of prediction of durability of structures operating in sea water.

Key words: concrete, corrosion, mathematical model, aggressive environment.

Сороканич Станислав Васильевич – ассистент кафедры технологии и организации строительного производства Луганского национального аграрного университета; старший преподаватель кафедры материаловедения и строительства Луганского национального университета им. В. Даля. Научные интересы: разработка инженерных методик прогнозирования долговечности сооружений, эксплуатируемых в агрессивной среде, и повышение их коррозионной стойкости.

Сороканич Станіслав Васильович – асистент кафедри технології та організації будівельного виробництва Луганського національного аграрного університету; старший викладач кафедри матеріалознавства і будівництва Луганського національного університету ім. В. Даля. Наукові інтереси: розробка інженерних методик прогнозування довговічності споруд, що експлуатуються в агресивному середовищі, і підвищення їх корозійної стійкості.

Sorokanich Stanislav – assistant, Technology and Organization of Construction Production Department, Lugansk National Agrarian University; senior lecturer, Materials Science and the Construction Department, Vladimir Dahl Lugansk National University. Scientific interests: development of engineering methods of prediction of durability of structures operated in aggressive environments, and enhancing their corrosion resistance.

УДК 692.5 (691.328)

Л. А. РЯБИЧЕВА, В. В. ЗАСЬКО

Луганский национальный университет имени Владимира Даля

**ПРОЧНОСТЬ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННОГО БЕТОНА,
ПОЛУЧЕННОГО ВИБРОПРЕССОВАНИЕМ**

Аннотация. В работе представлен сравнительный анализ прочности на сжатие бетона, дисперсно-армированного разным количеством микрочастиц, полученных из шлифовальных отходов жаропрочной стали. Образцы получали по двум схемам технологии: вибропрессование плоскими пуансонами и вибропрессование пуансонами с наклонной рабочей поверхностью. Установлено, что наибольшую прочность на сжатие имеют образцы, содержащие 10 % дисперсно-армирующей добавки, полученные по схеме вибропрессования со сдвигом.

Ключевые слова: дисперсно-армированная добавка, водоцементное отношение вибропрессование со сдвигом, прочность на сжатие.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Бетонные изделия в строительстве должны обладать высокой конечной плотностью, прочностью, низкой истираемостью, трещиностойкостью, безусадочностью, стойкостью к ударным нагрузкам [1]. Такие характеристики обеспечиваются свойствами исходных компонентов бетонной смеси и их соотношением между собой. При разработке новых строительных материалов для улучшения свойств бетонов используется дисперсное армирование [2]. На формирование структуры дисперсно-армированного бетона оказывает влияние количественное содержание армирующей добавки. В последнее время для увеличения межчастичных связей, плотности и прочности бетона используется вибропрессование, позволяющее повысить эксплуатационные свойства бетонов [3]. Роль давления прессования заключается в снижении водоцементного отношения и дополнительном приросте прочности прессованных бетонов, что обеспечивается за счет формирования более качественной структуры и, в частности, уменьшения радиуса пор, устранения макродефектов контактной зоны и дефектов, связанных с седиментационными процессами [1]. Уплотненное под давлением цементное тесто не проявляет обратимых тиксотропных свойств в результате резкого возрастания сил взаимодействия между частицами. Вызванное прессованием значительное объемное сжатие смеси приводит к возникновению структурных связей, обеспечивающих высокую начальную прочность бетона и чрезвычайно быстрый рост прочности во времени.

Целью работы является сравнительный анализ влияния количества дисперсно-армирующей добавки на прочность при сжатии бетона, полученного по схеме вибропрессование плоскими пуансонами и вибропрессование пуансонами с наклонной рабочей поверхностью (со сдвигом).

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве вяжущего в исследованиях применяли портландцемент ПЦ 500-Д0 производства ВАТ «Донцемент» г. Амвросиевка Донецкого региона. Выбор данной марки портландцемента обусловлен отсутствием в его составе добавок, которые могут отрицательно сказаться на свойствах растворов смесей. Заполнителем для приготовления бетона служил песок для строительных работ Кондрашевского песчаного карьера и щебень для строительных работ ОАО «Успенский карьер» п. Волнухино Лутугинского района с максимальным размером зерен до 10 мм и с содержанием зерен пластинчатой и игольчатой формы до 25 %. Для регулирования свойств бетонной смеси применяли суперпластификатор СП-3. Для затворения смеси использовали питьевую воду.

В качестве армирующего компонента добавляли микрочастицы, полученные из шлифовальных отходов автоклапанов жаропрочной стали 40Х10С2М, гранулометрический, химический состав и насыпная плотность приведены в работе [4]. Микрочастицы имели размеры: металлическая составляющая в пределах 40...70 мкм, неметаллическая (карбид кремния) – длина в среднем 3,32 мкм. Отходы добавляли к бетонной смеси в количестве 4,5; 10 и 15 %. Технология изготовления образцов состояла из следующих операций: заполнение формы и ее предварительное уплотнение; добавление бетонной смеси в форму и выравнивание ее поверхности. Вибропрессование бетонной смеси выполняли по двум вариантам: предварительно уплотненную смесь, находящуюся в форме, уплотняли пуансонами с плоскими рабочими поверхностями и с наклонными (прессование со сдвигом) (рисунок 1). Применение пуансонов с наклонной рабочей поверхностью позволило интенсифицировать действие сдвигающих напряжений для уплотнения бетонной смеси, повышения межчастичных связей, что обуславливало увеличение плотности и прочности на сжатие.

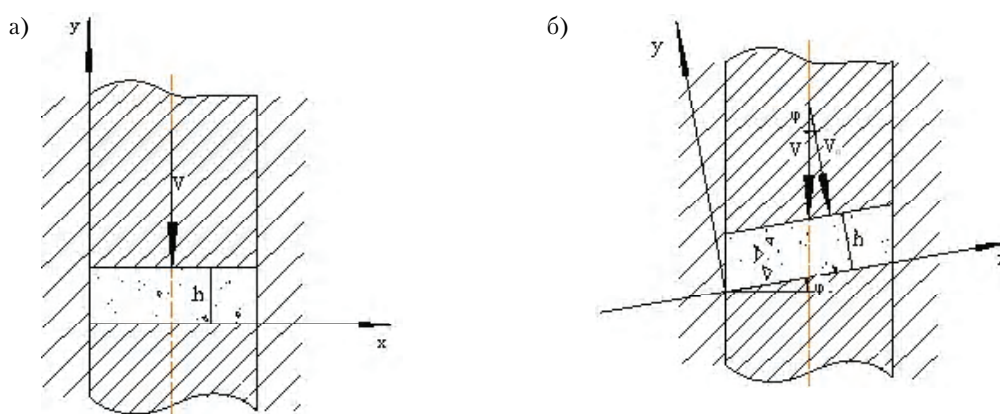


Рисунок 1 – Схема вибропрессования: а) плоскими пуансонами; б) пуансонами с наклонной рабочей поверхностью.

При выполнении эксперимента определили оптимальное значение водоцементного отношения и приняли его за основу при проектировании состава с армирующими добавками. В качестве расчетного водоцементного отношения принимали $V/C = 0,38$, при котором обеспечивается максимальная прочность как свежееотформованного бетона, так и бетона в возрасте 28 суток. Жесткость смеси при этом 50 с. При этом водоцементном отношении получена максимальная прочность контрольных образцов как свежееотформованного бетона, равная 0,48 МПа, так и бетона в возрасте 28 суток 43,1 МПа. Эта величина водоцементного отношения использована нами в последующих экспериментах при добавлении в контрольный состав бетона армирующей добавки.

Прочность на сжатие полученных по двум схемам вибропрессования образцов выполняли на испытательной машине усилием 1 000 кН на кубиках размером 100×100×100 мм в соответствии с ГОСТ 10180-2012. Число образцов в каждой серии испытаний принимали равным 6. Нагружение проводили непрерывно с постоянной скоростью нарастания нагрузки до его разрушения, при этом время нагружения образца до разрушения не превышало 30 с. Максимальное усилие, достигнутое в процессе испытания, принимали за разрушающую нагрузку.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рисунке 2 показано влияние армирующей добавки и водоцементного отношения на прочность при сжатии вибропрессованного бетона в возрасте 3 и 28-и суток при вибропрессовании плоским пуансоном. Максимальное значение прочности на сжатие вибропрессованного бетона как свежееотформованного, так и в возрасте 3 и 28-и суток при различном процентном содержании армирующей добавки обеспечивается водоцементным отношением 0,38, что подтвердило результаты расчетов оптимального водоцементного отношения у вибропрессованных бетонов обычного состава. При этом прочность при сжатии бетона зависит от количества добавки и с ее ростом увеличивается до 68 МПа в возрасте 28-и суток.

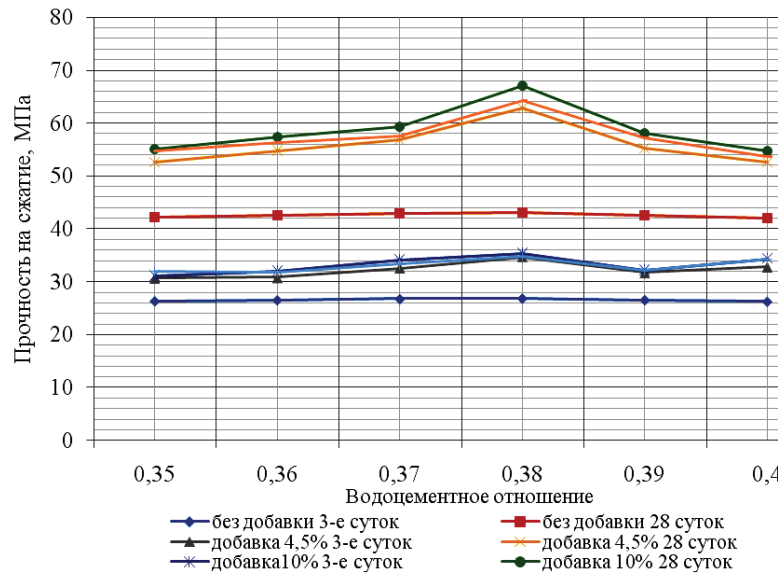


Рисунок 2 – Зависимость прочности на сжатие от водоцементного отношения в возрасте 3 и 28-и суток для бетонов с различным содержанием дисперсно-армирующей добавки.

На качество затвердевшего бетона существенно влияют те же факторы, что и в случае свежеприготовленной бетонной смеси, в частности, количество цемента, содержание воды, вид и объемная доля заполнителей, плотность упаковки [2]. Другими факторами влияния, связанными преимущественно с гидратацией цемента, является степень гидратации, реакционная способность вяжущего, а также сцепление между заполнителем и матрицей связующего. Максимальная плотность упаковки, оптимальное качество структуры и максимальная прочность при сжатии сырого, а также затвердевшего бетона обеспечивается только в сильно ограниченной области оптимального (для уплотнения) содержания воды. Такая тесная взаимосвязь свойств свежеприготовленного и затвердевшего бетона характерна для жесткой бетонной смеси, как и сильная зависимость всех этих свойств от количества воды.

Зависимость прочности на сжатие вибропрессованных бетонов от процентного содержания дисперсно-армирующей добавки на разных стадиях твердения представлена на рисунке 3. Максимальная величина прочности на сжатие, равная 67,1 МПа, получена при содержании добавки, равном 10 %. При большем содержании добавки прочность бетона в возрасте 28 суток уменьшается, но остается большей, чем в обычном бетоне.

Анализ показывает, что при введении в состав вибропрессованной бетонной смеси дисперсно-армирующей добавки в количестве 4,5 % от массы цемента прочность на сжатие увеличивается на 31,5 %, при количестве добавки 10 % – на 35,8 %, при количестве добавки 15 % – на 32,9 %. Коэффициент уплотнения бетонной смеси максимальный при содержании армирующей добавки 10 %.

Система «свежеприготовленная жесткая бетонная смесь» может быть описана при помощи взаимосвязей и законов механики грунтов. При этом решающее значение имеют следующие факторы: когезия и внутреннее трение между частицами, форма зерен и их сцепление, а также плотность упаковки [1]. В данном контексте цемент можно упрощенно рассматривать как инертный тонкодисперсный материал, от которого зависит водопоглощаемость смеси, а также ее уплотняемость.

Получаемая путем заполнения пустот плотность упаковки крупных и мелких заполнителей влияет на свойства затвердевшего жесткого бетона в гораздо большей степени, чем на свойства обычного бетона. При увеличении плотности упаковки в результате оптимально подобранного гранулометрического состава, водоцементного отношения и модификатора, связь между массой тонкого и грубого помола возрастает, продуктам реакции в результате гидратации цемента приходится заполнять меньше пустот и прочность возрастает.

Прочность бетона находится в прямой зависимости от плотности, которая формируется на стадии прессования. На величину плотности влияет ряд факторов: вид схемы прессования, осевая нагрузка, силы трения между частицами цементного теста, форма и размер частиц. Дополнительный

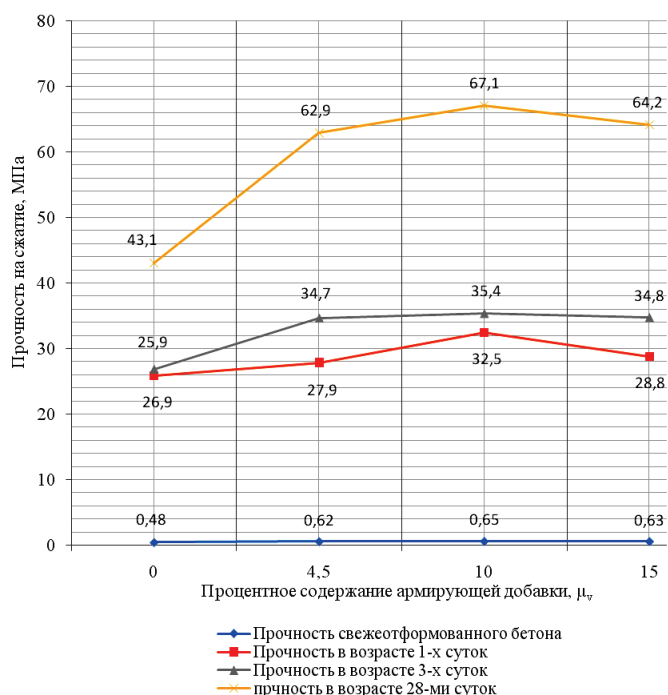


Рисунок 3 – Зависимость прочности на сжатие бетона от процентного содержания дисперсно-армирующей добавки при вибропрессовании плоскими пуансонами.

сдвиг при осевой деформации может увеличить величину сдвиговых деформаций. Влага в бетонной смеси способствует лучшей уплотняемости, а также повышению прочности образцов, т. к. содержащиеся в ней растворенные вещества, выпадая в осадок, при сушке связывают частицы образцов в прочный монолит.

Основанные на сдвиге процессы обработки бетонов (прокатка, прессование) позволяют получить достаточно высокие степени деформации, влияющие на формирование однородной структуры и свойств материалов [5].

Испытания образцов бетонов с различным содержанием дисперсно-армированных добавок производили при различных углах наклона пуансона 10, 20 и 30° на характерных сроках твердения бетона: свежеотформованного, в возрасте одних, трех и двадцати восьми суток на серии образцов.

В результате проведенных экспериментов установлено, что вибропрессование со сдвигом приводит к увеличению прочности бетона. Максимальные значения прочностных характеристик наблюдаются при угле наклона пуансона 20° при различных процентах введения дисперсно-армирующих добавок (рисунок 4). При этом угле наклона пуансона введение в состав вибропрессованной бетонной смеси дисперсно-армирующей добавки в количестве 4,5 % от массы цемента увеличивает прочность на сжатие на 31,7 %, при количестве добавки 10 % – на 36 %, при количестве добавки 15 % – на 33,1 %. Коэффициент уплотнения бетонной смеси максимальный при содержании дисперсно-армирующей добавки 10 % и угле наклона пуансона 20°.

На рисунке 5 показана сравнительные данные прочности на сжатие дисперсно-армированного бетона, полученного вибропрессованием плоскими пуансонами и пуансонами с наклонной рабочей поверхностью.

Анализируя полученные величины прочностных характеристик дисперсно-армированного бетона, видим увеличение прочности на сжатие образцов в возрасте 28-и суток на 13 % при виброуплотнении со сдвигом по сравнению с виброуплотнением прямыми пуансонами.

ВЫВОДЫ

Расчетным путем установлена наиболее оптимальная для жестких бетонных смесей величина водоцементного отношения, равная 0,38. Экспериментально подтверждена эта величина по оценке прочности на сжатие образцов, полученных вибропрессованием плоскими пуансонами.

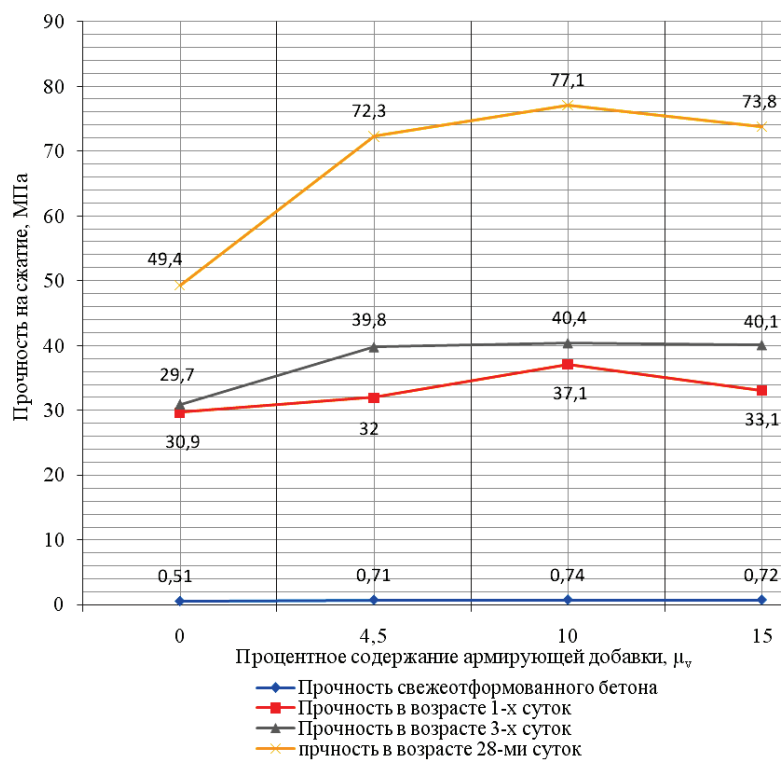


Рисунок 4 – Зависимость прочности на сжатие бетона от процентного содержания дисперсно-армирующей добавки при вибропрессовании со сдвигом.

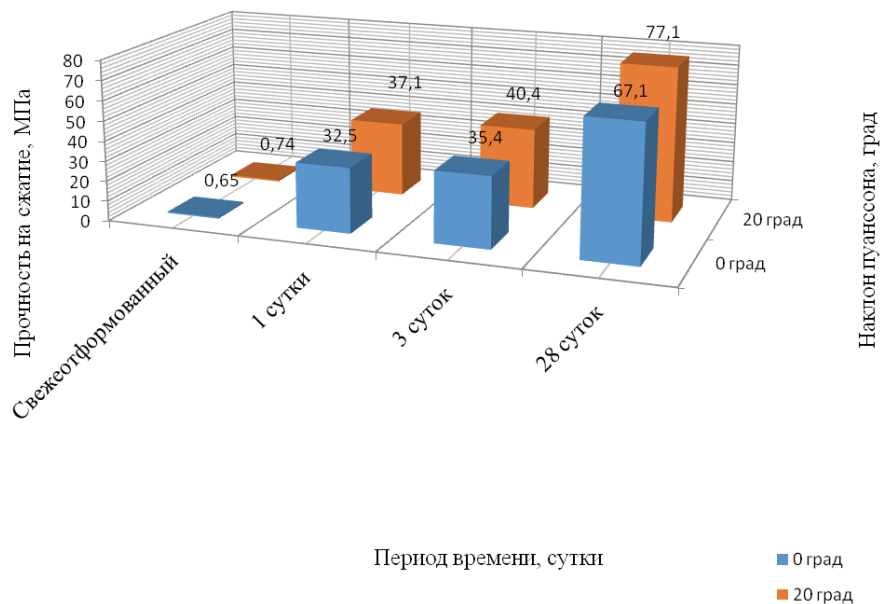


Рисунок 5 – Изменение прочности на сжатие дисперсно-армированного бетона во времени в зависимости от угла наклона пуансона при вибропрессовании со сдвигом.

Установлено влияние дисперсно-армирующей добавки, полученной из шлифовальных отходов жаропрочной стали, на прочность при сжатии бетона. При оптимальном содержании добавки в количестве 10 % прочность на сжатие вибропрессованного бетона в возрасте 28 суток возрастает на 35,8 %.

Установлено влияние сдвигающей деформации на прочностные характеристики дисперсно-армированного бетона. При изготовлении бетонных образцов вибропрессованием со сдвигом с углом наклона рабочей поверхности пуансона 20° прочность на сжатие увеличивается на 13 % по сравнению с виброуплотнением плоским пуансоном бетона аналогичного состава.

Таким образом, применение дисперсно-армирующей добавки и вибропрессования со сдвигом для изготовления бетонных изделий обеспечит суммарное повышение прочности на сжатие на 48,8 % по сравнению с вибропрессованным бетоном контрольного состава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахвердов, И. Н. Основы физики бетона [Текст] / И. Н. Ахвердов. – М. : Стройиздат, 1981. – 464 с.
2. Баженов, Ю. М. Технология бетона [Текст] / Ю. М. Баженов. – М. : АВС, 2007. – 528 с.
3. Вибропрессование. Практические рекомендации [Текст] / Ю. Д. Готов, А. А. Тормозов, Е. С. Шутов [и др.] // Производственное издание. Fill Fine. – 252 с.
4. Рябичева, Л. А. Подготовка и исследование шлифовальных отходов для дисперсного армирования бетонной смеси [Текст] / Л. А. Рябичева, В. В. Засько // ПРОФЕССИОНАЛ ГОДА 2017 : сборник статей победителей III международного научно-практического конкурса / Под общ. ред. Г. Ю. Гуляева. – Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2017. – С. 14–19.
5. Прочностные характеристики прессованных бетонов оптимальной структуры [Текст] / В. Г. Соколов, А. С. Соколов, Ю. Н. Денисов [и др.] // Строительные материалы. – 1995. – № 8. – С. 25–26.

Получено 10.04.2017

Л. О. РЯБИЧЕВА, В. В. ЗАСЬКО МІЦНІСТЬ ДИСПЕРСНО-АРМОВАНОГО БЕТОНУ, ОТРИМАНОВОГО ВІБРОПРЕСУВАННЯМ

Луганський національний університет імені Володимира Даля

Анотація. У роботі представлено порівняльний аналіз міцності на стиск бетону, дисперсно-армованого різною кількістю мікрочастинок, отриманих із шліфувальних відходів жароміцної сталі. Зразки отримували за двома схемами технології: вібропресування плоскими пуансонами і вібропресування пуансонами з похилою робочою поверхнею. Встановлено, що найбільшу міцність на стиск мають зразки, які містять 10 % дисперсно-армувальної добавки, отримані за схемою вібропресування із зсувом.

Ключові слова: дисперсно-армувальна, водоцементне відношення, вібропресування із зсувом, міцність на стиск.

LYUDMILA RYABICHEVA, VITALI ZACKO STRENGTH OF THE CONTINUOUSLY REINFORCED CONCRETE PRODUCED BY VIBRATION PRESSING

Vladimir Dahl Lugansk National University

Abstract. The comparative analysis of the compressive strength of concrete continuously reinforced with different amount of micro particles obtained from grinding wastes of heat resistant steel has been presented in this paper. Samples have been obtained using two process flow sheets: vibration pressing by flat punches and vibration pressing by punches with the oblique work surface. It has been established that the greatest compression strength demonstrated by samples containing 10 % of dispersal reinforcement additive produced using vibration pressing schema with shear.

Key words: dispersal reinforcement additive, water-cement ratio, vibration pressing with shear, compressive strength.

Рябичева Людмила Александровна – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой материаловедения и строительства Луганского национального университета имени Владимира Даля. Научные интересы: получение новых материалов со специальными свойствами из отходов промышленности.

Засько Виталий Васильевич – старший преподаватель кафедры материаловедения и строительства Луганского национального университета. Научные интересы: перспективные строительные материалы.

Рябичева Людмила Олександрівна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри матеріалознавства і будівництва Луганського національного університету імені Володимира Даля. Наукові інтереси: одержання нових матеріалів зі спеціальними властивостями із відходів промисловості.

Засько Віталій Васильович – старший викладач кафедри матеріалознавства і будівництва Луганського національного університету імені Володимира Даля. Наукові інтереси: перспективні будівельні матеріали.

Ryabicheva Lyudmilla – D. Sc. (Eng), Associate Professor, Head of the Material and Civil Engineering Department, Vladimir Dalh Lugansk National University. Scientific interest: receiving new materials with special properties from waste of the industry.

Zacko Vitali – senator teacher, Material and Civil Engineering Department, Vladimir Dalh Lugansk National University. Scientific interest: perspective construction material.

УДК 666.973

В. Н. МОРГУН^а, Л. В. МОРГУН^б, А. Ю. БОГАТИНА^с^а Южный Федеральный университет, ^б Донской государственный технический университет, ^с Ростовский государственный университет путей сообщения

О ВЗАИМОСВЯЗИ СТРУКТУРЫ БЕТОНОВ С ИХ ДЕМПФИРУЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ

Аннотация. Выполнено обоснование причин повышения прочности и демпфирующих свойств пенобетонов неавтоклавно твердения при дисперсном армировании их волокнами. Рассмотрена взаимосвязь между устойчивостью макроструктуры пенобетонных смесей и полнотой насыщения их дисперсной газовой фазой. Показано, что дисперсный волокнистый компонент сырья (фибра) способствует ускорению фазового перехода смесей из вязкого состояния в упругое. Установлено, что улучшение демпфирующих свойств исследуемых бетонов корреляционно связано с количеством фибры в их структуре.

Ключевые слова: пенобетонная смесь, фибра, демпфирующие свойства, пенобетон.

Бетон, как самый распространенный строительный материал, не имеет альтернативы в обозримом будущем по ряду причин:

- сырьем для производства большинства разновидностей бетонов являются широко распространенные природные каменные материалы [1, 4];
- современная стройиндустрия способна изготавливать бетоны с плотностью от 200 до 3 500 кг/м³ и прочностью до 200 МПа [2, 3], т. е. со свойствами, удовлетворяющими требованиям к практически любым строительным конструкциям.

Поэтому поиск и разработка способов совершенствования эксплуатационных свойств бетонов конкретного назначения являются актуальными.

В данной работе будет рассмотрена взаимосвязь между особенностями макроструктуры пенобетонов и их эксплуатационными свойствами, потому что потребность строительного комплекса страны в энергоэффективных, пожаробезопасных и ресурсберегающих материалах постоянно растет [5, 6]. Одним из важнейших недостатков газонаполненных бетонов (пено- и газо-), изготавливаемых по практически любой технологии является их малая прочность на растяжение [7–9]. Анализ макроструктурных особенностей таких бетонов показывает, что в зависимости от способа формирования в них пористости межпоровые перегородки, отвечающие за эксплуатационные свойства материала, могут иметь разную меру дефектности [10, 11]. Поэтому одной из важнейших задач современной технологии пенобетонов является разработка рецептурных и технологических приемов, с помощью которых можно уменьшать число дефектов в межпоровых перегородках, повышать их устойчивость к знакопеременным и пульсирующим нагрузкам и, таким образом способствовать улучшению их эксплуатационных свойств.

Теоретическая и фактическая прочности материалов, как правило, существенно различаются. Реальная прочность материалов в разы меньше теоретической [12, 13]. Причиной перечисленных различий являются дефекты структуры твердой фазы, формирующиеся при технологической переработке сырья. Повышение прочности материалов и улучшение их демпфирующих свойств возможно как при упорядочении структуры новообразований, возникающих в результате их химического взаимодействия и фазовых переходов, так и при совершенствовании рецептуры сырьевых компонентов.

Демпфирующим свойством называется способность материалов превращать механическую энергию в тепло. В материаловедении это свойство особо ценно потому, что в настоящее время строительные материалы эксплуатируются в условиях интенсивного действия знакопеременных и динамических циклических нагрузок. Об уровне демпфирующих свойств материалов судят по динамике уменьшения или величине их прочности на растяжение при изгибе.

В материалах, структура которых состоит из дисперсных частиц зернистой формы, при повышении демпфирующих свойств прочности на сжатие и растяжение при изгибе уменьшаются [14]. Если в результате совершенствования рецептуры и технологии в материале вместе с прочностью растут и демпфирующие свойства [15, с. 329], то это свидетельствует о появлении нанокристаллов в его структуре. Слои нанокристаллов, которые способны обеспечивать одновременное повышение прочности и демпфирующих свойств материалов, получают разными способами.

Ячеистобетонные смеси относятся к сложным композициям, состоящим из грубодисперсных частиц заполнителя (зернистой и/или волокнистой форм) и цемента в воде, внутри которых дисперсно распределены газовые включения сферической формы. Анализ физических свойств компонентов, составляющих такие смеси, показывает, что по величине истинной плотности они различаются более чем на два порядка. Поэтому можно утверждать, что длительность периода фазового перехода от вязкого состояния к твердому, в связи с действием гравитационных сил, будет регламентировать меру их дефектности.

В процессе изготовления таких смесей все их компоненты перемещаются в пространстве с разной скоростью. Разница в скоростях движения частиц потока управляет как напряжениями растяжения в жидкой фазе, так и величиной равновесной концентрации ПАВ в объеме смеси. Вектор движения компонентов дисперсных фаз в смесительном агрегате постоянно меняется. Изменение направления движения обуславливает появление в жидкой фазе дисперсионной среды изгибающих, сдвиговых и крутящих напряжений. Результатом проявления таких напряжений является искривление поверхности раздела фаз «газ-жидкость». Искривленной поверхности энергетически выгодно замкнуть газовую фазу внутри жидкой. Стабилизация газовой фазы внутри жидких пленок ПАВ возможна только в том случае, если пленки обладают свойством упругости [14, 16].

Экспериментально установлено, что несмотря на высокое начальное водосодержание пенобетонных смесей, образование пленок ПАВ вынуждает часть объемной воды, перешедшей в физически связанное состояние, переместиться из межчастичного объема в пленки на границу раздела «газ-жидкость» [16]. Достоверность установленного факта подтверждается результатами следующего эксперимента.

Были приготовлены две одинаковые по расходу портландцемента и песка смеси с содержанием ПАВ в количестве 1 % от расхода воды. Перемешивание одной из них осуществлялось осторожно, так, чтобы возмущение было минимально возможным. Перемешивание другой смеси осуществлялось в турбулентном смесителе при скорости рабочего органа 80 с^{-1} .

Контроль начальной пластической прочности свежеприготовленных смесей показал, что у приготовленных смесей она различается примерно в 1,5 раза. У смеси, приготовленной вручную, она составила 22,7 Па. Пенобетонная смесь, изготовленная в смесителе, обладала пластической прочностью в 36,2 Па. После их укладки в стеклянные цилиндры высотой 600 мм было обнаружено, что смесь с малым содержанием газовой фазы расслоилась в течение 20 минут. А пенобетонная смесь, приготовленная в смесителе, сохранила полученную при перемешивании структуру и со временем затвердела. Отсюда следует, что суспензии, в составе которых большая часть ПАВ располагается на поверхности раздела фаз «газ-жидкость», оставаясь термодинамически неравновесными системами, оказываются способными к достижению седиментационной и агрегативной устойчивости.

Введение в структуру смесей, состоящих из дисперсных частиц зернистой формы волокон дисперсной арматуры, с соотношением длины к диаметру (l/d) $\gg 1000$, позволяет им достигать сразу после приготовления пластической прочности 45...58 Па, что указывает на повышение внутренних сил сцепления в 1,5...2,0 раза.

Размер внутренних сил сцепления управляет траекториями возможных перемещений частиц твердой дисперсной фазы после завершения их перемешивания. Если силы сцепления меньше гравитационных, то в период преобладания вязких связей между компонентами в смеси формируется расслоение по высоте уложенного слоя. Расслоение всегда негативно сказывается на механических и стойкостных свойствах затвердевшего материала. Если силы сцепления больше гравитационных, то дисперсные частицы твердой фазы движутся к поверхности, обладающей максимальным энергетическим потенциалом. Учитывая результаты определения пластической прочности свежеприготовленных пенобетонных смесей, такой поверхностью в их составе является дисперсная арматура.

Поэтому траектории движения мельчайших частиц при агрегации их в кластеры будут направлены к поверхности фибры, а порядок упаковки – определяться геометрическими размерами зернистых частиц и конфигурацией дисперсной арматуры.

Установлено, что направленная сборка гидратных соединений цементного вяжущего на поверхности заполнителя волокнистой формы приводит к ускоренному переходу от вязкопластичной дисперсной системы к упругой [16]. Ранее высказанная гипотеза подтверждается результатами экспериментальных исследований прочности, установленной на образцах-близнецах в различные сроки твердения (рис.).

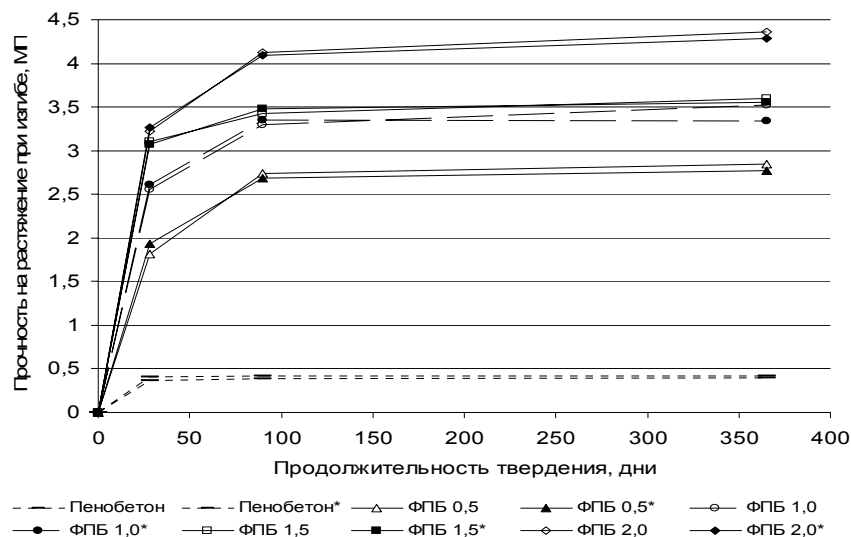


Рисунок – Динамика прочности пенобетонов на растяжение при изгибе в зависимости от количества дисперсной арматуры и времени твердения.

Анализ полученных результатов показывает, что пенобетоны после 28-и дней нормального твердения практически не изменяют величины прочности несмотря на то, что в цементном камне продолжают процессы формирования гидратных новообразований. Полагаем, что причиной их стабилизации является вклад в прочность противоположно направленных процессов контракционной усадки цементного камня и гидратирующих клинкерных минералов. Соотношение между прочностью на растяжение при изгибе и прочностью на сжатие, характеризующее демпфирующие свойства материала, составляет около 0,1.

Фибропенобетоны демонстрируют рост прочности в течение всего периода наблюдений пропорционально количеству дисперсной арматуры. Наблюдается превышение прочности на сжатие по отношению к пенобетону от 20 до 35 %. Прочность на растяжение при изгибе превышала этот показатель у пенобетона в 6...10 раз (рис.). Характеристика демпфирующих свойств фибропенобетонов была пропорциональна количеству дисперсной арматуры и составляла от 0,45 до 0,8.

ВЫВОДЫ

Опираясь на полученные результаты, можно утверждать, что фибра, как протяженная поверхность раздела фаз в составе пенобетонной смеси, создает комфортные условия для ускоренного формирования кластеров дисперсных частиц зернистой формы в период начального структурообразования. Она является подложкой, на которой происходит упорядоченное осаждение новообразований цементного камня, в результате чего в структуре пенобетона появляются нанокристаллические образования, обеспечивающие повышение прочностных и демпфирующих свойств этого материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Формирование структуры высокопрочных бетонов [Текст] / Р. Ф. Рунова, И. И. Руденко, В. В. Троян, В. В. Товstonис, С. П. Щербина, Л. Д. Пашина // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2008. – № 29. – С. 91–97.

