

ВЕСТНИК

ДОНБАССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ



ВЫПУСК 2020-3(143)

**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 2020-3(143)

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

Макеевка 2020

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 2020-3(143)

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

Макіївка 2020

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 № 8 от 27.04.2020 г.

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;

Бумага А. Д., к. т. н., доцент;

Веретенникова О. В., к. э. н., доцент;

Горохов Е. В., д. т. н., профессор;

Зайченко Н. М., д. т. н., профессор;

Левин В. М., д. т. н., профессор;

Лозинский Э. А., к. т. н., доцент;

Лукьянов А. В., д. т. н., профессор;

Мушанов В. Ф., д. т. н., профессор;

Назим Я. И., к. т. н., доцент;

Нездойминов В. И., д. т. н., профессор;

Савенков Н. В., к. т. н., доцент;

Югов А. М., д. т. н., профессор.

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

Программное обеспечение С. В. Гавенко

Компьютерная верстка Е. А. Солодкова

Подписано к выпуску 18.05.2020

Адрес редакции и издателя

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

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Телефоны: +38(062) 343-7033; +38(062) 343-7028

E-mail: vestnik@donnasa.ru, <http://vestnik.donnasa.ru>

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

Выпущено в полиграфическом центре

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

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

© ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 2020

Засновник і видавець

ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Свідчення 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 № 8 від 27.04.2020 р.

Редакційна рада:

Горохов Є. В., д. т. н., професор – головний редактор;

Мушанов 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;

Бумага О. Д., к. т. н., доцент;

Веретенникова О. В., к. е. н., доцент;

Горохов Є. В., д. т. н., професор;

Зайченко М. М., д. т. н., професор;

Левін В. М., д. т. н., професор;

Лозинський Е. О., к. т. н., доцент;

Лук'янов О. В., д. т. н., професор;

Мушанов В. П., д. т. н., професор;

Назим Я. І., к. т. н., доцент;

Нездоймінов В. І., д. т. н., професор;

Савенков М. В., к. т. н., доцент;

Югов А. М., д. т. н., професор.

Коректори Л. М. Лещенко, О. В. Гнездилова

Програмне забезпечення С. В. Гавенко

Комп'ютерне верстання Є. А. Солодкова

Підписано до випуску 18.05.2020

Адреса редакції і видавця

86123, ДНР, м. Макіївка, вул. Державіна, 2,

ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

+38(062) 343-7033; +38(062) 343-7028

E-mail: vestnik@donnasa.ru, <http://vestnik.donnasa.ru>

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

Випущено у поліграфічному центрі

ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

86123, ДНР, м. Макіївка, вул. Державіна, 2

© ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», 2020

УДК 624.014.2

А. С. ЕГОРОВА^а, В. Ф. МУЩАНОВ^б^а ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», ^б ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КАРКАСНО-ТЕНТОВОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ РАСЧЕТЕ В ЛИНЕЙНОЙ И НЕЛИНЕЙНОЙ ПОСТАНОВКЕ

Аннотация. Объектом исследования является рациональное конструктивное решение большепролетного каркасно-тентового покрытия над трибунами многофункционального стадиона вместимостью 20 000 зрителей. Каркас покрытия представляет собой структурную плиту, поддерживаемую V-образным пилоном и системой оттяжек. В качестве ограждающей системы покрытия приняты два слоя политетрафторэтилена на основе стекловолокна. В ходе исследования выполнена рационализация геометрии структурной плиты путем «вспарушивания» конструкции, т. е. придания конструкции строительного подъема в несколько итераций, в результате которого определено очертание плиты. Также выполнен сравнительный анализ напряженно-деформированного состояния несущих элементов конструкции покрытия в линейной и нелинейной постановке под действием основных расчетных сочетаний нагрузок. Задача в нелинейной постановке решается методом конечных элементов с использованием метода Ньютона-Рафсона. Исследование конструкции произведено с помощью программного комплекса Autodesk Robot Structural Analysis.

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

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Проведенный анализ конструктивных форм большепролетных покрытий [4, 5, 8, 10] свидетельствует о том, что каркасно-тентовые покрытия в общей массе проанализированных конструктивных решений составляют менее 1 %, что свидетельствует о недостаточной разработанности данной конструктивной формы.

В предлагаемом к исследованию объекте каркасная система каркасно-тентового покрытия принята в виде структурной плиты, поддерживаемой вантовой системой. Для указанной конструктивной формы при действии основного сочетания нагрузок предварительно выполнен поиск рационального геометрического очертания структурной плиты, и для ее установленной схемы проанализировано совместное влияние учета геометрической и физической нелинейностей на основные параметры напряженно-деформированного состояния.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Расчетные сочетания нагрузок

Расчет конструкции производится для двух основных сочетаний нагрузок:

- собственный вес несущих и ограждающих конструкций + снег (снеговая нагрузка принимается по [7] как равномерно-распределенная на покрытие для III ветрового района);
- собственный вес несущих и ограждающих конструкций + ветер (ветровая нагрузка берется по [7] как для IV ветрового района). Отличительной особенностью приложения ветровой нагрузки являются значения аэродинамических коэффициентов, принятые на основе результатов исследований, приведенных в работе [4], как для покрытия со схожей конфигурацией (рис. 1).

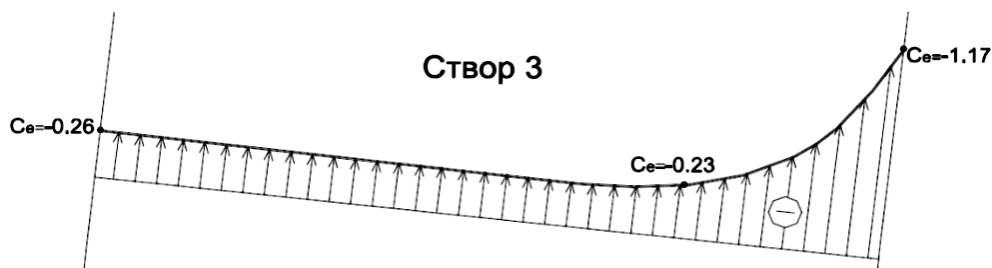


Рисунок 1 – Аэродинамические коэффициенты, действующие на покрытие.

Также, в качестве дополнительных сведений об особенностях рассматриваемых расчетных сочетаний нагрузок следует указать:

- для элементов металлического каркаса коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f = 1,05$ согласно [3] (в таблице 1 не приведен их вес, так как он учитывается в программе автоматически и меняется в зависимости от выбранных сечений труб);
- в качестве ограждающей системы покрытия приняты два слоя политетрафторидэтилена [далее – PTFE] – ткань, на основе стекловолокна толщиной 2 мм (рис. 2. Материалы, используемые в каркасно-тентовых покрытиях, рассмотрены в источниках [3, 7, 9, 11, 12]);

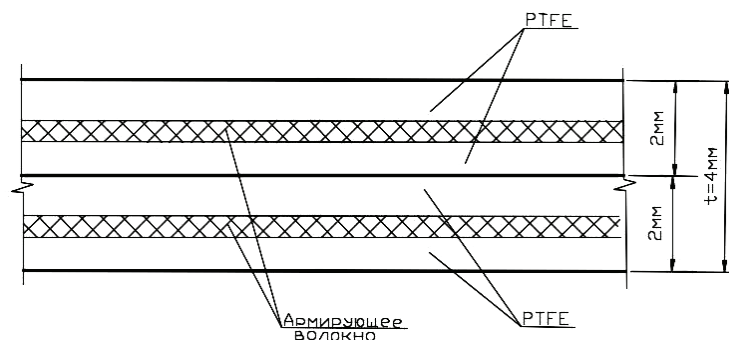


Рисунок 2 – Состав выбранного покрытия: PTFE-ткань на основе стекловолокна.

- коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1,1$ принимается как для сооружения с повышенным уровнем ответственности согласно [1].

В таблице 1 приведены итоговые нагрузки на покрытие.

Таблица 1 – Нагрузки, действующие на покрытие

Вид нагрузки	Нормативное значение, кН/м	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетное значение, кН/м
Вес PTFE-мембраны	0,001	1,200	0,001
Снеговая нагрузка (III снеговой район)	1,500	1,400	2,100
Ветровая нагрузка (IV ветровой район) $c = -0,26$	0,550	1,400	0,770
Ветровая нагрузка (IV ветровой район) $c = -0,23$	0,542	1,400	0,759
Ветровая нагрузка (IV ветровой район) $c = -1,17$	0,800	1,400	1,120

Рационализация геометрии структурной плиты

Для уменьшения величин усилий в поясных элементах структурной плиты, а также, для повышения жесткости системы (уменьшения вертикальных перемещений), определено рациональное очертание

структурной плиты. С этой целью использован метод «вспарушивания», когда исходные координаты узлов структурной плиты корректируются на величину перемещения, полученного по результатам линейного расчета, или, говоря иначе, конструкции придается строительный подъем [4]. Результаты примененной процедуры приведены в таблице 2, а также на рис. 3–5.

Таблица 2 – Изменение максимального усилия в поясных элементах структурной плиты и максимального прогиба в зависимости от «вспарушивания» конструкции

№ итерации	Параметр НДС	Элементы структурной плиты
0	N_{\max} , кН	4 386
	U_{\max} , мм	379
1	N_{\max} , кН	4 281
	U_{\max} , мм	362
2	N_{\max} , кН	4 209
	U_{\max} , мм	347
3	N_{\max} , кН	4 207
	U_{\max} , мм	333
4	N_{\max} , кН	4 059
	U_{\max} , мм	324

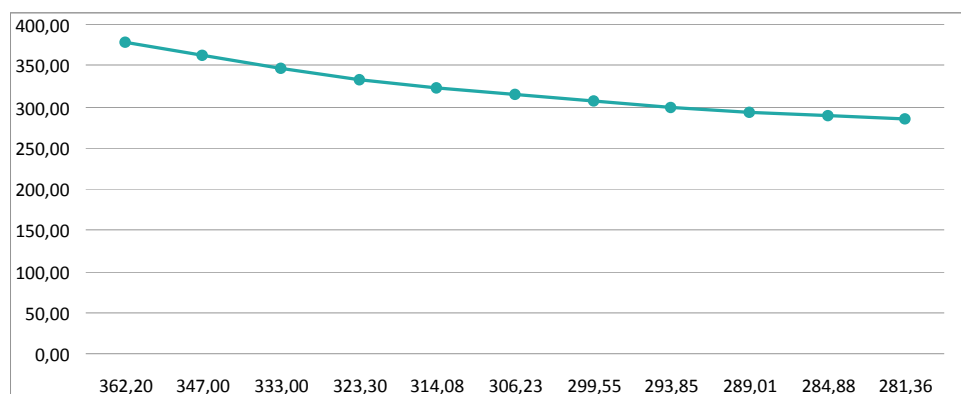


Рисунок 3 – Изменение величины максимального прогиба: ось ординату – задаваемая величина выгиба (мм), ось ординат – прогибы, полученные в результате расчета (мм).

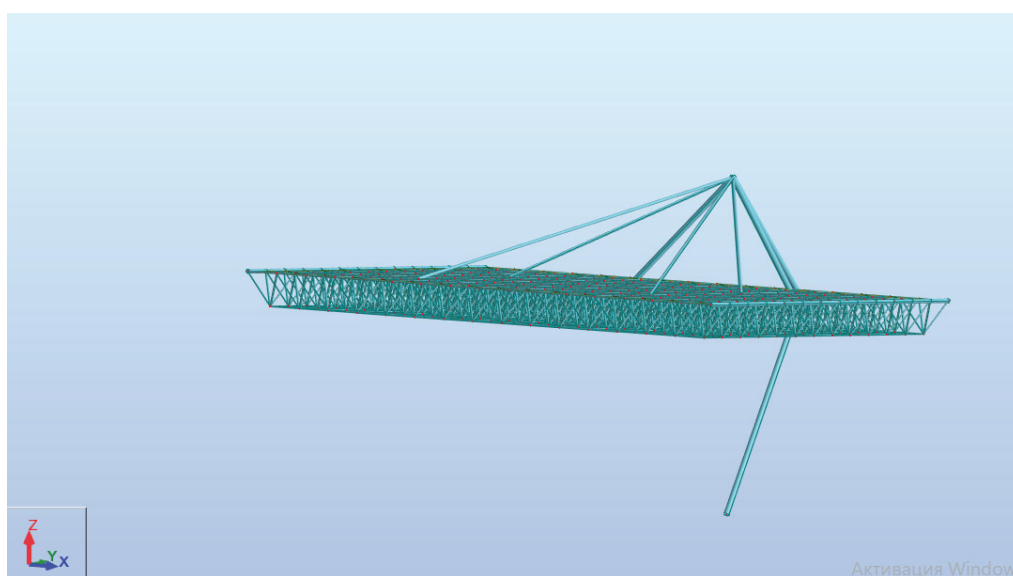


Рисунок 4 – Первоначальная форма конструкции.

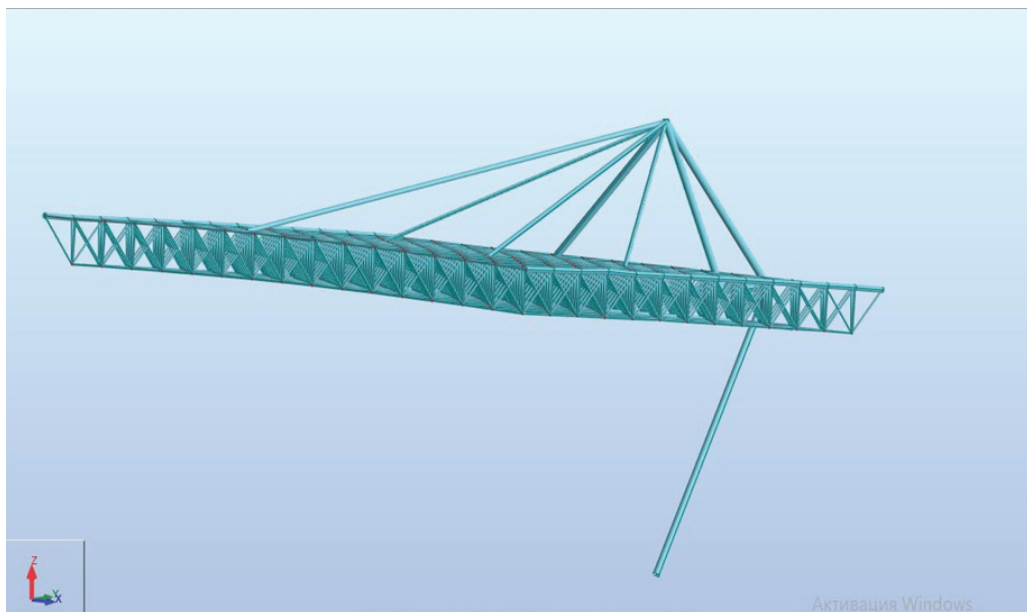


Рисунок 5 – Форма конструкции, принятая в результате «вспарушивания».

С помощью программы Advanced Grapher получена функция (1) и спрогнозированы дальнейшие перемещения, определяющие эффективность применяемой процедуры.

$$Y(x) = 0,851581 \cdot x + 38,7656824, \quad (1)$$

где Y – полученное максимальное перемещение;
 x – отложенное максимальное перемещение.

Как видно из графика на рис. 3, линейная зависимость нарушается уже на третьей итерации, то есть дальнейший выгиб будет мало эффективен.

Анализ учета влияния геометрической нелинейности на основные параметры напряженно-деформированного состояния каркасной системы

Для уточнения параметров напряженно-деформированного состояния исследуемого объекта проведем сравнительный анализ этих параметров, полученных в результате выполнения расчетов конструкции с рационализированной геометрией в линейной постановке и с учетом нелинейных эффектов (геометрической и физической нелинейностей) (рис. 6).

В рамках нелинейного расчета учитываются:

- эффекты Р-дельта,
- большие значения перемещений,
- физическая нелинейность в варианте, когда материал принят упруго-идеально-пластический, разгрузка – упругая.

Система нелинейных алгебраических уравнений, формируемая в результате решения задачи методом конечных элементов в рамках комплекса Autodesk Robot Structural Analysis, решается с использованием метода Ньютона-Рафсона.

Использование постпроцессорных процедур анализа несущей способности элементов, составляющих систему, позволило своевременно скорректировать сечения отдельных элементов по результатам нелинейного расчета. Так, сечения наиболее напряженных элементов структурной плиты, первоначально запроектированные из трубы 133×8 мм, были увеличены до 140×5 мм, а сечения вантовых оттяжек – до 356×6 мм. Окончательные сечения и сравнение с результатами линейного расчета представлены в таблице 3.

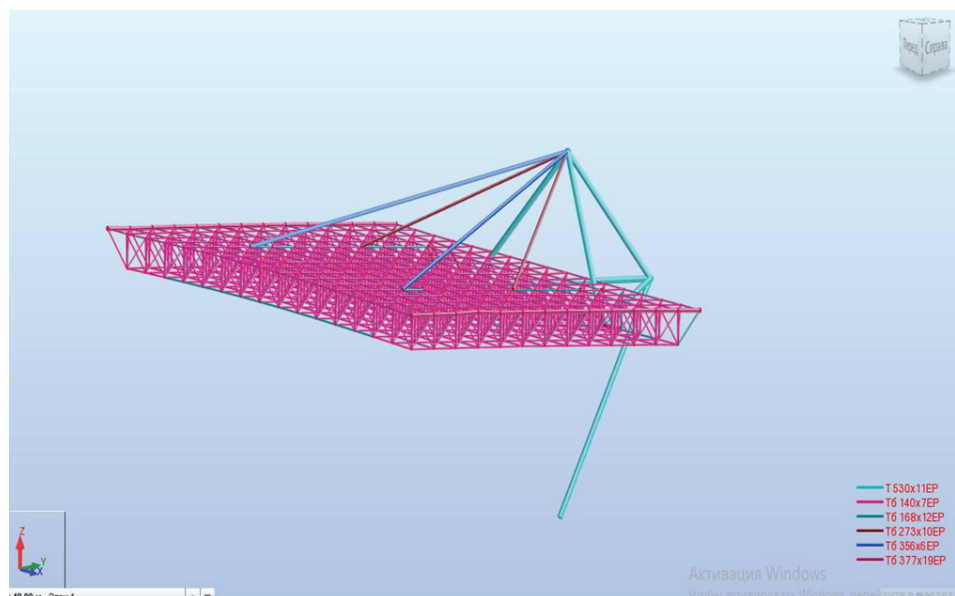


Рисунок 6 – Карта сечений по результатам расчета в нелинейной постановке.

ВЫВОДЫ

1. Определяющей комбинацией для подбора сечений элементов системы является 1-е сочетание нагрузок – *собственный вес + снег*. Ветровая нагрузка в данное сочетание не включается, так как при принятом угле наклона структурной плиты ветровые силы ветрового потока направлены вверх (от покрытия), и оказывает разгружающий эффект.

2. При приложении нагрузок по 2-му сочетанию в большинстве элементов системы знак усилий изменился на противоположный (кроме раскосов и ниспадающих оттяжек). Однако в силу незначительных величин ветровых нагрузок по сравнению с нагрузками 1-го сочетания все сечения, принятые на основании их действия, остаются прежними.

3. Сравнительный анализ результатов линейного и нелинейного расчетов позволил зафиксировать перераспределение усилий для отдельных элементов системы: увеличение до 10...30 %, уменьшение до 10 %, в некоторых элементах усилия не изменились. За счет корректировки сечений удалось повысить жесткость системы и снизить величину максимальных перемещений на 5,5 % (с 324 до 306 мм).

4. Наибольшее влияние учет нелинейных эффектов оказал на усилия в элементах верхнего пояса, примыкающих к другим секциям: усилия увеличились на 28 %, что в свою очередь вызвало пропорциональное увеличение площади сечений в пределах 35 %.

5. Метод «вспарушивания» для рассматриваемой несущей конструкции в виде подвешенной структурной плиты продемонстрировал сравнительно невысокую эффективность, по сравнению, например, со структурной плитой, неподвижно опертой по контуру. Это объясняется тем, что в анализируемом варианте большие перемещения системы, прежде всего, обусловлены упругими деформациями вант, а не пролетной частью покрытия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения [Текст]. – Введен впервые ; введ. 2015-07-01. – М. : Стандартинформ, 2015. – 50 с.
2. ГОСТ Р 58064-2018. Трубы стальные сварные для строительных конструкций. Технические условия. [Текст]. – Введен впервые ; введ. 2018-09-01. – М. : Стандартинформ, 2018. – 27 с.
3. Еремеев, П. Г. Тентовые мембраны для ограждающих конструкций покрытий над трибунами стадионов [Текст] / П. Г. Еремеев // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 4. – С. 33–36.
4. Конструкции стационарных покрытий над трибунами стадионов (2-е издание, исправленное и дополненное) [Текст] / Е. В. Горохов, В. Ф. Мущанов, Р. И. Кинаш, А. В. Шимановский [и др.] ; под общей ред. Е. В. Горохова и А. В. Шимановского. – Макеевка : РИО ДонНАСА, 2008. – 404 с.
5. Еремеев, П. Г. Современные конструкции покрытий над трибунами стадионов [Текст] / П. Г. Еремеев. – М. : АСВ, 2015. – 236 с.

Таблица 3 – Сравнительные результаты расчета

Элемент	Марка стали	Линейный расчет				Нелинейный расчет				1-е сочетание Δ_N , кН	2-е сочетание Δ_N , кН
		1-е сочетание		2-е сочетание		1-е сочетание		2-е сочетание			
		N _p	Труба	N _p	Труба	N _p	Труба	N _p	Труба		
Элементы структуры											
Верхний пояс a1	ВСтЗсп	573	133×8	−10	133×8	574	140×7	−24	133×8	1	−14
Верхний пояс a2	C245	2 973	377×14	−24	377×14	3 800	377×19	−26	377×14	827	−2
Верхний пояс a3	C245	987	168×12	−16	168×12	971	168×13	−16	168×12	−16	0
Нижний пояс b1	ВСтЗсп	−586	133×8	−24	133×8	−520	140×7	−22	133×8	66	2
Нижний пояс b2	C245	2 160	377×14	−85	377×14	2 483	377×19	−82	377×14	323	3
Нижний пояс b3	C245	−1 300	168×12	−51	168×12	−1 389	168×13	−50	168×12	−89	1
Нижний пояс b4	C245	4 059	377×19	−49	377×19	3 645	377×19	−45	377×19	−414	4
Раскос c1	ВСтЗсп	440	133×8	24	133×8	562	140×7	24	133×8	122	0
Раскос c2	C245	695	168×12	22	168×12	631	168×13	22	168×12	−64	0
Раскос c3	C245	1 695	377×14	−55	377×14	1 699	377×19	−47	377×14	4	8
Опорный раскос	ВСтЗсп	280	133×8	−20	133×8	332	140×7	−19	133×8	52	1
Опорный раскос	ВСтЗсп	470	133×8	−9	133×8	613	168×13	−10	133×9	143	−1
Элементы вантовой системы											
Оттяжка на структуру a1	16Г2АФ	−1 266	273×9	10	273×9	−1 285	279×10	22	273×9	−19	12
Оттяжка на структуру a2	16Г2АФ	−900	273×9	6	273×9	−987	356×6	−9	357	−87	−15
Ниспадающая оттяжка b1	16Г2АФ	−3 226	530×10	45	530×10	−3 403	530×11	13	530×10	−177	−32
Ниспадающая оттяжка b2	16Г2АФ	−2 863	530×10	104	530×10	−3 035	530×11	80	530×10	−172	−24
V-образный подкос	M20	2 310	530×10	−49	530×10	2 623	530×11	−42	530×10	313	7

- СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* [Текст]. – Взамен СП 20.13330.2011 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия»; введ. 2017-06-04. – М.: Стандартинформ, 2017. – 104 с.
- СП 384.1325800.2018. Конструкции строительно-тентовые. Правила проектирования [Текст]. – Введен впервые; введ. 2019-02-14. – М.: Стандартинформ, 2019. – 22 с.
- Brown, N. C. Design for Structural and Energy Performance of Long Span Buildings Using Geometric Multi-Objective Optimization [Текст] / N. C. Brown, C. T. Mueller // Energy Buildings. – 2016. – V. 127. – P. 748–761.
- Roshan, P. High Performance Technical Textiles [Текст] / Roshan, P. – [S. l.] : John Wiley & Sons Ltd, 2019. – 504 p.
- Integrating multi-functional space and long-span structure in the early design stage of indoor sports arenas by using parametric modeling and multi-objective optimization [Текст] / W. Pan, M. Turrin, C. Louter, S. Sariyildis, Y. Sun // Journal of Building Engineering. – 2019. – Vol. 22. – P. 464–485.
- Šamec, E. Economic aspects and particularities in building of lightweight tensile structures [Текст] / E. Šamec // Proceedings of the 12th International Conference : OTMC, A. Cerić, J. Kotarytarova, M. Radujković, M. Vukomano-

- vić, I. Završki (September 2015, Primošten). – Primošten : Hrvatska Udruga za organizaciju građenja i Sveučilište u Zagrebu, 2015. – P. 122–135.
12. Tao Yu. Applied Research of ETFE Membrane Gas Pillow Structure in Modern Stadiums [Текст] / Tao Yu, Yanhui Zhu // Research Journal of Applied Sciences. Engineering and Technology. – 2013. – No. 5(13). – P. 3654–3660.

Получена 30.03.2020

А. С. ЄГОРОВА ^а, В. П. МУЩАНОВ ^б

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ
КАРКАСНО-ТЕНТОВОГО ПОКРИТТЯ ПРИ РОЗРАХУНКУ В ЛІНІЙНІЙ І
НЕЛІНІЙНІЙ ПОСТАНОВЦІ

^а ФДАОУ ВО «Санкт-Петербурзький політехнічний університет Петра Великого»,

^б ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Об'єктом дослідження є раціональне конструктивне рішення великопрогонових каркасно-тентового покриття над трибунами багатофункціонального стадіону місткістю 20 000 глядачів. Каркас покриття являє собою структурну плиту, підтримувану V-подібним пілоном і системою відтяжок. За огорожувальні системи покриття прийняті два шари політетрафторетилену на основі скловолокна. В ході дослідження виконана раціоналізація геометрії структурної плити шляхом «знищення» конструкції, тобто надання конструкції будівельного підйому в кілька ітерацій, в результаті якого визначено обрис плити. Також виконано порівняльний аналіз напружено-деформованого стану несучих елементів конструкції покриття в лінійній і нелінійній постановці під дією основних розрахункових сполучень навантажень. Завдання в нелінійній постановці вирішується методом кінцевих елементів з використанням методу Ньютона-Рафсона. Дослідження конструкції зроблено за допомогою програмного комплексу Autodesk Robot Structural Analysis.

Ключові слова: великопрогонові конструкції, структурні конструкції, тентові конструкції, ПДВ, нелінійність, САПР, зворотний вигин.

ANASTASIIA EGOROVA ^а, VOLODYMYR MUSHCHANOV ^б

ANALYSIS OF THE FEATURES OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE
FRAME TENT COATING IN THE CALCULATION IN LINEAR AND NON-LINEAR
STAGES

^а Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, ^б Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The object of research is a definition of the rational geometry of the long-span frame tent cover over stadium tribunes. Stadium is multifunctional with a capacity of 20 000 spectators. The coating frame is a structural plate supported by V-shaped pylon and a guy system. Two layers of fiberglass-based on polytetrafluoroethylene are used as protecting layers. In the process of research, rationalization of the geometry of a structural plate is done by using the method of reverse bending in several iterations to define outline of the plate. Moreover, in the article comparative analysis of the stress-strain state of load-bearing structural elements in linear and non-linear stages is preformed under the influence of the basic load combinations. The problem in a non-linear stage is solved by the finite element method using the Newton-Raphson method. Research completed using Autodesk Robot Structural Analysis.

Key words: long-span structures, structural structures, frame tent structures, SSS, nonlinearity, CAD, reverse bend.

Егорова Анастасия Сергеевна – магистрант ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого». Научные интересы: расчет и проектирование пространственных металлических конструкций.

Мущанов Владимир Филиппович – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики, проректор по научной работе ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Член международной организации «Институт гражданских инженеров» и международной ассоциации «Пространственные конструкции». Научные интересы: теория надежности, расчет, проектирование и техническая диагностика пространственных металлических конструкций.

Єгорова Анастасія Сергіївна – магістрант ФДАОУ ВО «Санкт-Петербурзький політехнічний університет Петра Великого». Наукові інтереси: розрахунок і проектування просторових металевих конструкцій.

Муцанов Володимир Пилипович – доктор технічних наук, професор; завідувач кафедри теоретичної та прикладної механіки, проректор з наукової роботи ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Член міжнародної організації «Інститут цивільних інженерів» та міжнародної асоціації «Просторові конструкції». Наукові інтереси: теорія надійності, розрахунок, проектування та технічна діагностика просторових металевих конструкцій.

Egorova Anastasiia – master's student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. Scientific interests: analysis and design of spatial metal structures.

Mushchanov Volodymyr – D. Sc. (Eng.), Professor; Head of the Theoretical and Applied Mechanics Department, vicerector on the scientific activity of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. A member of the international organization «Institute of Civil Engineer» and international organization of «Spatial Structures». Scientific interests: include the reliability theory, analyses, designing and engineering diagnostics of spatial metal structures.

УДК 693.547.32:624.156.3:004.92

Д. А. МИХАЙЛОВ, С. В. КОРОБКОВ

ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТВЕРДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ
ELCUT PRO**

Аннотация. В данной статье рассматривается моделирование прогрева монолитного ленточного ростверка с помощью греющих изолированных проводов в программно-вычислительном комплексе ELCUT Pro 6.3 и надстройкой WinConcret. Данный вид прогрева бетона применяется на возводимом объекте многоэтажного жилого комплекса «Алые паруса» по адресу: Микрорайон «Северный» в Заречном сельском поселении Томского района. В программно-вычислительном комплексе ELCUT Pro с надстройкой WinConcret были внесены начальные параметры применительно к строящемуся объекту. В результате расчёта был выполнен анализ температурных полей в сечении монолитного ленточного ростверка, а также построены графики зависимости температуры от времени и графики зависимости прочности от времени прогрева. Установлено, что при прогреве бетона с помощью греющих изолированных проводов тепловая энергия распределяется более равномерно по всему сечению ростверка, это ведет к увеличению набора прочности всей конструкции.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, бетон, греющие изолированные провода, зимнее время.

Единственной возможностью проведения бетонных работ в условиях отрицательных температур и во избежание нарушения прочностных характеристик железобетонных конструкций является применение традиционных методов зимнего бетонирования. Существуют рекомендации по выбору метода зимнего бетонирования исходя из железобетонных конструкций и условий. Все они связаны с термическим воздействием на бетонную смесь при монолитном домостроении. Для монолитных конструкций жилых и гражданских зданий используют прогревный метод, а именно прогрев нагревательными проводами. Суть метода заключается в прокладке греющего кабеля определенного сечения и уровня напряжения в бетонную смесь с последующим подключением к трансформатору [1]. Под действием электрического тока происходит нагревание провода и тепло передается в бетонную смесь. Преимущество данного метода заключается в экономической эффективности и независимости электропроводящих свойств бетона. Однако недостаток этого метода в том, что ручные расчеты приблизительны и не учитывают всех факторов, влияющих на температуру. При изготовлении бетонных конструкций градиенты температур оказывают существенное влияние на механизмы твердения [2–9]. К основному фактору, оказывающего существенное влияние, необходимо отнести процессы тепло и массопереноса [9]. Моделирование с использованием современных программных комплексов способно решить проблему точного расчета с учетом всех факторов, влияющих на температуру. Одним из таких комплексов является ELCUT с надстройкой WinConcret. Программа способна составлять графические изменения температуры и прочность бетона во времени как в отдельных слоях конструкции, так и в целом [10, 11].

Рассмотрим на примере строящегося многоэтажного жилого комплекса «Алые паруса» располагающегося по адресу: Микрорайон «Северный» в заречном сельском поселении Томского района.

Монолитный ленточный фундамент шириной 1 500 мм и высотой 700 мм бетонируется при отрицательной температуре наружного воздуха $t_{н.в} = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и скорости ветра 5 м/с (рис. 1а). Бетонная смесь класса В25 с температурой $t_{с.с.} = +15\text{ }^{\circ}\text{C}$ укладывается в опалубку из фанеры толщиной 18 мм.

В качестве источника тепла выбраны греющие провода марки ПНСВ с диаметром жилы 1,2 мм. Для решения данной задачи была реализована расчетная модель конечных элементов в программном комплексе ELCUT-6.3 Pro. Расчетная модель с построением сетки конечных элементов показана на рис. 16.

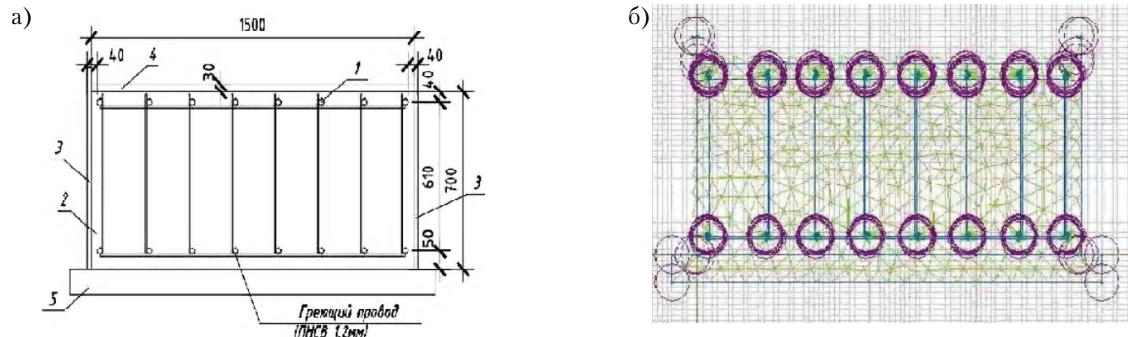


Рисунок 1 – Монолитный ленточный фундамент: а) поперечное сечение моделируемого железобетонного ростверка; б) и расчетная модель с построением сетки конечных элементов.

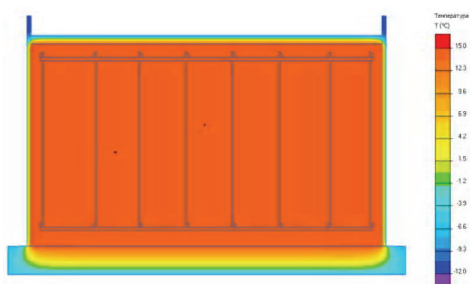


Рисунок 2 – Температурное поле конструкции после решения задачи в ELCUT Pro 6.3.