2. Моргун, Л. В. Приемы управления эксплуатационной надежностью пенобетонов [Текст] / Е. Р. Чумакин, Л. В. Моргун // Технологии бетонов. – 2014. – № 9(98). – С. 37–39.
3. Чумакин, Е. Р. Ячеистый бетон и его перспективы [Текст] / Е. Р. Чумакин // СтройПРОФИль. – 2008. – № 5(67). – С. 58.
4. Несветаев, Г. В. Анализ материалов для производства бетонов класса В40 и выше во Вьетнаме [Электронный ресурс] / Г. В. Несветаев // Интернет-журнал «Науковедение». – 2015. – Том 7, № 3. – Режим доступа : <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-3>.
5. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ // Российская газета – Федеральный выпуск. – 2009. – № 5050 (226). – Режим доступа : <https://rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html>.
6. Маркевич, А. И. Для тех, кто заработал возможность выбирать [Текст] / А. И. Маркевич, Б. Г. Охота // Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве : сб. науч. тр. Вып. 3 / ред.: В. И. Большаков ; Приднепр. гос. акад. стр-ва и архит. – Севастополь, 2007. – С. 236–248.
7. Kudyakov, A. I. Heat insulating reinforced airhardened foamed concrete / A. I. Kudyakov, A. B. Steshenko // Vestnik TSUAB. – 2013. – № 4. – Р. 60–65.
8. Моргун, Л. В. Инженерное решение задачи повышения эксплуатационной надежности пенобетонов [Текст] / Л. В. Моргун // Бетон и железобетон – взгляд в будущее : научные труды I Всероссийской (П Международной) конференции по бетону и ж/б (Москва, 12–16 мая 2014). В 7 т. Т. 5. Новые эффективные бетоны и технологии. Легкие и ячеистые бетоны. Образование и подготовка кадров / [ред. кол.: Б. В. Гусев, А. И. Звездов, А. Г. Тамразян, В. Р. Фаликман] ; РАН ; Мин-о строит. и жилищ. коммунал. хоз. РФ, РИА, Мин-о образ. и науки РФ, МГСУ, НИЦ «Строительство», Ассоциация «Железобетон». – Москва : МГСУ, 2014. – С. 309–314.
9. Герге, А. Н. Управление свойствами композиционных материалов. Перколяционный подход [Текст] / А. Н. Герге, В. Н. Выводной // Вестник ОГАСА. – 2005. – № 20. – С. 56–61.
10. Мартыненко, В. А. Методика исследования пористой структуры ячеистого бетона [Текст] / В. А. Мартыненко // Вісн. Придніпр. держ. акад. буд-ва та архіт. – 2002. – № 10. – С. 51–56.
11. Моргун, В. Н. Структура межпоровых перегородок в пенобетонных смесях [Текст] / В. Н. Моргун, Л. В. Моргун // Строительные материалы. – 2014. – № 4. – С. 84–86.
12. Николаева, Е. А. Основы механики разрушения [Текст] : Уч. пособие / Е. А. Николаева. – Пермь : Пермский госуд. техн. ун-т, 2010. – 103 с.
13. Смирнов, Б. М. Физика фрактальных кластеров [Текст] / Б. М. Смирнов. – М. : Наука, 1991. – 136 с.
14. Комохов, П. Г. Технологические принципы конструирования композиционных материалов на основе минеральных вяжущих [Текст] / П. Г. Комохов, Муса Массуд // Современные проблемы строительного материаловедения : Сборник трудов Международной научно-технической конференции. В 2-х частях. Часть 1 / Самарская государственная архитектурно-строительная академия. – Самара : СамГАСА, 1995. – С. 5–7.
15. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии [Текст] / А. И. Гусев. – М. : Физматлит, 2005. – 416 с.
16. Моргун, В. Н. Эволюция структуры дисперсной газовой фазы при изготовлении пенобетонной смеси [Текст] / В. Н. Моргун, Л. В. Моргун, К. И. Костыленко // Строительные материалы. – 2014. – № 6. – С. 15–17.

Получено 08.04.2017

В. М. МОРГУН ^а, Л. В. МОРГУН ^б, А. Ю. БОГАТИНА ^с
 ПРО ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК СТРУКТУРИ БЕТОНІВ З ЇХ
 ДЕМПФІРУВАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

^а Південний Федеральний університет, ^б Донський державний технічний університет,

^с Ростовський державний університет шляхів сполучення

Анотація. Виконано обґрунтування причин підвищення міцності і демпфірувальними властивостями пінобетонів неавтоклавної твердіння при дисперсному армуванні їх волокнами. Розглянуто взаємозв'язок між стійкістю макроструктури пінобетонних сумішей і повнотою насичення їх дисперсною газовою фазою. Показано, що дисперсний волокнистий компонент сировини (фібра) сприяє прискоренню фазового переходу сумішей з в'язкого стану в пружне. Встановлено, що поліпшення демпфірувальних властивостей досліджуваних бетонів кореляційно пов'язано з кількістю фібри в їх структурі.

Ключові слова: пінобетонна суміш, фібра, демпфірувальні властивості, пінобетон.

VOLODYMYR MORGUN ^a, LYUBOV MORGUN ^b, ALLA BOGATINA ^c
ON THE RELATIONSHIP OF THE STRUCTURE OF CONCRETE WITH THEIR
DAMPING PROPERTIES

^a Southern Federal University, ^b Don State Technical University, ^c Rostov State Transport University

Abstract. The reasons for the increase in strength and damping properties of foam concrete of non-autoclaved hardening in the case of dispersed fiber reinforcement have been substantiated. The relationship between the stability of the macrostructure of foam concrete mixes and the completeness of their saturation with the dispersed gas phase has been considered. It has been shown that the dispersed fibrous component of the raw material (fiber) facilitates the acceleration of the phase transition of mixtures from the viscous state to the elastic state. It has been established that the improvement of the damping properties of the concrete under study is correlatively related to the amount of fiber in their structure.

Key words: foam concrete mix, fiber, damping properties, foam concrete.

Моргун Владимир Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерных дисциплин Южного Федерального университета. Научные интересы: технологические и рецептурные приемы управления усадочной деформативностью пенобетонов.

Моргун Любовь Васильевна – доктор технических наук профессор кафедры строительных материалов Донского государственного технического университета, член-корреспондент Российской инженерной академии. Научные интересы: развитие теории газонаполненных дисперсных систем на основе минеральных вяжущих веществ.

Богатина Алла Юрьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры изысканий, проектирования и строительства железных дорог Ростовского государственного университета путей сообщения. Научные интересы: разработка технологии материалов, устойчивых к воздействию транспортных нагрузок.

Моргун Володимир Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерних дисциплін Південного Федерального університету. Наукові інтереси: технологічні та рецептурні прийоми управління осадною деформативністю пінобетонів.

Моргун Любова Василівна – доктор технічних наук, професор кафедри будівельних матеріалів Донського державного технічного університету, член-кореспондент Російської інженерної академії. Наукові інтереси: розвиток теорії газонаповнених дисперсних систем на основі мінеральних в'язучих речовин.

Богатіна Алла Юрійвна – кандидат технічних наук, доцент кафедри вишукування, проектування і будівництва залізниць Ростовського державного університету шляхів сполучення. Наукові інтереси: розробка технології матеріалів, стійких до впливу транспортних навантажень.

Morgun Volodymyr – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Engineering Disciplines Department, Southern Federal University. Scientific interests: technology and prescription techniques to control shrinkage deformation of foam concrete.

Morgun Lyubov – D. Sc. (Eng.), Professor, Building Materials Department, Don State Technical University, corresponding member of the Russian Academy of Engineering. Scientific interests: development of the theory of gas dispersion systems based on mineral binders.

Bogatina Alla – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Surveying, Designing and Construction of Railways Department, Rostov State Transport University. Scientific interests: development of technology of materials resistant to traffic loads.

УДК 624.014

А. В. ТАНАСОГЛО, С. Н. БАКАЕВ, А. Н. ВОЛЧКОВ, К. С. БАКАЕВА, Н. А. ПЕРЕВАРЮХА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

НОВОЕ ПРОЕКТНОЕ РЕШЕНИЕ АНТЕННОЙ ОПОРЫ ДЛЯ СТЕСНЕННЫХ ГОРОДСКИХ УСЛОВИЙ

Аннотация. В статье на основе анализа отечественного и зарубежного опыта проектирования представлено новое проектное решение башенной антенной опоры высотой 35 м, предназначенной для эксплуатации антенн радиорелейной связи и для установки осветительных прожекторов. Конструкция антенной опоры, разработанная для стесненных условий городской застройки, технологичная в изготовлении и монтаже, одновременно сочетает функции прожекторной мачты.

Ключевые слова: антенная опора, стальная башня, оптимальное проектирование, прожекторная мачта.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

В связи с широкомасштабным расширением системы радиорелейной связи возникла необходимость в массовом строительстве опор для установки антенн на различной высоте в зависимости от рельефа местности и расположения зданий и сооружений как в черте города, так и за её пределами [6].

Существующие в настоящее время типовые решения антенных опор представляют собой широкобазные решётчатые металлические конструкции из унифицированных секций, на основе которых проектируется опора заданной высоты. Эти опоры конструктивно громоздки, не удовлетворяют требованиям технической эстетики, предъявляемым для городской местности, и сложны при монтаже в стеснённых условиях [4].

Для городских условий целесообразно совмещение функций антенных опор и прожекторных мачт в одном сооружении.

Унифицированные прожекторные опоры менее металлоёмкие, чем типовые антенные опоры, но они также имеют широкую базу. Эти опоры обладают большой деформативностью и не применимы для установки антенн, так как отклонение радиосигнала превышает нормативно допустимое значение [3, 5].

Поэтому возникла необходимость разработки новой конструкции отдельно стоящей опоры, которая удовлетворяет следующим требованиям:

- несёт заданную технологическую нагрузку (антенны различного типа, прожекторы, площадки обслуживания);
- воспринимает атмосферные нагрузки (ветер, гололёд);
- удовлетворяет требованиям жёсткости для нормальной эксплуатации антенн;
- легко монтируется в стеснённых условиях традиционными методами (автокранами, лебёдками) без применения метода падающей стрелы, занимающего много места;
- отвечает эстетическим требованиям городского строительства;
- технологичная в изготовлении и укрупнительной сборке.

НОВОЕ ПРОЕКТНОЕ РЕШЕНИЕ УЗКОБАЗОЙ АНТЕННОЙ ОПОРЫ АО-35

В данной работе представлен проект антенной опоры АО-35 высотой 35 м, предназначенной для установки параболической антенны диаметром 1,0 м с площадкой обслуживания, на которой

расположен молниеотвод и имеется место для установки прожекторов. Внутри опоры расположена лестница для подъёма на площадку обслуживания с площадками для отдыха через 6,8 м по высоте.

Опора запроектирована как отдельностоящая пространственная стержневая стойка, квадратная в плане с базой 1,4×1,4 м. Пояса и решётки опоры выполнены из одиночных уголков, диафрагмами служат площадки для отдыха.

Конструкция состоит из пяти сварных пространственных секций высотой 6,8 м, которые изготавливаются и собираются в заводских условиях вместе с лестницами и площадками для отдыха. Укрупнительная сборка секций выполняется на строительной площадке, соединения поясов осуществляется стыковыми уголками на сварке.

Опираание антенной опоры на железобетонные фундаменты выполняется через балочную клетку, которая позволяет применять различные типы фундаментов и варьировать размерами между ними в зависимости от характеристик грунтов. На металлическую балочную клетку устанавливаются башмаки-шарниры, которые после подъёма опоры в вертикальное положение усиливаются специальными рёбрами жёсткости и соединительными элементами для придания необходимой прочности башмаку и жёсткости всей опоре.

Металлическая узкобазая опора АО-35 запроектирована оптимальной с варьированием разбивки опоры на панели, типа решётки и размеров базы. Геометрическая схема антенной опоры изображена на рисунке 1.

Ветровые нагрузки приняты по ДБН [1] как для 3 ветрового района, гололёдные – как для 4 района (г. Донецк). Нагрузки от собственного веса опоры определялись по принятым сечениям элементов с учётом веса лестниц, площадок и антенного оборудования (установлена параболическая антенна диаметром 1 м), молниеотвода высотой 2,5 м и промышленных прожекторов в количестве 8 штук [2].

Опора рассчитывалась на 3 варианта загрузок:

1. Собственный вес и ветер на одну грань опоры.
2. Собственный вес и ветер под углом 45°.
3. Собственный вес, гололед и 25 % от ветрового напора на одну грань.

По результатам расчётов определены расчётные усилия в стержнях и выполнены проверки несущей способности элементов ствола. Максимальное отклонение верха опоры при ветре под углом 45° составляет 0,45 градуса (предельно допустимое задано 1,5 градуса).

Опора АО-35 предназначена для эксплуатации антенн радиорелейной связи в городских условиях с высотой до 35 м и для установки осветительных прожекторов, а также может использоваться в качестве молниеотвода.

Общий вид опоры, смонтированной на территории комплекса складских помещений концерна «Энерго» (г. Донецк), приведен на рисунке 2.

ВЫВОДЫ

Разработана новая конструкция узкобазой антенной опоры АО-35 для стесненных условий городской застройки, технологичная в изготовлении и монтаже, одновременно сочетающая функции прожекторной мачты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування [Текст]. – Замість СНиП 2.01.0785 ; надано чинності 2007-01-01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 78 с.
2. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування [Текст]. – На заміну ДБН В.2.6-163:2010 у частині розділу 1 та ДСТУ Б В.2.6-194:2013 ; чинні від 2015-01-01. – К. : Міністерство регіонального розвитку України, 2014. – 199 с.
3. Савицкий, Г. А. Ветровая нагрузка на сооружения [Текст] / Г. А. Савицкий. – М. : Стройиздат, 1972. – 112 с.
4. Шевченко, Е. В. Совершенствование металлических конструкций опор воздушных линий электропередачи [Текст] / Е. В. Шевченко. – [2-е изд.]. – Макеевка : ДонГАСА, 1999. – 169 с.
5. Spillers, W. R. Iterative design for optimal geometry [Текст] / W. R. Spillers // J. of Str. Div., ASCE. – 2011. – V. 101. – P. 1435–1442.
6. Makoto, Ohsaki. Optimization of Finite Dimensional Structures [Текст] / Makoto Ohsaki. – Japan : CRC Press Taylor & Francis Group, 2011. – 405 p.
7. Box, M. J. Nonlinear optimization techniques [Текст] : monograph / M. J. Box, D. Davies, W. H. Swann. – Edinburgh : Oliver and Boyd, 2012. – 60 p.

Получено 11.04.2017

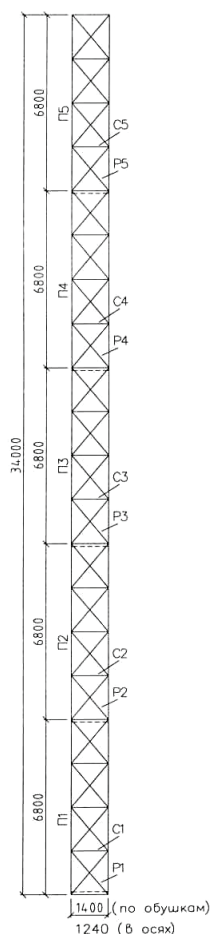


Рисунок 1 – Геометрическая схема антенной опоры АО-35.



Рисунок 2 – Общий вид смонтированной антенной опоры АО-35.

А. В. ТАНАСОГЛО, С. М. БАКАЄВ, О. М. ВОЛЧКОВ, Х. С. БАКАЄВА,
Н. А. ПЕРЕВАРЮХА
НОВЕ ПРОЕКТНЕ РІШЕННЯ АНТЕННОЇ ОПОРИ ДЛЯ СТИСНУТИХ
МІСЬКИХ УМОВ
ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У статті на основі аналізу вітчизняного та зарубіжного досвіду проектування представлено нове проектне рішення баштової антенної опори висотою 35 м, призначеної для експлуатації антен радіорелейного зв'язку та для встановлення освітлювальних прожекторів. Конструкція антенної опори розроблена для стиснутих умов міської забудови, технологічна у виготовленні й монтажі, одночасно поєднує функції прожекторної щогли.

Ключові слова: антенна опора, сталева башта, оптимальне проектування, прожекторна щогла.

ANTON TANASOGLO, SERGII BAKAYEV, ALEXANDER VOLCHKOV,
CHRISTINA BAKAYEVA, NATALIA PEREVARJUHA
A NEW DESIGN SOLUTION OF THE ANTENNA SUPPORT FOR CRAMPED
URBAN CONDITIONS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Based on the analysis of domestic and foreign design experience there is given a new design solution of a tower antenna support 35 m height designed for the exploitation of radio-relay antennas and for the

installation of lighting projectors. The design of the antenna support developed for the cramped urban conditions is technologically in production and installation, simultaneously combines the functions of the floodlight mast.

Key words: antenna support, steel tower, optimal design, floodlight mast.

Танасогло Антон Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: эксплуатационная надежность и оптимальное проектирование конструкций воздушных линий электропередачи и антенных опор. Изучение действительной работы металлических решетчатых конструкций башенного типа.

Бакаев Сергей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: обеспечение надежной работы и долговечности конструкций опор воздушных линий, порталов и стоек под оборудование открытых распределительных устройств электрических подстанций в условиях повышения мощностей энергопотребления и с учетом условий и различий их эксплуатации, проектирования конструкций с гарантированными показателями долговечности.

Волчков Александр Николаевич – магистрант кафедры металлических конструкций и сооружений, ассистент кафедры электротехники и автоматики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: обеспечение надежной работы и долговечности конструкций опор воздушных линий, проектирование конструкций с гарантированными показателями долговечности.

Бакаева Кристина Сергеевна – магистрант кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: изучение действительной работы и поиск рациональных конструктивных решений трубобетонных конструкций с использованием прогрессивных материалов.

Переварюха Наталия Анатольевна – магистрант кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие общей методики динамических расчетов элементов строительных конструкций и поиск рациональных способов гашения колебаний.

Танасогло Антон Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій і споруд ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: експлуатаційна надійність та оптимальне проектування конструкцій повітряних ліній електропередачі та антенних опор. Вивчення дійсної роботи металевих ґратчастих конструкцій баштового типу.

Бакаєв Сергій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій і споруд ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: забезпечення надійної роботи і довговічності конструкцій опор повітряних ліній, порталів і стійок під обладнання відкритих розподільчих пристроїв електричних підстанцій в умовах підвищення потужностей енергоспоживання та з урахуванням умов і відмінностей їх експлуатації, проектування конструкцій з гарантованими показниками довговічності.

Волчков Олександр Миколайович – магістрант кафедри металевих конструкцій і споруд, асистент кафедри електротехніки і автоматики ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: забезпечення надійної роботи і довговічності конструкцій опор повітряних ліній, проектування конструкцій з гарантованими показниками довговічності.

Бакаєва Христина Сергіївна – магістрант кафедри металевих конструкцій і споруд ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вивчення дійсної роботи і пошук раціональних конструктивних рішень трубобетонних конструкцій з використанням прогресивних матеріалів.

Переварюха Наталія Анатоліївна – магістрант кафедри металевих конструкцій і споруд ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток загальної методики динамічних розрахунків елементів будівельних конструкцій та пошук раціональних способів гашення коливань.

Tanasoglo Anton – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: operational reliability and optimal design of overhead power transmission line and antenna support structures. Studying of the valid work of metal lattice tower supports.

Bakayev Sergii – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reliable operation supply and durability of the transmission line supports structures, portal frames and pillars underneath the equipment of outdoor switchgears of

electric substation in terms of the power consumption stepping up and with regards to the conditions and distinctions of their operation, structural designing work with the guarantee indices of durability.

Volchkov Alexander – Master's student, Metal Structures and Constructions Department, assistant, Electrotechnics and Automatics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reliable operation supply and durability of the transmission line supports structures, structural designing work with the guarantee indices of durability.

Bakayeva Christina – Master's student, Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: a studying of a real work of pipe concrete structures using advanced materials.

Perevarjuha Natalia – Master's student, Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of the general dynamic design technique of building structure elements and search for the rational ways of vibration damping.

УДК 624.131.6

В. А. БОЧОРИШВИЛИ, Н. А. ПЕТРАКОВА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД НА УСТОЙЧИВОСТЬ СКЛОНОВ ПОБЕРЕЖЬЯ АЗОВСКОГО МОРЯ

Аннотация. В данной статье рассмотрена устойчивость склонов побережья Азовского моря, расположенных в п. г. т. Юрьевка. Проведен анализ воздействия уровня грунтовых вод на изменение геометрии и напряженно-деформированное состояние склона. Предложены эффективные противооползневые мероприятия.

Ключевые слова: склон, градиент гидравлического напора, перемещение, фильтрационные силы, оползень, устойчивость, грунтовый массив.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Склоны Азовского побережья сложены суглинками и супесями, склонными к суффозионным осадкам при незначительных градиентах гидравлического напора. Градиенты гидравлического напора существенно зависят от сезонных процессов, связанных с выпадением атмосферных осадков и таянием снега. При увлажнении склонов снижаются прочностные характеристики грунтов. Суффозионные процессы связаны с формированием в грунтовом массиве фильтрационных сил, которые по величинам могут приближаться к весу воды в замещаемом объеме грунта. Все перечисленное приводит к потере устойчивости склонов, следствием чего является развитие оползневых процессов на указанной территории. Оползневые процессы сопровождаются вертикальными и горизонтальными подвижками грунтового массива, которые могут достигать нескольких метров. При этом строительные объекты, расположенные вблизи склонов, разрушаются или теряют эксплуатационную пригодность.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Инженерная защита территорий от оползневых процессов регламентируется нормативной документацией [1]. Основные закономерности оползневых процессов рассмотрены в работе [2]. Расчетам устойчивости оползнеопасных склонов посвящены работы [3–9]. Ныне существующие методы расчета основаны, как правило, на методах предельного равновесия по определенным поверхностям скольжения. Методы расчетов по деформированной схеме [5] используются крайне редко. Неточности и некоторые упрощения, используемые при расчетах оползневых склонов, способствуют получению искаженных результатов с низкой точностью. Это может привести к нерациональному выбору противооползневых мероприятий. Расчет по деформированной схеме [10] дает более точные результаты, включающие распределение напряжений в оползневом склоне, определение давления в той или иной точке массива, что дает возможность правильного выбора упорных конструкций. Совершенствование методов расчета устойчивости оползней будет способствовать повышению надежности объектов строительства на территориях, расположенных вблизи склонов. По социальным критериям указанные территории обладают большой ценностью, так как связаны с освоением курортно-оздоровительных зон.

ЦЕЛЬ

Совершенствование численных методов оценки устойчивости склонов Азовского побережья и разработка на этой основе строительных решений для повышения устойчивости территорий, расположенных вблизи склонов.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В данной работе анализируются численные методы исследований, основанные на решении смешанной задачи теории упругости и пластичности. Применительно к расчетной модели МКЭ данные методы реализованы в исследовательском программном комплексе (ИПК) «Нелинейный Полифем».

Исходные данные для исследования склона приняты на основании отчета о результатах инженерно-геологических изысканий на побережье [11]. Они включают расчетные характеристики грунтов, которые слагают склон, а также гидрогеологические параметры верхнего водоносного горизонта, расположенного в суглинках. В документе [11] содержится информация об инженерно-геологическом строении (рис. 1).

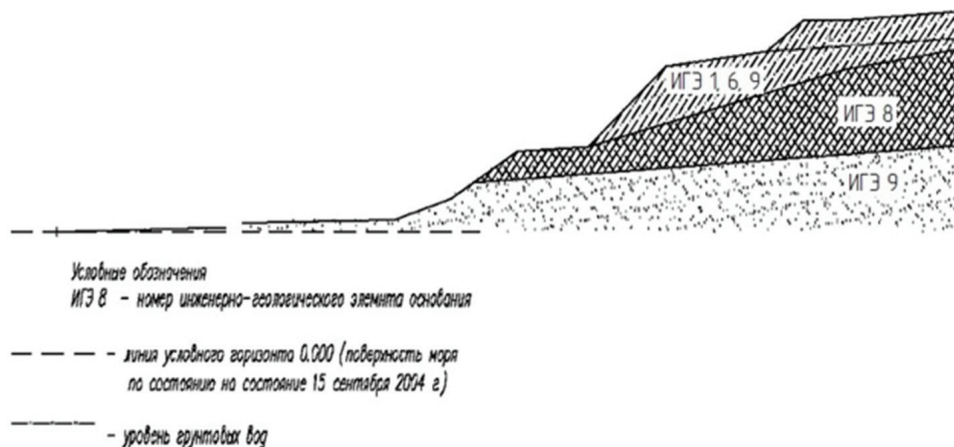


Рисунок 1 – Характерные инженерно-геологические разрезы в плане склона.

Решалась плоская смешанная задача теории упругости и пластичности с граничными условиями плоской деформации. Это позволило рассмотреть напряженно-деформированное состояние поперечных сечений склона. Условие предельного равновесия в треугольных конечных элементах принималось в соответствии с законом прочности Кулона – Мора. Критерием исчерпания несущей способности грунтового массива склона являлась потеря им отпорности, о чем свидетельствовали большие приращения перемещений характерных точек при практически неизменных нагрузках.

Устойчивость склона определялась путем его нагружения гравитационными и фильтрационными силами. При этом исследованы две схемы нагружения: нагружение гравитационными силами (схема 1); нагружения фильтрационными силами (схема 2) при постоянном уровне гравитационных сил ($k = 1,0$).

При нагружении склона гравитационными силами (схема 1) уровень нагружения $k = 1,0$ (рис. 2) соответствует полному собственному весу грунтового массива. Уровни нагружения при $k > 1$ анализируются для определения коэффициента устойчивости склона при отсутствии фильтрационных сил.

На мозаиках, характеризующих НДС склона, приняты следующие обозначения: красный цвет – разрушение КЭ; желтый цвет – предельная сжимаемость КЭ; черный цвет – трещина в КЭ.

В результате исследований по схеме нагружения 2 установлен предельно допустимый по условию устойчивости склона градиент гидравлического напора в грунтовом потоке.

В результате проведения численных исследований установлено следующее. Склон в природном состоянии при отсутствии грунтовых вод верхнего горизонта, вызывающих воздействия в виде фильтрационных сил, является устойчивым. Области предельного равновесия при уровне нагружения 1,0 (рис. 2) не выходят на поверхность склона и локализируются в его толще в уровне верхней террасы. Коэффициент устойчивости склона, оцененный по графику вертикальных перемещений верхней

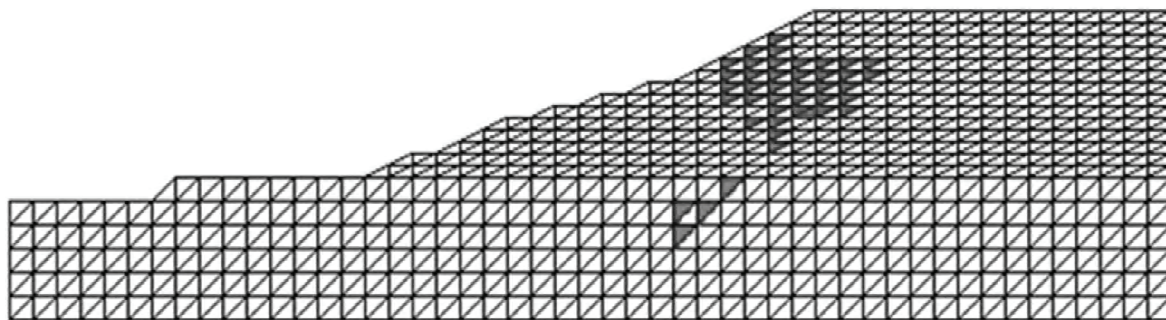


Рисунок 2 – Схема развития областей предельного равновесия. Действие гравитационных сил (схема 1). Уровень нагружения 1,0.

точки склона (рис. 3), составляет 1,2. При уровне нагружения 1,26 происходит физическое разрушение склона, о чем свидетельствует параллельность графика перемещений в диапазоне уровней нагружения 1,2 – 1,26 оси перемещений (рис. 3).

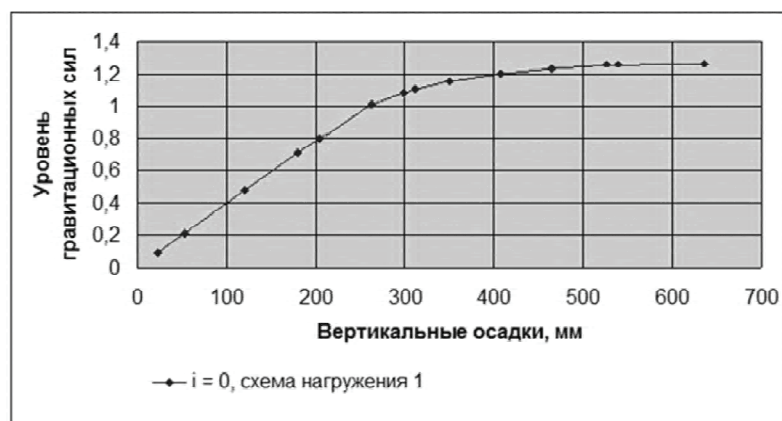


Рисунок 3 – Вертикальные осадки характерной точки на поверхности склона при различных уровнях гравитационных сил.

Воздействие на поверхностную часть склона фильтрационных сил (схема нагружения 2), вызванных движением грунтовых вод в суглинках, покрывающих склон, вызывает разрушение грунтового массива. Начало разрушения соответствует градиенту гидравлического напора 0,3 (рис. 4). При указанном значении градиента гидравлического напора образуется первая трещина в грунтовом массиве, которая совпадает с наблюдаемыми в природе трещинами на границе с б/о предприятия Трансгаз (рис. 5). При градиенте гидравлического напора 0,24 образуется трещина в районе автостоянки.

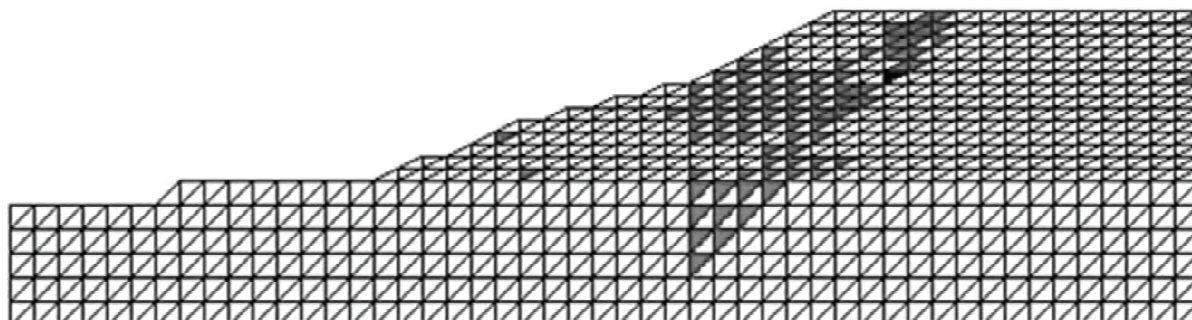


Рисунок 4 – Схема развития областей предельного равновесия. Действие фильтрационных сил (схема 2). Градиент гидравлического напора 0,3.



Рисунок 5 – Просадки грунта и разрушение пешеходных дорожек. Обратный уклон ливневой канализации.

Формой разрушения откоса при действии фильтрационных сил является отделение от грунтового массива его верхней террасы и сползание ее в сторону моря (рис. 6). При этом разрушается основание нижней террасы, что подтверждается наблюдаемой в натуре надвижкой массива грунта на стены спальных домиков типа «елочка» (рис. 7). Предельное значение градиента гидравлического напора в верхнем водоносном горизонте склона, приводящее к его разрушению, установленное по графику (рис. 8), составляет 0,7. В зоне разгрузки водоносного горизонта на поверхности склона градиент гидравлического напора достигает величины 1,0. На основании этого можно сделать вывод, что основной причиной наблюдаемого в натуре разрушения склона является воздействие на его поверхностную часть фильтрационных сил от движения грунтовых вод верхнего горизонта.

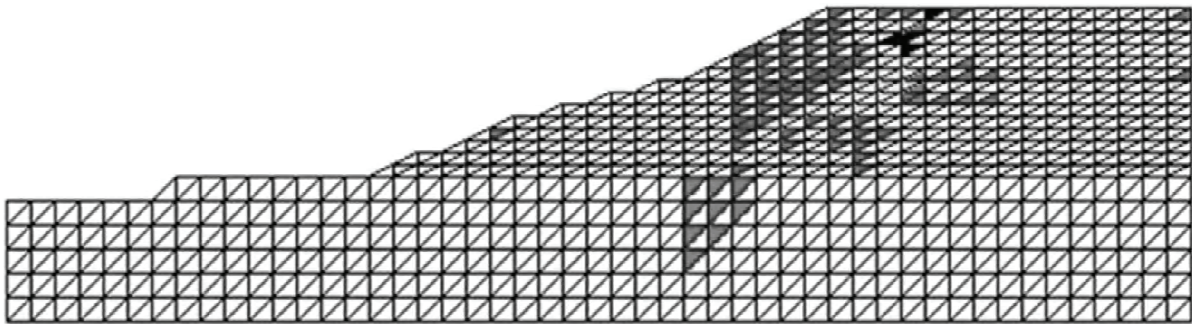


Рисунок 6 – Схема развития областей предельного равновесия. Действие гравитационных и фильтрационных сил (схема 2). Уровень нагружения 1,0, градиент гидравлического напора 0,3.

ВЫВОДЫ

1. Склон на территории б/о «Локомотив» претерпел разрушения в форме оплывей, сдвигов и оседаний. Основной причиной разрушения склона является воздействие фильтрационных сил при движении грунтовых вод в верхнем водоносном горизонте, для которого вмещающими грунтами являются суглинки, покрывающие склон толщиной слоя от 3 до 8 м.

2. Склон в природном состоянии при отсутствии грунтовых вод верхнего горизонта, вызывающих воздействия в виде фильтрационных сил, является устойчивым. Области предельного равновесия при уровне нагружения 1,0 не выходят на поверхность склона и локализуются в его толще в уровне верхней террасы. Коэффициент устойчивости склона, оцененный по графику вертикальных перемещений верхней точки склона, составляет 1,2. Начало разрушения склона от действия гравитационных сил совпадает с образованием трещин в его верхней зоне.



Рисунок 7 – Надвиг грунтового массива на стены спальных домиков типа «елочка».

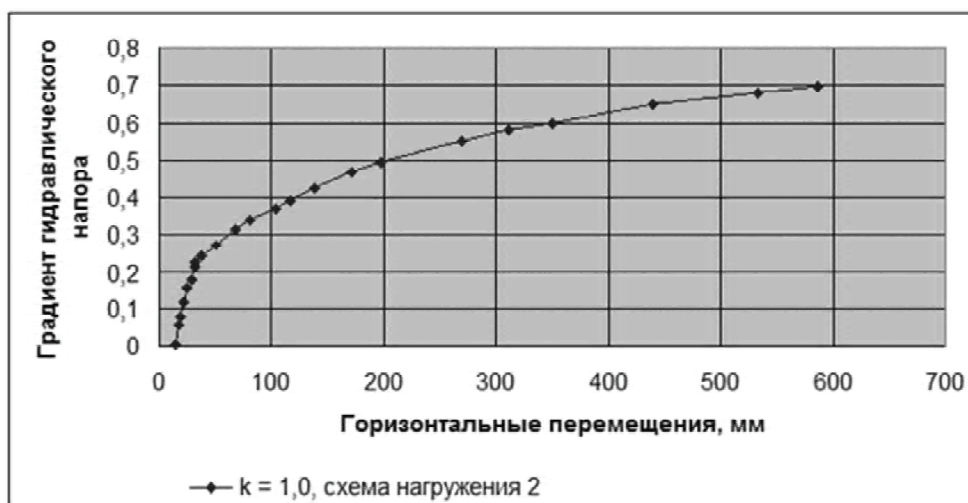


Рисунок 8 – Горизонтальные перемещения характерной точки на поверхности склона при различных уровнях нагружения фильтрационными силами.

3. Воздействие на поверхностную часть склона фильтрационных сил, вызванных движением грунтовых вод в суглинках, покрывающих склон, вызывает разрушение грунтового массива. Начало разрушения соответствует градиенту гидравлического напора 0,3.

Формой разрушения склона при действии фильтрационных сил является отделение от грунтового массива его верхней террасы и сползание ее в сторону моря.

4. Установленные причины и характер разрушения склона позволяют сделать следующие рекомендации, выполнение которых обеспечит устойчивое состояние склона и безопасную эксплуатацию возведенных на нем зданий и сооружений:

- устранить воздействие на склон фильтрационных сил от движения грунтовых вод верхнего горизонта. Для этого необходимо осуществить перехват грунтовых вод верхнего горизонта с помощью противифльтрационно-дренажной системы;
- повысить устойчивость разуплотненного грунтового массива тела склона с помощью устройства противооползневых упорных конструкций. Такими конструкциями могут являться подпорные стены из Г-образных железобетонных стен с плитной частью, заземленной в грунте, а также подпорные стены из буровых свай, пересекающих линии скольжения в грунтовой массе и заанкеренные в неогеновых песках;
- уменьшить инфильтрацию атмосферных осадков в тело склона путем перепланировки территории и устройства ливнестоков.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.1.1-3-97. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення [Текст]. – Вводяться вперше ; введ. 1997-07-01. – К. : Держбуд України, 1998. – 40 с.
2. Емельянова Е. П. Основные закономерности оползневых процессов [Текст] / Е. П. Емельянова. – М. : Недра, 1972. – 310 с.
3. Яковлев, А. В. Особливості проектування будівництва, експлуатації будівель і споруд на лесовому ґрунті та зсувонебезпечній території України [Текст] / А. В. Яковлев, Ю. Л. Винников. – К. : НМК ВО, 1992. – 250 с.
4. Проблеми, які потребують наукових досліджень при проектуванні і будівництві в умовах зсувних територій [Текст] / С. В. Біда, Ю. Й. Великодний, В. А. Титаренко, А. М. Ягольник // Галузеве машинобудування і будівництво. – Полтава : ПДТУ, 2002. – Вип. 9. – С. 24–27.
5. Борт, О. В. Нелінійна модель деформування ґрунтових основ у інкрементальній постановці при плоскому напруженому стані [Текст] / О. В. Борт // Перспективи розвитку будівельних конструкцій, будівель, споруд та їх основ : Збірник наукових праць. – К. : НДІБК, 2003. – Вип. 58 – С. 102–108.
6. Беда, С. В. Особенности оценки устойчивости склонов, сложенных лессовыми породами [Текст] / С. В. Беда / Геотехнические проблемы мегаполисов : Труды международной конференции по геотехнике. Т. 5 / Под ред. В. П. Петрухина [и др.]. – Москва : ПИ «Георекострукция», 2010. – С. 1861–1866.
7. Расчет устойчивости откосов и проектирование противооползневых сооружений [Электронный ресурс] / А. Н. Богомолов, С. В. Кузнецова, В. Н. Синяков [и др.] // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. Серия : Строит. информатика. – 2012. – Вып. 8(24). – Режим доступа : <https://elibrary.ru/item.asp?id=20226474>.
8. Мангушев, Р. А. Стабилизация и инженерная защита территории оползневого склона в условиях существующей застройки [Текст] / Р. А. Мангушев, Р. А. Усманов // Вестник гражданских инженеров. – 2013. – № 2(37). – С. 91–97.
9. Жабко, А. В. Теория расчета устойчивости откосов и оснований. Анализ, характеристика и классификация существующих методов расчета устойчивости откосов [Текст] / А. В. Жабко // Известия Уральского государственного горного университета. – 2015. – № 4(40). – С. 45–57.
10. Петракова, Н. А. Исследование устойчивости грунтового откоса, расположенного в южной части г. Мариуполя [Текст] / Н. А. Петракова // Строительные конструкции. – К. : НИИСК, 2004. – Вып. 61, Т. 2. – С. 376–381.
11. Петраков, А. А. Научно-технический отчет по работе «Исследование устойчивости склона на территории б/о «Локомотив» в пос. Юрьевка Донецкой области» [Текст] / А. А. Петраков, Р. А. Таран, Н. А. Петракова. – К. : НИИСК, 2005. – 34 с.
12. Дегтярев, Б. М. Защита оснований зданий и сооружений от воздействия подземных вод [Текст] / Б. М. Дегтярев, Е. С. Дзекер, А. Ж. Муфтахов. – М. : Стройиздат, 1985. – 264 с.

Получено 12.04.2017

В. О. БОЧОРИШВИЛІ, Н. О. ПЕТРАКОВА
СТІЙКІСТЬ СХИЛІВ УЗБЕРЕЖЖЯ АЗОВСЬКОГО МОРЯ
ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У даній статті розглянуто стійкість схилів узбережжя Азовського моря, розташованих в с.м.т. Юр'ївка. Проведено аналіз впливу рівня ґрунтових вод на зміну геометрії і напружено-деформованого стану схилу. Запропоновано ефективні протизсувні заходи.

Ключові слова: схил, градієнт гідравлічного напору, переміщення, фільтраційні сили, зсув, стійкість, ґрунтовий масив.

VIKTORIYA BOCHORISHVILI, NATALIA PETRAKOVA
STABILITY OF THE SLOPES OF THE AZOV SEA COAST
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. In this article, it has been considered the stability of the slopes of the Azov Sea coast, located in the p.t.t. Yuryevka. The analysis of the impact of the groundwater level on the change in geometry and on the stress-strain state of the slope was carried out. Effective anti-landslide measures have been proposed.

Key words: slope, hydraulic head gradient, displacement, filtration forces, landslide, stability, soil massif.

Бочоришвили Виктория Александровна – магістрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование устойчивости грунтов побережья Азовского моря.

Петракова Наталья Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры оснований, фундаментов и подземных сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование оползнево-опасных территорий.

Бочорішвілі Вікторія Олександрівна – магістрант ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження стійкості ґрунтів узбережжя Азовського моря.

Петракова Наталя Олександрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри основ, фундаментів і підземних споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження зсувно-небезпечних територій.

Bochorishvili Viktoriya – Master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: study of stability of the soils of the coast of the Azov Sea.

Petrakova Natalia – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Foundations, Foundations and Underground Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: exploration of landslide-dangerous territories.

УДК 514.18

Т. П. МАЛЮТИНА^а, И. П. ДАВЫДЕНКО^б, Ж. В. СТАРЧЕНКО^а^а ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», ^б ПАО «Авдеевский завод металлических конструкций»

ПОСТРОЕНИЕ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ЦИЛИНДРА С ЭВОЛЬВЕНТНОЙ ОСЬЮ МЕТОДОМ ПОДВИЖНОГО СИМПЛЕКСА

Аннотация. В работе рассматривается точечный алгоритм задания цилиндра с направляющей осью в виде эвольвенты и образующей в виде эллипса на основе МПС (метода подвижного симплекса). Подобная поверхность может быть применена при задании оболочек различных технических форм.

Ключевые слова: точечный алгоритм, эвольвента, эллипс, БН-исчисление, метод подвижного симплекса (МПС).

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

При построении таких криволинейных поверхностей технических форм как оболочек различных гидротехнических сооружений, а именно: каналов, водопроводов сложной формы, горок в аквапарках, в качестве направляющей поверхности принимают *эвольвенту окружности*, а образующей – *эллипс*. В данной работе поставлена задача – разработать точечный алгоритм задания криволинейной поверхности технической формы на основе метода подвижного симплекса с образующей в виде эллипса и направляющей в виде эвольвенты. Для этого использованы полученные ранее точечные уравнения эллипса и эвольвенты окружности методами БН-исчисления (точного исчисления Балюбы-Найдыша) на основании графических алгоритмов их построения [4, 6].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Аналитическому описанию различных кривых линий в точечном исчислении, посвящены работы д. т. н., профессора И. Г. Балюбы [1] и его последователей [2–4], в которых получено множество точечных уравнений кривых линий в БН-исчислении, алгебраические уравнения которых известны из аналитической математики [5]. Но есть кривые линии, которые не имеют единых алгебраических уравнений и получаются только графическим путем. К таким кривым линиям относится эвольвента окружности, которая в аналитической математике не имеет алгебраического уравнения, а в БН-исчислении уже аналитически определена через графический алгоритм ее построения [6].

ЦЕЛИ

Привести точечные уравнения эллипса и эвольвенты окружности на основании графических алгоритмов построения кривых методами БН-исчисления и рассмотреть пример построения эллиптического цилиндра с эвольвентной осью с помощью МПС [4].

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Пусть заданы три точки A, B, C , образующие произвольно заданный симплекс двумерного пространства SAB [1]. Представим в плоскости SAB эвольвенту M окружности T радиуса $|CT| = \rho$, с центром в точке C (рис. 1).

По определению эвольвенты окружности, согласно графическому алгоритму построения кривой, имеем:

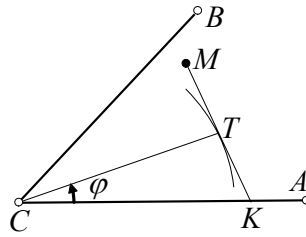


Рисунок 1 – Эвольвента окружности в симплексе двумерного пространства.

$$TM = \varphi\rho, \quad \angle CTM = \frac{\pi}{2}. \quad (1)$$

Точечные уравнения двух точек, определяющих касательную к окружности, имеют вид:

$$K = (A-C)\frac{\rho}{b\cos\varphi} + C, \quad T = (A-C)\frac{\rho\sin(\gamma-\varphi)}{b\sin\gamma} + (B-C)\frac{\rho\sin\varphi}{a\sin\gamma} + C, \\ KT = \rho\operatorname{tg}\varphi, \quad KM = KT + TM = \rho(\varphi + \operatorname{tg}\varphi). \quad (2)$$

Тогда точечное уравнение эвольвенты M окружности T имеет вид [6]:

$$M = (T-K)(\varphi\operatorname{ctg}\varphi + 1) + K =, \\ = \frac{(A-C)\rho}{b\sin\gamma\sin\varphi}[(\varphi\cos\varphi + \sin\varphi)\sin(\gamma-\varphi) - \varphi\sin\gamma] + \frac{(B-C)\rho}{a\sin\gamma}(\varphi\cos\varphi + \sin\varphi) + C, \quad (3)$$

где $\gamma = \angle BCA$, $0 \leq \varphi \leq 2\pi$, ρ – радиус окружности.

Ниже приведен пример построения эвольвенты окружности в плоскости общего положения с помощью программного пакета *Maple* (рис. 2, 3).

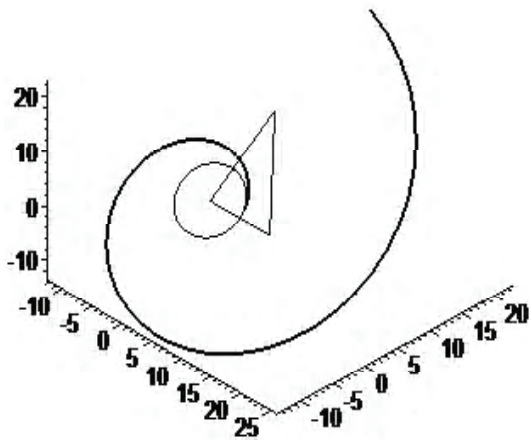


Рисунок 2 – Эвольвента окружности в плоскости общего положения.

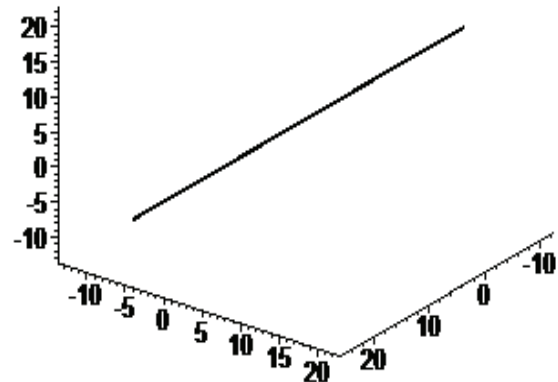


Рисунок 3 – Эвольвента окружности в плоскости общего положения.

Определим точечное уравнение эллипса, полученного путем сжатия окружности к одному из ее диаметров [4]. Используя полярную параметризацию плоскости [1], зададим точечное уравнение окружности в симплексе точек PQR при $\angle QRP = 90^\circ$ через параметр угла сжатия θ (рис. 4).

Пусть радиус окружности $|RP| = a$ соответствует большой полуоси эллипса, тогда $|RQ| = b$ соответствует малой полуоси эллипса. Точечное уравнение окружности имеет вид:

$$M = (P-R)\cos\theta + (Q-R)\frac{a}{b}\sin\theta + R. \quad (4)$$

где $0 \leq \theta \leq 2\pi$.

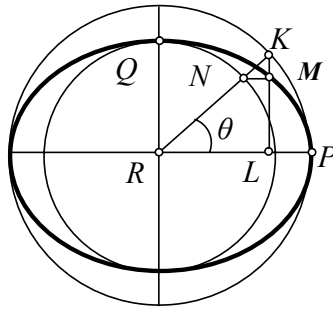


Рисунок 4 – Задание эллипса сжатием окружности.

Точечное уравнение эллипса, построенного как результат сжатия окружности к одному из ее диаметров, в симплексе точек PQR через параметр угла сжатия θ имеет вид:

$$M = (P - R)\cos\theta + (Q - R)\sin\theta + R, \quad (5)$$

где $0 \leq \theta \leq 2\pi$.

Обратим внимание, что параметр θ в полученном уравнении эллипса относится к окружности радиуса a , которая сжимается в одном из направлений до малой полуоси b эллипса. В уравнении эллипса (5) полуоси не принимают участие, так как они определены точками P , Q и R ($|RP| = a$, $|RQ| = b$).

Рассмотрим аналитическое описание эллиптического цилиндра с эвольвентной осью, на основе МПС [4].

Пусть плоский подсимплекс PQR движется в симплексе $CABD$ по эвольвентам P , Q , R . Определим эллиптический цилиндр с эвольвентной осью R (рис. 5).

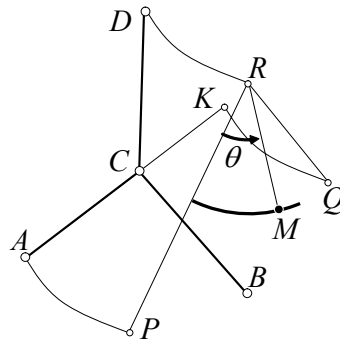


Рисунок 5 – Схема построения эллиптического цилиндра с эвольвентной осью.

Зададим точечное уравнение эвольвенты P в подсимплексе BCA :

$$P = \frac{(A - C)\rho}{b \sin \gamma \sin \varphi} [(\varphi \cos \varphi + \sin \varphi) \sin(\gamma - \varphi) - \varphi \sin \gamma] + \frac{(B - C)\rho}{a \sin \gamma} (\varphi \cos \varphi + \sin \varphi) + C, \quad (6)$$

где $\gamma = \angle BCA$, $0 \leq \varphi \leq 2\pi$, $b = |AC|$, $a = |BC|$, ρ – радиус окружности.

Учитывая, что $K = 2C - A$ из параллелограммов $QKAP$ и $RDAP$ находим:

$$Q = P - 2(A - C), R = P + D - A. \quad (7)$$

Тогда точечное уравнение эллиптического цилиндра с эвольвентной осью R на основе точечного уравнения эллипса имеет вид:

$$M = (P - R)\cos\theta + (Q - R)\sin\theta + R, \quad (8)$$

где $0 \leq \theta \leq 2\pi$.

Приведем пример построения эллиптического цилиндра с эвольвентной осью R при различных значениях параметров (рис. 6–9).

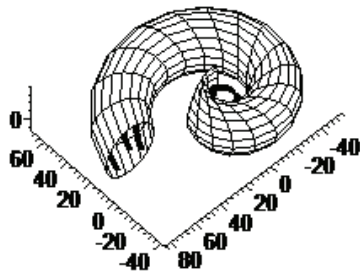


Рисунок 6 – Эллиптический цилиндр с эвольвентной осью.

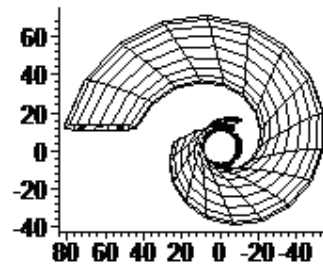


Рисунок 7 – Эллиптический цилиндр с эвольвентной осью.

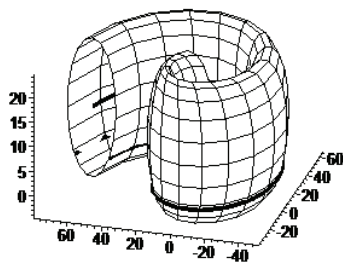


Рисунок 8 – Эллиптический цилиндр с эвольвентной осью.

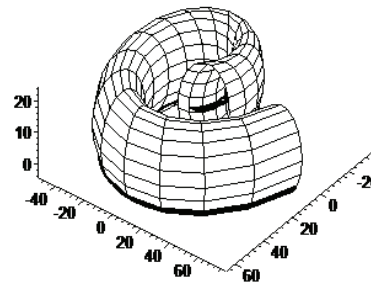


Рисунок 9 – Эллиптический цилиндр с эвольвентной осью.

ВЫВОДЫ

В статье представлен точечный алгоритм построения эллиптического цилиндра с эвольвентной осью на основе метода подвижного симплекса. Для получения такого алгоритма были приведены точечные уравнения эллипса и эвольвенты окружности, полученные на основании графических алгоритмов построения кривых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балюба, И. Г. Конструктивная геометрия многообразий в точечном исчислении [Текст] : диссертация на соискание научной степени доктора технических наук : 05.01.01 / Балюба Иван Григорьевич. – Макеевка, 1995. – 227 с.
2. Малютина, Т. П. Интерпретация вычислительной геометрии плоских фигур в точечном исчислении [Текст] : диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук : 05.01.01 / Малютина Татьяна Петровна. – Макеевка, 1998. – 161 с.
3. Конопацький, Є. В. Геометричне моделювання алгебраїчних кривих та їх використання при конструюванні поверхонь у точковому численні Балюби-Найдиша [Текст] : дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : 05.01.01 / Конопацький Євген Вікторович. – Макіївка, 2012. – 163 с.
4. Давиденко, И. П. Конструирование поверхностей пространственных форм методом подвижного симплекса [Текст] : диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук : 05.01.01 / Давиденко Иван Петрович. – Макеевка, 2012. – 164 с.
5. Кронштейн, И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов [Текст] / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – М. : Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1956. – 608 с.
6. Малютина, Т. П. Точечное уравнение эвольвенты и его применение при конструировании поверхностей технических форм методом подвижного симплекса [Текст] / Т. П. Малютина, И. П. Давыденко // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / МОН України; ДонНАБА. – Макіївка, 2015. – Вип. 2015-3(113) : Будівлі та конструкції із застосуванням нових матеріалів та технологій. – С. 66–69.

Получено 17.04.2017

Т. П. МАЛЮТИНА ^a, І. П. ДАВИДЕНКО ^b, Ж. В. СТАРЧЕНКО ^a
 ПОБУДОВА ЕЛІПТИЧНОГО ЦИЛІНДРА З ЕВОЛЬВЕНТНОЮ ВІССЮ
 МЕТОДОМ РУХОМОГО СИМПЛЕКСУ

^a ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», ^b ПАТ «Авдіївський завод металевих конструкцій»

Анотація. У роботі розглядається точковий алгоритм завдання циліндра з направляючою віссю у вигляді евольвенти і твірною у вигляді еліпса на основі МРС (методу рухомого симплексу). Подібна поверхня може бути застосована при завданні оболонок різних технічних форм.

Ключові слова: точковий алгоритм, евольвента, еліпс, БН-числення, метод рухомого симплексу (МРС).

TATYANA MALUTINA ^a, IVAN DAVYDENKO ^b, JANNA STARCHENKO ^a
CONSTRUCTION OF ELLIPTIC CYLINDER HAVING EVOLVENT BY AXIS BY
THE METHOD OF MOBILE SIMPLEX

^a Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, ^b PJSC «Avdiyivsky Metal Construction Details Plant»

Abstract. It has been considered the dot algorithm of task of cylinder having a sending axis as involute and formative as an ellipse, based on MMS (method of mobile simplex). A similar surface can be applied at the task of shells of different technical forms.

Key words: dot algorithm, involute, ellipse, BN-calculation, MMS.

Малютина Татьяна Петровна – кандидат технических наук, доцент кафедры специализированных информационных технологий и систем ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие БН-исчисления на плоскости. Разработка уравнений плоских геометрических форм в точечной форме по геометрическому алгоритму их построения.

Давыденко Иван Петрович – кандидат технических наук, начальник проектного отдела Авдеевского завода металлических конструкций. Научные интересы: развитие БН-исчисления в пространстве. Разработка вычислительных алгоритмов построения поверхностей различных технических пространственных форм.

Старченко Жанна Владимировна – доцент кафедры специализированных информационных технологий и систем ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие БН-исчисления на плоскости. Применение уравнений и вычислительных алгоритмов точечного исчисления в системах САПР.

Малютіна Тетяна Петрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри спеціалізованих інформаційних технологій і систем ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток БН-числення на площині. Розробка рівнянь плоских геометричних форм в точковій формі по геометричному алгоритму їх побудови.

Давиденко Іван Петрович – кандидат технічних наук, начальник проектного відділу Авдіївського заводу металевих конструкцій. Наукові інтереси: розвиток БН-числення в просторі. Розробка обчислювальних алгоритмів побудови поверхонь різних технічних просторових форм.

Старченко Жанна Володимирівна – доцент кафедри спеціалізованих інформаційних технологій і систем ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток БН-числення на площині. Використання рівнянь і обчислювальних алгоритмів точкового числення в системах САПР.

Malutina Tatyana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Specialized Information Technologies and Systems Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of BN-calculation on a plane. Development of equalizations of flat geometrical forms in a dot form on the geometrical algorithm of their construction.

Davydenko Ivan – Ph. D. (Eng.), chief of project department Avdiyivsky Metal Constructions plant. Scientific interests: development of BN-calculation is in space. Development of dot algorithms of construction of surfaces of different technical spatial forms.

Starchenko Janna – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Specialized Information Technologies and Systems Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of BN-calculation on a plane. Application of equalizations and algorithms of dot calculation in the systems CAD.

УДК 624.074.43:624.012.44

Л. Р. ПРАВУК, А. С. ВОЛКОВ, Д. С. ВОЛКОВ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ОБОЛОЧКИ ДЫМОВОЙ ТРУБЫ КИРИШСКОЙ ГРЭС С УЧЕТОМ
ОСОБЕННОСТЕЙ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ СХЕМЫ РАБОТЫ**

Аннотация. Представлены результаты анализа сопоставительных расчетов оболочки железобетонной дымовой трубы $H = 320$ м Киришской ГРЭС с учетом действительной технологической схемы работы с одним газоотводящим стволом вместо трех. Выявлено влияние начального крена, ветрового динамического воздействия и солнечной радиации на напряжения в вертикальных и горизонтальных сечениях по высоте сооружения, а также на деформации крена. Выполнена оценка степени влияния различных факторов на прочность и надежность ствола дымовой трубы.

Ключевые слова: дымовая труба, модальный анализ, прочность, деформации, солнечная радиация, несущая способность, надежность.

Дымовые трубы – сложные инженерные сооружения башенного типа, которые являются неотъемлемой частью технологических схем предприятий промышленности и энергетики. Данные сооружения относятся к повышенной категории ответственности, т. к. работают в условиях сложного НДС при совместном действии силовых, температурных и влажностных воздействий. Поэтому очень важно обеспечить их пригодность к нормальным условиям эксплуатации, т. к. от их долговечности зависит бесперебойная работа подключаемых к ним агрегатов, а также обеспечение тепло- и электроэнергией отдельных промышленных предприятий и целых регионов [1]. Кроме того, большинство дымовых железобетонных труб были построены в 70–80 годах прошлого века, в то время как их срок эксплуатации приближается к нормативному согласно [4]. Нормативные методики расчета дымовых труб [2, 3] основаны на расчете по допускаемым напряжениям, которые давно устарели и не позволяют достоверно оценить их НДС, в то время как в настоящее время широко применяются программные комплексы, основанные на МКЭ, которые позволяют учесть и проанализировать комплекс факторов.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Выполнить анализ НДС оболочки дымовой трубы Киришской ГРЭС высотой 320 метров с учетом особенностей действительной схемы работы с одним газоотводящим стволом вместо трех.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Расчеты НДС ствола дымовой трубы выполнены методом конечных элементов, реализованном в программном комплексе «Лира-САПР 2013». Геометрические размеры ствола принимались согласно рабочим чертежам, прочность бетона, армирование и величина крена по высоте ствола – согласно результатам натурных исследований при обследовании сооружения.

В данной работе в качестве исследуемого сооружения была проанализирована дымовая труба высотой 320 метров Киришской ГРЭС, которая находится в городе Кириши Ленинградской области. Дымовая труба введена в эксплуатацию в 1983 году.

Железобетонная оболочка высотой 312,5 м запроектирована с отметки 0,000 м до отметки 182,000 м конической формы с переменным уклоном; с отметки 182,000 м – цилиндрической формы. Наружный радиус ж/б оболочки на отметке 0,0 – 16,1 м, на отметке 312,5 – 8,6 м. Толщина стенок оболочки согласно проекту меняется от 800 мм у основания до 300 в устье, класс бетона принят марки М300 (В22.5), стержневая арматура класса АIII Ø16...25 мм шаг 200 мм для вертикальной и кольцевой арматуры.

При расчетах дымовой трубы учитывались следующие нагрузки и воздействия: собственный вес ствола и технологических площадок; 2 направления ветровой нагрузки с учетом пульсационной составляющей согласно [4]; полезная нагрузка на технологические площадки; нагрузка от веса газопроводов (трех или одного газопровода); воздействие солнечной радиации по аналогии с результатами исследований башенной градирни Н = 150 м [6, 7].

Программа исследований включала: 1 – модальный анализ; 2 – расчет ствола согласно данным исходного проекта; 3 – то же с учетом работы с одним газопроводом; 4 – расчет с учетом работы с одним газопроводом и начальным креном (126,3 мм); 5 – расчет с учетом работы с 1-м газопроводом, начальным креном и воздействием солнечной радиации.

Модальный анализ ствола дымовой трубы выполнен с целью определения форм и частот собственных колебаний, сопоставления с нормативным значением согласно требованиям норм [4], а также необходимости расчета на резонансное вихревое возбуждение [6]. Результаты расчетов представлены в таблице и графически на рис. 1.

Таблица – Периоды и частоты собственных колебаний оболочки дымовой трубы

№ формы	Собств. знач.	Круг. част. (рад/с)	Частота (Гц)	Период (с)
1	0,724	1,381	0,220	4,550
2	0,718	1,392	0,222	4,512
3	0,171	5,842	0,930	1,076
4	0,169	5,905	0,940	1,064

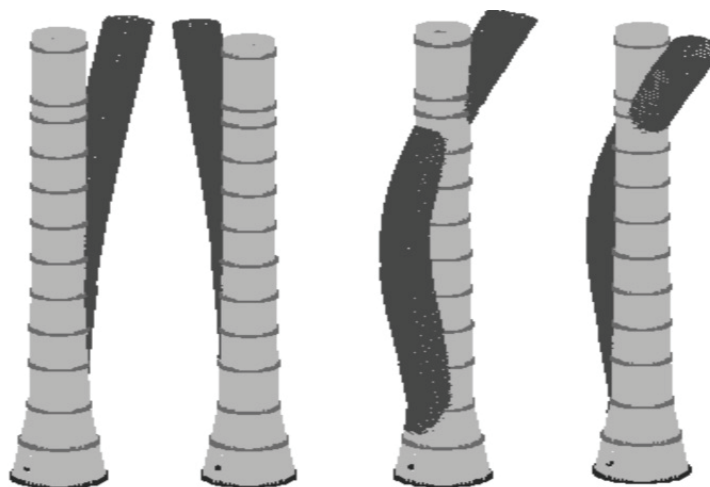


Рисунок 1 – Формы колебания пространственной модели железобетонной дымовой трубы Н = 320 м.

На втором этапе были выполнены сопоставительные расчеты ствола дымовой трубы с одним и с тремя газопроводами, а так же с учетом начального крена и солнечной радиации. Рассматривались значения N и M в вертикальных и горизонтальных сечениях оболочки ствола, а также величины их изменений от рассматриваемых факторов влияния. Значения продольных сил N от ветрового воздействия представлены на рисунке 2.

Значения дополнительных продольных сил от действия ветра в проектной схеме работы в среднем на 3...7 % больше, чем при действительной схеме с 1-м газопроводом. При этом при учете начального крена в местах концентрации напряжения на отм. +20,0 м наблюдается прирост до 20÷22 %, а в местах крепления опорных площадок до 5÷10 %, по сравнению со значениями в исходной схеме без учета крена.

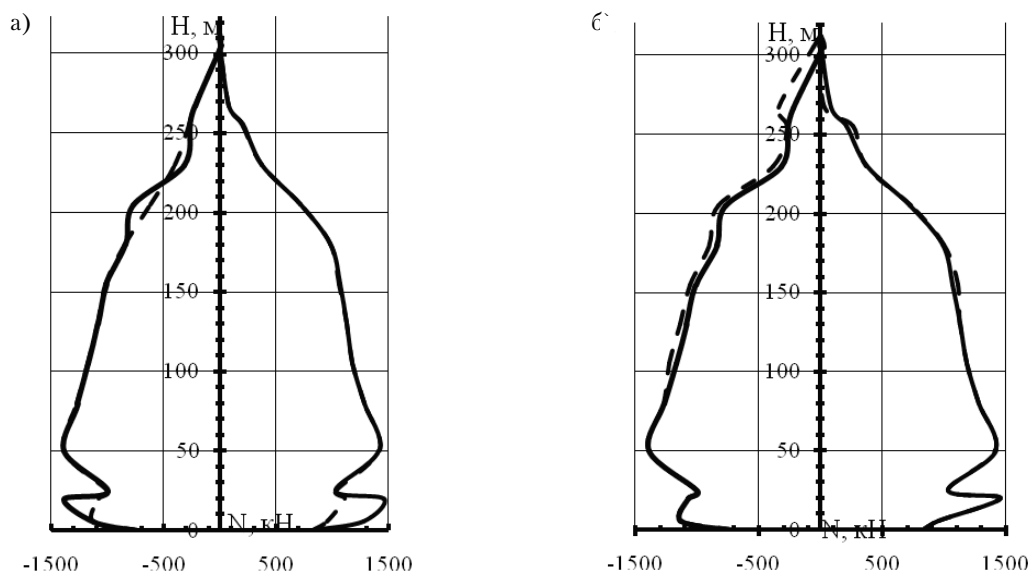


Рисунок 2 – Дополнительные продольные силы от действия ветра с наветренной и подветренной сторон: а) проектной (с тремя газоходами); б) действительной (с одним газоходом): — — — — без учета крена, с учетом начального крена.

Значения величин крена продольной оси ствола дымовой трубы от ветрового воздействия и солнечной радиации в схемах с одним (проектная) и тремя газоходами (действительная), в том числе с учетом начального крена ствола представлены на рис. 3, 4 и составляют 170, 209 и 336 мм для схемы с тремя газоходами без начального крена и с его учетом соответственно, а для схемы с одним газоходом 172, 217 и 344 мм соответственно, что меньше в среднем на 2...4 %.

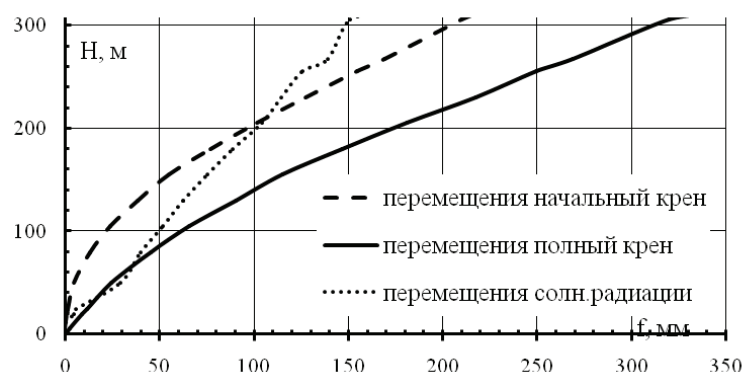


Рисунок 3 – Значения полного крена при проектной схеме работы, а также с учетом начального крена и солнечной радиации.

Значения суммарной продольной силы N_y учетом всех видов нагрузок проектной и действительной схем работы с наветренной и подветренной сторон без учета и с учетом крена представлены на рис. 5 и 6.

В расчетной схеме с одним газоходом (действительная схема работы) наблюдается снижение продольной силы N_y в среднем 4÷7 % по сравнению со схемой с тремя газоходами, а в зонах сопряжения с опорными площадками наблюдается увеличение напряжений до 20 %, и до 27 % на приопорных участках на отс.+20,0 м.

Учет начального крена приводит к некоторому перераспределению напряжений N_y горизонтальных сечениях оболочки: к снижению до 3÷5% с наветренной стороны и приросту с подветренной до 8 % по сравнению со значениями без учета крена (рис. 6).

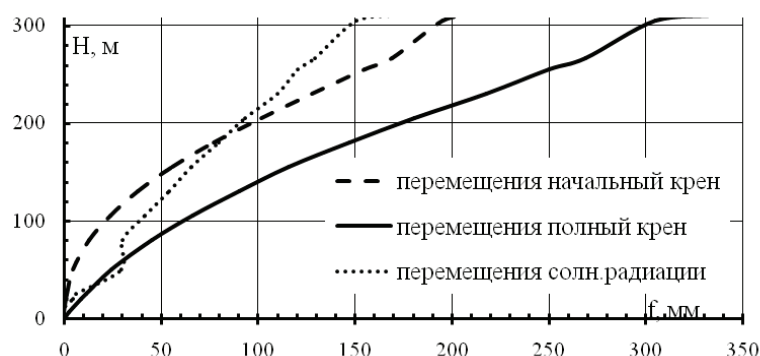


Рисунок 4 – Значения полного крена при действительной схеме работы, а также с учетом начального крена и солнечной радиации.

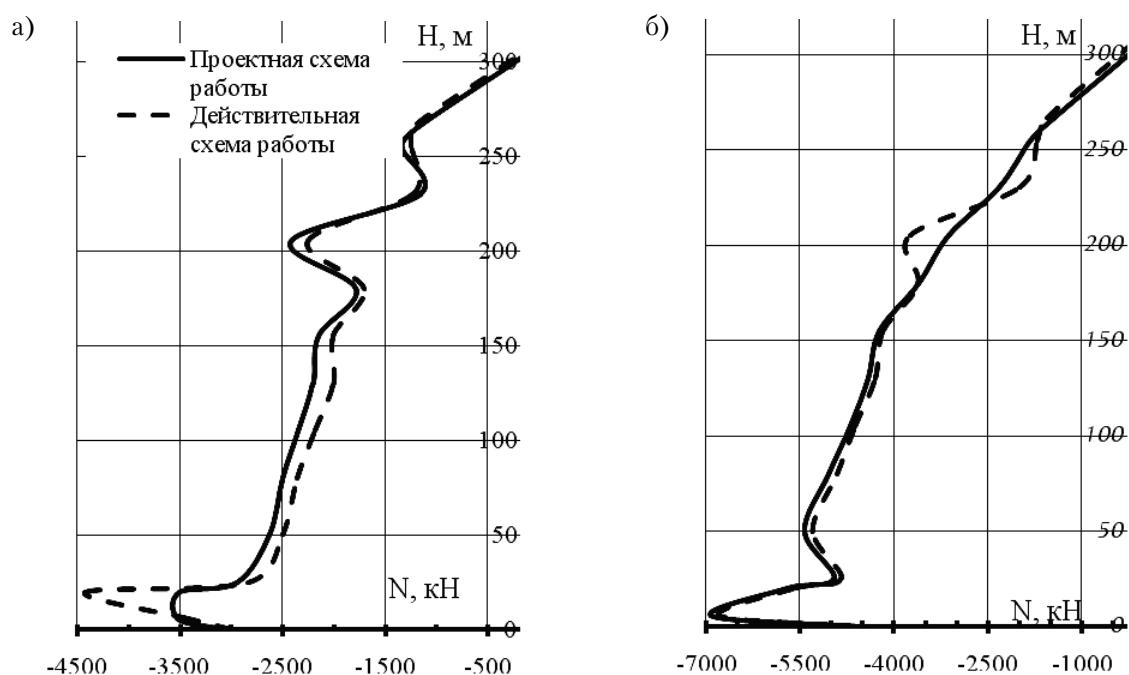


Рисунок 5 – Суммарная продольная сила от всех видов загрузок проектной и действительной схем работы без учета крена: а) с нав. стороны; б) с подв. стороны.

Воздействие солнечной радиации оказывает существенное влияние на НДС оболочки сооружения, вызванные температурным расширением материала при неравномерном нагреве: образуются значительные температурные моменты M_x , которые составляют $-101...131$ кН/м на отм. +6,0 м; $-7,39...60,1$ кН/м на отметке 155,0 м; $-24,0...53,3$ кН/м на отметке 312,5 м; значения дополнительного крена в устье составили 172,0 мм (рис. 3, 4); значения дополнительных продольных сил N_y составили не более -299 кН. Отмечается, что температурные напряжения существенно зависят от толщины стенок оболочки, а также перепада температур с теневой и солнечной сторон по поверхности оболочки.

Расчеты по 1-й и 2-й группам предельных состояний рассчитывались с применением ПК «LIRA», в результате которого получены следующие данные в зоне наибольших напряжений на отм. +20,0 м:

- площадь рабочей вертикальной арматуры для схемы без учета крена не превышает $\varnothing 18$ с шагом 200 мм ($A_s = 23,58$ см²), а кольцевой – $\varnothing 14$ с шагом 200 мм ($A_s = 3,94$ см²), что не превышает проектных значений;

- площадь рабочей вертикальной арматуры для схемы с учетом крена не превышает $\varnothing 18$ с шагом 200 мм ($A_s = 25,99$ см²), а кольцевой – $\varnothing 14$ с шагом 200 мм ($A_s = 7,31$ см²), что не превышает проектных значений;

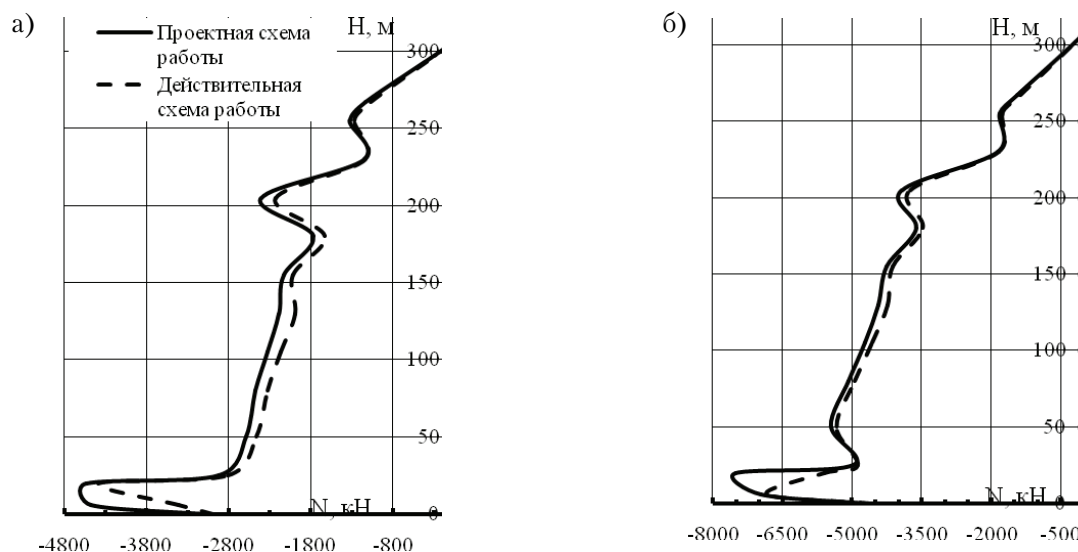


Рисунок 6 – Суммарная продольная сила от всех видов загрузок проектной и действительной схем работы с учетом крена: а) с нав. стороны; б) с подв. стороны.