Задано время прогрева бетонной смеси – двое суток. После этого создается температурное выдерживание с остыванием бетонной смеси в течение двадцати четырех часов. Решение задачи производится в программном комплексе ELCUT-6.3 Pro с учетом параметров теплоемкости и теплопроводности материалов конструкции. Графика в on-line режиме показывает распространение тепла в бетонной конструкции в процессе твердения, градиенты, а также места с избыточными тепловыми потерями. Моделирование методом конечных элементов позволяет варьировать начальные параметры прогрева с целью достижения оптимальных характеристик распределения температур в твердеющих конструкциях любой сложности. Из полученных результатов расчетов температурных полей бетонной смеси можно

сделать заключение о том, что прогрев конструкции осуществляется равномерно. Локальные участки возле проводов прогреваются быстрее, а в местах потерь температуры медленнее (рис. 16, 2).

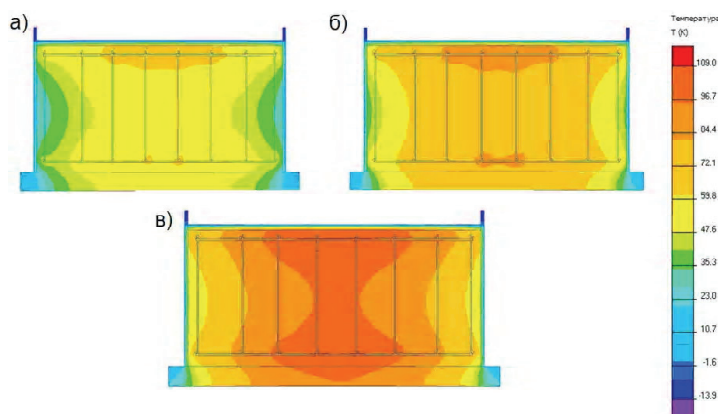


Рисунок 3 – Температурные поля в разные временные отрезки прогрева: а) – после 24 часов; б) – после 36 часов; в) – после 48 часов.

В качестве иллюстрации в работе были использованы параметры прогрева ростверка в условиях строительной площадки. Полученные решения распределения температур после 48 часов твердения, приведенные в центральной области (рис. 3в) оказываются близкими оптимальным значениям режимов прогрева конструкции. Однако в верхней части и областях, примыкающих к боковым граням, свидетельствуют об избыточных и недостаточных областях прогрева конструкции, рис. 3в.

Хочется отметить, что программный комплекс Elcut не учитывает такие параметры, как тепловыделение и удельное сопротивление бетона, а также отсутствует возможность посмотреть

график набора прочности бетонной смеси с течением времени. Для решения перечисленных недочетов используется дополнительная надстройка WinConcret. Данная надстройка при решении задачи

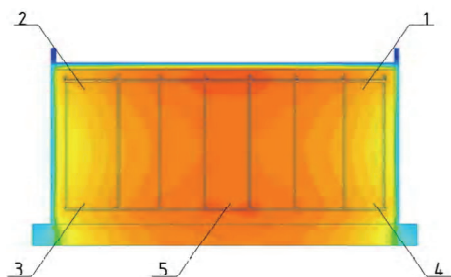


Рисунок 4 – Характерные блоки для построения графиков зависимости.

разбивает конструкцию на блоки. После этого происходит решение задачи, то есть каждый блок имеет свою температуру и прочность. Для анализа полученных результатов были выбраны характерные блоки в сечении конструкции ростверка (рис. 4).

По выбранным блокам были построены в надстройке WinConcret, графики зависимости температуры от времени прогрева (рис. 5), а так же графики зависимости прочности от времени прогрева (рис. 6).

ВЫВОДЫ

Проанализировав полученные результаты, можно сделать следующий вывод, при прогреве бетона с помощью греющих изолированных проводов тепловая энергия распределяется более равномерно по всему сечению ростверка, это ведет к увеличению набора прочности всей конструкции.

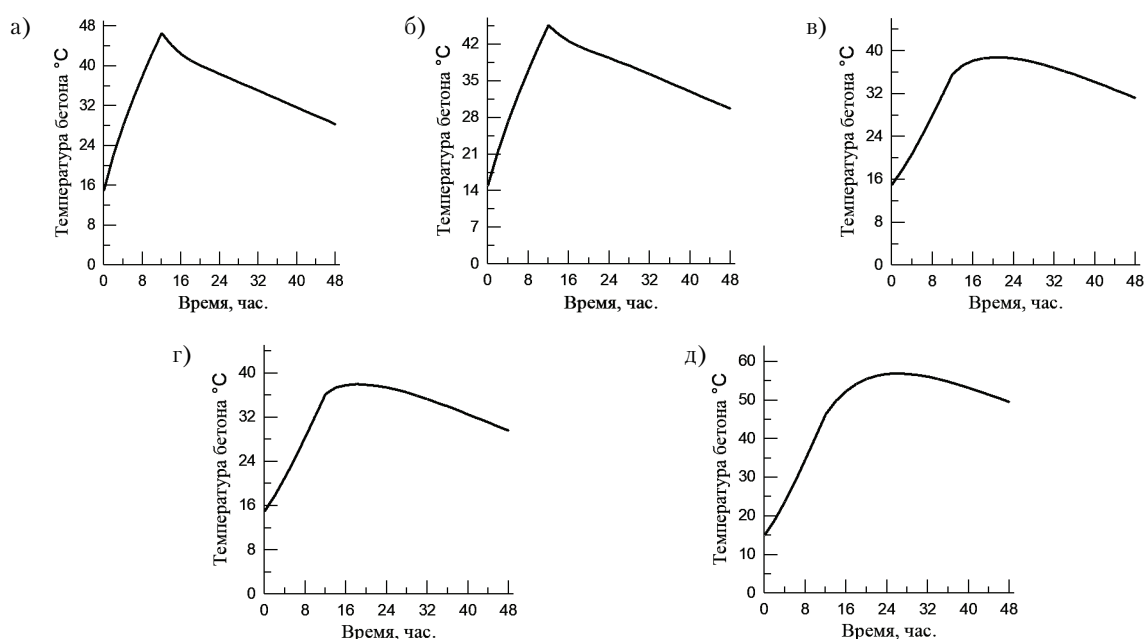


Рисунок 5 – Графики зависимости температуры от времени прогрева: а) 1-я точка, б) 2-я точка, в) 3-я точка, г) 4-я точка, д) 5-я точка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гныря, А. И. Технология бетонных работ в зимних условиях [Текст] : учеб. пособие / А.И. Гныря, С. В. Коробков. – Томск : Изд-во ТГАСУ, 2011. – 412 с.
- Лыков, А. В. Тепломассообмен. Справочник [Текст] / А. В. Лыков. – М. : Энергия, 1978. – 480 с.
- Mechanical properties of cement paste curing at different isothermal conditions [Текст] / A. I. Gnyrya, Yu. A. Abzaev, S. V. Korobkov and K. S. Gauss / IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – 193(1):012010. – doi: 10.1088/1755-1315/193/1/012010.
- Dhananjay, M. Study of Thermal Gradient in Concrete Slabs through Experimental Approach [Электронный ресурс] / M. Dhananjay, K. Abhilash // Global Journal of Researches in Engineering: Civil And Structural Engineering. – 2014. – Vol. 14. – Issue 5. – Access mode : <https://ru.scribd.com/document/383590811/1-Study-of-Thermal-Gradient-pdf>.
- Prasanna, W. G. J. Cracking due to Temperature Gradient in Concrete [Текст] / W. G. J. Prasanna, A. P. Subhashini // International Conference on Sustainable Built Environment (ICSBE-2010) (13–14 December 2010, Kandy). – P. 496–504.
- Effects of temperature and temperature gradient on concrete performance at elevated temperatures [Текст] / Quang X. Le, Vinh TN Dao, Jose L Torero, Cristian Maluk [et. al.]. // Advances in Structural Engineering. – 2018. – Vol. 21(8). – P. 1223–1233.

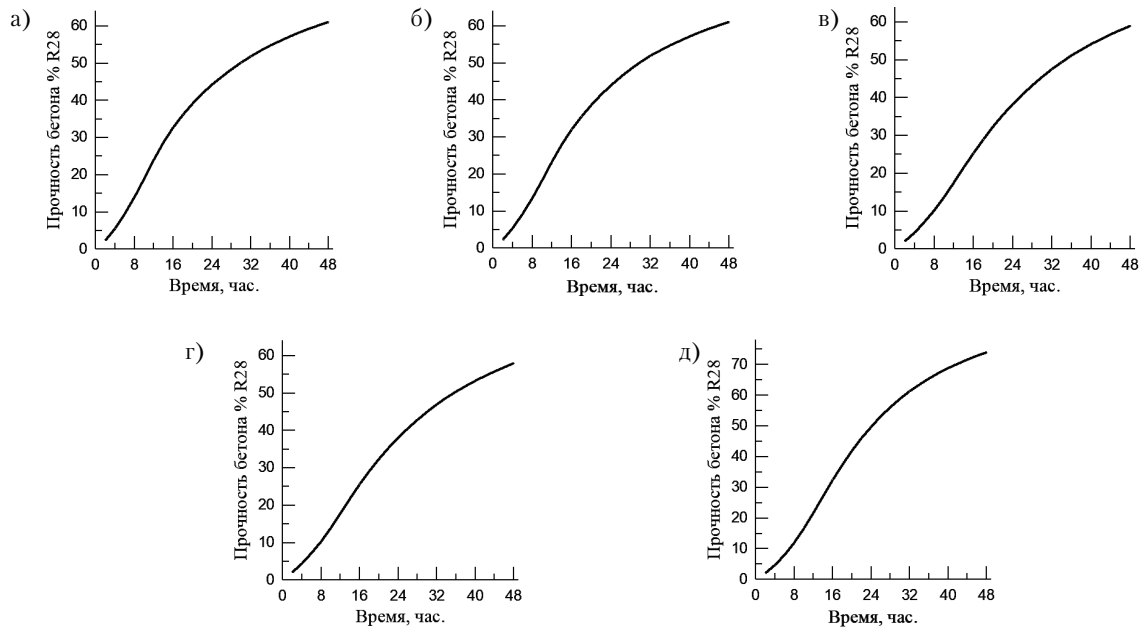


Рисунок 6 – Графики зависимости прочности бетона ростверка от времени прогрева: а) 1-я точка, б) 2-я точка, в) 3-я точка, г) 4-я точка, д) 5-я точка.

7. Hussein, Hamid H. Analysis of Temperature Gradients for Mass Concrete Units by Using Polystyrene Beads and Perlite [Текст] / Hamid H. Hussein, Omar S. Saeed // International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT). – 2013. – Vol. 3, Issue 5. – P. 86–93.
8. Numerical Simulation of Temperature Gradients for the Mass Concrete Foundation Slab of Shanghai Tower [Текст] / Jian Gong, Weijiu Cui, Yong Yuan, Xiaoping Wu // International Journal of High-Rise Buildings. – 2015. – Vol. 4. – No 4. – P. 283–290.
9. Vijaya Kumar C. S. An Experimental Study and Evaluation of Thermal Stresses in Rigid Pavements using FE Method [Текст] / Vijaya Kumar C. S., L. Manjesh // International Journal of Scientific Research in Science and Technology (IJSRST). – 2017. – Vol. 3. – Issue 7. – P. 766–772.
10. Комаринский, М. В. Имитационное моделирование зимнего бетонирования стеновой конструкции [Текст] / М. В. Комаринский, Р. В. Онисковец // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2017. – № 7. – С. 18–31.
11. Elcut Pro 6.3. Руководство пользователя. – ООО «Тор» : Санкт-Петербург, 2018. – 291 с.