– площадь рабочей вертикальной арматуры для схемы с учетом крена и воздействием солнечной радиации не превышает $\varnothing 20$ с шагом 200 мм ($A_s = 25,94 \text{ см}^2$), а кольцевой – $\varnothing 16$ с шагом 200 мм ($A_s = 6,61 \text{ см}^2$), что не превышает проектных значений.

ВЫВОДЫ

1. Выполнен анализ НДС дымовой трубы с учетом проектной и действительной схем работы, который показал, что в оболочке с одним газоотводящим стволом полная продольная сила меньше в среднем на 4...7 %, чем в оболочке запроектированной изначально с тремя газоотводящими стволами.
2. Выявлено, что перемещение оси ствола трубы на 2...4 % больше в действительной схеме работы (с одним газоотводящим стволом), чем в проектной.
3. Учет начального крена и солнечной радиации приводит к значительному перераспределению напряжений, а так же полей армирования и приводит к дополнительным перемещениям срединной оси ствола трубы до 172 мм, к увеличению расчетной площади рабочей арматуры в среднем на 9 %, а кольцевой на 40...47 %, по сравнению со значениями без их учета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мустаця, В. Т. Исследования температурного поля и технического состояния дымовой трубы на ТЭЦ-1 г. Кишинева [Текст] / В. Т. Мустаця, Н. А. Бутенко, А. М. Вареник // Proceedings of International Conference «Energy of Moldova – 2012. Regional Aspects of Development», Moldova, Chisinau, 4–6 October, 2012 / Vladimir Berzan, Mihai Tirsu, Mihail Sit. – Chisinau : Typography of Moldova Academy of Sciences, 2012. – С. 135–140.
2. Инструкция по проектированию железобетонных дымовых труб [Текст] / НИИЖБ ; ТЕПЛОПРОЕКТ. – М. : Госстройиздат, 1962. – 54 с.
3. ВСН 286-72. Указания по расчету железобетонных дымовых труб [Текст]. – Введ. 1972-03-01. – М. : ММСС СССР, 1972. – 64 с.
4. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы [Текст]. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84. – Введ. 2011-05-20. – М. : Минрегион России, 2011. – 340 с.
5. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения [Текст]. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. С изменением № 1. – Введ. 2013-01-01. – М. : Минстрой России, 2015. – 163 с.
6. Корсун, В. И. Исследование напряженно-деформированного состояния железобетонных оболочек градирен [Текст] / В. И. Корсун, А. Н. Машенко, Ю. Ю. Калмыков // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. – 2001. – Вип. 2001-5(30) : Будівельні конструкції. Будівлі та споруди. – С. 201–205.
7. Корсун, В. И. Исследование напряженно-деформированного состояния элементов железобетонных сооружений при силовых и температурных воздействиях [Текст] / В. И. Корсун // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. – 2000. – Вип. 2000-1(21) : Будівельні конструкції. Будівлі та споруди. – С. 99–107.

Получено 18.04.2017

Л. Р. ПРАВУК, А. С. ВОЛКОВ, Д. С. ВОЛКОВ
АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ОБОЛОНКИ
ДИМОВОЇ ТРУБИ КІРІШСЬКОЇ ГРЕС З УРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ
ДІЙСНОЇ РОБОТИ СХЕМИ
ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Представлені результати аналізу для порівняння розрахунків залізобетонної оболонки димової труби $H = 320$ м Кірішської ГРЕС з урахуванням дійсної технологічної схеми роботи з одним газовідвідним стовбуром замість трьох. Виявлено вплив початкового крену, вітрового динамічного впливу, сонячної радіації на напруження на вертикальних та горизонтальних перерізах по висоті споруди, а також на деформації крену. Виконано оцінку ступеня впливу різних факторів на міцність і надійність стовбура димової труби.

Ключові слова: димова труба, модальний аналіз, міцність, деформації, сонячна радіація, несуча здатність, надійність.

LIUDMILA PRAVUK, ANDREI VOLKOV, DMITRIY VOLKOV
ANALYSIS OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE SHELL CHIMNEY
KIRISHI POWER PLANT WITH THE FEATURES OF VALID SCHEMES OF
WORK
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. It has been represented results of the comparative analysis of calculations of a shell of reinforced concrete chimney $H = 320$ m Kirishskaya GRES taking into account the actual technological schemes of work with 1 suction trunk instead of 3 the effect of the initial roll, dynamic wind effects and solar radiation on the stresses in the vertical and horizontal sections at the height of the building, as well as on the deformation of the roll. It has been performed assessment of the degree of influence of various factors on the durability of the barrel of the chimney.

Key words: chimney, modal analysis, strength, deformation, solar radiation, bearing capacity, reliability.

Правук Людмила Руслановна – студентка ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: анализ напряженно-деформированного состояния дымовых труб с учетом фактической схемы работы.

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 их модифицированного высокопрочного бетона, оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

Волков Дмитрий Сергеевич – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

Правук Людмила Русланівна – студентка ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: аналіз напружено-деформованого стану димових труб з урахуванням фактичної схеми роботи.

Волков Андрій Сергійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій ДОНУ 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.

Волков Дмитро Сергійович – студент ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: оцінка технічного стану та проектування залізобетонних конструкцій.

Pravuk Liudmila – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: analysis of stress-strain state of chimneys based on the actual circuit operation.

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

Volkov Dmitriy – student, Donbas National Academy of Construction and Architecture. Scientific interests: assessment of technical condition and design of reinforced concrete structures.

УДК 669.14.018.5:621.745.5

Т. Ф. ДОРОШЕНКО, Н. М. СУПРУН, Е. М. КОРОТКАЯ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

РАЗРАБОТКА ПРИРОДООХРАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ПЫЛИ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В статье представлены результаты разработки природоохранной технологии утилизации пыли электросталеплавильного производства с возможностью извлечения металлического цинка непосредственно из газов, отходящих на территории завода. Показана перспективность использования железосодержащей пыли как самостоятельного сырья. Для получения брикетов, обладающих достаточной прочностью, предложено использование вибрационного смешивателя-увлажнителя пыли с плохой смачиваемостью.

Ключевые слова: электросталеплавильное производство, пыль, утилизация, загрязнение окружающей среды, технология переработки пыли.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В мире по-прежнему наблюдается большая потребность в черных металлах. Ежегодно количество производимой стали в мире увеличивается [1]. Так, в 2016 году в Российской Федерации было выплавлено 70 млн т стали, из них около 20 млн т электростали. При этом образование отходов в металлургии привело к возникновению техногенных месторождений.

Образование пыли в дуговых сталеплавильных печах (ДСП) может достигать до 35 кг на 1 т стали. При складировании пыли наносится вред окружающей среде и теряется около: 420 тыс. т/год железа, 280 тыс. т/год цинка и 65 тыс. т/год свинца. Системами пылегазоочистки ежегодно улавливается около 650 тыс. т пыли электросталеплавильного производства. Необходимость снижения пылеобразования и разработки технологии утилизации пыли обусловлена негативным воздействием пыли на окружающую среду и здоровье человека.

В этих условиях необходимо найти пути снижения пылеобразования и использования пыли в качестве вторичного сырья с целью извлечения ценных компонентов, в первую очередь железа, цинка и свинца.

Добыча цинковых руд не успевает обеспечить необходимую в них потребность [2]. В связи с увеличением потребления цинка и свинца все большее предпочтение отдается вторичному сырью и разработкам ресурсосберегающих технологий.

Актуальность работы обусловлена тем, что изучение возможностей утилизации пыли представляет несомненный интерес с точки зрения снижения воздействия на окружающую среду и увеличения ресурсной базы отрасли.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В электросталеплавильном производстве на отечественных заводах наиболее широко применяется мокрый способ очистки газов дуговых печей с использованием труб Вентури, достоинством которого являются малые габариты и незначительные капитальные затраты на их сооружение. Однако этот способ при обеспечении хороших показателей очистки газа обладает весомым недостатком – образованием сточных вод, то есть характеризуется значительными эксплуатационными затратами, связанными с большим расходом воды и необходимостью ее очистки в оборотных и замкнутых циклах водоснабжения.

Для того чтобы улучшить экологические показатели газоочистных устройств и уменьшить эксплуатационные затраты на газоочистку, можно перейти на газоочистное оборудование сухого типа (тканевые или сухие электрофилтры), но при этом сложной проблемой является утилизация уловленной пыли.

В настоящее время в металлургии повысился интерес к использованию вторичных ресурсов [3], в том числе для производства новой продукции [4]. Задача улучшения технологий переработки вторичных ресурсов усложняется переменным составом и свойствами металлургических пыли и шламов [5].

Анализ литературных источников [5–7] показал значительные различия результатов исследований элементного и химического составов пыли ДСП. В пыли могут присутствовать железо – до 65 %, цинк – до 43 % и свинец – до 10 %. Данные по фракционному и гранулометрическому составу также расходятся [7]. Это связано с тем, что формирование пыли зависит от состава шихтовых материалов, технологии и режимов выплавки стали, системы отвода пылегазовых выбросов и их улавливания.

В литературе отсутствует приемлемая методика количественной оценки интенсивности образования пыли в зависимости от технологических параметров. Поэтому для каждого металлургического предприятия приходится определять области использования уловленной пыли, разрабатывать технологии в соответствии с характеристиками образующихся отходов.

Цель работы – разработка природоохранной технологии утилизации пыли ДСП.

По существующей на ГП «ЮМЗ» технологии уловленная электросталеплавильная пыль не утилизируется, а вывозится в отвал и безвозвратно теряется. Это приводит к негативному воздействию на окружающую среду (вторичному загрязнению) и к значительным материальным затратам, так как эту пыль возможно вернуть в производство, снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду и получить экономическую прибыль путем замены первичных шихтовых материалов вторичными.

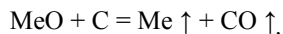
Железосодержащие пыли и шламы электросталеплавильного производства могут быть использованы как самостоятельное сырье при производстве брикетов. В результате исследования процессов брикетирования пыли и мелких руд была показана перспективность использования этого процесса для утилизации рудной мелочи и различных железосодержащих отходов металлургического производства (пыль аглофабрик, колошниковая пыль, электросталеплавильная пыль, промасленная окалина и т. д.) [6–7].

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Предложена природоохранная схема утилизации электросталеплавильной пыли (рисунок 1), по которой возможна добыча металлического цинка непосредственно из газов, отходящих на территории завода, что является экономически выгодным и существенно повысит экологическую безопасность производства.

Шихту (пыль, брикеты, флюс, восстановитель) смешивают в необходимых соотношениях и загружают в электропечь, где происходит расплавление шихты при 1 400–1 500 °С. Величину загрузки и потребляемой электроэнергии строго контролируют. Добавку флюса проводят для снижения температуры плавления шлаков ($\text{CaO}/\text{Si}_2 \sim 1,0\text{--}1,2$).

Расплавленный металл и шлаки собираются на поддоне печи и периодически выпускаются. Проходят следующие реакции:



где $\text{Me} = \text{Zn}, \text{Pb}, \text{Cd}, \text{Fe}$.

Выходящие газы (угарный, пары цинка, кадмия, свинца, пыль) по газоходу поступают в конденсатор – стальную камеру, в нижней части которой находятся расплавленные Zn и Pb при $t = 500\text{--}520$ °С.

Весь объем конденсатора заполнен мелкими капельками металла, которые образуются с помощью погруженного в ванну разбрызгивателя. Газ, проходя через завесу, охлаждается, а пары цинка и свинца конденсируются в конденсаторе как две отдельные жидкие фазы. Из-за большего удельного веса свинец оседает на дне, и его периодически удаляют через летку, цинк выпускают через сифонный порог в сосуд, где происходит контроль его охлаждения и последующее отделение свинца. Далее выходящие газы направляют в камеру дожигания, где происходит дожиг угарного газа до углекислого: $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$.

Затем происходит очистка от пыли в тканевом фильтре. Очищенные газы направляют в атмосферу. Для предотвращения подсоса воздуха рабочий процесс ведут при положительном давлении. Шлаки подвергают грануляции, чтобы исключить влияние токсичных элементов при их дальнейшем использовании.

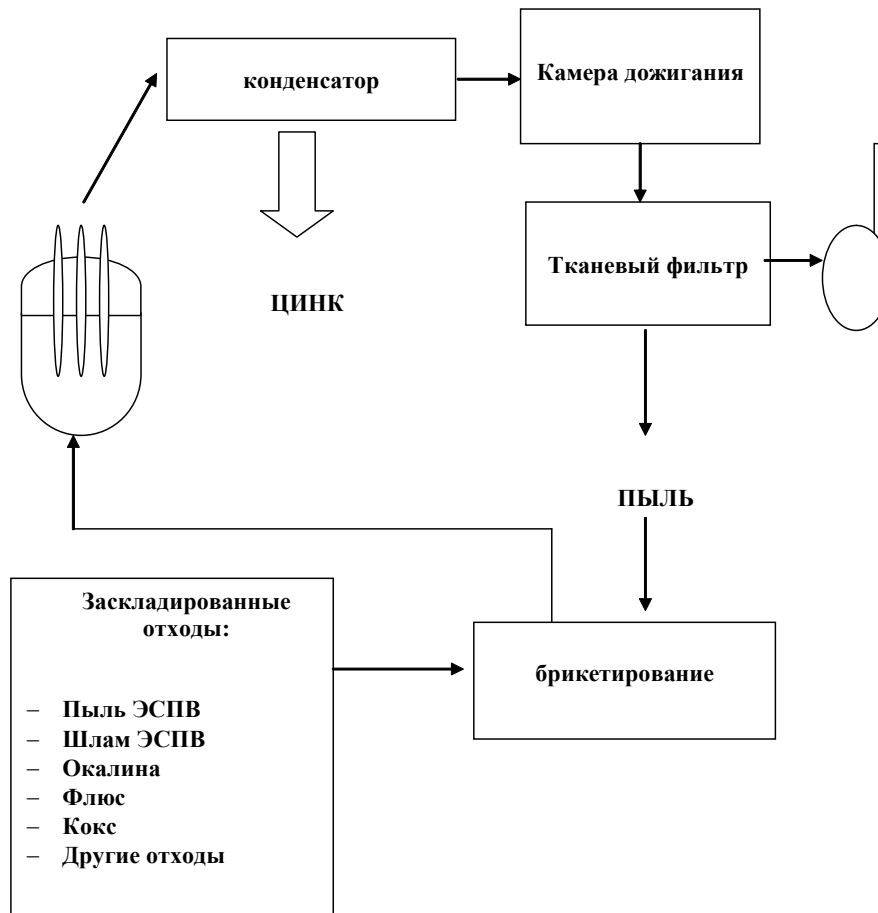


Рисунок 1 – Схема утилизации электросталеплавильной пыли.

Уловленные в сталеплавильных агрегатах пыль и шламы после соответствующей подготовки и окускования подлежат возврату в электросталеплавильный процесс. При этом некоторые ценные легирующие компоненты перейдут снова в электросталеплавильный процесс, а цветные металлы вновь перейдут в пыль, то есть будет организован их рециклинг. Использование пылевыноса в шихте электросталеплавильных печей с помощью технологии рециклинга позволяет обогатить его до более высоких содержаний цветных металлов, так как любая циркуляционная система приводит к накоплению циркулирующего элемента и стабилизации потока, переносящего его на более высоком уровне. Через определенное число циклов, рассчитанное по программе «Zink», происходит насыщение пылевыноса цветными металлами, и его необходимо выводить из цикла для дальнейшей переработки и извлечения металлов. На ГП «ЮМЗ» после 26 циклов содержание цинка равно 15 %. Уловленная пыль в тканевом фильтре направляется на установку брикетирования, где смешивается с заскладированными отходами, такими как кокс, уголь, флюс, окалина, доменные шламы и сталеплавильные шламы.

Поскольку при плохой смачиваемости материалов невозможно получить гранулы или брикеты, обладающие достаточной прочностью, в разработанной технологии предложено использование вибрационного смешивателя-увлажнителя (рисунок 2) для пыли ДСП с плохой смачиваемостью.

Устройство состоит из корпуса (1) с наклонными полками (2). К корпусу жестко прикреплен электромеханический вибратор (3). В верхней части корпуса имеется приемный патрубок (4). Балка (5) жестко соединена с корпусом и удерживает всю конструкцию на пружинах (6). С целью упругой фиксации в вертикальном направлении балка (5) прижимается пружиной (7). Поджатие пружин

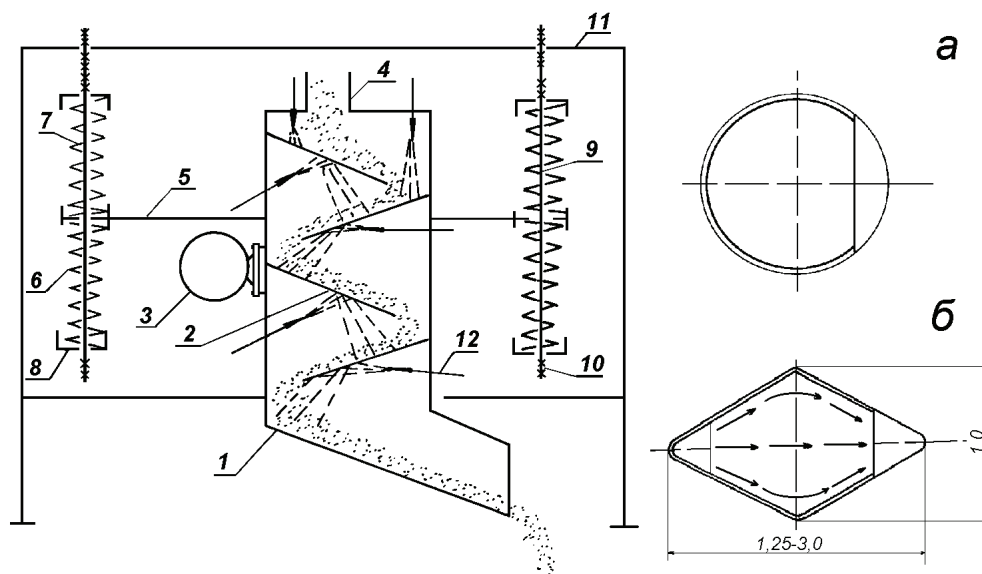


Рисунок 2 – Принципиальная схема установки вибрационного смесителя-увлажнителя пыли: 1 – корпус; 2 – наклонные полки; 3 – электромеханический вибратор; 4 – приемный патрубок; 5 – балка; 6, 7 – пружины; 8 – стаканы; 9 – шпилька; 10 – гайка; 11 – рама.

(6) и (7) производится через стаканы (8) навинчиванием на шпильку (9) гаек (10). Шпилька (9) вставлена в отверстие верхней горизонтальной связи рамы (11) и фиксируется гайками.

Сущность работы вибрационного смесителя-увлажнителя состоит в повышении интенсивности процесса увлажнения за счет образования вибрирующего слоя увлажнителя, подачи на этот слой сыпучего дисперсного материала и их совместной вибрационной обработки. Сухие частицы материала увлажняются плохо, попадая на слой увлажнителя, внедряются под жидкостную пленку не только за счет силы тяжести, а в основном за счет кинетической энергии, сообщаемой частицам материала, которые вибрируют слой увлажнителя (виброкипящий слой).

Для сыпучих материалов, подвергающихся только вибрационному влиянию, переход слоя из состояния виборозжижения к виброкипению зависит не от массы частиц, а от ускорения вибрации поверхности, на которой находится материал. При переходе ускорения критического значения материал отрывается от вибрирующей поверхности и слой переходит в состояние виброкипения, при котором доли подсакивают, сталкиваются друг с другом и делают отраженные броски, вращаются и сталкиваются со стенкой камеры.

Весь слой материала может делать циркуляционное перемещение внутри камеры. Благодаря колебаниям корпуса и полок частицы пыли интенсивно «вбиваются» в виброкипящий слой влаги, за счет чего происходит первый этап увлажнения пыли. Пересыпаясь с полки на полку, расположенные каскадом, смесь сухой пыли, влаги и комочков увлажненной пыли дополнительно перемешиваются. Комочки при этом постоянно разрушаются и вновь образуются, соединяясь с частицами еще не увлажненного материала.

Дополнительная вода подается на поток материала с помощью распыливающих форсунок. Необходимый эффект увлажнения происходит за счет комбинированного способа подачи увлажняющего агента. Более эффективное увлажнение обеспечивается в ромбовидном корпусе, чем в корпусе круглого сечения.

Выход металлов составляет, %: Cr > 90, Ni > 95, Mo > 90, Fe > 85.

Для того чтобы химический процесс происходил при оптимальных условиях, необходимо обеспечить следующее:

- система трубопроводов должна быть герметичной, чтобы избежать образования CO_2 ; при этом соотношение CO/CO_2 должно находиться в пределах 10:1 и более;
- составляющая влажности шихтовых материалов должна быть не менее 2 % (масс.), так как влажность также увеличивает содержание CO_2 , способствует окислению цинка;
- входящие в камеру охлаждения газы имеют температуру порядка 1 100 °C и должны быть быстро охлаждены до температуры менее 550 °C.

Прибыль от использования отходов получают за счет возврата в производство брикетированной пыли и продажи сторонним предприятиям продукции, получаемой из отходов. Результаты расчета экономической эффективности от внедрения предложенной природоохранной технологии утилизации пыли ДСП на ГП «ЮМЗ» (таблица) свидетельствуют об экономической привлекательности данного проекта.

Таким образом, указанная технология в случае использования пыли от производства стали в ДЭСП обеспечит удаление тяжелых металлов и сбор жидкого цинка, образование шлаков, ферросплавов (при использовании легированной пыли) или чугуна (при использовании углеродосодержащей пыли), что положительно влияет на стоимость операции.

ВЫВОДЫ

1. Разработана природоохранная технология утилизации пыли ДСП с возможностью извлечение металлического цинка непосредственно из газов, отходящих на территории завода.

2. Рассчитано число циклов, после чего происходит насыщение пылевывоса цветными металлами и его необходимо выводить из процесса для дальнейшей переработки и извлечения металлов (программа «Zink» – рециркуляция цинка при различных заданных параметрах). На ГП «ЮМЗ» после 26 циклов содержание цинка равно 15 %.

3. Для получения брикетов, обладающих достаточной прочностью, предложено использование вибрационного смесителя-увлажнителя пыли ДСП с плохой смачиваемостью.

4. Рассчитана экономическая эффективность от внедрения технологии утилизации пыли ДСП на ГП «ЮМЗ». ЧДД > 0; индекс доходности > 1; срок окупаемости составляет 1 год и 2 месяца – среднесрочный; внутренняя ставка доходности больше дисконтированной ставки в несколько раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лякишев, Н. П. Электрометаллургия – динамично развивающаяся отрасль сталеплавильного производства [Текст] / Н. П. Лякишев // Черная металлургия. – 2016. – № 12. – С. 12–17.
2. Украинская металлургия: современные вызовы и перспективы развития [Текст] : моногр. / А. И. Амоша, В. И. Большаков, А. А. Минаев [и др.] ; НАН Украины ; Ин-т экономики пром-сти. – Донецк, 2013. – 114 с.
3. Sack, T. J. Установка для обработки пыли, образующейся в электродуговой печи [Текст] / T. J. Sack // Новости черной металлургии за рубежом. – 2001. – № 1. – С. 47.
4. Cartwingt, D. Рециркуляция маслосодержащей окалины и пыли инъекцией в электродуговую печь [Текст] / D. Cartwingt, G. Clayton // Новости черной металлургии за рубежом. – 2001. – № 1. – С. 45–46.
5. Furukawa, T. Разработка энергосберегающей технологии утилизации металлической пыли [Текст] / T. Furukawa, H. Sasamoto, F. Funano // Новости черной металлургии за рубежом. – 2004. – № 3. – С. 26–27.
6. Silva Machada, J. G. M. Characterization study of electric arc furnace dust phases [Текст] / J. G. M. Silva Machada, F. A. Brehm, C. A. M. Moraes [et al] // Materials Research. – 2006. – V. 9, No. 1. – P. 41–45.
7. Silva Machada, J. G. M. Characterization study of electric arc furnace dust phases [Текст] / J. G. M. Silva Machada, F. A. Brehm, C. A. Mendes Moraes // Materials Research. – 2016. – V. 9, No. 1. – P. 41–45.

Получено 20.04.2017

Т. Ф. ДОРОШЕНКО, Н. М. СУПРУН, К. М. КОРОТКА РОЗРОБКА ПРИРОДООХОРОННОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ПИЛУ ЕЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У статті представлені результати розробки природоохоронної технології утилізації пилу електросталеплавильного виробництва з можливістю отримання металевго цинку безпосередньо з газів, що відходять на території заводу. Показана перспективність використання залізо місткого пилу як самостійної сировини. Для отримання брикетів, що мають достатню міцність, запропоновано використання вібраційного змішувача-зволожувача пилу з поганою змочуваністю.

Ключові слова: електросталеплавильне виробництво, пил, утилізація, забруднення навколишнього середовища, технологія перероблення пилу.

TATYANA DOROSHENKO, NADEZHDA SUPRUN, EKATERINA KOROTKAYA
THE DEVELOPMENT OF UTILIZATION'S ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY
OF DUST ELECTRIC STEEL MAKING PRODUCTION

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. It has been represented the results of the development of utilization's environmental technology of dust electric steel making production with the possibility of zinc metal directly from flue gases at the plant. The prospects of using iron-containing dust as an independent raw material have been given. For receiving the pellets with sufficient strength it has been suggested the operation of a vibrating mixer humidifier of dust with poor water-wetting.

Key words: electric steel production, dust, utilization, environmental pollution, recycling technology of dust.

Дорошенко Татьяна Федоровна – кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: переработка и рациональное использование промышленных отходов.

Супрун Надежда Марковна – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: переработка и рациональное использование промышленных отходов.

Короткая Екатерина Михайловна – студент бакалавриата ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: переработка и рациональное использование промышленных отходов.

Дорошенко Тетяна Федорівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри техносферної безпеки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: переробка і раціональне використання промислових відходів.

Супрун Надія Марківна – магістрант ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: переробка і раціональне використання промислових відходів.

Коротка Катерина Михайлівна – студент бакалавріату ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: переробка і раціональне використання промислових відходів.

Doroshenko Tatyana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Safety Technospheric Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: processing and rational use of industrial wastes.

Suprun Nadezhda – Master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: processing and rational use of industrial wastes.

Korotkaya Ekaterina – bachelor's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: processing and rational use of industrial wastes.

УДК 628.356

В. И. НЕЗДОЙМИНОВ, Д. В. ЗАВОРОТНЫЙ, В. С. РОЖКОВ
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОПУСТИМОЙ ПОДАЧИ ЗАТОПЛЕННОЙ ЭРЛИФТНОЙ СИСТЕМЫ АЭРАЦИИ В АЭРОТЕНКЕ-ОСВЕТИТЕЛЕ

Аннотация. Произведен анализ параметров, влияющих на допустимую нагрузку на взвешенный слой аэротенка-осветлителя с затопленной эрлифтной системой аэрации. Представлены результаты экспериментов по определению максимальной интенсивности циркуляции ила, возникающей в результате действия аэрационной системы. Для модели аэротенка-осветлителя получена зависимость максимальной допустимой гидравлической нагрузки от интенсивности циркуляции иловой смеси и соотношения основных размеров сооружения.

Ключевые слова: аэротенк-осветлитель, взвешенный слой, активный ил, затопленный эрлифт, гидравлическая нагрузка.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

При биологической очистке бытовых и производственных сточных вод возникает проблема отделения активного ила от очищенной жидкости. Традиционно используются отстойные сооружения различных конструкций [1]. С точки зрения снижения энергетических затрат на перекачивание возвратного ила и уменьшения занимаемых земельных площадей, наиболее оптимальными считаются аэротенки-отстойники и аэротенки-осветлители. По сравнению с отстаиванием осветление во взвешенном слое позволяет уменьшить объем отстойной части и увеличить гидравлическую нагрузку на отстойник. Основным недостатком осветления посредством фильтрации сквозь взвешенный слой является сложность поддержания постоянной его высоты и пористости. Удержание высоты и пористости в допустимых пределах осуществляется за счет постоянного возврата ила из зоны осветления в зону аэрации. Возврат ила обычно производят с помощью эрлифтов либо других насосов, требующих больших энергозатрат. Этот недостаток устранен в аэротенке-осветлителе с затопленным эрлифтом за счет обновления взвешенного слоя нисходящими потоками жидкости в аэротенке. На функционирование взвешенного слоя оказывают влияние гидродинамические параметры аэротенка, определение которых необходимо для проектирования.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В ДонНАСА разработан аэротенк-осветлитель (рис. 1), который имеет малый объем зоны отстаивания и систему обновления взвешенного слоя, не требующую дополнительного насосного оборудования. Аэротенк-осветлитель состоит из аэротенка 1, зоны осветления 2 и зоны отстаивания 3. Зона отстаивания отделена от аэротенка вертикальной перегородкой 4, снабженной наклонным козырьком 5. За счет затопленной эрлифтной системы аэрации [2] в аэротенке образуется циркуляция: восходящее движение иловой смеси 6 над аэратором 7 и нисходящее движение 8 – за стенкой затопленного эрлифта 9 [3]. Поскольку нисходящий поток ниже уровня низа козырька, можно рассматривать как затопленную турбулентную струю, сечение между нижней кромкой наклонного козырька и стенкой эрлифта является начальным сечением струи. Расход циркулирующей иловой смеси можно выражать через интенсивность циркуляции, отнеся его к площади начального сечения струи. Затопленная струя эжектирует окружающую ее жидкость. В результате эжекции иловая смесь в верхней части зоны осветления движется в сторону струи, а вблизи нисходящего потока аэротенка – вниз [4]. По отношению к нисходящему потоку аэротенка наклонный козырек является плохо обтекаемым

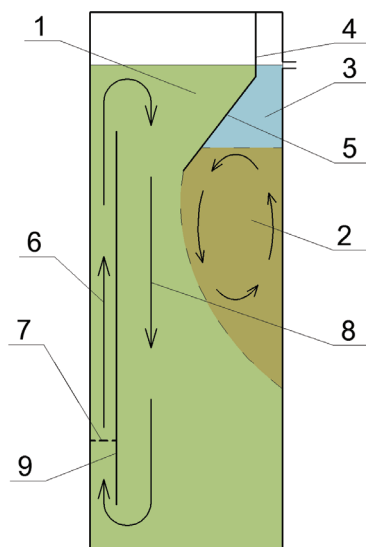


Рисунок 1 – Схема модели аэротенка-осветлителя с затопленной эрлифтной системой аэрации: 1 – аэротенк; 2 – зона освещения; 3 – зона отстаивания; 4 – вертикальная перегородка отстойника; 5 – наклонный козырек; 6 – восходящий поток затопленного эрлифта; 7 – аэратор; 8 – нисходящий поток аэротенка; 9 – ограждающая стенка затопленного эрлифта.

телом. Вблизи наружной стенки в осветлителе возникает восходящий поток с направлением противоположным течению затопленной струи [5]. Восходящий поток поддерживает ил в осветлителе во взвешенном состоянии, а нисходящий поток зоны освещения способствует обмену частиц с нисходящим потоком аэротенка. Такая структура потока обеспечивает поддержку постоянной пористости и высоты взвешенного слоя.

С точки зрения гидродинамики взвешенного слоя, существует максимальная и минимальная допустимые восходящие скорости потока в зоне освещения. При скорости меньше минимальной не происходит псевдооживление слоя частиц ила. Превышение максимального значения восходящей скорости приводит к размыву и разрушению взвешенного слоя. Частицы взвешенного слоя находятся в легкоподвижном состоянии и непрерывно перемешиваются в восходящем потоке жидкости. При этом средняя величина вектора скорости перемещения каждой частицы близка к нулю [6]. В данное время весьма мало изучены геометрические и гидродинамические параметры аэротенка-осветлителя с затопленной эрлифтной системой аэрации, влияющие на параметры взвешенного слоя, в частности – на его устойчивость к гидравлической нагрузке.

ЦЕЛЬ

Исследование влияния интенсивности циркуляции иловой смеси на максимально допустимую гидравлическую нагрузку в отстойнике аэротенка-осветлителя с затопленной эрлифтной системой аэрации.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для выполнения поставленной цели были проведены эксперименты на установке модели аэротенка-осветлителя (рис. 1) объемом 6,5 л. Схема экспериментальной установки приведена на рисунке 2. Для повышения точности определения расхода циркулирующей в аэротенке 6 жидкости, подача затопленного эрлифта имитировалась вихревым насосом 2. Вертикальная перегородка 4, оборудованная козырьком 5, разделяла аэротенк на части с восходящим и нисходящим направлениями движения иловой смеси. Подача вихревого насоса, равная расходу циркулирующей в аэротенке жидкости, измерялась водомером 1. Прикрепленная к стенке 4 отбойная перегородка 3 предотвращала неравномерность скоростей нисходящего потока аэротенка в начальном сечении струи. Осветленная жидкость отводилась трубкой 7 в емкость 10. Гидравлическая нагрузка на отстойник 8 обеспечивалась дополнительным насосом 9, подача которого измерялась объемным методом. Опыты проводились при концентрации активного ила в аэротенке $a_1 \approx 6$ г/л и иловом индексе $I \approx 100$ мл/г.

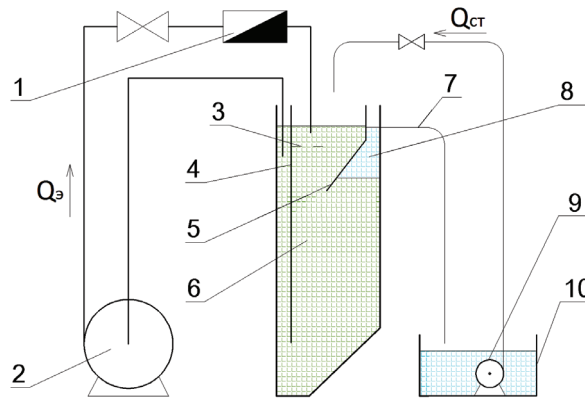


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки: 1 – водомер; 2 – вихревой насос; 3 – отбойная перегородка; 4 – стенка затопленного эрлифта; 5 – наклонный козырек; 6 – аэротенк с иловой смесью; 7 – трубка отвода осветленной жидкости; 8 – отстойник с осветленной жидкостью; 9 – погружной насос; 10 – емкость с осветленной жидкостью.

Опыты проводились при различном соотношении j :

$$j = \omega_{\text{нисх}} / \omega_{\text{осв}}, \quad (1)$$

где $\omega_{\text{нисх}}$ – начальное сечение затопленной струи, м^2 ;
 $\omega_{\text{осв}}$ – площадь горизонтального сечения зоны осветлителя на уровне нижней кромки наклонного козырька, м^2 .

Величина начального сечения струи влияет на количество энергии, передаваемой от потока жидкости в аэротенке к жидкости, которая циркулирует в зоне осветления. Площадь зоны осветления влияет на гидравлическую нагрузку во взвешенном слое.

В процессе проведения опытов определялись: гидравлическая нагрузка на зеркало отстойника $q_{\text{гидр}}$ и интенсивность циркуляции $I_{\text{ц}}$:

$$q_{\text{гидр}} = Q_{\text{ст}} / \omega_{\text{отст}}, \quad (2)$$

$$I_{\text{ц}} = Q_{\text{э}} / (\omega_{\text{нисх}}), \quad (3)$$

где $Q_{\text{ст}}$ – расход жидкости в аэромете-осветителе, $\text{м}^3/\text{ч}$;
 $\omega_{\text{отст}}$ – площадь зеркала отстойника, м^2 ;
 $Q_{\text{э}}$ – расход циркулирующей в аэротенке иловой смеси, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Максимальной допустимой гидравлической нагрузкой в опытах считалось такое ее значение, превышение которого приводило к росту высоты взвешенного слоя и выносу ила из сооружения. Полученные в процессе эксперимента данные приведены на рисунке 3.

Данные рис. 3 свидетельствуют о том, что с увеличением интенсивности циркуляции уменьшается максимальная допустимая гидравлическая нагрузка. Повышение интенсивности циркуляции, ввиду более качественного перемешивания активного ила, снижает неравномерность концентрации ила в объеме аэротенка и усиливает циркуляцию в осветлителе. Чем интенсивнее вращение ила в циркуляционной зоне, тем меньше пористость взвешенного слоя. Высокая концентрация активного ила в верхних слоях осветлителя ухудшает условия стесненного осаждения, а следовательно, допустимую производительность аэротенка-отстойника. С другой стороны, при малых расходах циркулирующей в аэротенке жидкости под козырьком не образуется взвешенный слой, становится заметной разница концентраций ила по высоте аэротенка-осветлителя. В таких условиях ил не выносятся из осветлителя при весьма значительных расходах очищаемой жидкости. Допустимая гидравлическая нагрузка, не размывающая взвешенный слой, достигает весьма высоких значений. Однако в условиях недостаточного перемешивания активного ила в аэротенке и отсутствия взвешенного слоя невозможно осуществление аэробной биологической очистки.