Получена 31.03.2020

Д. О. МИХАЙЛОВ, С. В. КОРОБКОВ
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТВЕРДІННЯ МОНОЛІТНИХ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ
ELCUT PRO
ФДБОУ ВО «Томський державний архітектурно-будівельний університет»

Анотація. У даній статті розглядається моделювання прогріву монолітного стрічкового ростверку за допомогою гріючих ізованих проводів в програмно-обчислювальному комплексі ELCUT Pro 6.3 і надбудовою WinConcret. Даний вид прогріву бетону застосовується на об'єкті багатопверхового житлового комплексу «Червоні вітрила», що знаходиться за адресою: Мікрорайон «Північний» в Зарічному сільському поселенні Томського району. У програмно-обчислювальному комплексі Elcut Pro з надбудовою WinConcret були внесені початкові параметри стосовно до споруджуваного об'єкта. В результаті розрахунку було виконано аналіз температурних полів в перерізі монолітного стрічкового ростверку, а так само побудовані графіки залежності температури від часу і графіки залежності міцності від часу прогріву. Встановлено, що при прогріванні бетону за допомогою гріючих ізованих проводів теплова енергія розподіляється більш рівномірно по всьому перерізу ростверку, це веде до збільшення набору міцності всієї конструкції.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання, бетон, гріючий ізований провід, зимовий час.

DMITRY MIKHAILOV, SERGEY KOROBKOV
SIMULATION OF THE HARDENING PROCESS OF MONOLITHIC
REINFORCED CONCRETE STRUCTURES IN THE ELCUT PRO SOFTWARE
PACKAGE

Tomsk State University of Architecture and Building

Abstract. This article discusses the simulation of heating a monolithic tape grill with the help of heating insulated wires in the ELCUT Pro 6.3 software and computer complex and the WinConcret add-in. This type of concrete heating is used at the facility under construction a multi-storey residential complex «Scarlet Sails» at the address: «Severnoy microdistrict» in a rural village in the Tomsk region. In the Elcut Pro software and computer complex with the WinConcret add-in, the initial parameters were applied to the object under construction. As a result of the calculation, an analysis of the temperature fields in the section of the monolithic tape grillage was performed, as well as graphs of the dependence of temperature on time and graphs of the dependence of strength on the time of heating were constructed. It was found that when concrete is heated using heating insulated wires, thermal energy is distributed more evenly over the entire cross-section of the grillage, this leads to an increase in the set of strength of the entire structure.

Key words: computer simulation, concrete, heating insulated wires, winter time.

Михайлов Дмитрий Александрович – магистрант кафедры технологии строительного производства ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет» (ТГАСУ). Научные интересы: теория и технология производства бетонных работ в зимних условиях, тепло-и массоперенос в капиллярно-пористых материалах.

Коробков Сергей Викторович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии строительного производства ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет» (ТГАСУ). Научные интересы: теория и технология производства бетонных работ в зимних условиях; аэродинамика и внешний теплообмен моделей конструкций, зданий и сооружений; тепло-и массоперенос в капиллярно-пористых материалах.

Михайлов Дмитро Олександрович – магістрант кафедри технології будівельного виробництва ФДБОУ ВО «Томський державний архітектурно-будівельний університет» (ТДАБУ). Наукові інтереси: теорія і технологія виробництва бетонних робіт у зимових умовах, тепло-і масоперенос в капілярно-пористих матеріалах.

Коробков Сергій Вікторович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри технології будівельного виробництва ФДБОУ ВО «Томський державний архітектурно-будівельний університет» (ТДАБУ). Наукові інтереси: теорія і технологія виробництва бетонних робіт у зимових умовах; аеродинаміка та зовнішній теплообмін моделей конструкцій, будівель і споруд; тепло-і масоперенос в капілярно-пористих матеріалах.

Mikhailov Dmitry – master's student, Construction Technology Department, Tomsk State University of Architecture and Building. Scientific interests: theory and technology of concrete work in winter conditions, heat and mass transfer in capillary-porous materials.

Korobkov Sergey – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Head of Construction Technology Department, Tomsk State University of Architecture and Building. Scientific interests: theory and technology of concrete work in winter conditions; aerodynamics and external heat exchange of models of structures, buildings and structures; heat and mass transfer in capillary-porous materials.

УДК 699.86

И. Л. ВАСИЛЬЕВА, Д. В. НЕМОВА, Н. И. ВАТИН

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого»

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНСТРУКЦИИ ДВОЙНОГО ФАСАДА

Аннотация. Растущее число высотных зданий с ограждающими конструкциями, выполненными из стекла, стремительно растет с каждым годом, поэтому задача энергосбережения становится все более актуальной. Инновационная фасадная система двойного фасада зарекомендовала себя как энергоэффективная. Она помогает значительно сократить энергетические нагрузки здания. В статье приводится систематизация сокращения энергетических нагрузок при использовании данной системы конструктивного энергосбережения в зависимости от типа климата. Также в работе представлена зависимость изменения энергетических нагрузок от ширины межконтурного пространства (0,2; 0,5; 1; 2 м) и от высоты здания (8; 168; 340 м).

Ключевые слова: двойной фасад, светопрозрачная конструкция, ограждающая конструкция, фасадная система, воздушный зазор, энергопотребление, климатические условия.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Число высотных зданий в мире стремительно растет. С каждым годом их становится на 8 % больше, такую статистику обнаружили ученые из Колумбийского университета в Нью-Йорке. А также выявлена закономерность, что средняя высота небоскреба каждый год увеличивается на один этаж (берется относительно 100 самых высоких зданий мира) [1].

Развитие и совершенствование светопрозрачных конструкций позволило превращать эти высоты в стеклянные шедевры архитектуры. Они выглядят сдержанно и выразительно, располагаются не только в новых кварталах с современной застройкой, но и становятся настоящим украшением исторических центров. Однако темп возведения зданий с ограждающими конструкциями из стекла опережает опыт, накопленный в области их проектирования и строительства. Высокая прозрачность ограждающих конструкций становится причиной больших энергетических нагрузок для здания (это касается отопления, охлаждения и вентиляции), что ведет к увеличенным эксплуатационным затратам.

Таким образом, перед учеными стоит задача найти конструкцию, которая сможет одновременно обеспечить комфортные условия нахождения в здании, будет экономичной, а также позволит сохранить эстетическую красоту. За последние несколько десятилетий в этой области был сделан качественный шаг вперед – переход от однослойной стеклянной стены к двойному стеклянному фасаду (в англоязычной литературе используется термин *Double Skin Facade, DSF*). Это малоизученная, но перспективная система конструктивного энергосбережения.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Конструкция двойного фасада имеет европейские истоки. Первопроходцем в этой области является Германия. За последние десять лет инновационная конструкция вызвала интерес у исследователей по всему миру [2–18].

Большое внимание данной теме уделили представители Санкт-Петербургского Политехнического университета Петра Великого [19–21].

В работе [22] приведена подробная классификация двойных фасадов.

Авторы статьи [23] вывели среднее значение экономии энергетических ресурсов при использовании инновационной фасадной системы, принимая во внимание большое количество экспериментов, которые были проведены в различных климатических условиях.

ЦЕЛИ

Целью работы является анализ характерных преимуществ фасадной системы двойного фасада и систематизация имеющихся данных по экспериментам с этой ограждающей конструкцией относительно разных климатов.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Конструкция двойного фасада – это комплексная система, состоящая из внешней остекленной оболочки и традиционного стеклянного фасада здания, который представляет собой внутреннюю оболочку. Эти два слоя разделены воздушной полостью, которая имеет фиксированные или контролируемые вентиляционные отверстия, и может включать или не включать затеняющие устройства (рисунок 1) [23, 24].

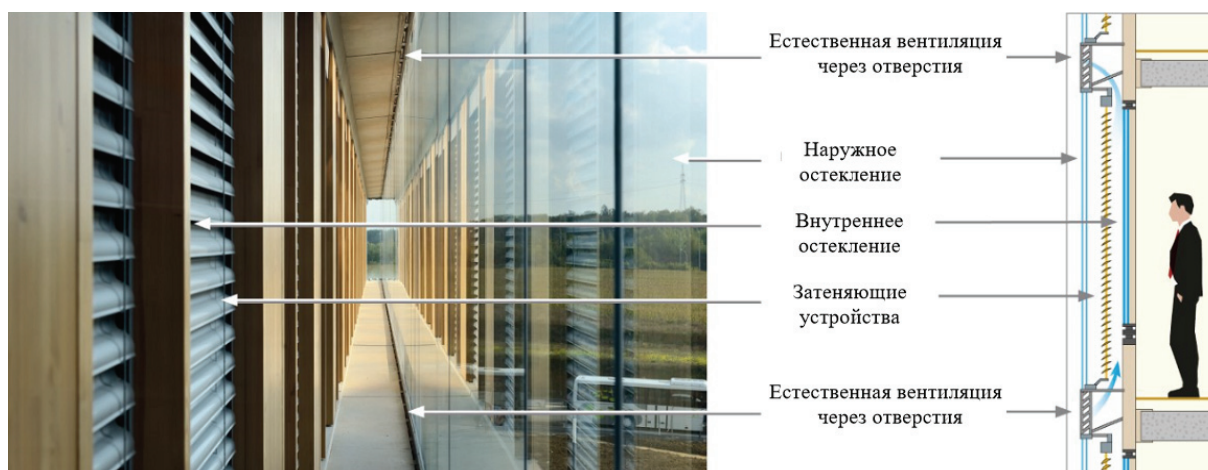


Рисунок 1 – Конструкция двойного фасада, DSF.

Расстояние между стеклянными поверхностями может варьироваться от нескольких сантиметров до двух метров.

Снижение тепловых нагрузок – одно из преимуществ инновационной фасадной системы. Солнечное излучение попадает в замкнутую полость, проходя через внешнюю стеклянную оболочку, которая преобразует излучение в тепло. Тепло накапливается и нагревает воздух, создавая конвективные потоки внутри полости. Такой рабочий механизм уменьшает теплопотери через внутреннюю обшивку здания. Кроме того, там, где нагретый воздух имеет удовлетворительные параметры, его можно подавать во внутренние помещения [23].

В зданиях с большой площадью наружного остекления велик риск появления неприемлемо высоких температур в помещениях в солнечные летние дни. При использовании конструкции двойного стеклянного фасада экономия на охлаждении происходит за счёт подачи свежего воздуха практически без помощи механических средств либо из-за извлечения нагретого воздуха из помещений через эффект естественной тяги (рисунок 2,а). Кроме того, даже когда внутренние помещения не имеют вентиляционных отверстий с замкнутой полостью, система двойного фасада все еще может работать как естественный вентилятор, охлаждая внутренний контур (рисунок 2б). Также конструкция фасада может быть оборудована затеняющими устройствами от лишней инсоляции – рольставни [22, 23].