Зависимость максимальной нагрузки от интенсивности циркуляции носит степенной характер. Максимальная допустимая нагрузка на зеркало отстойника при $j = 0,316$ описывается эмпирическим

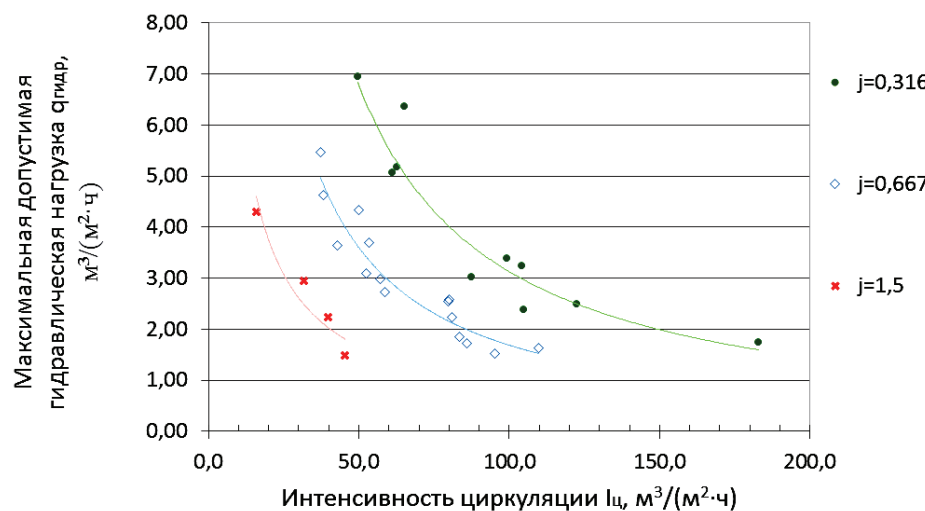


Рисунок 3 – Зависимость максимальной допустимой гидравлической нагрузки в отстойнике в зависимости от интенсивности циркуляции и соотношения j .

уравнением 4 (с величиной достоверности аппроксимации $R^2 = 0,915$), при $j = 0,667$ – уравнением 5 (с $R^2 = 0,898$) и при $j = 1,5$ – уравнением 6 (с $R^2 = 0,869$).

$$q_{\text{гидр}} = 533,6 / I_{\text{ц}}^{1,116}; \quad (4)$$

$$q_{\text{гидр}} = 260,8 / I_{\text{ц}}^{1,095}; \quad (5)$$

$$q_{\text{гидр}} = 54,09 / I_{\text{ц}}^{0,891}. \quad (6)$$

Для получения зависимости интенсивности циркуляции от гидравлической нагрузки на зеркало отстойника, учитывающей влияние соотношения j , экспериментальные данные были обработаны в программе DataFit. Уравнение расчета максимальной допустимой гидравлической нагрузки приняло вид:

$$q_{\text{гидр}} = \frac{138,3}{I_{\text{ц}}^{1,039} \cdot j^{0,897}} \quad (7)$$

На рисунке 4 представлен трехмерный график функции $I_{\text{ц}} = f(q_{\text{гидр}}; j)$. Коэффициент множественной детерминации $R^2 = 0,883$, что свидетельствует о достаточной сходимости уравнения 7 с эмпирическими данными.

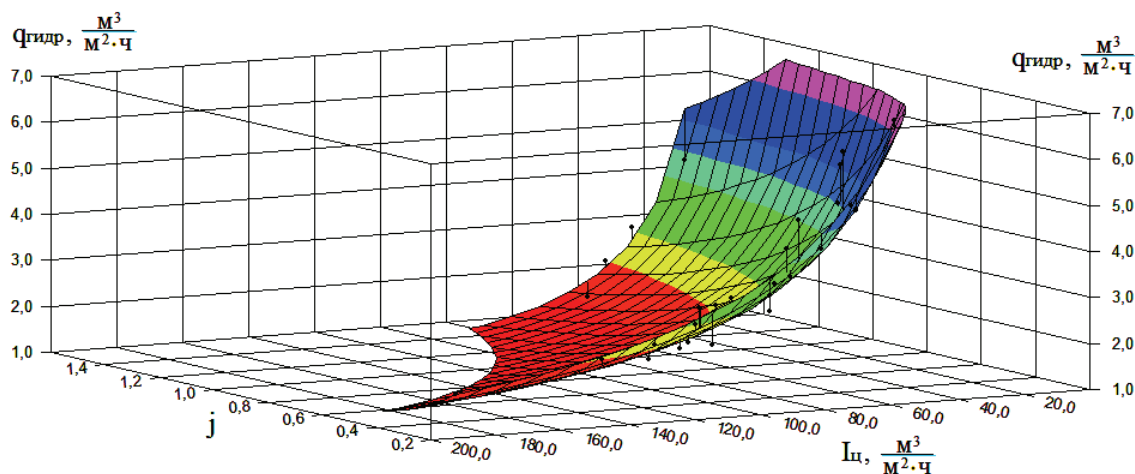


Рисунок 4 – График зависимости максимальной допустимой интенсивности циркуляции от гидравлической нагрузки на зеркало отстойника и соотношения j .

Полученные данные указывают на обратно пропорциональную зависимость максимально допустимой нагрузки от интенсивности циркуляции. Увеличение площади начального сечения струи по отношению к общей площади аэротенка-осветлителя негативно сказывается на устойчивости взвешенного слоя.

ВЫВОДЫ

1. Поддержание взвешенного слоя в аэротенке-осветлителе с затопленной эрлифтной системой аэрации осуществляется за счет циркуляции в зоне осветления. Циркуляция в осветлителе напрямую связана с подачей затопленного эрлифта.

2. Максимальная допустимая гидравлическая нагрузка на отстойник снижается при увеличении интенсивности циркуляции в аэротенке и при увеличении зазора между нижней кромкой наклонного козырька и стенкой затопленного эрлифта. Производительность затопленной эрлифтной системы аэрации должна ограничиваться во избежание инерционного выноса частиц ила в зону отстаивания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Research of processes of a deep aerobic mineralization of activated sludge [Электронный ресурс] / V. Nezdoimov, V. Ziatina, V. Rozhkov, D. Nemova // Procedia Engineering. – 2015. – Т. 117. – С. 1027–1032. – Режим доступа : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815018676>.
2. Нездойминов, В. И. Гидродинамическая модель работы аэротенка с затопленной эрлифтной системой аэрации [Текст] / В. И. Нездойминов, В. С. Рожков // Коммунальное хозяйство городов. – 2010. – № 93. – С. 353–358.
3. Заворотный, Д. В. Обеспечение циркуляции иловой смеси в аэротенках-отстойниках со взвешенным слоем [Текст] / Д. В. Заворотный, А. В. Жибоедов // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2016. – Вып. 2016-3(119) : Здания и сооружения с применением новых материалов и технологий. – С. 186–189.
4. Нездойминов, В. И. Аэротенк-отстойник с обновляющимся взвешенным слоем [Текст] / В. И. Нездойминов, Д. В. Заворотный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2016. – Вып. 2016-5(121) : Инженерные системы и техногенная безопасность. – С. 15–19.
5. Абрамович, Г. Н. Теория турбулентных струй [Текст] / Г. Н. Абрамович – М. : Физматгиз, 1960 – 715 с.
6. Чернышев, В. Н. Исследование илоотделения во взвешенном слое осадка в условиях повышенных концентраций активного ила [Электронный ресурс] / В. Н. Чернышев, В. И. Зятин // Науковий вісник будівництва. – 2014. – № 1. – С. 95–100. – Режим доступа : http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvb_2014_1_25.

Получено 24.04.2017

В. І. НЕЗДОЙМІНОВ, Д. В. ЗАВОРОТНИЙ, В. С. РОЖКОВ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОПУСТИМОЇ ПОДАЧІ ЗАТОПЛЕНОЇ ЕРЛІФТНОЇ СИСТЕМИ АЕРАЦІЇ В АЕРОТЕНКУ-ОСВІТЛЮВАЧІ ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. Виконано аналіз параметрів, які впливають на допустиме навантаження на завислий шар аеротенка-освітлювача з затопленою ерліфтною системою аерації. Представлено результати експериментів з визначення максимальної інтенсивності циркуляції мулу, яка виникає внаслідок дії аераційної системи. Для моделі аеротенка-освітлювача отримана залежність максимального допустимого гідравлічного навантаження від інтенсивності циркуляції мулової суміші та співвідношення основних розмірів споруди.

Ключові слова: аеротенк-освітлювач, завислий шар, активний мул, затоплений ерліфт, гідравлічне навантаження.

VIKTOR NEZDOYMINOV, DMITRY ZAVOROTNYI, VITALY ROZHKOVA RESEARCH OF AN PERMISSIBLE SUPPLY OF AIRLIFT SUBMERGED AERATION SYSTEM IN THE AERATOR-CLARIFIER UNIT Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The analysis of the parameters influencing on the permissible load on a balanced layer of the aerator-clarifier with a flooded airlift aeration system has been carried out. The results of experiments of determination

of the maximum intensity of sludge circulation, arising as a result of the action of the aeration system have been presented. The relation of the maximum permissible hydraulic load of the circulation intensity of the sludge mixture and the ratio of the main dimensions of the structure has been obtained for the aerator-clarifier model.

Key words: aerator-clarifier unit, balanced layer, activated sludge, submerged airlift, hydraulic load.

Нездойминов Виктор Иванович – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: биологическая очистка сточных вод.

Заворотный Дмитрий Викторович – аспирант кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: водоотведение, механика жидкости и газа.

Рожков Виталий Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: моделирование биохимических процессов в очистке сточных вод, системы оборотного водоснабжения, очистка сточных вод от биогенных элементов.

Нездойминов Віктор Іванович – доктор технічних наук, професор; завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: біологічна очистка стічних вод.

Заворотний Дмитро Вікторович – аспірант кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: водовідведення, механіка рідини та газу.

Рожков Віталій Сергійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: моделювання біохімічних процесів в очищенні стічних вод, системи оборотного водопостачання, очищення стічних вод від біогенних елементів.

Nezdoyminov Viktor – D. Sc. (Eng.), Professor; Head of Water Supply, Sanitation and Water Conservation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: biological treatment of wastewater.

Zavorotnyi Dmitry – postgraduate student, Water Supply, Sanitation and Water Conservation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: sewerage, mechanics of fluids.

Rozhkov Vitaly – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Head of Water Supply, Sanitation and Water Conservation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: modeling of biochemical processes in sewage treatment, water recycling system, waste water from nutrients.

УДК 624.131.23

А. В. ПИСАРЕНКО, В. В. ЯРКИН

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ, ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩЕГО С ПРОСАДОЧНЫМ ОСНОВАНИЕМ ПРИ ЕГО ЧАСТИЧНОМ ЗАКРЕПЛЕНИИ

Аннотация. В статье исследовано влияние частичного закрепления просадочного грунта на коэффициент жесткости основания и напряженно-деформированное состояние (НДС) конструкций, взаимодействующих с деформируемым основанием. Представлены результаты определения НДС фрагмента бескаркасного здания при различных схемах изменения жесткости основания в плане и выполнен их анализ с определением оптимальной схемы, обеспечивающей допустимый уровень дополнительных усилий, возникающих в строительных конструкциях при реализации остаточных просадочных свойств грунта.

Ключевые слова: просадочные грунты, коэффициент жесткости основания, взаимодействие с деформируемым основанием.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Просадочные грунты широко распространены на территории России и Украины. При этом неравномерность деформаций основания при реализации просадочных свойств грунта, как правило, требует применения мероприятий, обеспечивающих нормальные условия эксплуатации строительных объектов. Деформации зданий, возведенных на просадочных грунтах, зачастую связаны с ошибками проектирования, когда нагрузки на грунты определены без учета их просадочности, и могут привести к развитию неравномерных осадок фундаментов, в том числе зданий и сооружений в целом [1, 2]. В соответствии с действующими нормативными документами [3, 4] одним из приоритетных направлений защиты зданий на просадочных грунтах является устранение просадочных свойств грунта путем его уплотнения, закрепления и т. д. В то же время в ряде случаев для обеспечения допустимых значений неравномерных деформаций основания достаточно выполнить частичное устранение просадочных свойств в плане либо по глубине просадочной толщи.

ЦЕЛЬ СТАТЬИ

Исследовать возможность снижения дополнительных усилий в конструкциях зданий, эксплуатируемых на просадочных грунтах, путем изменения жесткости основания за счет частичного закрепления просадочного грунта.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Наиболее эффективно применение частичного закрепления просадочного грунта в ситуациях, когда инженерно-геологические условия и конструктивное решение здания способствуют возникновению существенных неравномерных деформаций основания как при относительно равномерном замачивании основания, так и при отсутствии замачивания.

Примером неблагоприятного сочетания инженерно-геологических условий и неудачного конструктивного решения может служить здание школы № 3 в г. Мариуполе. Здание представляет собой трехэтажное бескаркасное здание сложной формы в плане. Несмотря на большую протяженность здания > 70 м и сложную форму в плане в здании отсутствуют деформационные швы. При этом в

связи с большим перепадом рельефа фундаменты имеют различную глубину заложения, в результате чего на небольшом участке они полностью прорезают просадочную толщу (рис. 1). На остальных участках мощность просадочного слоя (ИГЭ-3) под подошвой фундамента изменяется от 0 до 1,2 м. Площадка относится к I типу по просадочности, так как просадки от собственного веса грунта отсутствуют.

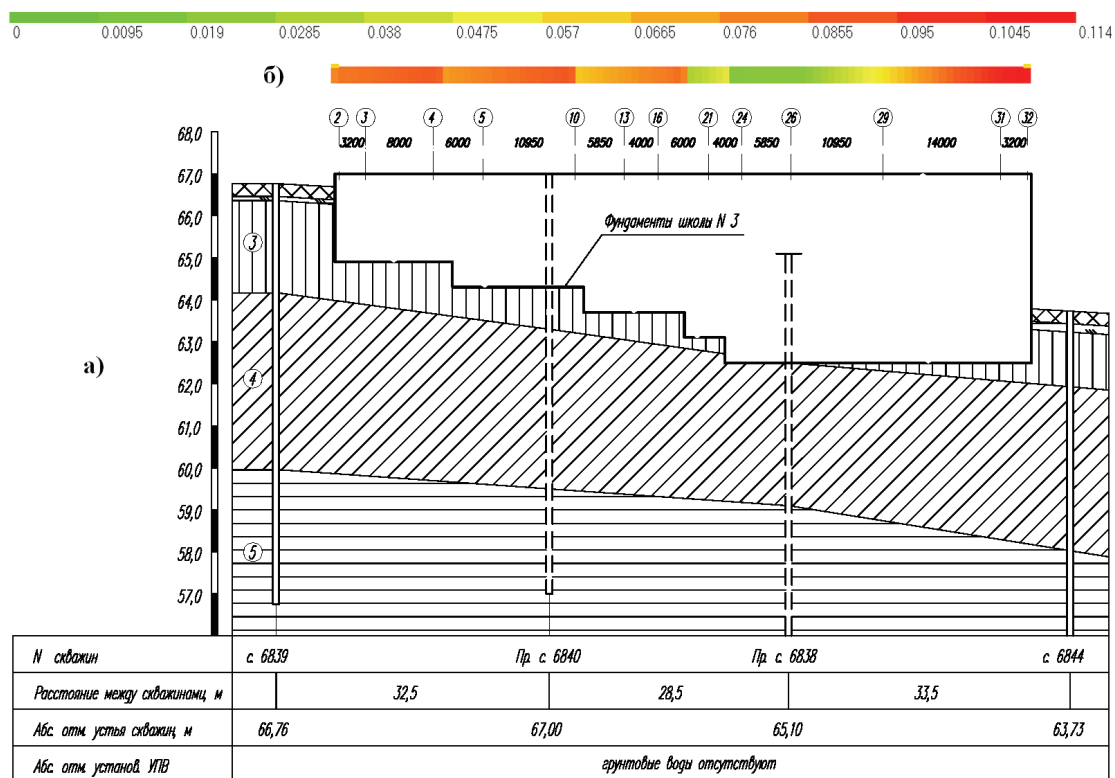


Рисунок 1 – Инженерно-геологический разрез: а) инженерно-геологический разрез вдоль главного фасада школы; б) изополя вертикальных деформаций основания по длине фундамента.

Так как бескаркасное здание школы с кирпичными стенами построено без мер защиты от неравномерных деформаций основания в соответствии с [5, 6] предельные деформации основания для него составляют:

- максимальная осадка – 12 см;
- относительная неравномерность осадок – 0,002.

Максимальные вертикальные деформации основания с учетом просадок от внешней нагрузки составляют 11,4 см и не превышают предельно допустимого значения, однако неравномерность деформаций по длине ленточных фундаментов существенно превышает предельно допустимые значения (рис. 1).

При этом несмотря на небольшую величину просадочных деформаций и даже при равномерном замачивании просадочных грунтов происходит резкая концентрация дополнительных усилий, сопровождающаяся разломом в стенах над участком фундамента, опирающегося на непросадочные грунты.

В данной работе на примере здания школы № 3 в г. Мариуполе исследовалась возможность снижения дополнительных усилий в конструкциях путем изменения жесткости основания за счет частичного закрепления просадочного грунта. При этом решались следующие задачи:

- определение влияния частичного закрепления просадочного грунта по глубине на коэффициент жесткости основания;
- подбор оптимальной схемы изменения жесткости основания в плане, обеспечивающей допустимый уровень неравномерных деформаций основания и соответственно дополнительных усилий, возникающих в строительных конструкциях.

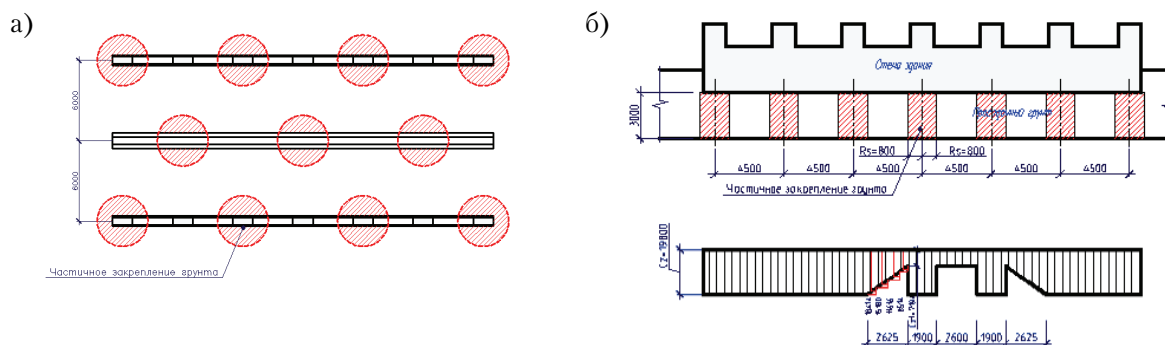


Рисунок 3 – Расчетная схема частичного (прерывистого) закрепления просадочного грунта на фрагменте здания:
а) в плане; б) в разрезе.

Участки закрепленного просадочного грунта моделировались соответствующим изменением коэффициента жесткости основания, определенного по формуле 2.

Деформационные характеристики закрепленного грунта определялись в соответствии со стандартной методикой [11].

Частичное закрепление просадочного основания по высоте моделировалось изменением процентного отношения просадочного и закрепленного слоя в пределах толщи просадочного грунта (от подошвы фундамента до конца просадочной толщи) (рис. 4).

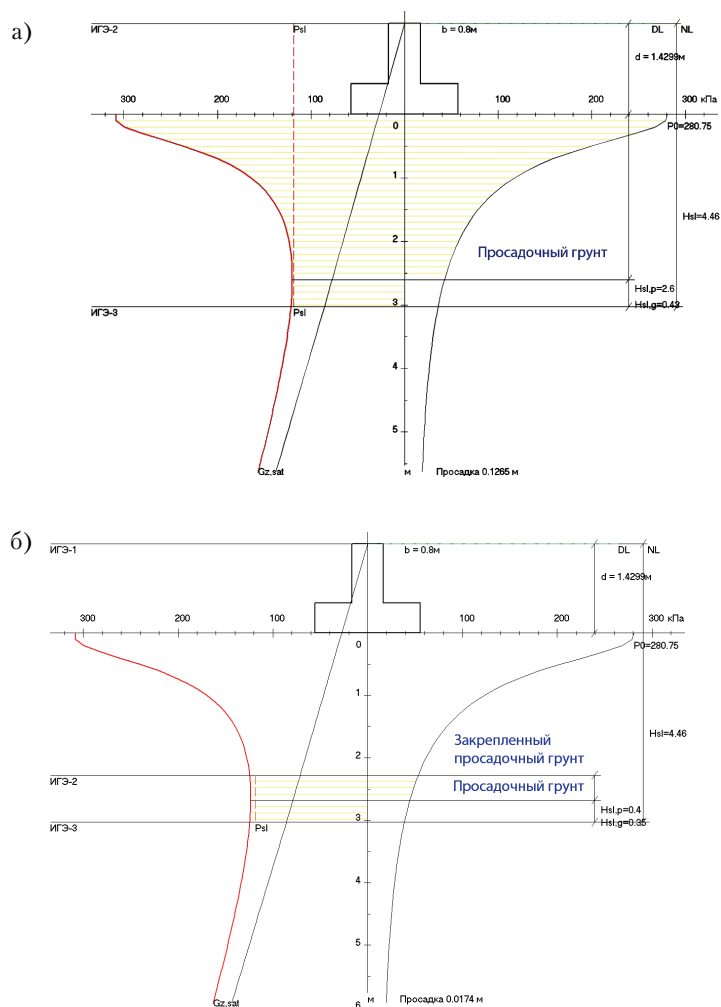


Рисунок 4 – Расчетная схема для определения просадки под элементом фундамента № 3: а) без закрепления основания; б) с частичным закреплением на 75 % от просадочной толщи.

Для детального анализа НДС конструкций зданий были выбраны расчетные сечения для оценки полей напряжений и точки для оценки деформаций (рис. 5).

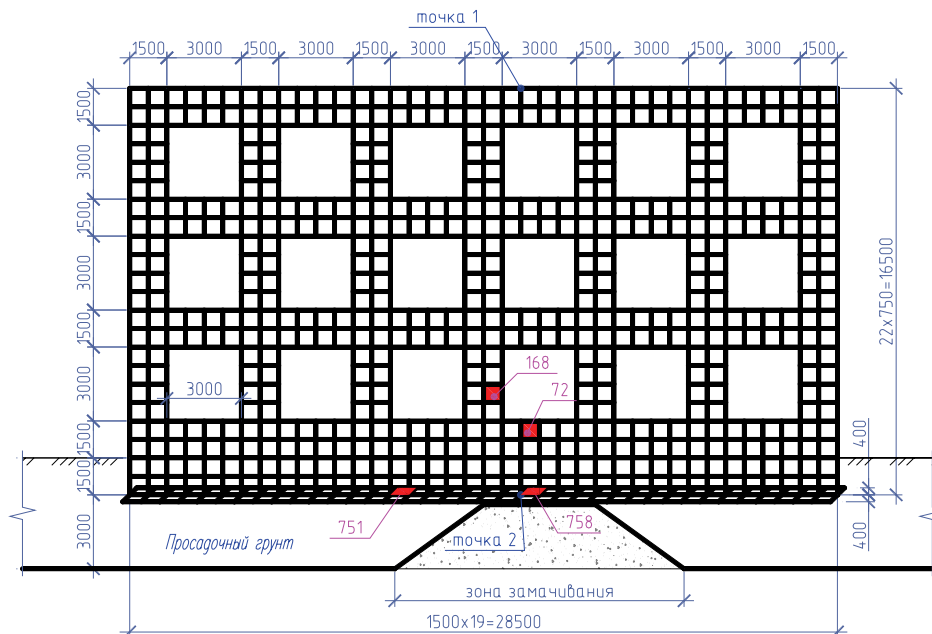


Рисунок 5 – Фрагмент крайней стены с расчетными сечениями для анализа НДС при просадке посередине (схема 2а).

Для анализа НДС конструкций были выбраны сечения по фундаментам крайней стены посередине зоны замачивания (конечный элемент 758), а также по предполагаемо наиболее нагруженным участкам стены в простенке (конечный элемент 168) и под максимальной просадкой под окном (конечный элемент 72). Для оценки перемещений были выбраны точки 1 и 2 как наиболее подверженные перемещениям под участком максимальной просадки на верху стены и по фундаменту соответственно.

Решая экспоненциальные уравнения для условия $S + S_{sl} < S_u = 12$ см как достаточное, получаем следующие данные (табл.).

Таблица – Зависимость коэффициента жесткости от процента закрепления основания

№ элемента фундамента	Необходимый процент закрепления основания, %	Достаточный коэффициент жесткости, кН/м ³
3	31,94	3 948
103	7,32	2 782
167	41,26	3 988

По полученным данным были построены зависимости осадок просадок ($S + S_{sp}$, м) и коэффициента жесткости основания (C_z , кН/м³) от частичного закрепления основания (рис. 6). Графики имеют экспоненциальную зависимость просадки от процента усиления основания. При этом значительные уменьшения просадок наблюдается при закреплении до 50 % основания, при дальнейшем закреплении уменьшение просадок незначительно.

Изменение коэффициентов жесткости основания при частичном закреплении происходит по экспоненциальной зависимости. При этом для крайних элементов фундаментов (3 и 167) имеют практически одинаковый степенной показатель 0,0222 и 0,0223. Для среднего фундамента экспоненциальная кривая более пологая ввиду меньшего давления под подошвой фундамента. При этом до усиления 50 % наблюдаем незначительное увеличение коэффициента жесткости – на 17 % и при усилении от 75 до 100 % наблюдается увеличение на 50 %.

Таким образом, для фундаментов среднего ряда требуемый коэффициент жесткости основания для выполнения условий просадки можно записать как:

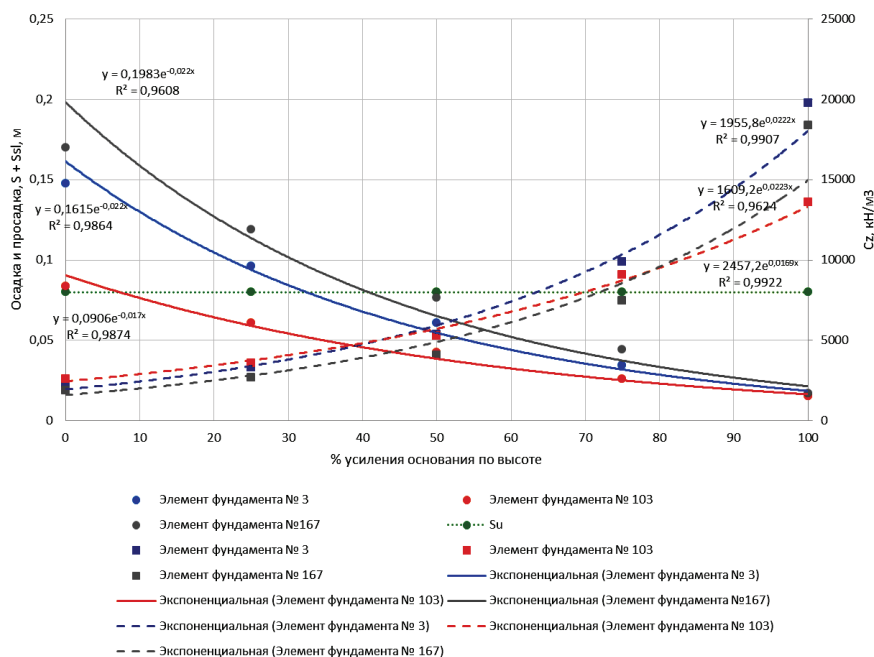


Рисунок 6 – Изменение коэффициента жесткости основания C_z и изменения осадки и просадки для расчетных фундаментов при различных значениях закрепления основания.

$$C_{z,sr} = 2457,2 \cdot e^{-0,017 \frac{\ln \frac{Su}{0,0906}}{0,017}}. \quad (3)$$

Упростив выражение, получим:

$$C_{z,sr} = \frac{222,62}{Su}, \text{ кН/м}^3, \quad (4)$$

где Su – предельное значение осадки и просадки здания для сооружения, см.

Для крайнего ряда по элементу фундамента № 3:

$$C_{z,sr} = 1955,8 \cdot e^{-0,022 \frac{\ln \frac{Su}{0,1615}}{0,022}}. \quad (5)$$

$$C_{z,sr} = \frac{315,86}{Su}, \text{ кН/м}^3. \quad (6)$$

Для крайнего ряда по элементу фундамента №167:

$$C_{z,kr2} = 1609,2 \cdot e^{-0,022 \frac{\ln \frac{Su}{0,1983}}{0,022}}. \quad (7)$$

$$C_{z,kr2} = \frac{319,10}{Su}, \text{ кН/м}^3. \quad (8)$$

ВЫВОДЫ

1. Выполнено моделирование свойств и получены характеристики частично закрепленного основания, по которым была смоделирована работа существующего трехэтажного здания школы и определены НДС его конструкций при частичном закреплении основания.

2. При усилении основания существующего здания оценка необходимого процента закрепления основания производится исходя из фактических значений усилий либо деформаций, которые конструкция способна воспринять. Зная допустимые значения усилий или деформаций в конструкциях здания по принятым формулам или графически, можно определить требуемый процент закрепления просадочного грунта.

3. При проектировании нового здания процент частичного закрепления следует определять исходя из технико-экономического обоснования по расходу материалов на конструкции и на усиление основания.

4. Выполнение прерывистого закрепления позволит обойтись без технологических перерывов, существенно уменьшить количество точек инъектирования и расход материалов.

5. Предложенная методика расчета НДС конструкции на частичнозакрепленном просадочном основании позволяет определить % частичного закрепления грунта и схему закрепления, позволяющие снизить дополнительные усилия (напряжения) от просадочных деформаций в конструкциях до допустимых значений, при которых не происходит нарушение их эксплуатационной пригодности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Prognosis of foundations under the load increasing in time and cyclic [Текст] / V. B. Shvets, V. G. Shapoval, S. P. Candzuba, S. O. Popovichenko // Theoretical Foundations in Civil Engineering. – 2007. – № 15. – P. 479–488.
2. Massarsch, K. R. Deformation properties of fine-grained soils from seismic tests [Текст] / K. R. Massarsch // Geotechnical and Geophysical Site Characterization : Proceedings of the Second International Conference on Site Characterization, ISC-2, Porto, Portugal, September 19–22, 2004. Volume 1. Keynote lectures / Editors: A. Viana Da Fonseca, P. W. Mayne. – Rotterdam : Millpress, 2004. – P. 133–146.
3. СП 21.13330.2012. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах [Текст]. Актуализированная редакция СНиП 2.01.09-91. – Введ. 2013-01-01. – М. : Минрегион России, 2012. – 73 с.
4. ДБН В.1.1-5-2000. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих грунтах. Частина 1. Будинки і споруди на підроблюваних територіях [Текст]. – На заміну СНиП 2.01.09-91, РСН 227-88, РСН 232-88, РСН 297-78, РСН 340-86, РСН 349-88 ; введені в дію з 1 липня 2000 р. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2000. – 67 с.
5. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* [Текст]. – Введ. 2011-05-20. – М. : Минрегион России, 2011. – 161 с.
6. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування [Текст]. – Введено вперше зі скасуванням на території України СНиП 2.02.01-83 ; чинні від 2009-07-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 107 с.
7. Програмный комплекс ЛИРА-САПР. 2013 [Текст] : Учебное пособие / Д. А. Городецкий, М. С. Барабаш, Р. Ю. Водопьянов, В. П. Титок, А. Е. Артамонова ; Под редакцией академика РААСН А. С. Городецкого. – К. ; М. : Электронное издание, 2013. – 376 с.
8. Клепиков, С. Н. Расчет сооружений на деформируемом основании [Текст] / С. Н. Клепиков. – К. : НИИСК, 1996. – 204 с.
9. Трегуб, А. С. Расчет зданий и сооружений на просадочных грунтах [Текст] / А. С. Трегуб, С. Н. Клепиков. – К. : Будівельник, 1987. – 200 с.
10. Крутов, В. И. Основания и фундаменты на просадочных грунтах [Текст] / В. И. Крутов. – К. : Будівельник, 1982. – 224 с.
11. ДСТУ Б В.2.1-4-96 (ГОСТ 12248-96). Грунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності та деформованості [Текст]. – На заміну ГОСТ 12248-78, ГОСТ 17245-79, ГОСТ 23908-79, ГОСТ 24586-90, ГОСТ 25585-83, ГОСТ 26518-85 ; чинний з 1997-04-01. – К. : Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – 102 с.

Получено 29.04.2017

А. В. ПИСАРЕНКО, В. В. ЯРКІН ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЛІ, ЩО ВЗАЄМОДІЄ З ПРОСАДНОЮ ОСНОВОЮ ПРИ ЇЇ ЧАСТКОВОМУ ЗАКРІПЛЕННІ ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У статті досліджено вплив часткового закріплення просадного ґрунту на коефіцієнт жорсткості основи і напружено-деформований стан (НДС) конструкцій, що взаємодіють з деформувальною основою. Представлено результати визначення ПДВ фрагмента безкаркасної будівлі при різних схемах зміни жорсткості основи в плані і виконано їх аналіз з визначенням оптимальної схеми, які забезпечує допустимий рівень додаткових зусиль, що виникають в будівельних конструкціях при реалізації залишкових просадних властивостей ґрунту.

Ключові слова: просадні ґрунти, коефіцієнт жорсткості основи, взаємодія з деформувальною основою.

ANASTASIA PISARENKO, VIKTOR IARKIN
NUMERICAL STUDY OF THE STRESS-STRAIN STATE OF BUILDING
STRUCTURES INTERACTING WITH A SUBSIDENCE BASE WITH ITS
PARTIAL FIXATION

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The influence of partial consolidation of subsidence ground on the coefficient of rigidity of the base and the stress-strain state (VAT) of structures interacting with the deformable base has been investigated in the article. The results of determining the VAT of the frameless building fragment under different schemes of base rigidity change in the plan have been presented and their analysis has been performed with the determination of the optimal scheme ensuring the permissible level of additional forces arising in the construction structures when residual subsidence properties have been realized.

Key words: subsidence grounds, coefficient of rigidity of the base, interaction with deformable base.

Писаренко Анастасия Валериевна – ассистент кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование напряженно-деформируемого состояния зданий и сооружений на просадочных грунтах.

Яркин Виктор Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры оснований, фундаментов и подземных сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: взаимодействие зданий и сооружений с неравномерно деформируемым основанием. Строительство и проектирование зданий и сооружений в сложных инженерно- и горно-геологических условиях.

Писаренко Анастасія Валеріївна – асистент кафедри техносферної безпеки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження напружено-деформованого стану будівель і споруд на просадних ґрунтах.

Яркін Віктор Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри основ, фундаментів і підземних споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: взаємодія будівель і споруд з нерівномірно деформувальною основою. Будівництво та проектування будівель і споруд в складних інженерно- і гірничо-геологічних умовах.

Pisarenko Anastasia – assistant, Safety Technospheric Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of the stress-strain state of buildings and structures on subsidence grounds.

Iarkin Viktor – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Foundations, Foundations and Underground Structures Department, Donbas National Academy of Construction and Architecture. Scientific interests: interaction of buildings and structures with an unevenly deformable base. Construction and design of buildings and structures in complex engineering and geological conditions.

УДК 725.4:711.168+711.57

Е. А. ГАЙВОРОНСКИЙ, Е. В. ВИТЕР

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ОПЫТ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ МУЗЕЕВ НА ТЕРРИТОРИИ НЕДЕЙСТВУЮЩИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация. В статье рассматриваются результаты анализа опыта архитектурных решений промышленных музейных комплексов, в том числе вопросы их градостроительной, функциональной, объемно-пространственной и композиционно-художественной организации, конструктивных и планировочных решений. В качестве критериев анализа использовались современные требования к архитектурно-планировочной организации музейных комплексов на базе недействующих предприятий угольной промышленности на территории Донецкого региона. Эти требования получены ранее при исследовании региональных факторов и предпосылок.

Ключевые слова: опыт архитектурно-планировочной организации, музейные комплексы, территории недействующих угольных шахт, Донецкий регион.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Статья посвящена решению актуальной проблемы современной архитектурно-градостроительной интеграции территорий недействующих угольных шахт в шахтерских городах Донецкого региона. Одним из перспективных направлений решения этой проблемы является создание на этих территориях региональной системы музейных комплексов промышленности. При этом необходимо учитывать особенности градостроительного положения недействующих шахт и их историко-культурное значение. Для разработки принципов и приемов архитектурно-планировочной организации музеев промышленности на территории недействующих угольных шахт важное значение имеет обобщение, анализ и учет положительных тенденций мирового опыта в данной сфере.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Данная статья является логическим продолжением публикаций автора по решению заявленной проблемы [5]. В рамках дипломного проектирования ранее был выполнен экспериментальный проект «Металлургический раздел международного политехнического музея на территории недействующей шахты Красный Профинтерн в г. Енакиево» (2015 г., студ. Е. В. Рослякова, рук. асс. О. В. Чукова, к. арх., доц. Е. А. Гайворонский). Примеры архитектурного формирования промышленных музеев на территории недействующих угольных шахт рассматривались в научных и популярных изданиях [3, 4 и др.]. Информация, раскрывающая различные аспекты реновации территории недействующих угольных шахт, содержится в публикациях, рассматривающих особенности архитектуры и градостроительства Донбасса [1–2], а также конструктивно-технические особенности проектирования зданий и сооружений [7].

При этом на сегодняшний день отсутствуют научно-обоснованные результаты обобщения и комплексного анализа отечественного и зарубежного опыта архитектурного формирования промышленных музейных комплексов на территории недействующих угольных шахт с учетом современных требований, обусловленных особенностями Донецкого региона.

ЦЕЛИ

В статье ставится цель рассмотреть примеры архитектурного формирования музеев на территории действующих промышленных предприятий, в том числе угольных шахт.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для анализа существующего опыта архитектурного формирования музеев на территории действующих промышленных предприятий в качестве критериев были использованы современные требования, полученные на предварительной стадии исследования заявленной проблемы в результате изучения предпосылок и факторов, действующих на территории Донецкого региона [6], в том числе градообразующего значения и социально-культурной роли угольных предприятий в условиях региона; историко-культурных особенностей развития его территории; национально-культурных традиций основных этнических групп населения промышленных городов; природно-климатических и геоландшафтных особенностей; наличия и возможностей использования региональных строительных и отделочных материалов природного и вторичного посттехногенного, в том числе угольно-отраслевого происхождения.

В качестве объектов исследования существующего опыта, избраны музеи, музейные комплексы, а также объекты, частично, или полностью выполняющие их функции на базе действующих промышленных предприятий, в том числе угольных шахт.

Музей угольной промышленности на территории бывшей шахты Цольферайн в г. Эссене (Германия). Данная шахта – одно из известнейших предприятий Рурской области Германии (рисунок 1). После закрытия на ее территории шахты создан многофункциональный общественно-культурный комплекс, включающий музей данного предприятия и угольной промышленности в целом [3–4]. Территория шахты находится за пределами города, имеет хорошую транспортную и пешеходную доступность, в том числе связь с транспортным узлом, в составе генерального плана предусмотрены автостоянки. В планировочном отношении музейный комплекс размещается в существующих зданиях, имеющих свои особенности. Бывший завод по переработке угля не был затронут реконструкцией и сохранен как памятник постиндустриальной культуры. Объемно-пространственная структура музейного комплекса отражает специфику зданий и сооружений действующей шахты. Композиционно-художественное решение построенных на территории шахты в рамках данного проекта новых зданий и сооружений отражают композиционное решение существующих объектов комплекса шахты.



Рисунок 1 – Общий вид общественно-культурного центра на территории действующей шахты «Цольферайн» в г. Эссен (Германия).

Еще одним ярким примером реновации действующего угольного предприятия является угольная шахта-музей имени Карла Либкнехта в г. Эльсингв Саксонии (Германия) (рисунок 2). Открытие данного предприятия стало отправной точкой в развитии угольной промышленности региона. Именно здесь в 1948 г. забойщик Адольф Хенке установил рекорд выработки за смену, став продолжателем в Восточной Германии известного в СССР Стахановского движения. Шахта была закрыта в 1971 г., а в 1986 г. на ее базе был открыт музей горного дела, функционирующий в настоящее время. При этом был полностью сохранен ее внешний вид. Элементами экспозиции являются первая паровая машина – самая большая в Саксонии лесопилка, где подготавливали лес для сооружения крепи горных выработок. В выставочном зале музея представлены интересные экземпляры специальной строительной техники.



Рисунок 2 – Общий вид угольной шахты-музея им. Карла Либкнехта в г. Эльсниц (Германия).

Центр искусств и медиатехнологий в г. Карсруэ (Германия) (рисунок 3) находится в историческом здании бывшего завода боеприпасов, построенного в 1918 г. [8]. На этой же территории располагается Городской институт Дизайна и галерея. Благоустройство территории основано на максимальном сохранении естественной природной среды и включает пешеходные дорожки, элементы озеленения участка, малые архитектурные формы декоративного характера. Объемно-пространственное решение Вего комплекса основано на симметричном размещении широких в сечении трехэтажных блоков вокруг десяти внутренних дворов.



Рисунок 3 – Общий вид Центр искусств и медиатехнологий на территории бывшей фабрики в г. Карсруэ (Германия).

В центре крупнейшего в Великобритании г. Кардифф находится Национальный музей Уэльса (рисунок 4), в составе которого представлены разделы по различным сферам развития региона: искусству, археологии, промышленности, зоологии, геологии и ботанике. Особое внимание уделено горному делу и угледобывающей промышленности шахтерских регионов Англии. В структуру музея включены развлекательные и образовательные элементы, создающие условия для проведения концертов и лекций.

Интересным примером реновации недействующих производственных объектов являются Газгольдеры в Вене, ранее служившие резервуарами для газа (рисунок 5). Их внутреннее пространство было использовано для архитектурного формирования торгового центра, многофункционального зала для общественных мероприятий, офисных помещений и развлекательных комплексов. Благоустройство территории бывшего промышленного объекта позволило создать привлекательную общественную рекреационную зону [8].

Пример реновации промышленного предприятия на территории Российской Федерации – Музей воды в Санкт-Петербурге (рисунок 6), созданный на основе реконструкции здания недействующей водонапорной башни городской организации «Водоканал». «Образ воды» стал основной темой



Рисунок 4 – Общий вид здания Национального музея Уэльса в г. Кардифф (Великобритания).



Рисунок 5 – Общий вид комплекса Газгольдеров в Вене (Австрия).



Рисунок 6 – Общий вид Музея воды в Санкт-Петербурге (Российская Федерация).

реконструкции, который можно «прочсть» в архитектурном решении музея – в его формах и использованных материалах [8]. Архитектурное решение музея основано на гармоничном смешении художественных стилей XIX и XXI вв. На территории Музея роздана общественная рекреационная зона для посетителей музея и жителей города. Ее благоустройство включает озелененный сквер с фонтаном и скульптурами. При реконструкции были решены задачи восстановления и сохранения исторического облика, планировочной организации и внутреннего пространства башни, целостности ее интерьеров. Интересным архитектурным решением стала реализованная идея выноса лифта и лестницы в отдельную современную пристройку к основному объему башни.

Музей изобразительных и прикладных искусств Орсе в Париже во Франции в здании бывшего железнодорожного вокзала (рисунок 7). Вокзал был открыт в 1900 г. и стал первым в мире электрифицированным вокзалом, однако со временем утратил свои функции. Зданию был присвоен статус памятника архитектуры с размещением в нем музейной экспозиции.



Рисунок 7 – Музей Орсе в Париже (Франция).

Исходя из анализа особенностей приведенных выше примеров, можно выделить три основных подхода к реновации недействующих промышленных объектов и территорий.

1. Полная консервация и музеефикация предприятия, что позволяет сохранить внешний облик и внутреннюю организацию промышленного объекта. При этом необходимо создание экспозиционных помещений (мастерских, библиотек, фондовых хранилищ и др.).

2. Частичная музеефикация предприятия или промышленного объекта, что позволяет сохранить наиболее значимые и ценные в историческом и культурном плане здания и сооружения, их комплексы. При этом для создания музея промышленности предусматривается интеграция новых объектов (зданий, сооружений и их комплексов экспозиционно-выставочного или вспомогательного назначения), позволяющих расширить функциональные возможности музеефикации промышленного предприятия или объекта (здания или сооружения).

3. Полная реновация территории промышленного предприятия применяется в тех случаях, когда они не представляют историко-культурной или архитектурной ценности, а также при их непригодности для дальнейшего использования. Этот метод подразумевает строительство на данной территории нового объекта или же воссоздание ранее существовавших здесь несохранившихся объектов.

ВЫВОДЫ

1. В статье приводятся результаты анализа опыта примеров из отечественной и зарубежной практики архитектурного формирования музеев промышленности на основе использования недействующих промышленных предприятий и их территории. При этом в качестве критериев анализа использованы современные требования, выявленных в процессе исследования факторов и предпосылок, действующих на территории Донецкого региона.

2. Выявлено 3 основных подхода к использованию недействующих промышленных предприятий и их территории: полная музеефикация с минимальным включением новых функций; частичная реконструкция; полная реновация территорий; частичная музеефикация с созданием новых объектов, позволяющих расширить функциональные возможности музеефикации промышленного предприятия или объекта; полная реновация территории промышленного предприятия.

3. Предприятия и объекты, на базе которых создаются музеи, как правило, расположены в структуре городской застройки. Планировочные решения музеев учитывают особенности используемых для этих целей существующих планировочных решений промышленных зданий и сооружений. Объемно-пространственная организация музеев в основном повторяет черты используемых промышленных объектов, а композиционно-художественное решение музеев реализуется в русле базовой отраслевой специфики.

4. Полученные результаты опыта архитектурного формирования музеев на территории действующих угольных шахт будут использованы наряду с критериями этого анализа при разработке принципов и приемов архитектурно-планировочной организации музейных комплексов на территории действующих угольных шахт (на примере города Енакиево).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гайворонский, Е. А. Результаты анализа композиционно-художественного решения архитектурных объектов, отражающих ведущее значение угольной промышленности на территории Донбасса (на примере г. Донецка) [Текст] / Е. А. Гайворонский // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. 2010. Вип. 2010-2(82) : Проблеми містобудування і архітектури. – С. 110–127.
2. Гайворонский, Е. А. Композиционно-художественное решение архитектурных объектов, отражающих социально-культурное значение угольной промышленности в регионе [Текст] / Е. А. Гайворонский // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2012. – Вип. 2012-4(94) : Проблеми містобудування і архітектури. – С. 43–56.
3. Нелюбин, М. «Польферайн» – шахта в Рурской области [Электронный ресурс] / М. Нелюбин // DW / Deutsche Welle. – [2017]. – Режим доступа : <http://dw.com/p/EVmW>.
4. Дорога индустриальной культуры в Рурской области [Электронный ресурс]. – [Б. м. : Чайка-Тур], [1994 – 2017]. – Режим доступа : http://www.chaika.ru/cities/60/obj_descr/24/579/.
5. Рослякова, Е. В. Концепция архитектурно-планировочной организации музейных комплексов на территории действующих угольных шахт (на примере Донецкого региона) [Текст] / Е. В. Рослякова, Е. С. Кравец // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2016. – Вип. 2016-2(118) : Проблеми архітектури і містобудування. – С. 31–35.
6. Гайворонский, Е. А. Региональные особенности архитектуры и градостроительства Донбасса в научных исследованиях, в проектной практике, творчестве и подготовке специалистов на архитектурном факультете Донбасской национальной академии строительства и архитектуры [Текст] / Е. А. Гайворонский // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2016. – Том 12, Номер 1. – С. 31–50.
7. Прищенко, Н. Г. Конструкции малоэтажных зданий [Текст] / Н. Г. Прищенко, А. Н. Прищенко. – Макеевка : ДонНАСА, 2012. – 325 с.
8. Андреев, Максим. Реновация промышленных территорий и объектов [Электронный ресурс] / Максим Андреев. – [Б. м.], [2008–2017]. – Режим доступа : <http://elima.ru/articles/index.php?id=13>.

Получено 26.05.2017

Є. А. ГАЙВОРОНСЬКИЙ, Є. В. ВІТЕР
ДОСВІД АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ
МУЗЕЙІВ НА ТЕРИТОРІЇ НЕДІЮЧИХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ
ДОНБАСЬКОЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Анотація. У статті розглядаються результати аналізу досвіду архітектурних рішень промислових музейних комплексів, в тому числі питання їх містобудівної, функціональної, об'ємно-просторової і композиційно-художньої організації, конструктивних і планувальних рішень. У якості критеріїв аналізу використовувалися сучасні вимоги до архітектурно-планувальної організації музейних комплексів на базі недіючих підприємств вугільної промисловості на території Донецького регіону. Ці вимоги отримані раніше при дослідженні регіональних факторів і передумов.

Ключові слова: досвід архітектурно-планувальної організації, музейні комплекси, території недіючих вугільних шахт, Донецький регіон.

YEVGENIY GAYVORONSKIY, YELIZAVETA VITER
EXPERIENCE OF THE ARCHITECTURAL AND PLANNING ORGANIZATION
OF INDUSTRIAL MUSEUMS AT THE AREA OF INACTIVE INDUSTRIAL
ENTERPRISES

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article deals with the results of the analysis of the experience of architectural solutions of industrial museum complexes, urban -planning, functional, three-dimensional and composition-artistic organization, constructive and planning solutions. As criteria of analysis, modern requirements to the architectural and planning organization of museum complexes based on inactive coal industry enterprises

in the territory of the Donetsk region have been used. These requirements have been obtained earlier in the study of regional factors and prerequisites.

Key words: experience of architectural and planning organization, museum complexes, territories of inactive coal mines, Donetsk region.

Гайворонский Евгений Алексеевич – кандидат архитектуры, доцент кафедры архитектурного проектирования и дизайна архитектурной среды ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование региональных особенностей архитектуры Донбасса, экспериментальное проектирование архитектурных объектов с учетом региональных особенностей; выявление, обследование и описание памятников архитектуры в городах Донбасса; разработка учебных пособий по истории архитектуры и региональным особенностям архитектуры Донбасса.

Витер Елизавета Викторовна – магистрант кафедры архитектурного проектирования и дизайна архитектурной среды ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: культурные объекты, музеи, шахтные предприятия.

Гайворонський Євгеній Олексійович – кандидат архітектури, доцент кафедри архітектурного проектування і дизайну архітектурного середовища ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження регіональних особливостей архітектури Донбасу; експериментальне проектування архітектурних об'єктів з врахуванням регіональних особливостей; виявлення, обстеження і опис пам'ятників архітектури в містах Донбасу; розробка навчальних посібників щодо історії архітектури і регіональним особливостям архітектури Донбасу.

Вітер Єлизавета Вікторівна – магістрант кафедри архітектурного проектування і дизайну архітектурного середовища ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: культурні об'єкти, музеї, шахтні підприємства.

Gayvoronskiy Yevgeniy – Ph. D. (Architecture), Associate Professor, Architectural Planning and Design of Architectural Environment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research in regional specific features of Donbas architecture; architectural design of projects on experimental basis taking into account the regional specific features; identification, examination and description of architectural monuments in Donbas cities; development of training aids on history of architecture and regional specific features of Donbass architecture.

Viter Yelizaveta – Master's student, Architectural Planning and Design of Architectural Environment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: cultural sites, museums, mining enterprises.

УДК 69.057:624.014

А. М. ЮГОВ, С. Н. ЛУКЬЯНЕНКО

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

МОНТАЖ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КАРКАСА ВАННОЙ СТЕКЛОВАРЕННОЙ ПЕЧИ

Аннотация. Представленная статья посвящена вопросам, которые связаны с технологией возведения металлического каркаса ванной стекловаренной печи. Монтаж металлического каркаса может выполняться различными методами возведения, что необходимо учитывать при выборе технологического процесса.

Ключевые слова: ванная стекловаренная печь, возведение, монтаж, технологический процесс, технико-экономические показатели.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Исследование ученых в области организации строительного производства позволило обратить внимание на выявление основных закономерностей, влияющих на процесс возведения металлического каркаса ванных стекловаренных печей, исследование технологических процессов и полный типологический анализ для дальнейших научно – практических исследований. Процесс монтажа каркаса печи должен быть наиболее рациональным с точки зрения технико-экономических показателей и обеспечивать прочность, надежность и устойчивость сооружения [1]. Выбор рационального метода возведения выполняется с целью обеспечения стабильности и безопасности производственного процесса.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Заявленная статья основана на результатах теоретических и экспериментальных исследований отечественных и зарубежных ученых в области монтажа зданий и сооружений, указаниях по обследованию производственных зданий и сооружений стекольного производства [2] и нормах их проектирования.

ЦЕЛИ

Целью исследования является выбор рационального варианта монтажа металлического каркаса ванной стекловаренной печи.

Печь состоит из верхнего строения рабочего пространства печи, горелок, и каркаса нижнего строения – регенераторов, воздушных каналов с перекидными устройствами и опорных столбов. На рисунке 1 приведена средняя стекловаренная печь производительностью 100 т в сутки с подковообразным направлением пламени.

На рисунке 2 мы рассматриваем нижнее строение металлического каркаса ванной стекловаренной печи. Нижнее строение представляет собой колонны из труб, соединенные между собой крестовыми связями в продольном и поперечном направлении. На колонны установлены три прогона по всей длине печи, на них, в свою очередь, укладываются поперечные балки настила.

На рисунке 3 показана схема верхнего строения каркаса, состоящее из сварных колон сквозного сечения, которые устанавливаются с определенным шагом. Колонны соединяются попереху ригелем. На колоннах установлен ряд тяжей, предназначенных для регулирования усилий, возникающих при нагревании печи от распора арочного свода.

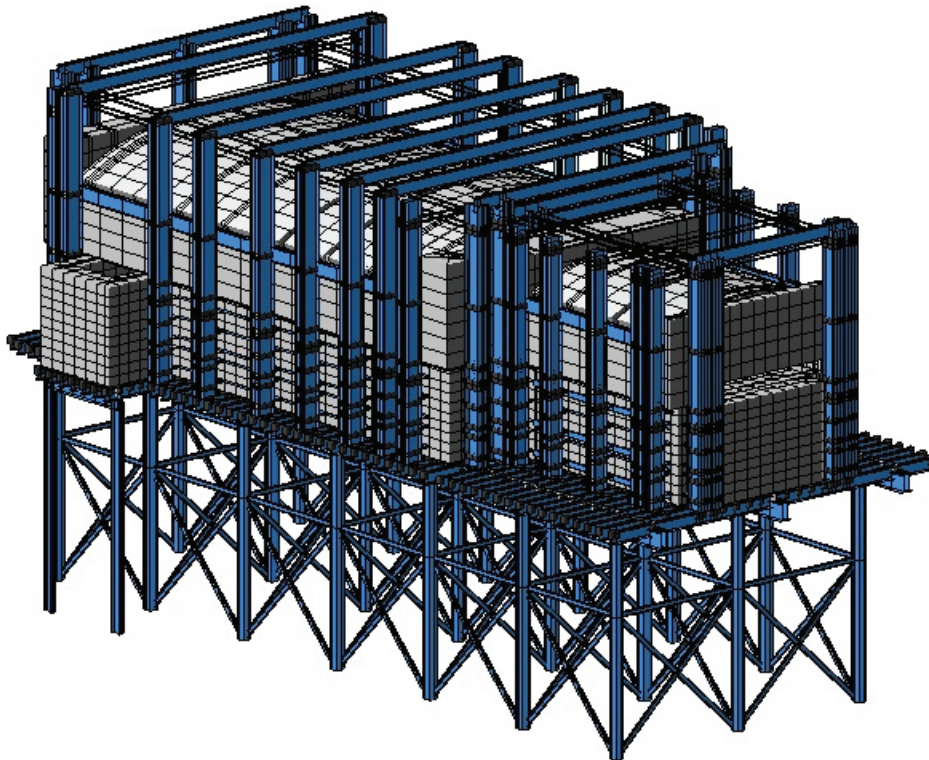


Рисунок 1 – Стекловаренная печь производительностью 100 т в сутки.

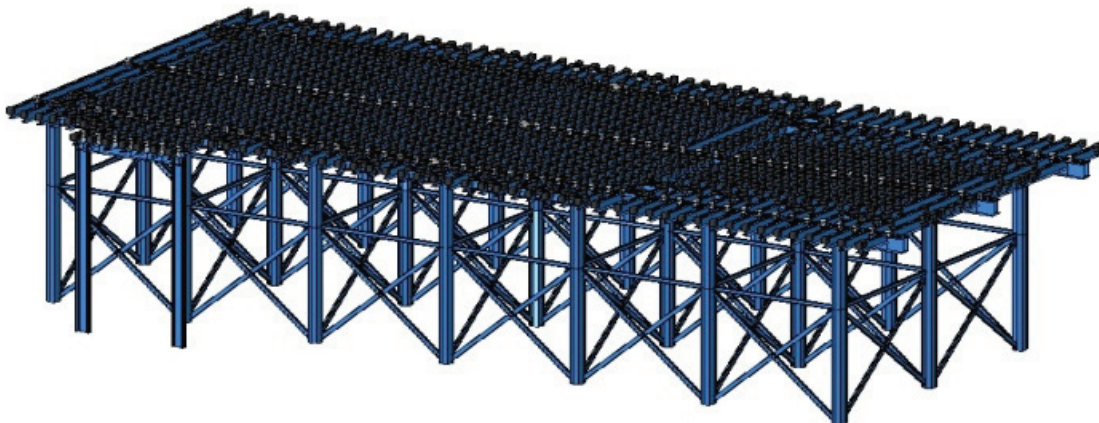


Рисунок 2 – Нижнее строение металлического каркаса ванной стекловаренной печи.

Ознакомимся с различными методами возведения металлического каркаса.

Для монтажа металлического каркаса стекловаренной печи применяются такие методы монтажа:

- поэлементный;
- крупноблочный;
- смешанный;
- комплексный.

Поэлементный метод монтажа [2; 3], является основным методом при возведении каркаса в уже построенном цехе, а также при его реконструкции. Поэлементный метод применяется только при возведении малых объектов или уникальных конструкций. Также этот метод удобен при выполнении работ в стесненных условиях и при реконструкции таких сооружений, которые планово проводятся раз в пять лет.

Крупноблочный метод распространен тем, что один подъем устанавливает несколько конструкций, например, шесть колон, соединенных между собой в единый неизменяемый блок связями в продольном

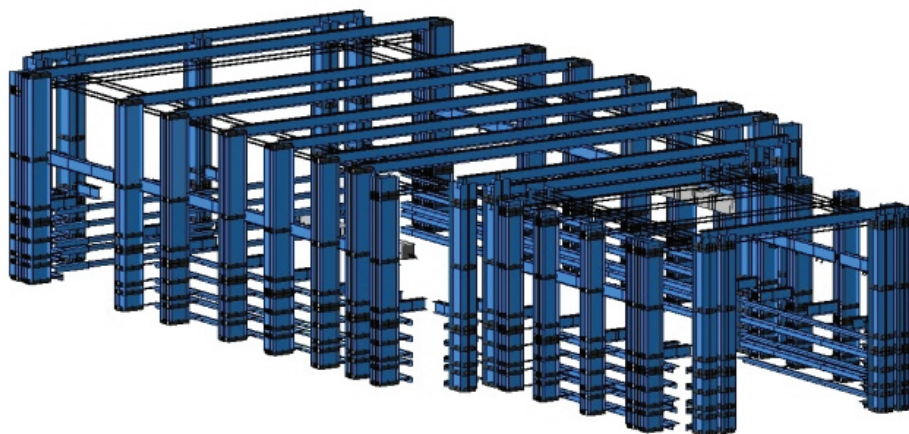


Рисунок 3 – Верхнее строение металлического каркаса ванной стекловаренной печи.

и поперечном направлении. Степень укрупнения конструкций в блоки зависит от грузоподъемности монтажных машин. Крупноблочный метод позволяет сократить срок возведения сооружения. Его можно применить только при возведении каркаса печи вместе со зданием до монтажа конструкций кровли.

Смешанный метод монтажа является разновидностью раздельного метода. Смешанный метод состоит в том, что монтаж колонн выделяется в самостоятельный поток, а после установки колонн, монтируют вторым потоком комплексно остальные конструкции – прогоны, балки покрытия. Благодаря такому разделению работ на два потока, можно применять самоходные стреловые краны. Также этот метод можно применять как при реконструкции печи, так и при первичном ее возведении.

Комплексный метод монтажа ведется ячейками [5], то есть изначально производится возведение одной ячейки печи с установкой в проектное положение всех ее конструкций: колонн, прогонов, связей, балок покрытия, далее в такой же последовательности переходят к монтажу следующей ячейки. Благодаря этому методу представляется возможность в ранней смонтированной части каркаса начать другие работы и сократить общую продолжительность строительства. При монтаже каркаса печи данным методом сложнее выверять и закреплять конструкции. Для данного рода работ требуются более мощные монтажные приспособления.

В приведенных методах монтажа должна обеспечиваться устойчивость смонтированных элементов и устойчивость сооружения в целом. Для обеспечения устойчивости сооружения необходимо соблюдать следующие требования. Монтируемое сооружение разбивается на пространственно жесткие части: секции, ячейки. Монтаж элементов в каждой такой секции, ячейку завершают комплексно до перехода к следующей. При этом должны быть выполнены все работы, предусмотренные проектом.

При возведении каркаса печи применяется способ подъема и перемещения. Краном монтируется большинство конструкций, а также предварительно укрупненные в блоки конструкции.

Исходя из выше перечисленного, можно сделать следующие выводы. Каждый из приведенных методов монтажа может применяться при возведении каркаса стекловаренной печи и также на подобных объектах, каждый метод является по-своему рациональным в каждом конкретном случае. Однако с точки зрения рациональности, качества и экономических показателей наиболее эффективным является крупноблочный метод монтажа. В дальнейших исследованиях предполагается изучить вопросы поиска рациональных способов возведения с применением математических методов оптимизации.

ВЫВОДЫ

Исследование альтернативных методов монтажа металлического каркаса (поэлементный метод, монтаж укрупненными плоскими блоками, монтаж укрупненными пространственными блоками) показало, что наиболее эффективным (или рациональным) является монтаж предварительно укрупненными пространственными блоками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зюлко, Е. Монтаж стальных конструкций [Текст] / Е. Зюлко, Г. Орлик. – М. : Стройиздат, 1984. – 284 с.
2. Бельский, В. И. Промышленные печи и трубы [Текст] / В. И. Бельский, В. Б. Сергеев. – М. : Стройиздат, 1974. – 300 с.
3. Чернов, А. В. Справочник строителя промышленных печей [Текст] / А. В. Чернов. – Москва, 1952. – 646 с.
4. Костюк, В. А. Строительство и ремонт промышленных печей [Текст] : Учебное пособие / В. А. Костюк, А. В. Сущенко. – Мариуполь : [б. и.], 2009. – 98 с.
5. Соболев, В. И. Оптимизация строительных процессов [Текст] / В. И. Соболев. – Ростов н/Д. : Феникс, 2006. – 256 с.

Получено 27.05.2017

А. М. ЮГОВ, С. М. ЛУКЬЯНЕНКО
МОНТАЖ МЕТАЛЕВОГО КАРКАСА ВАННОЇ СКЛОВАРНОЇ ПЕЧІ
ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Анотація. Надана стаття присвячена питанням, які пов'язані з технологією зведення металевго каркаса ванної скловарної печі. Монтаж металевго каркаса може виконуватися різними методами зведення, що необхідно враховувати при виборі технологічного процесу.

Ключові слова: ванна скловарна піч, зведення, монтаж, технологічний процес, техніко-економічні показники.

ANATOLY YUGOV, SERGEY LUKYANENKO
INSTALLATION OF THE METAL FRAMEWORK OF THE GLASS-TANK
FURNACE

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article is devoted to the issues related to the technology of erection of the metal frame of the glass-tunk furnace. Mounting of the metal frame can be carried out by various methods of erection, which must be taken into account when choosing the technological process.

Key words: bathroom glass melting furnace, erection, installation, technological process, technical and economic indicators.

Югов Анатолий Михайлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование, монтаж, эксплуатация, техническая диагностика, оценка технического состояния, реконструкция, усиление и демонтаж строительных металлических конструкций, технология и организация работ, при строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

Лукьяненко Сергей Николаевич – магистр кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: возведение и реконструкция промышленных сооружений.

Югов Анатолий Михайлович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології і організації будівництва ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ. Наукові інтереси: проектування, монтаж, експлуатація, технічна діагностика, оцінка технічного стану, реконструкція, посилення та демонтаж будівельних металевих конструкцій, технологія і організація робіт, при будівництві і реконструкції будівель і споруд.

Лукьяненко Сергій Миколайович – магістр кафедри технології і організації будівництва ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ. Наукові інтереси: зведення і реконструкція промислових споруд.

Yugov Anatoliy – D. Sc. (Eng.), Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: designing, as assembling, operation, technical diagnostics, estimation of technical stare, reconstruction, reinforcement and dies mantled of building metal constructions, construction engineering and management, white building and reconstruction of buildings and structures.

Lukyanenko Sergey – Master, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: erection and reconstruction of industrial facilities.

УДК 629.3.027.5.002.8:628.475.4

В. А. ПЕНЧУК, Ю. А. НОВИЧКОВ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО УТИЛИЗАЦИИ ИЗНОШЕННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН И ОТРАБОТАННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ МАСЕЛ

Аннотация. Разработан экологически безопасный технологический комплекс для утилизации изношенных шин пневмоколесного транспорта с применением метода низкотемпературного пиролиза. В результате работы предложенного комплекса утилизируются промышленные резинотехнические отходы и отработанные технические масла, производится качественное вторичное сырье. Установлено, что предложенная технологическая линия является экологически безопасной, ресурсосберегающей и экономически эффективной.

Ключевые слова: изношенные автомобильные шины, вторичные продукты, технологический комплекс, экологическая безопасность, материальный баланс, эколого-экономический эффект.

ВВЕДЕНИЕ

Рост количества и интенсивности эксплуатации транспорта на пневмоходу как личного пользования, так и в промышленности привел к появлению большого количества отработанных шин [1]. Данные отходы специфичны: не подвергаются гниению и саморазрушению; для их хранения нужны значительные земельные площади; это источник загрязнения населенных пунктов, водоемов и лесонасаждений; при их сжигании выделяется значительное количество вредных веществ.

В то же время изношенные шины сохраняют достаточный уровень технологических свойств и могут рассматриваться как вторичное сырье для получения ценного углеводородного топлива, лома легированной стали и текстильного материала в виде натуральных и синтетических волокон [2]. Поэтому проблема утилизации изношенных шин актуальна как с экологических, так и с экономических аспектов.

Обоснование технологии переработки изношенных шин методом низкотемпературного пиролиза

При большом многообразии технических решений по переработке промышленных и бытовых отходов, приоритетными должны стать те технологии, которые обеспечивают: высокую экологическую безопасность предложенного технологического процесса; утилизацию отходов непосредственно на месте их скопления; максимально низкую энергоемкость самого процесса утилизации; безотходный технологический процесс; получение продуктов, имеющих коммерческую ценность.

Именно за счет использования пиролизической переработки отработанных шин возможно получение ряда полезных полупродуктов и энергоносителей. Процесс пиролиза органического вещества весьма сложен, кроме того, от условий его проведения зависит как количественный выход продуктов, так и их качественный и химический состав. Варьируя условия протекания процесса пиролиза, можно получать тот или иной набор продуктов, среди которых основными являются газовая смесь, горючая жидкость и твердый углеродистый остаток. Все три компонента являются ценным вторичным сырьем, которое может использоваться в качестве альтернативного топлива [3].

В настоящее время можно заказать пиролизные реакторы от разнообразных производителей, которые обещают достаточно быстрое получение экономического роста путем сбыта продуктов пиролиза. Однако реальная картина, получаемая после запуска в работу реактора, несколько другая. Причиной этому является несовершенная технология низкотемпературного пиролиза, которая

обеспечивает низкое качество полученных вторичных продуктов, при этом их характеристики очень далеки от стандартных показателей, традиционных аналогов и к тому же обладают резким неприятным запахом. Такой продукт никак нельзя считать товарным прежде всего по экологическим соображениям, и, как следствие, вложенные в проект материальные ресурсы можно считать утраченными. Многолетние исследования процессов пиролиза [4], и не только самого процесса деструкции сырья без доступа кислорода, но и технологий очистки получаемых вторичных продуктов и доведения их до товарного вида [5], позволяют утверждать, что создание эффективного пиролизного реактора представляется возможным. Примером сказанному может быть разработанный нами технологический комплекс для переработки изношенных автомобильных шин, резинотехнических изделий и отработанных технических масел. Данный комплекс позволяет получить качественное печное топливо – аналог традиционному печному бытовому топливу (ТУ 38.101656-87, ГОСТ 10585-99), технической углерод – аналог стандартному углероду марки П-803, растворитель для лакокрасочных изделий и металлолом. При этом утилизироваться может не только техническая резина, но и отработанные моторные и трансформаторные масла. Полученное печное топливо позволяет значительно экономить дефицитные энергоносители и снизить его себестоимость по сравнению с существующими стандартными видами печных топлив. Технический углерод имеет очень широкий спектр применения – начиная с металлургических процессов, применения в качестве сорбентов, и завершая применением в виде пигмента в лакокрасочных изделиях, так же как и получаемый растворитель.

В таблице 1 проведены расчеты материального баланса для наиболее распространенного пиролизного реактора периодического действия производительностью 1 т изношенных автомобильных шин в сутки.

Таблица 1 – Основные показатели материального баланса технологического комплекса по переработке изношенных автомобильных шин, рассчитанные для пиролизного реактора периодического действия производительностью 1 т / сутки

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Показатель
1	Производительность пиролизного реактора	т/сутки	1
2	Объем утилизируемого технического масла	т/сутки	1,04
3	Объем получаемого пиролизного углерода	т/сутки	0,25
4	Объем получаемого растворителя	т/сутки	0,101
5	Объем получаемого печного топлива	т/сутки	1,3
6	Объем получаемого металлолома	т/сутки	0,08

Экологическими исследованиями установлено соответствие способа переработки изношенных автомобильных шин требованиям экологического законодательства, санитарным и строительным нормам и правилам, работа комплекса гарантирует безопасную для жизни и здоровья людей воздушную среду. Предлагаемое производство не является резонансным и может бесконфликтно сосуществовать с окружающей средой [6]. Необходимо отметить, что для проведения оценки впервые был использован комплексный подход с применением различных методик, используемых в Украине, Российской Федерации и ряде европейских стран. Учитывались такие показатели, как: группы суммации веществ, усиливающие опасность поражения; порог участия каждого отдельного вещества и коэффициент потенцирования.

Проведен расчет комплексного показателя загрязнения по формуле:

$$P_3 = \sqrt{\sum_{i=1}^n C_{i3кл}^2}, \quad (1)$$

где $C_{i3кл}$ – концентрации, нормированные по ПДКс.с., которые приведены к концентрации веществ 3-го класса опасности;
 i – номер вещества.

Для улучшения качества расчетов предложено принять во внимание такие показатели как порог участия каждого отдельного вещества и коэффициент потенцирования γ , который учитывался следующим образом:

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{ГДК_{м.р.-i}} \right)^\gamma \leq 1, \quad (2)$$

где C_i – концентрация i -го вещества в воздухе, мг/м³.

Для оценивания соответствия нормам экологической безопасности предложено использовать показатель экологичности:

$$P_{\varepsilon} = \sqrt{\sum_{i=1}^i K_{i3кл}^2}, \quad (3)$$

где $K_{i3кл}$ – концентрации, которые нормированы по ПДК и приведены к концентрациям веществ 3-го класса опасности;
 i – номер вещества.

Для оценки характера производства рассчитывали коэффициент безотходности:

$$K_B = f(K_{\varepsilon}, K_P), \quad (4)$$

где K_{ε} – коэффициент экологичности производства;
 K_P – коэффициент использования ресурсов.

Категорию опасности производства рассчитывали по формуле:

$$K_{оп} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{ГДК_{с.с.i}} \right)^{a_i}, \quad (5)$$

где M_i – масса выброса i -го вещества, т/год;
 $ГДК_{с.с.i}$ – среднесуточная предельно допустимая концентрация i -го вещества, мг/м³;
 n – количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием;
 a_i – безразмерная константа, которая позволяет соотнести степень вредности i -го вещества с вредностью сернистого газа (определяется в зависимости от класса опасности вещества).

Показатель экологичности свидетельствовал об удовлетворительном экологическом состоянии предложенного технологического комплекса, коэффициент экологичности производства и коэффициент использования ресурсов – о соответствии безотходному производству. Категория опасности производства отвечает 4-ой категории опасности.

Результаты расчетов комплексной оценки экономической и экологической эффективности предложенного технологического комплекса по утилизации изношенных автотракторных шин методом низкотемпературного пиролиза [7] представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчетов оценки экономической и экологической эффективности предложенного технологического комплекса по утилизации изношенных автотракторных шин методом низкотемпературного пиролиза

№ з/п	Параметр	Сумма, тыс. руб. / год
1	Ожидаемый экономический эффект от реализации вторичных продуктов при условии работы пиролизного реактора производительностью 1 т/сутки по сырью	2 667,5
2	Условный эколого-экономический убыток от загрязнения атмосферного воздуха при работе предложенного технологического комплекса	«–» 0,4
3	Размер ущерба от загрязнения земельных ресурсов отработанными шинами автотранспорта, которого можно избежать благодаря работе предложенного технологического комплекса	145,9
4	Общий условный эколого-экономический эффект	2 813,1

Рассчитанный общий условный эколого-экономический эффект, который составил 2 813,1 тыс. руб./год является «идеальным», так как он определен при условии бесперебойной работы комплекса и полной реализации полученной продукции. Привлекательность и прибыльность предложенного технологического комплекса безусловна, даже несмотря на отсутствие государственной программы поддержки такого рода проектов, которая могла бы существенно прибавить интерес к получению «зеленых» технологий с принятием ряда законодательных актов.

Кроме рассчитанного условного эколого-экономического эффекта, следует признавать социальный эффект, возможность создания новых рабочих мест благодаря реализации данного проекта. Важным

моментом является тот факт, что на настоящий момент накоплено большое количество некондиционного вторичного сырья – пиролизного углерода и жидкости, которые в связи с их низким качеством не могут считаться товарным продуктом и представляют серьезную опасность экологии и здоровью людей. Неудачные попытки предпринимателей получить сверхприбыль привели к превращению изношенных шин из IV группы опасности отходов к I группе, к которой относятся некондиционные вторичные продукты пиролиза. Это является реальной экологической угрозой, оценить которую в настоящее время крайне сложно. Предложенный нами технологический комплекс способен поступательно решить эту проблему, превратив отходы I группы опасности в качественное вторичное сырье имеющее спрос.