Группы ученых по всему миру активно исследуют фасадную конструкцию двойного фасада на предмет сокращения энергопотребления здания. Как правило, исследования протекают в определенном регионе и в его климатических условиях, если речь идет о натурных испытаниях, либо соответствующие условия задаются для лабораторного эксперимента или численного моделирования. Этим можно

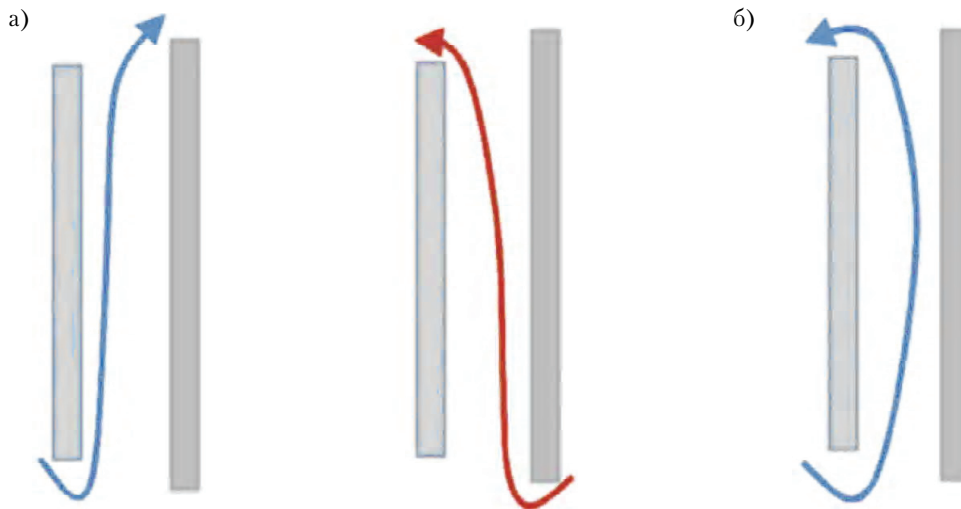


Рисунок 2 – Схема движения воздуха в межконтурном пространстве а) эффект естественной тяги б) циркуляция воздуха по наружной оболочке.

объяснить разброс результатов при проведении подобных экспериментов: в каких-то случаях конструкция проявила себя как более эффективная по сравнению с традиционным фасадом (single skin), а где-то ее применение практически не отразилось на энергетических показателях зданий (выявлены также случаи отрицательного влияния данной конструкции [10]). В работе [23] приведено осредненное значение по экономии тепловой энергии – 33 % и по экономии энергии на охлаждение здания – 28 % для большого числа экспериментов, проведенных в разных точках мира, поэтому данные значения не являются показательными для какого-то конкретного региона. Чтобы понимать, в каком климате и с какими целями предпочтительнее применять конструкцию двойного фасада, следует полученные ранее результаты ранжировать по типам климата.

Наиболее распространенная система классификации климатов была разработана немецко-российским учёным В. П. Кёппеном. В соответствии с ней существуют следующие типы климатических зон: А – тропический, В – сухой, С – умеренный, D – континентальный, Е – полярный.

Большинство экспериментов было проведено учеными в зоне с умеренным климатом. В зонах с тропическим и полярным климатом эксперименты не проводились. Распределим результаты по экономии тепловой энергии [2–13] в соответствии с климатическими зонами (рисунок 3):

Зона с умеренным климатом является наиболее благоприятной для использования системы конструктивного энергосбережения двойной фасад с целью экономии энергии на отоплении здания (среднее значение потенциальных тепловых нагрузок составляет 70,5 %).

Исследования с целью оценки потенциальной экономии на охлаждении здания в жаркий период при использовании системы двойного фасада в сухом и континентальном климатах практически отсутствуют. Проведен эксперимент [5] для сухого климата с результатом – 38 % (Тегеран, Иран); эксперимент для континентального климата [14] – 39 % (Южная провинция Чхунчхон, Южная Корея). Для умеренного климата проведено достаточное количество экспериментов (рисунок 4). Средний результат составляет – 31 %.

Конструкция двойного фасада приобрела популярность благодаря буферной зоне, созданной между внутренней и внешней стеклянными оболочками, улучшающей энергетические показатели здания и в то же время позволяющая зданию оставаться полностью прозрачным. Как показывают исследования, проведенные в Тель-Авиве, от ширины воздушной полости также зависят потенциальные возможности экономии энергетических ресурсов [22]. В таблице показаны отличия в энергетических нагрузках для здания на разных высотных уровнях при разной толщине замкнутой полости.

Результаты исследования показывают снижение энергетической нагрузки, как при нагреве, так и при охлаждении при увеличении ширины полости. Основное внимание уделяется охлаждению, поскольку тепловые нагрузки изначально низки. В правой части таблицы 1 показано процентное снижение нагрузок при изменении ширины полости с 0,2 м до 0,5 м, с 0,5 до 1,0 м и с 1,0 до 2,0 м. Наибольшее снижение происходит на первой высотной отметке (высота 8 м) при увеличении ширины полости с 0,2 до 0,5 м (11 %), в то время как снижение на более высоких уровнях 168 и 340 м не столь выражено.

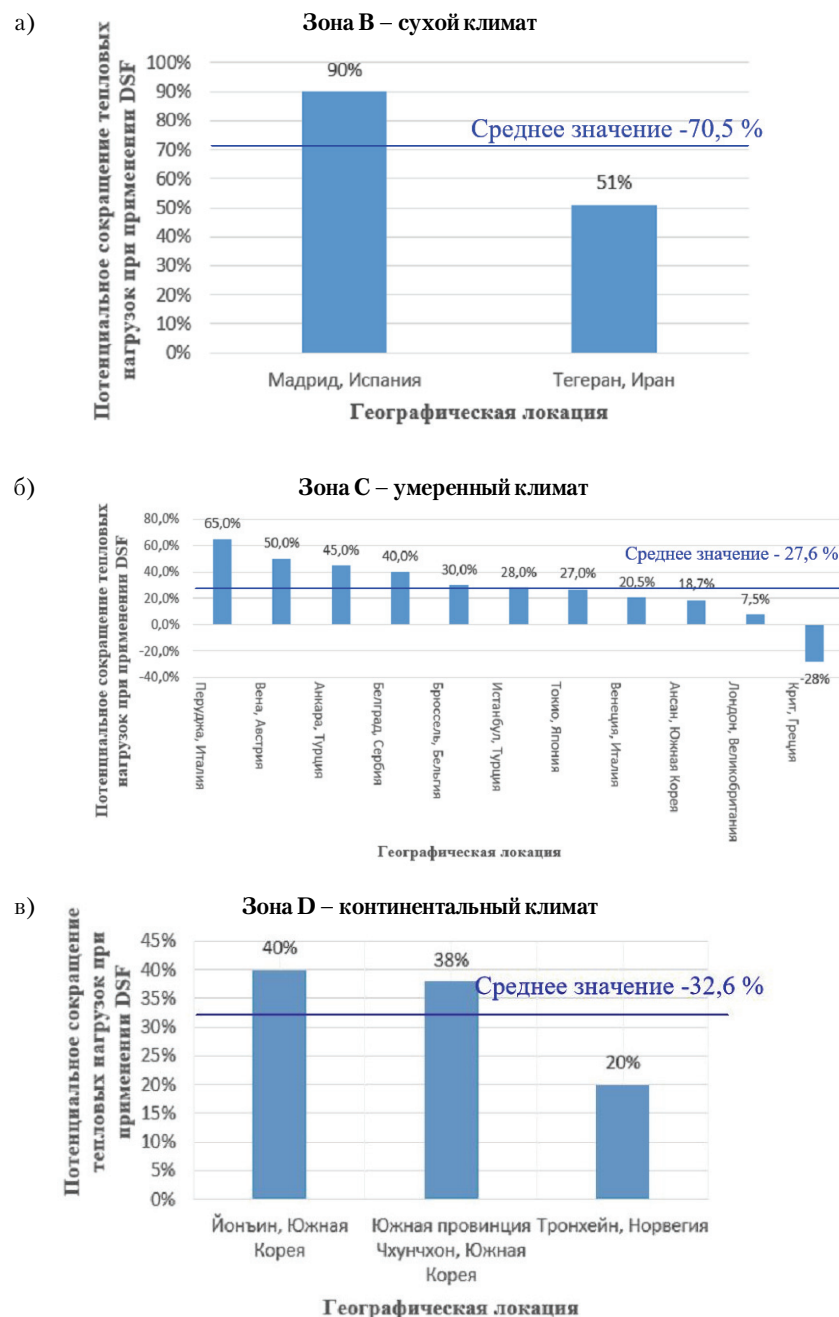


Рисунок 3 – Потенциальное сокращение тепловых нагрузок: а) в сухом климате; б) в умеренном климате; в) в континентальном климате.

С увеличением высоты энергетические нагрузки на обогрев здания уменьшаются, а на охлаждение здания увеличиваются при любой ширине межконтурного пространства.

ВЫВОДЫ

1. Систематизировав данные экспериментов, можно заключить следующее – инновационная конструкция двойного фасада лучше всего проявила себя в сухом климате. Средний показатель сокращения энергии на отопление составил 70,5 %. В умеренном климате конструкция уменьшает энергопотребление только на 27,6 % в среднем. С учетом сокращения затрат на охлаждение здания в теплый период лучше всего конструкция проявила себя в континентальном климате – 39 %. Однако важно отметить, что исследование в таком климате проводилось один раз и для получения более точных и достоверных результатов следует провести дополнительные натурные эксперименты. В умеренном

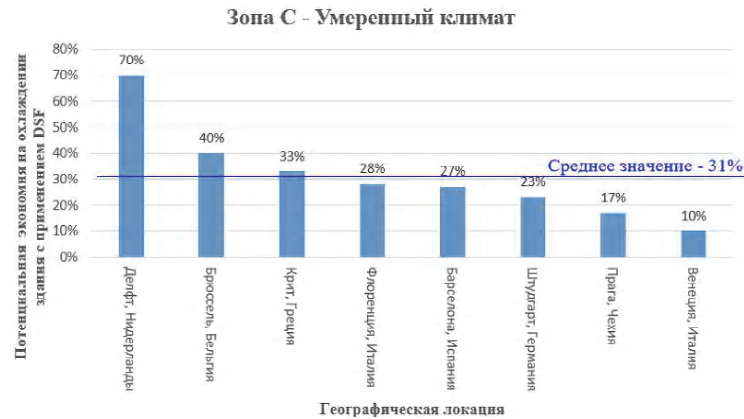


Рисунок 4 – Потенциальное сокращение энергетических затрат на охлаждение здания в жаркий период в умеренном климате.

Таблица – Сокращение энергетических нагрузок в зависимости от ширины полости и высоты здания

Толщина полости	Нагрев/охлаждение	Н = 8 м кВт·ч/м ² /год (МДж)	Н = 168 м кВт·ч/м ² /год (МДж)	Н = 340 м кВт·ч/м ² /год (МДж)	Переход	Сокращение энергетических нагрузок		
						Н = 8 м	Н = 168 м	Н = 340 м
0,2 м	Н	0,66 (2,37)	1,63 (3,86)	2,59 (9,32)				
	О	53,9 (194)	38,39 (138,2)	32,67 (117,61)	0,2 м → 0,5 м	-9,1 %	-11,6 %	-8,5 %
0,5 м	Н	0,6 (2,16)	1,44 (5,18)	2,37 (8,53)		-11 %	-5,3 %	-3,9 %
	О	47,92 (172,5)	36,34 (130,8)	31,38 (112,9)	0,5 м → 1,0 м	-15 %	-9 %	-8,4 %
1,0 м	Н	0,51 (1,84)	1,31 (4,71)	2,17 (7,81)		-4,1%	-4,7 %	-4,4 %
	О	45,93 (165,3)	34,62 (124,6)	29,99 (107,96)	1,0 м → 2,0 м	-60%	-6,1 %	-8,3 %
2,0 м	Н	0,2 (0,72)	1,23 (4,43)	1,99 (7,16)		-6,4%	-6,8 %	-6,2 %
	О	42,98 (154,7)	32,25 (116,1)	28,11 (191,2)				

*1 кВт·ч = 3,6 МДж

климате показатель сокращения энергопотребления составил 31 %. Таким образом, можно с большей степенью уверенности утверждать, что конструкция двойного фасада действительно является энергосберегающей. В ходе анализа литературы был выявлен лишь один отрицательный результат.

2. Анализ исследования влияния ширины межконтурного пространства на сокращение энергетических нагрузок показал, что более широкие полости DSF наилучшим образом подходят для жаркого климата, так как они снижают высокие охлаждающие нагрузки, требующиеся в этом климате для комфортного пребывания в помещении.

3. Дальнейшие экспериментальные и теоретические исследования будут являться важным вкладом в процесс внедрения данных конструкций в практику проектирования и строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование, строительство и эксплуатация высотных зданий с учетом аэродинамических аспектов [Текст] / М. К. Михайлова, В. С. Далинчук, А. В. Бушманова, Л. В. Доброгорская // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2016. – № 10(49). – С. 59–74.
2. Perez-Grande, I. Influence of glass properties on the performance of double-glazed facades [Текст] / I. Perez-Grande, J. Meseguer, G. Alonso // Applied Thermal Engineering. – 2005. – № 25. – P. 3163–3175.
3. Analytical solution for energy modeling of double skin facades building [Текст] / H. Ghadadian, M. Ghadimi, M. Shakouri, M. Moghadasi // Energy and Buildings. – 2016. – № 50. – P. 158–165.

4. Baldinelli, G. Double skin facades for warm climate regions: analysis of a solution with an integrated movable shading system [Текст] / G. Baldinelli // Building and Environment. – 2009. – № 44(6). – P. 1107–1118.
5. Development of simple calculation model for energy performance of double skin facades [Текст] / A. S. Andjelkovic, T. B. Cvjetkovic, D. D. Djakovic, I. H. Stojanovic // Thermal Science. – 2016. – № 16. – P. S251–S267.
6. Yılmaz, Z. Double skin façade's effects on heat losses of office buildings in Istanbul [Текст] / Z. Yılmaz, F. Çetintaş // Energy and Buildings. – 2005. – № 37(7). – P. 691–697.
7. Possibilities and limitations of natural ventilation in restored industrial archaeology buildings with a double-skin façade in Mediterranean climates [Текст] / G. Ballestini, De Carli M., N. Masiero, G. Tombola // Building and Environment. – 2005. – № 40(7). – P. 983–995.
8. Effects of double skin envelopes on natural ventilation and heating loads in office buildings [Текст] / Y-M. Kim, J-H. Lee, S-M. Kim, S. Kim // Energy and Buildings. – 2011. – № 43(9). – P. 2118–2126.
9. Zerefos, S. C. On the performance of double skin facades in different environmental conditions [Текст] / S. C. Zerefos // International Journal of Sustainable Energy. – 2007. – № 26(4). – P. 221–229.
10. Paradaki, N. A parametric study of the energy performance of double-skin façades in climatic conditions of Crete, Greece [Текст] / N. Paradaki, S. Papantoniou, D. Kolokotsa // International Journal of Low-Carbon Technologies. – 2014. – № 9(4). – P. 296–304.
11. Operation and control strategies for multi-storey double skin facades during the heating season [Текст] / W. Choi, J. Joe, Y. Kwak, J.-H. Huh // Energy and Buildings. – 2012. – № 9(4). – P. 454–465.
12. Kim, G. Development of a double-skin facade for sustainable renovation of old residential buildings [Текст] / G. Kim, L. A. Schaefer, J. T. Kim // Indoor and Built Environment. – 2013. – № 22. – P. 180–190.
13. Høseggen, R. Building simulation as an assisting tool in decision making – case study: with or without a double-skin facade? [Текст] / R. Høseggen, B. J. Wachenfeldt, S. O. Hanssen // Energy and Buildings. – 2008. – № 40(5). – P. 821–827.
14. Stec W. J. Symbiosis of the double skin façade with the HVAC system [Текст] / W. J. Stec, van Paassen AHC // Energy and Buildings. – 2005. – № 37 (5). – P. 461–469.
15. Balocco, C. A simple model to study ventilated facades energy performance [Текст] / C. Balocco // Energy and Buildings. – 2002. – № 34 (5). – P. 469–475.
16. Numerical analysis of the thermal behaviour of glazed ventilated facades in Mediterranean climates. Part II: applications and analysis of results [Текст] / D. Faggembauu, M. Costa, M. Soria, A. Oliva // Solar Energy. – 2003. – № 75. – P. 229–239.
17. Façades and summer performance of buildings [Текст] / U. Eicker, V. Fux, U. Bauer, L. Mei [et. al.] // Energy and Buildings. – 2008. – № 40. – P. 600–611.
18. Hensen, J. Modeling and simulation of double-skin facade system [Текст] / J. Hensen, M. Bartak, F. Drkal // ASHRAE Transactions. – 2002. – № 108. – P. 1251–1259.
19. Проектирование, строительство и эксплуатация высотных зданий с учетом аэродинамических аспектов [Текст] / А. О. Курицын, Н. Ю. Павлова, И. А. Опанасенко, В. В. Болотовский [и др.] // Alfabuild. – 2018. – № 6(7). – С. 47–58.
20. The results of experimental determination of air output and velocity of flow in double skin facades [Текст] / М. Petrichenko, N. Vatin, D. Nemova, V. Olshevskiy // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – № 725–726. – P. 93–99.
21. Васильева, И. Л. Внедрение двойных стеклянных фасадов на территории Российской Федерации [Текст] / И. Л. Васильева, Д. В. Немова, Н. И. Ватин // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2019. – № 9(84). – С. 51–62.
22. Studies on the optimum double-skin curtain wall design for high-rise buildings in the Mediterranean climate [Текст] / T. Saroglou, T. Theodosiou. B. Givoni, I. A. Meir // Energy and Buildings. – 2020. – № 208. – P. 1–11.
23. Energy performance of Double-Skin Facades in temperate climates: a systematic review and meta-analysis [Текст] / F. Pomponi, Poorang A. E. Piroozfar, R. Southall, P. Ashton // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – № 54. – P. 1525–1536.
24. Double Skin Facades: Selecting the Right Combination of Glass to Optimise their Benefits [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://igsmag.com/market-trends/innovations-in-glass/double-skin-facades-selecting-the-right-combination-of-glass-to-optimise-their-benefits/>. – Официальная страница.

Получена 01.04.2020

І. Л. ВАСИЛЬЄВА, Д. В. НЕМОВА, М. І. ВАТІН
ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ
КОНСТРУКЦІЇ ПОДВІЙНОГО ФАСАДУ
ФДАОУ ВО «Санкт-Петербурзький політехнічний університет Петра Великого»

Анотація. Число висотних будівель з огорожувальними конструкціями, виконаними зі скла, стрімко зростає з кожним роком, тому завдання енергозбереження стає все більш актуальним. Інноваційна

фасадна система подвійного фасаду зарекомендувала себе як енергоефективна. Вона допомагає значно скоротити енергетичні навантаження будівлі. У статті наводиться систематизація скорочення енергетичних навантажень при використанні даної системи конструктивного енергозбереження залежно від типу клімату. Також в роботі представлена залежність зміни енергетичних навантажень від ширини міжконтурного простору (0,2; 0,5; 1; 2 м) і від висоти будівлі (8; 168; 340 м).

Ключові слова: подвійний фасад, світлопрозора конструкція, огорожувальна конструкція, фасадна система, повітряний зазор, енергоспоживання, кліматичні умови.

IRINA VASILYEVA, DARYA NEMOVA, NIKOLAY VATIN REDUCING ENERGY CONSUMPTION OF BUILDINGS WITH A DOUBLE-SKIN FACADE DESIGN

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Abstract. The growing number of high-rise buildings with enclosing structures made of glass is growing rapidly every year, so the task of energy conservation is becoming more and more urgent. The innovative double-skin facade system has proven to be energy-efficient. It helps to significantly reduce the energy load of the building. The article presents a systematization of reducing energy loads when using this system, depending on the type of climate. The paper also presents the dependence of changes in energy loads on the width of the inter-circuit space (0.2, 0.5, 1, 2 m) and on the height of the building (8, 168, 340 m).

Key words: double-skin facade, translucent structure, enclosing structure, facade system, air gap, energy consumption, climate conditions.

Васильева Ирина Леонидовна – соискатель высшей школы промышленно-гражданского и дорожного строительства ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого». Научные интересы: исследование мировых тенденций повышения энергоэффективности зданий и сооружений с применением инновационных материалов и конструкций.

Немова Дарья Викторовна – кандидат технических наук, доцент высшей школы промышленно-гражданского и дорожного строительства ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого». Научные интересы: исследование процессов тепло- и массопереноса в воздушной прослойке навесных вентилируемых фасадов.

Ватин Николай Иванович – доктор технических наук, профессор высшей школы промышленно-гражданского и дорожного строительства ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого». Научные интересы: энергоэффективные и энергосберегающие технологии, разработка научных основ расхода жидкости (воздушных потоков) корреляционными методами.

Васильєва Ірина Леонідівна – здобувач вищої школи промислово-цивільного та дорожнього будівництва ФДАОУ ВО «Санкт-Петербурзький політехнічний університет Петра Великого». Наукові інтереси: дослідження світових тенденцій підвищення енергоефективності будівель і споруд із застосуванням інноваційних матеріалів і конструкцій.

Немова Дар'я Вікторівна – кандидат технічних наук, доцент вищої школи промислово-цивільного та дорожнього будівництва ФДАОУ ВО «Санкт-Петербурзький політехнічний університет Петра Великого». Наукові інтереси: дослідження процесів тепло- і масопереносу в повітряному прошарку навесних вентильованих фасадів.

Ватін Микола Іванович – доктор технічних наук, професор Вищої школи промислово-цивільного і дорожнього будівництва ФДАОУ ВО «Санкт-Петербурзький політехнічний університет Петра Великого». Наукові інтереси: енергоефективні та енергозберігаючі технології, розробка наукових основ витрати рідини (повітряних потоків) кореляційними методами.

Vasilyeva Irina – graduate student, High School of Industrial, Civil and Road Construction, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University. Scientifics interests: research of global trends in energy efficiency of buildings and structures using innovative materials and structures.

Nemova Darya – Ph. D. (Eng.), Associate Professor of the Higher School of Industrial, Civil and Road Construction, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University. Scientifics interests: research of heat and mass transfer processes in the air layer of ventilated facades.

Vatin Nikolay – D. Sc. (Eng.), Professor of the Higher School of Industrial, Civil and Road Construction, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University. Scientific interests: energy-efficient and energy-saving technologies, development of scientific bases of liquid flow (air flow) by correlation methods.

УДК 502.63:631.6

С. И. МЕЖЕРИЦКИЙ, Т. И. ЛУКЬЯНОВА

ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет им. В. Даля»

**БИОДРЕНАЖ В ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЕ ДОНБАССА:
ПОЛЬЗА + КРАСОТА**

Аннотация. В статье описан перспективный метод озеленения с целью устройства биодренажа для подтопляемых городских территорий Донбасса. Биологический дренаж нацелен на решение таких актуальных проблем, как снижение уровня грунтовых вод, борьба с засолением почвы в заболоченных и подтопленных местах, получение древесины для коммерческого использования, возрождение бросовых земельных участков и их эффективное использование, борьба с комарами, улучшение общей экологической обстановки в регионе. Описан исторический и современный опыт применения биодренажа для озеленения и осушения территорий, приведен обзор местных пород деревьев с наилучшими транспиративными свойствами, дана оценка экономического и эстетического эффекта данного метода. Приводятся данные современных исследований в описываемой области, анализируется литература по теме статьи.

Ключевые слова: биодренаж, озеленение, грунтовые воды, подтопление, транспирация, осушение.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Подтопление урбанизированных территорий является актуальной проблемой для городов Донбасса. Особую остроту эта проблема приобрела после событий 2014 года, когда нормальное функционирование дренажных систем и насосных станций на территориях вооруженного конфликта было нарушено.