ВЫВОДЫ

1. Разработанный технологический комплекс по переработке изношенных автомобильных шин, резинотехнических изделий и отработанных технических масел следует считать экологически безопасным и эффективным с экономической точки зрения.
2. При низкотемпературном пиролизе производятся высококачественные вторичные энергоресурсы с низкой себестоимостью, а также решается проблема утилизации промышленных отходов.
3. Результаты работы рекомендованы к практическому применению для защиты населения от негативных воздействий и загрязнений городской среды и создания условий надежной безопасности жизни и деятельности человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Национальный доклад о состоянии окружающей природной среды Украины в 1999 году [Текст]. – Киев : Издательство Раевского, 2000. – С. 53–56.
2. Некрасов, В. Г. Изношенные автомобильные шины как вторичный энергоресурс [Текст] / В. Г. Некрасов // Промышленная энергетика. – 1992. – № 7. – С. 42–45.
3. Петренко, Т. В. Піроліз зношених гумових шин – джерело альтернативних видів палива [Текст] / Т. В. Петренко, Ю. О. Новічков // Перспективи фінансування ЕКО-будівництва та енергозбереження із зарубіжних фондів : Інформаційні матеріали Міжнародної науково-практичної конференції за проектом «ЕКО-Будівництво» енергозберігаюче та екологічне будівництво в умовах трансформації економіки, (Львів, 7–8 грудня 2006 р.) / Упорядник І. І. Кульчицький. – Львів : ЛьВЦНТЕІ, 2006. – С. 96–106.
4. Утилизация отработанных автомобильных шин [Текст] / Т. В. Петренко, Ю. А. Новичков, Е. И. Позднякова, В. В. Хазипова. – Донецк : Цифровая типография, 2007. – 110 с.
5. Перспективы использования продуктов пиролиза отработанных автомобильных шин [Текст] / Т. В. Петренко, В. В. Хазипова, Ю. А. Новичков, Е. И. Позднякова // Пятый международный конгресс по управлению отходами и природоохранными технологиями «ВэйстТэк – 2007», г. Москва, 29 мая – 1 июня 2007 г. : сборник докладов / Фирма «СИБИКО Интернэшнл». – Москва : Фирма СИБИКО Интернэшнл, 2007. – С. 153–155.
6. Екологічна оцінка викидів при комплексній утилізації автомобільних шин методом піролізу [Текст] / А. А. Сердюк, С. І. Падалко, В. В. Хазипова, Ю. А. Новічков // Екологія і промисловість : ежеквартальний науково-виробничий журнал. – 2009. – № 2. – С. 71–75.
7. Містобудування, територіальне і стратегічне планування: організаційно-економічні, правові, суспільні та еколого-технологічні аспекти [Текст] : монографія / Під загальною редакцією д. е. н., професора С. В. Богачов. – Донецьк : Ноулідж, Донецьке відділення, 2014. – 534 с.

Получено 29.04.2017

В. О. ПЕНЧУК, Ю. О. НОВІЧКОВ
ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС З
УТИЛІЗАЦІЇ ЗНОШЕНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН ТА
ВІДПРАЦЬОВАНИХ ТЕХНІЧНИХ МАСТИЛ
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Розроблено екологічно безпечний технологічний комплекс з утилізації зношених шин пневмоколісного транспорту з використанням методу низькотемпературного піролізу. У результаті роботи запропонованого комплексу утилізуються промислові гумовотехнічні відходи та відпрацьовані технічні мастила, виробляється якісна вторинна сировина. Встановлено, що запропонована технологічна лінія є екологічно безпечною, ресурсоощадною і економічно ефективною.

Ключові слова: зношені автомобільні шини, вторинні продукти, технологічний комплекс, екологічна безпека, матеріальний баланс, еколого-економічний ефект.

VALENTYNE PENCHYK, YURII NOVICHKOV
ECOLOGICALLY SAFE TECHNOLOGICAL COMPLEX ON UTILIZATION OF
THREADBARE MOTOR-CAR TIRES AND EXHAUST OIL

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Ecologically safe technological complex has been developed for utilization of threadbare tires of pneumatic-tire transport with the use of the method of low temperature pyrolysis. As a result of the offered complex work industrial rubber wastes and exhaust oil are recycled, the high-quality recovered material is produced. It has been determined that the offered technological line is ecologically safe, resource saving and economically effective.

Key words: threadbare motor-car tires, after products, technological complex, ecological safety, financial balance, ecological and economic effect.

Пенчук Валентин Алексеевич – доктор технических наук, профессор кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, технологических машин и оборудования ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: научные основы модернизации строительных машин, утилизация отходов.

Новичков Юрий Александрович – старший преподаватель кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, технологических машин и оборудования ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: утилизация изношенных автомобильных шин.

Пенчук Валентин Олексійович – доктор технічних наук, професор кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, технологічних машин та обладнання ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: наукові основи модернізації будівельних машин, утилізація відходів.

Новічков Юрій Олександрович – старший викладач кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, технологічних машин та обладнання ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: утилізація зношених автомобільних шин.

Penchuk Valentyne – D. Sc. (Eng.), Professor, Technical Exploitation and Service of Automobiles, Technological Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: scientific basis of modernization of building machines, recycling of wastes.

Novichkov Yurii – senior lecturer, Technical Exploitation and Service of Automobiles, Technological Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: utilization of threadbare motor-car tires.

УДК 621.565.93/95:699.841

М. Е. САМОЙЛЕНКО

Донецкий ПромстройНИИпроект

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЭТАЖЕРОК ЦИКЛОННЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

Аннотация. Выполнено исследование напряженно-деформированного состояния этажерок циклонных теплообменников для различных типов конструктивных схем при строительстве в сейсмоопасной зоне. Динамические свойства сооружения, ее напряженно-деформированное состояние в значительной мере определяются параметрами основания и способом фундирования сооружения. При увеличении жесткости основания в два раза сейсмические усилия в элементах сооружения увеличиваются в среднем на 40 %. Установка диафрагм (связей) позволяет существенно снизить расчетные усилия в элементах каркаса (изгибающие моменты – в 4–15 раз, продольные силы – в 1,5–2,0 раза) и существенно упростить армирование максимально нагруженных элементов и узлов конструкции. В железобетонных этажерках усилия в колоннах от собственного веса сооружения в пять раз превышают усилия от технологических нагрузок. Большой вес сооружения вызывает значительные сейсмические усилия в конструкции. Расчетные усилия от сейсмике в этажерке с металлокаркасом в 3–4 раза меньше, чем в этажерке с железобетонным каркасом, и не превышают усилий от ветровой нагрузки. Железобетонный и металлический каркасы имеют сопоставимую стоимость. В условиях отечественной строительной индустрии железобетонный каркас более технологичен, позволяет создавать конструкцию любой формы и практически безболезненно вносить изменения в проект. Проектирование легко вести параллельно со строительством. Анализ всей имеющейся информации о сооружении показал, что наиболее рациональная конструктивная схема сооружения – железобетонный каркас с диафрагмами в центральном пролете боковых граней сооружения с фундаментом в виде плиты на естественном основании.

Ключевые слова: этажерка, циклонный теплообменник, конструктивная схема, сейсмика, расчет.

Современное промышленное производство невозможно без использования вертикальных технологических схем размещения оборудования. Такая ситуация обуславливает необходимость проектирования и строительства этажерок высотой более 100 м. Поскольку производство обычно размещают вблизи источников сырья часто отсутствует возможность выбора площадки строительства с простыми горно-геологическими условиями. В этой ситуации возникает необходимость выработать рациональные конструктивные решения сооружения, позволяющие одновременно обеспечить заданную надежность конструкции, ее соответствие требованиям технологического процесса и оптимальную стоимость.

Особую сложность представляет строительство этажерок циклонных теплообменников цементных заводов в сейсмоопасных зонах, так как технологические нагрузки на указанные сооружения часто составляют многие сотни и даже тысячи тонн, а высота сооружения часто превышает 100 м. Вследствие этого расчетные продольные силы в колоннах с учетом сейсмической нагрузки в колоннах достигают нескольких тысяч тонн, а изгибающие моменты – более тысячи тонно-метров. Это значительно усложняет конструирование элементов и узлов в сооружении по сравнению с промышленными или гражданскими зданиями. Не меньшую сложность представляют и вопросы фундирования сооружения, так как площадь сооружения достаточно мала, развивать фундамент в условиях стесненной площадки строительства не представляется возможным, а вертикальные и горизонтальные силы на фундамент весьма велики.

В мировой практике существует несколько принципиальных схем этажерок для теплообменников:

- 1) со стальным каркасом;

© М. Е. Самойленко, 2017

- 2) с железобетонным каркасом (с диафрагмами или без них);
- 3) со смешанным каркасом, в котором на колонны-пилоны, установленные по углам этажерки, оперты стальные балочные перекрытия (платформы).

Выбор рациональной схемы этажерки существенно зависит от особенностей технологической схемы производства и параметров сейсмичности площадки и не имеет однозначного решения.

Донецкий ПромстройНИИпроект выступает генеральным проектировщиком Цементного завода в Ленинском районе Республики Крым (возле г. Керчь). Проектом предусмотрено возведение двух этажерок циклонных теплообменников высотой 104,7 м с размерами в плане в осях 30,15×36,00 м. Сейсмичность площадки более 8 баллов, амплитуда максимального ускорения $A = 3,21 \text{ м/с}^2$ (0,315g). Параметры сейсмичности получены по результатам сейсмомикрорайонирования площадки строительства. Основанием фундамента служат суглинки серого, серо-коричневого, зеленовато-серого цвета, от твердой до мягкопластичной консистенции, мягкие, тяжелые, пылеватые, непросадочные, с прослоями и линзами песка, глины и супесей ($\varphi = 17,2^\circ$, удельное сцепление грунта $c = 3,6$). Для выбора оптимальной конструктивной схемы сооружения были выполнены численные исследования напряженно-деформированного состояния пяти вариантов конструктивных схем этажерки (рис. 1):

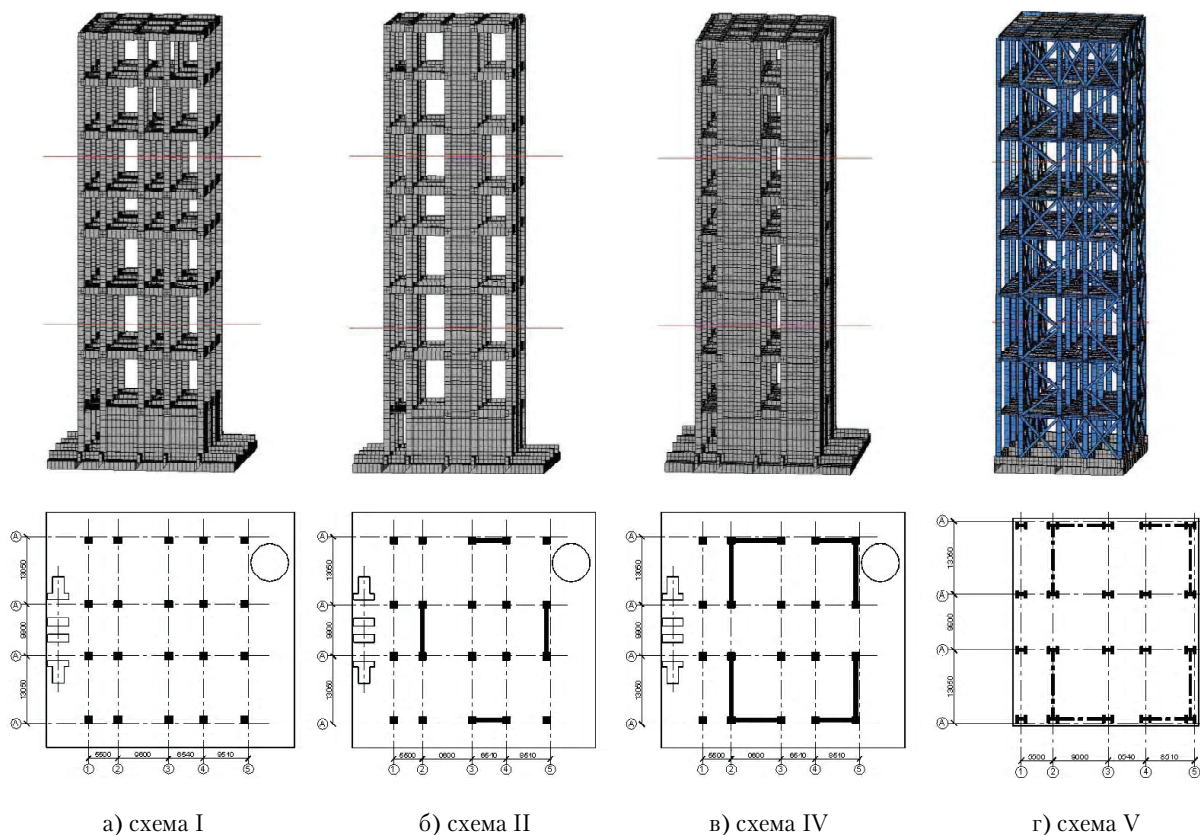


Рисунок 1 – Конструктивные схемы этажерок: а – без диафрагм жесткости; б – диафрагмы по торцам в центре; в – диафрагмы по углам; г – металлический связевой каркас с жесткими узлами; д – железобетонный каркас без диафрагм жесткости; е – железобетонный каркас с диафрагмами по боковым граням (торцам) сооружения в центральном пролете; ж – то же с диафрагмами до отм. 64,900; з – железобетонный каркас с диафрагмами по боковым граням (торцам) сооружения в крайних пролетах (по углам); и – металлический связевой каркас с жесткими узлами, перекрытия металлические.

Вариант с колоннами-пилонами не рассматривался, так как он неприемлем для этажерок с большими размерами в плане. Расчеты сооружений были выполнены с помощью ПК ЛИРА в соответствии с требованиями документов [1–5].

Для вариантов с железобетонным каркасом из условий обеспечения прочности, устойчивости и жесткости основания размеры фундамента назначены 47×45 м. Для варианта с металлическим каркасом фундамент принят размером 38×32 м. Для моделирования жесткости основания заданы коэффициенты постели $c_1 = 200 \text{ тс/м}^3$, $c_2 = 2\,000 \text{ тс/м}^3$. Коэффициенты получены для схемы линейно деформируемого полупространства в соответствии с [3].

Анализ поведения сооружений с различной конструктивной схемой показал, что при действии сейсмических нагрузок отклик систем весьма сходен. Практически совпадают периоды колебаний по первым формам (рис. 2) и перемещения характерных точек сооружения (рис. 3). Расчетные деформации металлической этажерки от сейсмических нагрузок несколько ниже, чем у железобетонных, и находятся в пределах допускаемых нормами (рис. 3). Деформации этажерки с металлическим каркасом от ветровых нагрузок больше, чем у сооружений с железобетонным каркасом. Это связано с меньшими размерами фундамента металлической этажерки в плане. Но и для этажерки с металлическим каркасом перемещения не превышают допустимых значений. Горизонтальные перемещения от собственного веса конструкций и оборудования при правильном конструировании (расположении центра масс сооружения в геометрическом центре фундаментной плиты) незначительны.

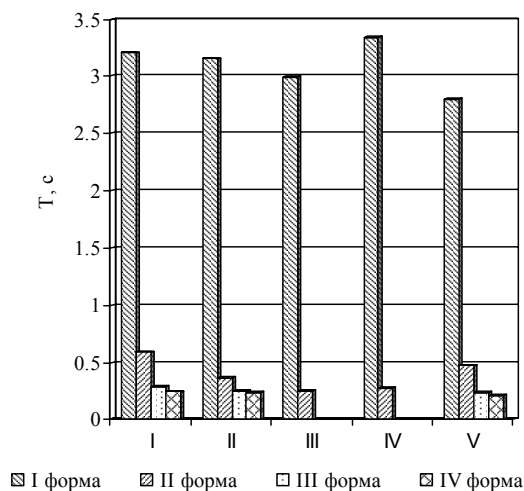


Рисунок 2 – Периоды колебаний сооружения для различных конструктивных схем этажерки: I – без диафрагм жесткости; II – диафрагмы по торцам в центре; III – диафрагмы по торцам в центре до отм. 64,900; IV – диафрагмы по углам; V – металлический связевой каркас с жесткими узлами.

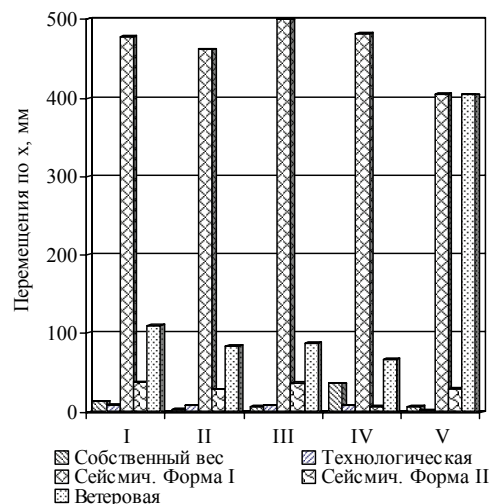


Рисунок 3 – Горизонтальные перемещения верхних точек сооружения от различных загрузок для различных конструктивных схем этажерки: I – без диафрагм жесткости; II – диафрагмы по торцам в центре; III – диафрагмы по торцам в центре до отм. 64,900; IV – диафрагмы по углам; V – металлический связевой каркас с жесткими узлами.

Безусловный интерес представляет распределение усилий в элементах этажерки при различных конструктивных схемах сооружения. Из рис. 4 видно, что в колоннах нижней зоны (где усилия в элементах максимальны) установка диафрагм жесткости приводит к существенному снижению расчетных усилий. Продольные силы уменьшаются в 1,5–2,0 раза, изгибающие моменты – в 4–15 раз. Причем снижение усилий происходит во всех колоннах: и тех, что сопряжены с диафрагмами, и в колоннах центральной части плана. При установке диафрагм существенно снижаются изгибающие моменты в ригелях нижней зоны (в 3–9 раз, рис. 5). Продольные силы в балках также снижаются, за исключением ригелей по торцам сооружения (увеличение продольной силы до 135 тс для балки сечением 2 000×800 мм несущественно).

Снижение расчетных значений усилий в элементах сооружений при установке диафрагм наблюдается и в верхней зоне сооружения (рис. 6). Однако для схемы III (диафрагмы обрваны на отм. 64,900) усилия в элементах с отм. 64,900 резко возрастают.

Проектировщики знают, что серьезные трудности представляет армирование узлов железобетонных конструкций, воспринимающих большие моменты и поперечные силы. Часто в сечениях заданной площади просто невозможно разместить арматуру, полученную по расчету [4]. Поэтому то обстоятельство, что установка диафрагм дает заметное снижение изгибающих моментов в узлах сопряжения колонн и балок чрезвычайно важно, так как позволяет существенно снизить площадь арматуры в узлах и тем самым существенно упростить армирование максимально нагруженных элементов и узлов конструкции.

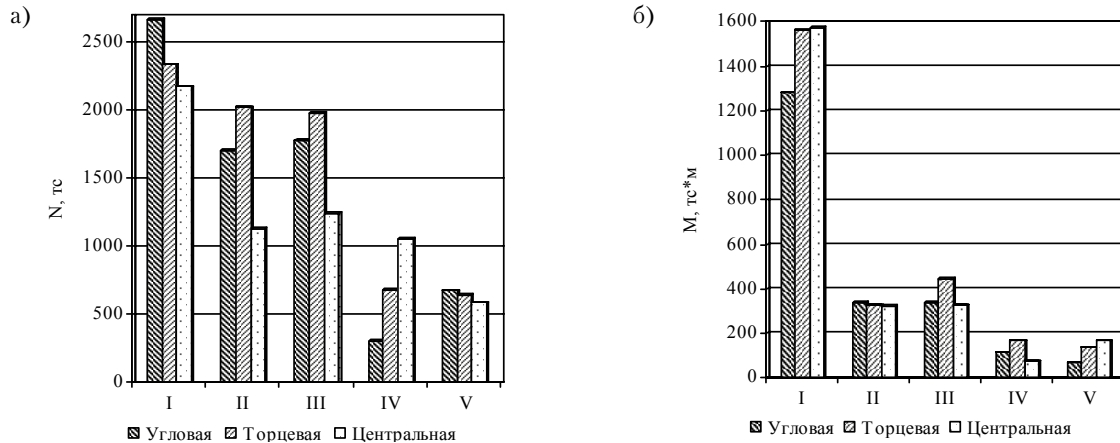


Рисунок 4 – Расчетные усилия в колоннах каркаса на отм. 10,300 для различных конструктивных схем этажерки: а) продольные силы N ; б) изгибающие моменты M : I – без диафрагм жесткости; II – диафрагмы по торцам в центре; III – диафрагмы по торцам в центре до отм. 64,900; IV – диафрагмы по углам; V – металлический связевой каркас с жесткими узлами.

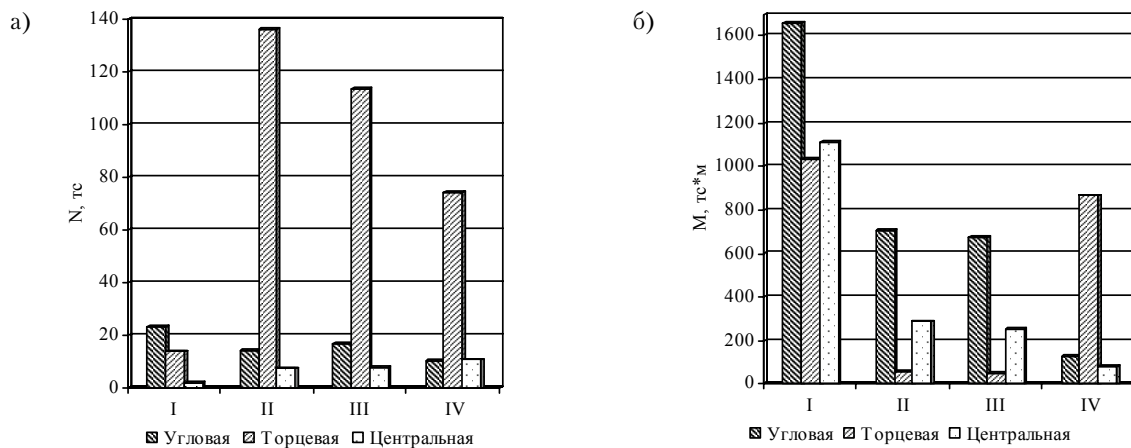


Рисунок 5 – Расчетные усилия в балках каркаса на отм. 24,400 для различных конструктивных схем этажерки: а) продольные силы N ; б) изгибающие моменты M : I – без диафрагм жесткости; II – диафрагмы по торцам в центре; III – диафрагмы по торцам в центре до отм. 64,900; IV – диафрагмы по углам.

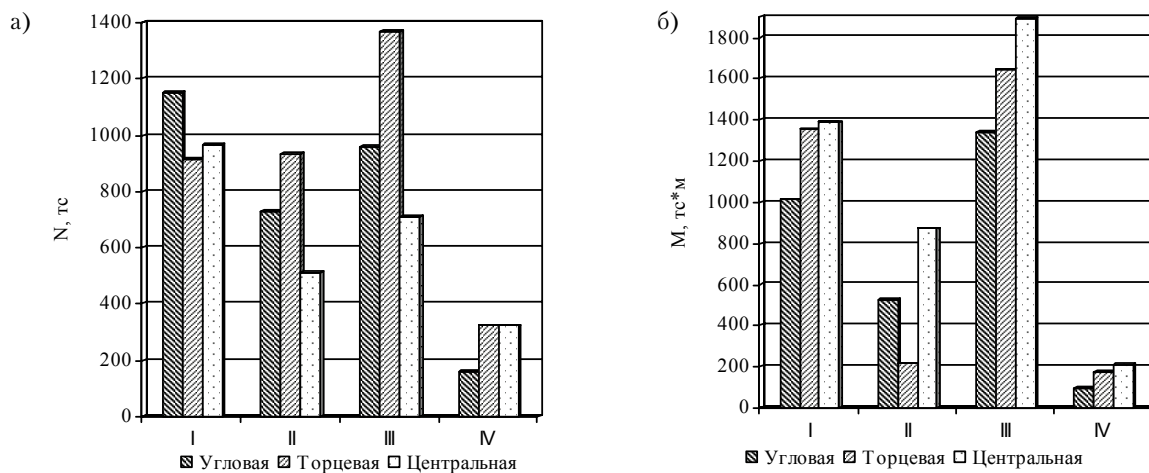


Рисунок 6 – Расчетные усилия в колоннах каркаса на отм. 64,900 для различных конструктивных схем этажерки: а) продольные силы N ; б) изгибающие моменты M : I – без диафрагм жесткости; II – диафрагмы по торцам в центре; III – диафрагмы по торцам в центре до отм. 64,900; IV – диафрагмы по углам.

Из рисунка 7б видно, что в системе без диафрагм колоссальные изгибающие моменты в узлах конструкции вызваны в первую очередь сейсмической нагрузкой. Ветровая нагрузка дает моменты в 5–8 раз меньшие. В железобетонных этажерках с диафрагмами изгибающие моменты от сеймики и ветра существенно ниже (в 3–10 раз). Минимальные значения изгибающих моментов получены для железобетонного каркаса с диафрагмами по углам и металлического связевого каркаса. Принципы формирования структуры РСУ в угловых, торцевых колоннах и в колонных центральной части плана (рис. 8) аналогичны.

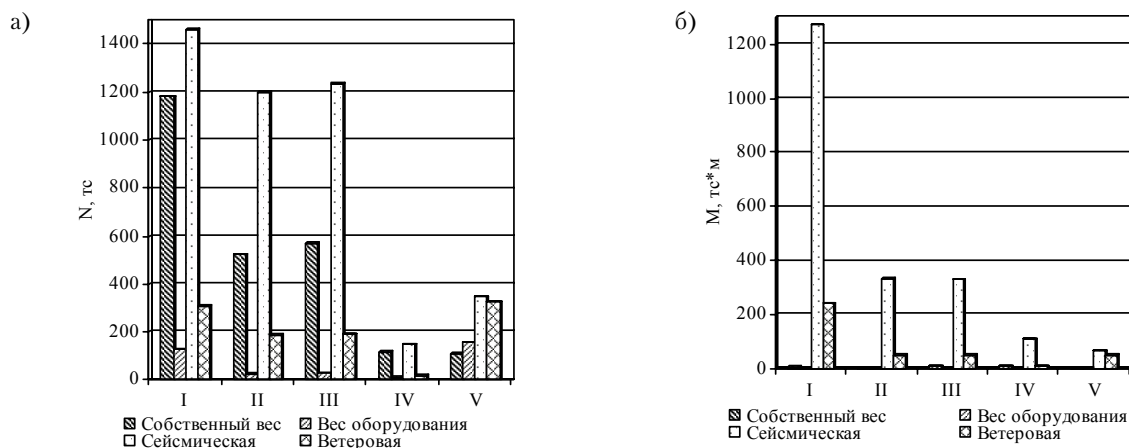


Рисунок 7 – Усилия в угловых колоннах каркаса на отм. 10,300 от различных загрузений для различных конструктивных схем этажерки: а) продольные силы N ; б) изгибающие моменты M : I – без диафрагм жесткости; II – диафрагмы по торцам в центре; III – диафрагмы по торцам в центре до отм. 64,900; IV – диафрагмы по углам; V – металлический связевой каркас с жесткими узлами.

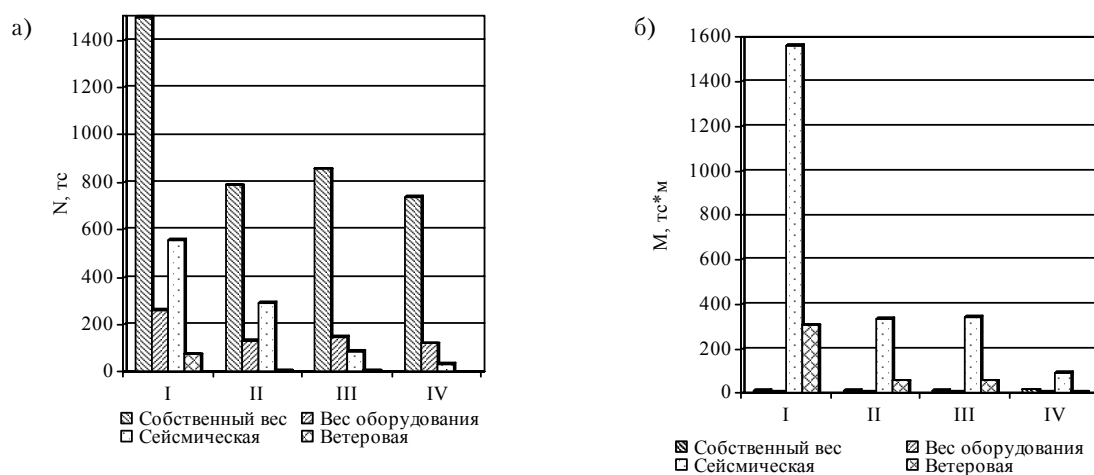


Рисунок 8 – Усилия в центральных колоннах каркаса на отм. 10,300 от различных загрузений для различных конструктивных схем этажерки: а) продольные силы N ; б) изгибающие моменты M : I – без диафрагм жесткости; II – диафрагмы по торцам в центре; III – диафрагмы по торцам в центре до отм. 64,900; IV – диафрагмы по углам.

Динамические свойства конструкции при работе в сейсмической зоне, ее напряженно-деформированное состояние в значительной мере определяются параметрами основания и выбором способа фундирования сооружения. Численные исследования показали, что при увеличении жесткости основания в два раза сейсмические усилия в элементах сооружения увеличиваются в среднем на 40 %. Усилия в элементах этажерки от других нагрузок практически не меняются (рис. 9). Рост сейсмических усилий с увеличением жесткости основания объясняется передачей большей энергии при сейсмических колебаниях грунта на сооружение. Отметим, что параметры основания $c_1 = 400$, $c_2 = 4\,000$ соответствуют модулю упругости грунта 40 МПа, то есть скальным грунтам или свайному основанию.

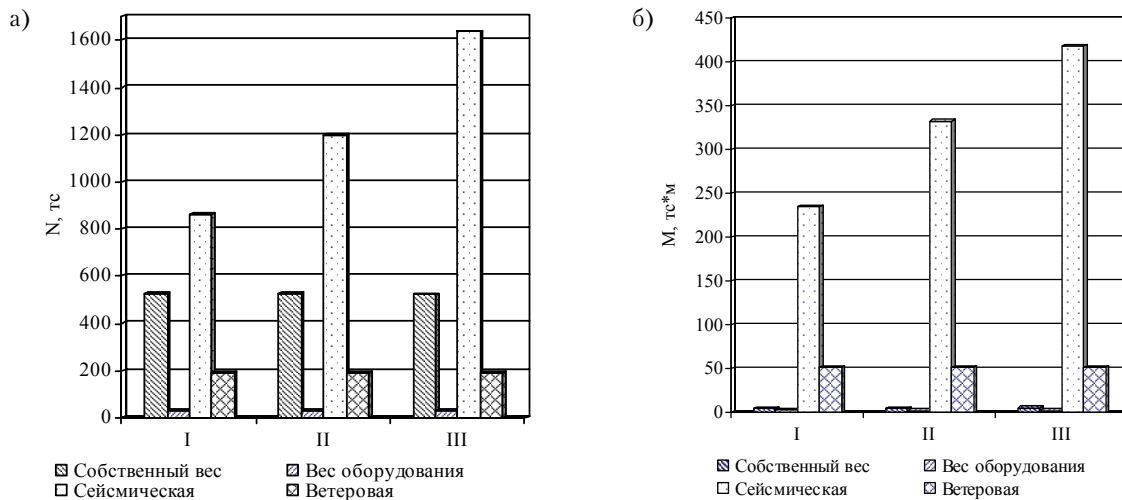


Рисунок 9 – Усилия в угловых колоннах каркаса на отм. 10,300 от различных загрузок при различных жесткостях основания: а) продольные силы N ; б) изгибающие моменты: I – $c_1 = 100$ тс/м³, $c_2 = 1\,000$ тс/м³; II – $c_1 = 200$ тс/м³, $c_2 = 2\,000$ тс/м³; III – $c_1 = 400$ тс/м³, $c_2 = 4\,000$ тс/м³.

С увеличением жесткости основания изменяются (уменьшаются) и периоды колебания этажерки по первой форме колебаний (рис. 10). Перемещения характерных точек сооружения также зависят от жесткости основания. С увеличением жесткости основания до параметров $c_1 = 250$ тс/м³, $c_2 = 2\,000$ тс/м³ при действии сейсмической нагрузки перемещения увеличиваются. Это объясняется увеличением значений сейсмических усилий в сочетании с относительно податливым основанием. При дальнейшем увеличении жесткости основания даже при росте сейсмических усилий наблюдается уменьшение перемещений (рис. 11).

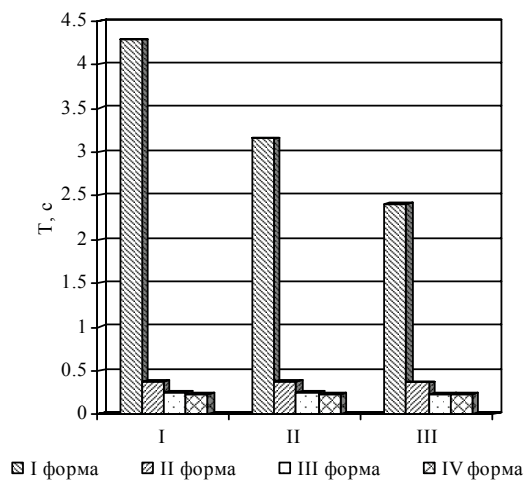


Рисунок 10 – Периоды колебаний сооружения при различных жесткостях основания:
I – $c_1 = 100$ тс/м³, $c_2 = 1\,000$ тс/м³; II – $c_1 = 200$ тс/м³, $c_2 = 2\,000$ тс/м³; III – $c_1 = 400$ тс/м³, $c_2 = 4\,000$ тс/м³.

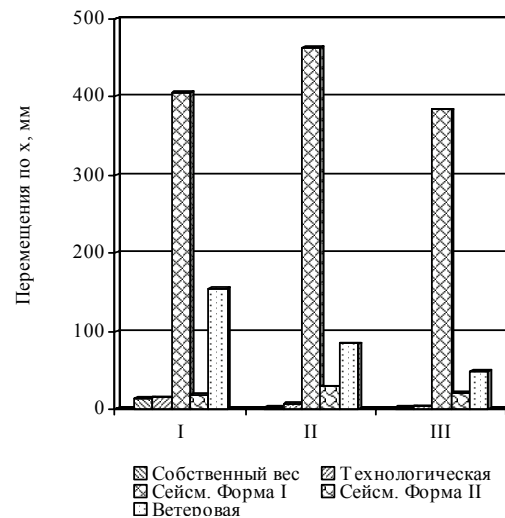


Рисунок 11 – Перемещения верхних точек сооружения при различных жесткостях основания:
I – $c_1 = 100$ тс/м³, $c_2 = 1\,000$ тс/м³; II – $c_1 = 200$ тс/м³, $c_2 = 2\,000$ тс/м³; III – $c_1 = 400$ тс/м³, $c_2 = 4\,000$ тс/м³.

И железобетонный, и металлический каркасы при сопоставимой стоимости имеют как достоинства, так и недостатки. Металлический каркас требует меньше времени для монтажа, однако предполагает существенные затраты времени на разработку чертежей КМД и изготовление на заводе металлических конструкций. Для изготовления конструкций на заводе требуется иметь полностью завершенную технологическую часть проекта и раздел КМ. Любые изменения в технологии (а они неизбежны в процессе проектирования и строительства) повлекут необходимость «резать» и «варить» уже изготовленные или смонтированные конструкции.

Железобетонный каркас позволяет создавать конструкцию любой формы и практически безболезненно вносить изменения в проект в процессе монтажа сооружения. Проектирование можно вести параллельно со строительством. Возведение сооружения можно начинать уже тогда, когда выполнены чертежи фундаментной плиты. К железобетонным перекрытиям легко закрепить любое оборудование в любом месте плиты без монтажа дополнительных балок.

В результате анализа всей имеющейся информации о сооружении специалистами Донецкого ПромстройНИИпроект принято решение использовать схему с железобетонным каркасом и размещением диафрагм по боковым граням (торцам) сооружения в центральном пролете. Указанное решение на стадии предварительных расчетов получилось несколько дороже, чем схемы IV и V, однако более технологично.

Во время разработки стадии II проекта этажерок специалистами Донецкого ПромстройНИИпроект рассматривалось несколько вариантов фундирования здания: плитный фундамент, свайный фундамент, плитный фундамент с контурными гистерезисными сваями (42 шт). В последнем варианте сваи шарнирно-податливо закреплены к фундаментной плите.

Анализ работы этажерки показал, что использование свайного фундамента приведет к существенному росту сейсмических усилий в элементах этажерки. Цена свайного фундамента в несколько раз выше цены фундаментной плиты с аналогичной несущей способностью. Поэтому использование свайного фундамента нерационально.

Весьма интересным является вариант плитного фундамента с контурными податливыми сваями, в котором сваи могут играть роль гистерезисных элементов, несколько демпфирующих колебания сооружения. Однако этот вариант имеет ряд недостатков и нерешенных вопросов. Во-первых, фактическая работа таких элементов не изучена. Строго говоря, никто не подтвердил экспериментально, что предложенная конструкция сваи является гистерезисным элементом и способна работать с отставанием по фазе относительно сейсмических колебаний грунта. Любое численное моделирование таких элементов без верификации с экспериментом не может быть положено в основу конструирования ответственного сооружения. Во-вторых, сваи, неравномерно расположенные под плитой создают весьма значительные всплески усилий в фундаментной плите, что ухудшает ее работу. В-третьих, стоимость плитного фундамента с гистерезисными сваями больше стоимости обычного (соответственно хорошо изученного и надежного) плитного фундамента.

Исследование работы системы сооружение фундамент грунт показал, что наиболее надежным и рациональным способом фундирования сооружения является применение плитного фундамента. Он без использования сложных и дорогостоящих мероприятий позволяет передать расчетные усилия на грунт и обеспечить требуемые осадки сооружения. Расчетные размеры фундаментной плиты и ее армирование в этом случае вполне соответствует принципам рационального проектирования. Отрывов края плиты либо потери устойчивости грунта под плитой не происходит. Кроме того, на фундаментной плите размером 47×45 м можно установить оборудование и конструкции технологически связанные с этажеркой.

ВЫВОДЫ

1. Для изучения поведения конструкций этажерок циклонных теплообменников под нагрузкой и выбора рационального конструктивного решения был выполнен численный эксперимент, в котором исследовалось пять типов конструктивных схем этажерок.

2. Были определены динамические характеристики различных типов этажерок. Периоды первых форм колебаний и перемещения при сейсмических воздействиях у исследуемых типов сооружений сопоставимы.

3. Изучено распределение усилий в системах с различной конструктивной схемой. Расчетные усилия в элементах каркаса с диафрагмами (связями) существенно ниже, чем в рамном (бессвязевом) каркасе. Это позволяет существенно упростить армирование максимально нагруженных элементов и узлов конструкции.

4. Динамические свойства сооружения при работе в сейсмической зоне, ее напряженно-деформированное состояние в значительной мере определяются параметрами основания и способом фундирования сооружения.

5. По результатам анализа всей имеющейся информации о сооружении специалистами Донецкого ПромстройНИИпроект предложено использовать схему с железобетонным каркасом и диафрагмами по боковым граням (торцам) сооружения в центральном пролете. Наиболее надежным и рациональным способом фундирования сооружения является применение плитного фундамента.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.1.1-12:2006. Строительство в сейсмических районах Украины [Текст]. – Взамен СНиП II-7-81* ; введ. 2007-01-02. – К. : Минстрой Украины, 2006. – 87 с.
2. ДБН В.1.2-2:2006. Державні будівельні норми. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування [Текст]. – Замість СНиП 2.01.07-85, за винятком розділу 10 ; надано чинності 2007-01-01. – Київ : Мінбуд України, 2006. – 75 с.
3. СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений [Текст]. – Является переизданием СНиП 2.02.01-83 с изменением № 1, утвержденным постановлением Госстроя СССР от 9 декабря 1985 г. № 211 ; взамен СНиП II-15-74 и СН 475-75 ; введ. 1985-01-01. – Москва : ФГУП ЦПП, 2006. – 48 с.
4. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции [Текст]. – Является переизданием СНиП 2.03.01-84 с изменениями, утвержденными постановлениями Госстроя СССР от 8 июля 1988 г. № 132 и от 25 августа 1988 г. № 169. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 80 с.
5. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции [Текст]. – Взамен СНиП II-В.3-72; СНиП II-И.9-62; СН 376-67 ; введ. 1983-01-01. – М. : ФГУП ЦПП, 2005. – 90 с.

Получено 28.05.2017

М. Є. САМОЙЛЕНКО

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЕТАЖЕРОК ЦИКЛОННИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ ПРИ БУДІВНИЦТВІ В СЕЙСМІЧНІЙ ЗОНІ Донецький ПромбудНІПроект

Анотація. Виконано дослідження напружено-деформованого стану етажерок циклонних теплообмінників для різних типів конструктивних схем при будівництві в сейсмонебезпечній зоні. Динамічні властивості споруди, її напружено-деформований стан в значній мірі визначаються параметрами основи і способом фундаменту споруди. При збільшенні жорсткості основи в два рази сейсмічні зусилля в елементах споруди збільшуються в середньому на 40 %. Установка діафрагм (зв'язків) дозволяє істотно знизити розрахункові зусилля в елементах каркаса (згинальні моменти – в 4–15 разів, поздовжні сили – в 1,5–2,0 рази) і істотно спростити армування максимально навантажених елементів і вузлів конструкції. У залізобетонних етажерках зусилля в колонах від власної ваги споруди в п'ять разів перевищують зусилля від технологічних навантажень. Велика вага споруди спричиняє значні сейсмічні зусилля в конструкції. Розрахункові зусилля від сейсміки в етажерці з металокаркасом в 3–4 рази менше, ніж в етажерці з залізобетонним каркасом і не перевищують зусиль від вітрового навантаження. Залізобетонний і металевий каркаси мають порівнянну вартість. В умовах вітчизняної будівельної індустрії залізобетонний каркас більш технологічний, дозволяє створювати конструкцію будь-якої форми і практично безболісно вносити зміни в проект. Проектування легко вести паралельно з будівництвом. Аналіз всієї наявної інформації про спорудження показав, що найбільш раціональна конструктивна схема споруди – залізобетонний каркас з діафрагмами в центральному прольоті бічних граней споруди з фундаментом у вигляді плити на природній основі.

Ключові слова: етажерка, циклонний теплообмінник, конструктивна схема, сейсміка, розрахунок.

MIKHAIL SAMOILENKO

STUDY OF THE OPERATION OF CYCLONE HEAT EXCHANGER FLOORS DURING CONSTRUCTION IN THE SEISMIC AREA Donetsk Promstroyiiiproekt

Abstract. The stress-strain state of the cyclone heat exchanger independent stack-frames for various types of structural schemes during construction in a seismic area has been investigated. The dynamic properties of a structure, its stress-strain state are largely determined by the parameters of the base and the method of foundation the structure. With an increase in the rigidity of the base, the seismic forces in the structural elements increase by an average of 40 %. The diaphragm setting (bonds) allows significantly reducing the design forces in the frame elements (bending moments – 4–15 times, longitudinal forces – 1.5–2.0 times) and greatly simplifying the reinforcement of the most stressed members and structural components. In reinforced concrete independent stack-frames, the forces in columns of own weight is five times higher than those from process duty. The large weight of the structure causes significant seismic forces in the structure. Nominal case conditions from seismic in the independent stack-frame with a metal frame is 3 to 4 times less than in the independent stack-frame with a reinforced concrete frame and do not exceed the effort from the wind loading. Reinforced concrete and metal frames have a comparable cost. In the conditions of the home construction industry, the reinforced concrete frame is more technological, it is possible to create the design of any forms and make changes to the project practically painless. Designing is easy to

conduct in parallel with construction. An analysis of all available information on the structure showed that the most rational structural design of the structures is a reinforced concrete frame with a diaphragm in the central span of the side faces of structures with a foundation in the form of a plate on a natural base.

Key words: independent stack-frame, cyclone heat exchanger, structural scheme, seismic, computation.

Самойленко Михаил Евгеньевич – кандидат технических наук, главный архитектор Донецкого ПромстройНИИ-проекта. Научные интересы: надежность зданий и сооружений, методы расчета, архитектура промышленных и гражданских зданий, новые конструктивные системы зданий.

Самойленко Михайло Євгенович – кандидат технічних наук, головний архітектор Донецького ПромбундНДІпроект-ту. Наукові інтереси: надійність будівель і споруд, методи розрахунку, архітектура промислових і цивільних будівель, нові конструктивні системи будівель.

Samoilenko Mikhail – PhD (Eng.), chief architect of the Donetsk Promstroyniiproekt. Scientific interests: reliability of buildings and structures, methods of calculation, the architecture of industrial and civil buildings, new structural systems of buildings.

УДК 725.41:624.15

М. Е. САМОЙЛЕНКО
Донецкий ПромстройНИИпроект**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ФУНДАМЕНТОВ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ В СЛОЖНЫХ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ
УСЛОВИЯХ**

Аннотация. Рассмотрен вопрос выбора оптимального варианта фундаментов под каркас корпуса II стадии дробления горно-обогатительного комбината на базе Еристовского месторождения. При выборе типа фундамента необходим детальный анализ инженерно- и горно-геологических, гидрогеологических, планировочных, сейсмических условий площадки строительства, стоимости, сроков и трудоёмкости возведения фундаментов. Нельзя делать выводы об экономической эффективности по результатам сравнения вариантов только для одного «характерного» фундамента. Важным критерием при выборе типа фундаментов является не только стоимость, но и технологичность и надежность конструктивных решений, трудоёмкость изготовления, возможности подрядных организаций.

Ключевые слова: фундамент, свая, просадочный грунт, оптимизация, экономическая эффективность.

В настоящее время Донецкий ПромстройНИИпроект выполняет проектирование объектов горно-обогатительного комбината на базе Еристовского месторождения (г. Комсомольск Полтавской области). В процессе разработки фундаментов корпуса II стадии дробления возникла необходимость выбора оптимального варианта фундаментов под каркас здания. На первый взгляд задача представляется тривиальной и сводится к вариантному проектированию фундаментов. Однако детальный анализ инженерно- и горно-геологических, гидрогеологических, планировочных, сейсмических условий площадки строительства, стоимости, сроков и трудоёмкости возведения фундаментов под каркас с учётом взаимного расположения с фундаментами под оборудование показал, что формальный подход дает неверное решение.

Корпус II стадии дробления представляет собой двухпролётное здание со стальным каркасом с размерами в плане в осях 36×116 м (рис. 1). Пролёт в осях А-Б (величина пролёта 18 м, отметка низа балок покрытия – +22,300) оборудован двумя мостовыми электрическими кранами грузоподъемностью 50/10 т и 16/3,2 т. Режим работы кранов 5К. Отметка уровня головки рельса +20,000. Пролет в осях Б-В (величина пролёта 18 м, отметка низа балок покрытия в осях 1-6 – +52,300, в осях 6-16 – +48,500). Пролёт оборудован мостовыми электрическими кранами грузоподъемностью 12 и 16 т. Отметки уровней головок рельсов в осях 1-6 – +49,500, в осях 6-16 – +46,000.

Следует отметить, что геотехнические условия площадки строительства весьма сложные. В пределах площадки наблюдаются негативные физико-геологические процессы: подтопление территории, заболоченные участки, существенная неоднородность грунтового массива, динамические нагрузки на грунты вследствие взрывов при добыче ископаемых в близлежащих карьерах. В соответствии с данными инженерно-геологических изысканий (рис. 1) в основании под зданием присутствуют слабые грунты текучие в замоченном состоянии (супеси и пески пылеватые пластичные, в замоченном состоянии – текучие, местами с примесями органических веществ), а также грунты, которые имеют просадочные свойства (высокопористые суглинки мягкопластичные в замоченном состоянии, пылеватые супеси текучие в замоченном состоянии). Поэтому при выборе конструктивных решений фундаментов под каркас здания были рассмотрены варианты фундаментов, прорезающих толщу слабых и неоднородных грунтов и передающих нагрузки на более плотные и прочные слои грунта

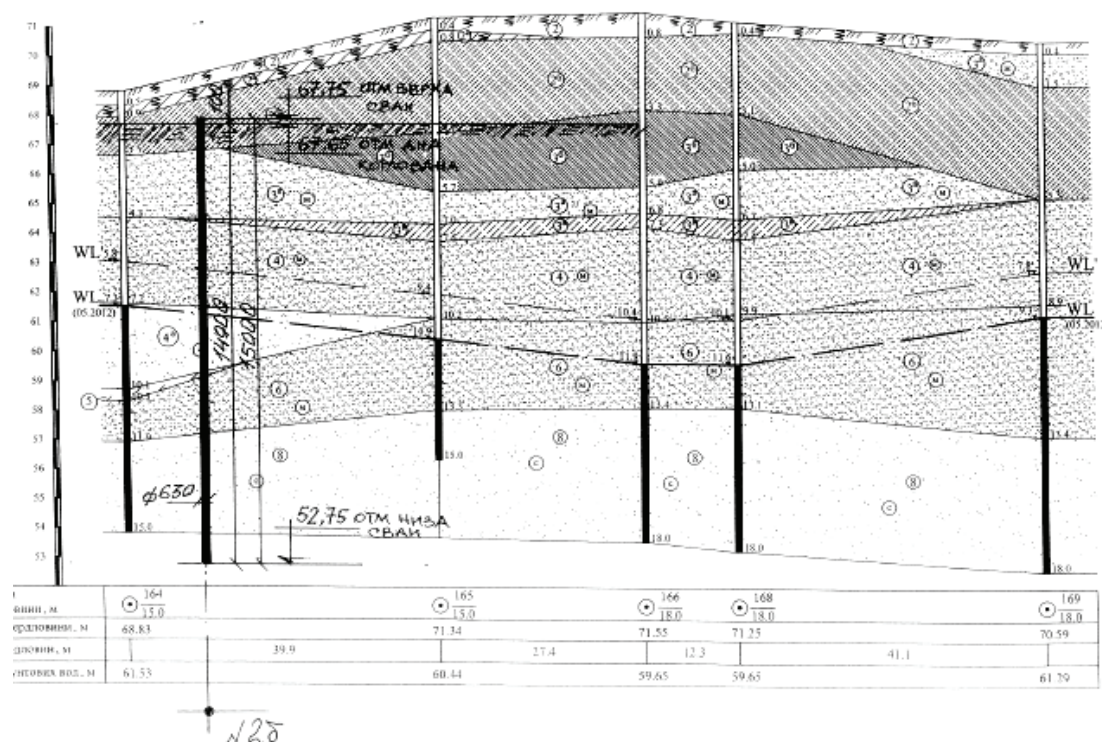


Рисунок 1 – Инженерно-геологический разрез по площадке строительства.

(песок серый, светло-серый, мелкий, однородный, средней плотности, насыщенный водой с многочисленными прослойками песка средней крупности).

В 2014 г. НИИСК (г. Киев) выполнил сравнение четырех вариантов фундаментов для фундамента по оси Б/5-8 (как наиболее характерного) корпуса грохочения № 1, расположенного рядом с корпусом II стадии дробления. Вариант 1 – фундамент на основании усиленном грунтоцементными сваями длиной 6,0 м, диаметром Ø500 мм (всего 54 шт.) с размером подошвы 8,4×6,0 м.

Вариант 2 – забивные призматические сваи 350×350 мм, длиной 11,0 м с погружением в плотный песок. Общее число свай – 24 шт. Ростверк имеет размеры в плане 7,55×4,75 м.

Вариант 3 – буроинъекционные сваи длиной 15,0 м Ø430 мм (всего 15 шт.) с ростверком 8,64×3,5 м.

Вариант 4 – буроинъекционные сваи длиной 15,0 м Ø630 мм (всего 12 шт.) с ростверком 8,84×4,10.

Фундаменты законструированы из условия недопущения на сваю выдергивающих нагрузок на сваю. Ограничение обусловлено наличием в здании мостовых кранов. Результаты расчета договорной цены различных вариантов фундаментов приведены в табл. 1. В соответствии с расчетами наиболее экономичным является фундамент с забивными призматическими сваями.

Таблица 1 – Стоимость характерного фундамента для различных типов конструктивных решений

№ п/п	Тип свай	Характеристики фундаментов			
		Данные НИИСК		Данные Донецкого ПромстройНИИпроекта»	
		Размер, м; число свай	Цена, тыс. грн.	Размер, м; число свай	Цена, грн
1	Фундамент с буроинъекционными сваями Ø630 мм, длиной L = 15 м	6,84×4,1 м 12 шт.	345,566	6,0×4,2 м 8 шт.	205 353 (вариант 1)
2	Фундамент с забивными призматическими сваями сечением 350×350 мм, длиной L = 11 м	7,55×4,75 м 24 шт.	283,059	6,0×4,8 м 24 шт.	231 905 (вариант 2)
3	Фундамент с буроинъекционными сваями Ø430 мм, длиной L = 15 м	8,64×3,5 м 15 шт.	327,839	–	–
4	Фундамент на основании, усиленном грунтоцементными элементами Ø500 мм, длиной L = 6,0 м.	8,4×6,0 м 54 шт.	344,058	–	–

На первый взгляд эти результаты можно автоматически распространить на все здания на площадке, в том числе и на решения для корпуса II стадии дробления. Однако анализ решений, предложенных НИИСК, показал, что в фундаменте с буроинъекционными сваями можно существенно уменьшить количество свай (при диаметре сваи 630 мм – до 8 шт.) при обеспечении заданной несущей способности за счет удаления свай из центральной зоны фундамента (в которой сваи практически не работают). Данные о стоимости вариантов фундаментов, предложенных Донецким ПромстройНИИПроектом (рис. 2), также показаны в табл. 1. Стоимость фундаментов получена на основании рабочей документации на фундаменты, выполненной в полном объеме согласно действующим нормам. За счет этого достигается высокая достоверность полученных результатов. Таким образом, можно говорить о том, что для рассматриваемого фундамента в действительности несколько более экономично решение с буроинъекционными сваями.

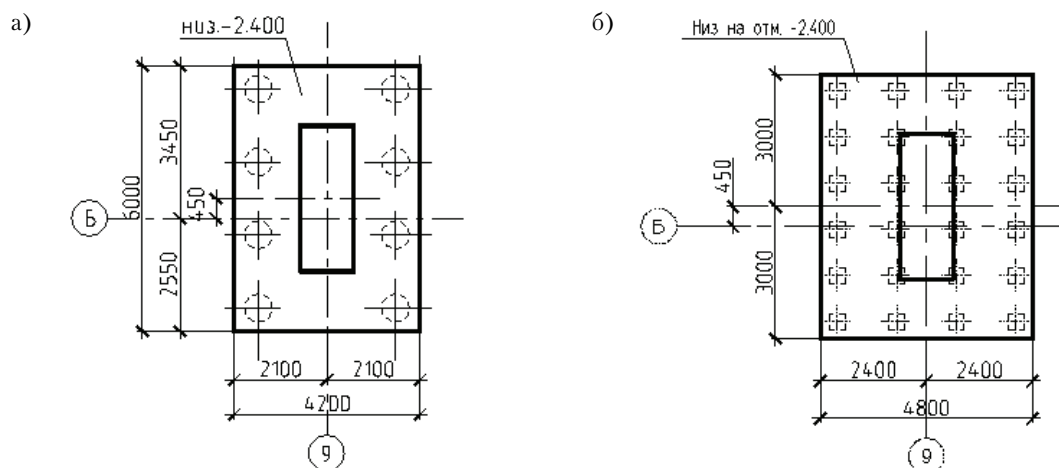


Рисунок 2 – Варианты фундаментов, предложенных Донецким ПромстройНИИПроектом: а) вариант 1 – с буроинъекционными сваями $\varnothing 630$ мм, длиной 15 м; б) вариант 2 – с забивными призматическими сваями сечением 350×350 мм, длиной 11 м с лидирующими скважинами $\varnothing 200$ мм на глубину 9 м.

Но и в этом случае остается открытым вопрос о том, возможно ли распространять результаты, полученные для одного фундамента, на здание в целом. Причем если имеется несколько десятков различных типоразмеров фундаментов под различные колонны, а расчеты стоимости одного фундамента показывают, что цена конструкции для различных решений отличается мало (различие около 10 %).

Для принятия окончательного решения в настоящей работе была определена сметная стоимость всего нулевого цикла корпуса II стадии дробления для двух вариантов фундирования сооружения. Расчеты выполнены по данным рабочей документации, разработанной для двух вариантов. Документация разработана с учетом увязки с фундаментами под оборудование, особенностей планировки и т.п. Результаты расчетов показаны в табл. 2.

Таблица 2 – Сметная стоимость нулевого цикла корпуса II стадии дробления

№ п/п	Вариант конструктивного решения фундамента	Сметная стоимость, тыс. грн.	Сметная трудоемкость, тыс. чел.-ч	Сметная заработная плата, тыс. грн.	Средний разряд работ
1	Фундаменты с буроинъекционными сваями $\varnothing 630$ мм, длиной $L = 10$ м и $L = 15$ м	7 573,630	43,39	881,170	3,1
2	Фундамент с забивными призматическими сваями сечением 350×350 мм, длиной $L = 11$ м	7 223,918	49,04	1 019,847	3,8

В соответствии с данными табл. 2 сметная стоимость рассмотренных вариантов практически одинакова (что отличается от результатов, полученных для одного фундамента). Различие в цене составляет менее 5 % и не превышает колебания рыночной цены на материалы и услуги. Существенным является различие в трудоемкости устройства фундаментов и заработной плате. По указанным показателям фундаменты с буроинъекционными сваями выгоднее на 13 и 16 % соответственно. Поскольку подрядчик, как правило, обладает значительным ресурсом в области экономии расходов на материалы, именно трудоемкость изготовления и сумма заработной платы является существенным критерием при выборе оптимального варианта. Снижение разряда работ позволяет использовать менее квалифицированный персонал, который проще найти на рынке труда.

Важным критерием при выборе типа фундаментов является технологичность и надежность конструктивных решений. В этом плане фундаменты на забивных призматических сваях в песчаных грунтах являются весьма проблематичными, так как при достаточно высоком уровне грунтовых вод (УГВ расположен на глубине 5...6 м от поверхности земли) часто отсутствует возможность выполнить лидирующие скважины на проектную глубину. В таком случае отдельные сваи невозможно будет погрузить на проектные отметки. Это приведет к необходимости проведения дополнительных динамических и статических испытаний свай, выполнения дублей и т. п.

Учитывая вышесказанное в рассматриваемых условиях строительства наиболее рациональным, технологичным и надежным вариантом фундаментов следует считать фундаменты на буроинъекционных сваях Ø630 мм, длиной 15 м. При фактически одинаковой стоимости по сравнению с забивными призматическими сваями сечением 350×350 мм, длиной 11 м достигается большая технологичность и надежность решения, существенно сокращаются трудозатраты, заработная плата рабочих и время выполнения работ.

ВЫВОДЫ

1. При выборе типа фундамента необходим детальный анализ инженерно- и горно-геологических, гидрогеологических, планировочных, сейсмических условий площадки строительства, стоимости, сроков и трудоемкости возведения фундаментов, учёт взаимного расположения с фундаментами под оборудование.
2. В зданиях, расположенных в сложных геотехнических условиях с большим количеством различных типоразмеров фундаментов, нельзя делать выводы об экономической эффективности того или иного типа фундамента по результатам сравнения вариантов только одного «характерного» фундамента.
3. Оптимизация отдельных конструктивов может принципиально изменить результаты расчета в целом.
4. Важным критерием при выборе типа фундаментов является не только стоимость, но и технологичность и надежность конструктивных решений, трудоемкость изготовления, возможности подрядных организаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН А.3.1-5-96. Управління, організація і технологія. Організація будівельного виробництва [Текст]. – Замість СНиП 3.01.01-85* ; введ. 01.09.96. – Київ : Укрархбудінформ, 1996. – 66 с.
2. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування [Текст]. – Введено вперше зі скасуванням на території України СНиП 2.02.01-83 ; чинні від 01.07.2009. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 104 с.
3. ДСТУ Б В.2.1-27:2010. Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробувань [Текст]. – На заміну СНиП 2.02.03-85 у частині розділу 5 ; чинний з 2011-07-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 11 с.
4. СНиП 2.01.09-91. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах [Текст] : утв. 04.09.1991 / Госстрой СССР. – Изд. офиц. – Взамен СНиП II-8-78 ; Введ. с 01.01.1992. – М. : АПП ЦИТП, 1992. – 33 с. – (Строительные нормы и правила).
5. ДСТУ Б Д.1.1-7:2013. Правила визначення вартості проектно-вишукувальних робіт та експертизи проектної документації на будівництво [Текст]. – На заміну ДБН Д.1.1-7-2000 ; введ. 2014-01-01. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – 47 с.
6. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення [Текст]. – На заміну СНиП 2.03.01-84* ; чинні від 2011-06-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.

Получено 29.05.2017

М. Є. САМОЙЛЕНКО

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТА ФУНДАМЕНТІВ ВИРОБНИЧОЇ
БУДІВЛІ В СКЛАДНИХ ГЕОТЕХНІЧНИХ УМОВАХ

Донецький ПромстройНІІпроект

Анотація. Розглянуто питання вибору оптимального варіанта фундаментів під каркас корпусу II стадії дроблення гірничо-збагачувального комбінату на базі Єристівського родовища. При виборі типу фундаменту необхідний детальний аналіз інженерно і гірничо-геологічних, гідрогеологічних, планувальних, сейсмічних умов майданчика будівництва, вартості, термінів і трудомісткості зведення фундаментів. Не можна робити висновки про економічну ефективність за результатами порівняння варіантів тільки для одного «характерного» фундаменту. Важливим критерієм при виборі типу фундаментів є не тільки вартість, але і технологічність і надійність конструктивних рішень, трудомісткість виготовлення, можливості підрядних організацій.

Ключові слова: фундамент, паля, просадний ґрунт, оптимізація, економічна ефективність.

MIKHAIL SAMOILENKO

THE CHOICE OF THE OPTIMAL VARIANT OF THE FOUNDATIONS OF A
PRODUCTION BUILDING IN DIFFICULT GEOTECHNICAL CONDITIONS

Donetsk Promstroyniiproekt

Abstract. The issue of choosing the optimal variant of the foundations for the frame of the second stage of crushing of the mining and processing plant on the basis of the Yeristovskoe deposit is considered. When choosing the type of foundation, a detailed analysis of the engineering and mining-and-geological, hydrogeological, planning, seismic conditions of the construction site, cost, time and laborious of erection of the foundations is necessary. One cannot draw conclusions about economic efficiency from the results of a comparison of options for only one «characteristic» foundation. An important criterion in choosing the type of foundations is not only the cost, but also the manufacturability and reliability of constructive solutions, the labor intensity of manufacturing, and the capabilities of contractors.

Key words: foundation, pile, collapsible soil, optimization, economic efficiency.

Самойленко Михаил Евгеньевич – кандидат технических наук, главный архитектор Донецкого ПромстройНИИ-проекта. Научные интересы: надежность зданий и сооружений, методы расчета, архитектура промышленных и гражданских зданий, новые конструктивные системы зданий.

Самойленко Михайло Євгенович – кандидат технічних наук, головний архітектор Донецького ПромбудНДІПроекту. Наукові інтереси: надійність будівель і споруд, методи розрахунку, архітектура промислових і цивільних будівель, нові конструктивні системи будівель.

Samoilenko Mikhail – PhD (Eng.), chief architect of the Donetsk Promstroyniiproekt. Scientific interests: reliability of buildings and structures, methods of calculation, the architecture of industrial and civil buildings, new structural systems of buildings.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕВЧЕНКО Л. Г., БОЧОРИШВИЛИ В. А. Влияние подпорной стенки на устойчивость оползне-опасного склона	5
КУШНИР М. В., ПРЯДКО Н. В., ВОЛКОВ А. С. Расчет и усиление железобетонной балки покрытия композитными материалами	12
ЛЕВЧЕНКО В. Н., ЛЕВЧЕНКО Д. В., НЕВГЕНЬ Н. А., ХРАМОГИН А. А. Учет факторов, влияющих на долговечность и надежность строительных конструкций зданий и сооружений в процессе их эксплуатации	17
ЛЯЛИН Д. О., МАШТАЛЕР Д. О., ДМИТРЕНКО Е. А. Применение программного комплекса Autodesk Revit в проектной деятельности	23
ШАБАЕВ С. Н. Рационализация процесса соединения резиновой крошки с битумом нефтяным дорожным вязким	28
СОРОКАНИЧ С. В. Коррозия бетона сооружений с учетом фильтрационного влагопереноса	32
РЯБИЧЕВА Л. А., ЗАСЬКО В. В. Прочность дисперсно-армированного бетона, полученного вибропрессованием	38
МОРГУН В. Н., МОРГУН Л. В., БОГАТИНА А. Ю. О взаимосвязи структуры бетонов с их демпфирующими свойствами	45
ТАНАСОГЛО А. В., БАКАЕВ С. Н., ВОЛЧКОВ А. Н., БАКАЕВА К. С., ПЕРЕВАРЮХА Н. А. Новое проектное решение антенной опоры для стесненных городских условий	50
БОЧОРИШВИЛИ В. А., ПЕТРАКОВА Н. А. Влияние уровня грунтовых вод на устойчивость склонов побережья Азовского моря	55
МАЛЮТИНА Т. П., ДАВЫДЕНКО И. П., СТАРЧЕНКО Ж. В. Построение эллиптического цилиндра с эвольвентной осью методом подвижного симплекса	62
ПРАВУК Л. Р., ВОЛКОВ А. С., ВОЛКОВ Д. С. Анализ напряженно-деформированного состояния оболочки дымовой трубы Киришской ГРЭС с учетом особенностей действительной схемы работы	67
ДОРОШЕНКО Т. Ф., СУПРУН Н. М., КОРОТКАЯ Е. М. Разработка природоохранной технологии утилизации пыли электросталеплавильного производства	74
НЕЗДОЙМИНОВ В. И., ЗАВОРОТНЫЙ Д. В., РОЖКОВ В. С. Исследование допустимой подачи затопленной эрлифтной системы аэрации в аэротенке-осветлителе	80
ПИСАРЕНКО А. В., ЯРКИН В. В. Численное исследование напряженно-деформированного состояния конструкций здания, взаимодействующего с просадочным основанием при его частичном закреплении	86
ГАЙВОРОНСКИЙ Е. А., ВИТЕР Е. В. Опыт архитектурно-планировочной организации промышленных музеев на территории недействующих промышленных предприятий	94
ЮГОВ А. М., ЛУКЬЯНЕНКО С. Н. Монтаж металлического каркаса ванной стекловаренной печи	101
ПЕНЧУК В. А., НОВИЧКОВ Ю. А. Экологически безопасный технологический комплекс по утилизации изношенных автомобильных шин и отработанных технических масел	106
САМОЙЛЕНКО М. Е. Исследование работы этажерок циклонных теплообменников при строительстве в сейсмической зоне	111
САМОЙЛЕНКО М. Е. Выбор оптимального варианта фундаментов производственного здания в сложных геотехнических условиях	120

ЗМІСТ

ЛЕВЧЕНКО Л. Г., БОЧОРІШВІЛІ В. О. Вплив підпірної стінки на стійкість зсувонебезпечного схилу	5
КУШНІР М. В., ПРЯДКО М. В., ВОЛКОВ А. С. Розрахунок і посилення залізобетонної балки покриття композитними матеріалами	12
ЛЕВЧЕНКО В. М., ЛЕВЧЕНКО Д. В., НЕВГЕНЬ М. О., ХРАМОГІН О. А. Урахування факторів, що впливають на довговічність і надійність будівельних конструкцій будівель і споруд в процесі їх експлуатації	17
ЛЯЛІН Д. О., МАШТАЛЕР С. М., ДМИТРЕНКО Є. А. Застосування програмного комплексу AUTODESK REVIT в проектній діяльності	23
ШАБАЄВ С. М. Рационалізація процесу з'єднання гумової крихти з бітумом нафтовим дорожнім в'язким	28
СОРОКАНИЧ С. В. Корозія бетону споруд з урахуванням фільтраційного вологопереносу	32
РЯБИЧЕВА Л. О., ЗАСЬКО В. В. Міцність дисперсно-армованого бетону, отриманого вібропресуванням	38
МОРГУН В. М., МОРГУН Л. В., БОГАТИНА А. Ю. Про взаємозв'язок структури бетонів з їх демпфірувальними властивостями	45
ТАНАСОГЛО А. В., БАКАЄВ С. М., ВОЛЧКОВ О. М., БАКАЄВА Х. С., ПЕРЕВАРЮХА Н. А. Нове проектне рішення антенної опори для стиснутих міських умов	50
БОЧОРІШВІЛІ В. О., ПЕТРАКОВА Н. О. Стійкість схилів узбережжя Азовського моря	55
МАЛЮТИНА Т. П., ДАВИДЕНКО І. П., СТАРЧЕНКО Ж. В. Побудова еліптичного циліндра з евольвентною віссю методом рухомого симплексу	62
ПРАВУК Л. Р., ВОЛКОВ А. С., ВОЛКОВ Д. С. Аналіз напружено-деформованого стану оболонки димової труби кірішської ГРЕС з урахуванням особливостей дійсної роботи схеми	67
ДОРОШЕНКО Т. Ф., СУПРУН Н. М., КОРОТКА К. М. Розробка природоохоронної технології утилізації пилу електросталеплавильного виробництва	74
НЕЗДОЙМІНОВ В. І., ЗАВОРОТНИЙ Д. В., РОЖКОВ В. С. Дослідження допустимої подачі затопленої ерліфтної системи аерації в аеротенку-освітлювачі	80
ПИСАРЕНКО А. В., ЯРКІН В. В. Чисельне дослідження напружено-деформованого стану конструкцій будівлі, що взаємодіє з просадною основою при її частковому закріпленні	86
ГАЙВОРОНСЬКИЙ Є. А., ВІТЕР Є. В. Досвід архітектурно-планувальної організації промислових музеїв на території недіючих промислових підприємств	94
ЮГОВ А. М., ЛУКЬЯНЕНКО С. М. Монтаж металевого каркаса ванної скловарної печі	101
ПЕНЧУК В. О., НОВІЧКОВ Ю. О. Екологічно безпечний технологічний комплекс з утилізації зношених автомобільних шин та відпрацьованих технічних мастил	106
САМОЙЛЕНКО М. Є. Дослідження роботи етажерок циклонних теплообмінників при будівництві в сейсмічній зоні	111
САМОЙЛЕНКО М. Є. Вибір оптимального варіанта фундаментів виробничої будівлі в складних геотехнічних умовах	120

CONTENTS

LEVCHENKO LYUBOV, BOCHORISHVILI VIKTORIYA. The Effect of the Retaining Wall on the Stability of the Landslide Slope	5
KUSHNIR MAKSYM, PRYADKO NIKOLAY, VOLKOV ANDREI. Calculation and Strengthening of Reinforced Concrete Beam of Coating by Composite Materials	12
LEVCHENKO VICTOR, LEVCHENKO DMITRY, NEVGEN NIKOLAI, KHRAMOGIN ALEKSANDR. Consideration of Factors, Affecting Durability and Reliability of Building Constructions and Structures in the Process of Their Operation	17
LYALIN DENIS, MASHTALER SERGII, DMITRENKO EVGENIY. Application of the Autodesk Revit Software Complex in Project Activities	23
SHABAEV SERGEY. Improved Production Method of the Process of Connection of Rubber Crumb with Construction Bitumen Viscosity	28
SOROKANICH STANISLAV. Corrosion of Concrete Structures with Consideration of the Filtration Moisture Transfer	32
RYABICHEVA LYUDMILA, ZACKO VITALI. Strength of the Continuously Reinforced Concrete Produced by Vibration Pressing	38
MORGUN VOLODYMYR, MORGUN LYUBOV, BOGATINA ALLA. On the Relationship of the Structure of Concrete with their Damping Properties	45
TANASOGLO ANTON, BAKAYEV SERGII, VOLCHKOV ALEXANDER, BAKAYEVA CHRISTINA, PEREVARJUHA NATALIA. A New Design Solution of the Antenna Support for Cramped Urban Conditions	50
BOCHORISHVILI VIKTORIYA, PETRAKOVA NATALIA. Stability of the Slopes of the Azov Sea Coast	55
MALUTINA TATYANA, DAVYDENKO IVAN, STARCHENKO JANNA. Construction of Elliptic Cylinder Paving Yvolvent by Axis by the Method of Mobile Simplex	62
PRAVUK LIUDMILA, VOLKOV ANDREI, VOLKOV DMITRIY. Analysis of the Stress-Strain State of the Shell Chimney Kirishi Power Plant with the Features of Valid Schemes of Work	67
DOROSHENKO TATYANA, SUPRUN NADEZHDA, KOROTKAYA EKATERINA. The Development of Utilization's Environmental Technology of Dust Electric Steel Making Production	74
NEZDOYMINOV VIKTOR, ZAVOROTNYI DMITRY, ROZHKOV VITALY. Research of an Permissible Supply of Airlift Submerged Aeration System in the Aerator-Clarifier Unit	80
PISARENKO ANASTASIA, IARKIN VIKTOR. Numerical Study of the Stress-Strain State of Building Structures Interacting with a Subsidence Base with its Partial Fixation	86
GAYVORONSKIY YEVGENIY, VITER YELIZAVETA. Experience of the Architectural and Planning Organization of Industrial Museums at the Area of Inactive Industrial Enterprises	94
YUGOV ANATOLY, LUKYANENKO SERGEY. Installation of the Metal Framework of the Glass-Tank Furnace	101
PENCHYK VALENTYNE, NOVICHKOV YURII. Ecologically Safe Technological Complex on Utilization of Threadbare Motor-Car Tires and Exhaust Oil	106
SAMOILENKO MIKHAIL. Study of the Operation of Cyclone Heat Exchanger Floors During Construction in the Seismic Area	111
SAMOILENKO MIKHAIL. The Choice of the Optimal Variant of the Foundations of a Production Building in Difficult Geotechnical Conditions	120