Поднятие уровня грунтовых вод разрушает конструкции зданий и сооружений, усложняет ведение сельскохозяйственных работ, ухудшает экологию и качество жизни населения. В связи со сложной экономической и политической ситуацией проведение дорогостоящих и крупномасштабных работ по осушению подтопляемых территорий является весьма затруднительным, а иногда и невозможным.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Данную проблему освещали в своих исследованиях: научный сотрудник Харьковской национальной академии городского хозяйства И. А. Конопля, инженер Государственного Харьковского центра интегрированного управления поверхностными и подземными водами А. Ю. Чебанов; профессор В. С. Малыгин; Ф. А. Бараев, А. Г. Шеров, К. Т. Исабаев, А. А. Бараев, С. А. Касымбетова (Узбекистан, Ташкентский институт ирригации и мелиорации),

ЦЕЛИ

Применение методов использования биодренажа для улучшения экологической ситуации в регионе.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Биологический дренаж (биодренаж) – это снижение уровня грунтовых вод древесными насаждениями определенных пород за счет их высокой транспиративной способности поглощать влагу из почвы и испарять ее в атмосферу. Метод успешно применялся и применяется в Средней Азии для устранения негативных последствий искусственного орошения при выращивании хлопчатника, этим методом в советское время был избавлен от болот и комаров знаменитый курорт Пицунда в Абхазии.

© С. И. Межерицкий, Т. И. Лукьянова, 2020

Присутствие посадок с целью биодренажа имеется на территориях сохранившихся помещичьих усадеб (в частности в г. Александровск) и наиболее комфортабельных участков городской застройки конца XIX века: колоний паровозостроительного завода Гартмана (ныне участок им. П. Цупова и квартал Тепловопостроителей) в г. Луганске. Указанные территории расположены недалеко от реки Лугань, в низменных местах с высоким уровнем залегания грунтовых вод. Организованные посадки черного и белого тополя, вековые экземпляры которых существуют по настоящее время, позволяли создавать и успешно эксплуатировать подземные сооружения (в частности – подвалы) и поддерживать благоприятный микроклимат. По мере естественного вымирания посадок тополя уровень грунтовых вод начал повышаться, что привело к затоплению подвалов, замоканию фундаментов зданий и потребовало дополнительных мероприятий по созданию дренажных систем.

По данным профессора В. С. Малыгина, хорошая дрена на каждый метр длины принимает и отводит 54...62 м³ грунтовой воды в год, а одно дерево за этот же срок испаряет 50...90 м³. Следовательно, лесная полоса шириной 5...10 м с 5...10 деревьями может удалить из почвы грунтовой воды больше, чем дрена [5].

Харьковскими учеными в 2006 году был выбран для исследования эффективности применения биодренажа участок малоэтажной усадебной застройки площадью 300 га недалеко от центра города в широкой пойме реки Харьков, примыкающей к коренному берегу. Из-за высокого уровня грунтовых вод (0...1 м) территория, несмотря на удачное место расположения, не является привлекательной для населения из-за антисанитарных условий проживания и постоянной сырости, некоторые участки заброшены.

При помощи метода математического моделирования фильтрации грунтовых вод были построены графики прогнозируемого подтопления территории на ближайший период времени с учетом всех действующих в настоящий момент факторов и с учетом высадки защитных посадок тополя гибридного на площади около 65 га суммарно. Одно дерево тополя гибридного, наиболее устойчивого для выращивания на подтопляемых территориях, транспирирует 70 м³ воды в год и снижает уровень грунтовых вод на участке в 100 м² [3, 4].

Исходя из предполагаемой площади посадок, к посадке принято 650 тополей. Если первый график показал постепенное повышение уровня грунтовых вод, то график с учетом биодренажных мероприятий показал снижение уровня грунтовых вод до нормативно допустимых отметок (1,5 м) [1, 2].

Для посадок следует подбирать местные породы, выдерживающие сильную жару, сухость воздуха, ветры и другие неблагоприятные условия. Для климатических условий Донбасса этим требованиям удовлетворяют: шелковица, тополь, вяз мелколистный (карагач), лох (джида), клен, ива, ясень. Из более высокорослых и долголетних: орех; из плодовых культур – абрикос, вишня, черешня и др. В частности, ива и тополь, в зависимости от разновидности, расходуют за вегетационный период 20...100 м³ воды (одно дерево).

Высадка деревьев на подтопляемых территориях с целью биодренажа, является менее затратным мероприятием по сравнению с дорогостоящим строительством и постоянным обслуживанием стационарных дренажных систем. Помимо понижения уровня грунтовых вод, высадка быстрорастущих адаптированных пород деревьев позволит улучшить общую экологическую обстановку в городах Донбасса, улучшит эстетику городской среды. Кроме того, указанные породы деревьев являются ценным сырьем для деревообрабатывающей промышленности и местными видами топлива. Проблема тополиного пуха в период цветения успешно решается путем преимущественной высадки мужских экземпляров, не дающих пуха.

ВЫВОДЫ

Таким образом, высадка деревьев с целью устройства биодренажа является эффективным, экономичным, экологичным и эстетичным методом борьбы с подтоплением территорий. Этот способ может использоваться как дополнительный, наряду с устройством дренажных систем, так и основной – там, где устройство дренажных систем затруднено или невозможно по ряду причин. Эффективность биодренажа проверена временем, подтверждена экспериментально и является перспективным направлением для улучшения экологической обстановки в городах Донбасса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.1.1-25-2009 Инженерная защита территорий и сооружений от подтопления и затопления [Текст]. – Взамен СНиП 2.06.15-85 ; введ. 2011-01-01. – К. : Министерство регионального развития и строительства Украины, 2010. – 34 с.
2. Конопля, И. А. Применение биодренажа для защиты от подтопления застроенной поймы в г. Харькове [Электронный ресурс] / И. А. Конопля, А. Ю. Чебанов // Проблемы водопостачання, водовідведення та гідраліки. – 2012. – Вип. 19. – С. 13–20. – Режим доступа : http://nbuv.gov.ua/UJRN/PVVG_2012_19_5.
3. Методика определения дополнительного инфильтрационного питания грунтовых вод на территориях промышленных объектов (с целью предотвращения подтопления) [Текст] / Разраб. А. Чебанов, П. Станкевич и др. – К. : Минстрой Украины, 2009. – 30 с.
4. Рекомендации по технологии создания защитных лесонасаждений на богарных и орошаемых землях и повышения их мелиоративных функций в сухостепной зоне РФ [Текст] / А. М. Степанов, В. В. Кравцов, Л. И. Абакумова, А. В. Комаров [и др.]. – М. : Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации, 2000. – 12 с.
5. Энциклопедия хлопководства : в 2-х томах [Текст] : Том 1. А-М / Ред. коллегия: С. М. Мирахмедов (гл. ред.) и др. – Ташкент : Главная редакция Узбекской Советской Энциклопедии, 1985. – 544 с.

Получена 03.04.2020

С. І. МЕЖЕРИЦЬКИЙ, Т. І. ЛУК'ЯНОВА
БІОДРЕНАЖ В ЛАНДШАФТНІЙ АРХІТЕКТУРІ ДОНБАСУ: КОРИСТЬ +
КРАСА
ДОО ВПО ЛНР «Луганський національний університет ім. В. Даля»

Анотація. У статті описано перспективний метод озеленення з метою влаштування біодренажа для міських територій Донбасу, що підтоплюються. Біологічний дренаж націлений на вирішення таких актуальних проблем, як зниження рівня ґрунтових вод, боротьба з засоленням ґрунту в заболочених і підтоплених місцях, отримання деревини для комерційного використання, відродження непридатних земельних ділянок та їх ефективне використання, боротьба з комарами, поліпшення загальної екологічної обстановки в регіоні. Описано історичний і сучасний досвід застосування біодренажу для озеленення і осушення територій, наведено огляд місцевих порід дерев з найкращими транспіративними властивостями, дана оцінка економічного і естетичного ефекту даного методу. Наводяться дані сучасних досліджень в описуваній області, аналізується література за темою статті.

Ключові слова: біодренаж, озеленення, ґрунтові води, підтоплення, транспірація, осушення.

SERGEY MEZHERITSKY, TATYANA LUKYANOVA
BIO-DRAINAGE IN THE LANDSCAPE ARCHITECTURE OF DONBASS:
BENEFITS + BEAUTY
SEI HPE LPR «Lugansk National University V. Dahl»

Abstract. The article describes the landscaping method for the purpose of bio-drainage for flooded areas of Donbass. Biological drainage is aimed at solving such urgent problems as lowering groundwater levels, combating soil salinization in wetlands and flooded areas, obtaining wood for commercial use, reviving waste land plots and their effective use, combating mosquitoes, improving the general environmental situation in the region. The historical and modern experience of applying bio-drainage for landscaping and drainage of territories is described, an overview of local tree species with the best transpiration properties is given, and the economic and aesthetic effect of this method is estimated. The data of modern research in the described area are presented, the literature on the topic of the article is analyzed.

Key words: bio-drainage, landscaping, ground water, flooding, transpiration, drainage.

Межерицкий Сергей Иванович – доцент кафедры промышленного, гражданского строительства и архитектуры ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет им. В. Даля». Научные интересы: изучение влияния изменений экологических процессов на развитие архитектуры, зеленая архитектура.

Лукьянова Татьяна Игоревна – магистрант кафедры промышленного, гражданского строительства и архитектуры ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет им. В. Даля». Научные интересы: хронология развития экологических подходов в архитектуре и градостроительстве.

Межерицький Сергій Іванович – доцент кафедри промислового, цивільного будівництва та архітектури ДООУ ВПО ЛНР «Луганський національний університет ім. В. Даля». Наукові інтереси: вивчення впливу змін екологічних процесів на розвиток архітектури, зелена архітектура.

Лук'янова Тетяна Ігорівна – магістрант кафедри промислового, цивільного будівництва та архітектури ДООУ ВПО ЛНР «Луганський національний університет ім. В. Даля». Наукові інтереси: хронологія розвитку екологічних підходів в архітектурі та містобудуванні.

Mezheritsky Sergey – Ph. D. (Eng.), Industrial, Civil Construction and Architecture Department, SEI HPE LPR «Lugansk National University V. Dahl». Scientific interests: study of the impact of changes in environmental processes on the development of architecture, green architecture.

Lukyanova Tatyana – master's student, Industrial, Civil Construction and Architecture Department, SEI HPE LPR «Lugansk National University V. Dahl». Scientific interests: chronology of the development of environmental approaches in architecture and urban planning.

УДК 621.315.1:624.014

А. В. ТАНАСОГЛО, С. Н. БАКАЕВ, С. А. ФОМЕНКО, А. Н. ОРЖЕХОВСКИЙ, Л. В. КОЗЛОВА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ИССЛЕДОВАНИЕ АВАРИЙНОГО ТЯЖЕНИЯ ТОКОВЕДУЩИХ ПРОВОДОВ ОПОР ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Аннотация. В данной статье целью ставится разработка численно-аналитического способа решения задачи об определении тяжения провода после его обрыва. Решение данной задачи реализуется в программном комплексе MS «Excel». В качестве модели принимается часть воздушной линии (ВЛ) электропередачи – анкерированный участок. Обрыв провода моделируется поочередно в каждом из одиннадцати пролетов. Опоры рассматриваются как составные части всей конструктивной системы электрической сети. Уделено внимание гибкости опор ВЛ. Установлено, что гибкие опоры отклоняются в сторону уцелевшего провода под воздействием его тяжения, и к перемещению точки подвеса вследствие отклонения гирлянды добавляется еще и прогиб опоры. На основании расчета и обобщения результатов выявлена зависимость величины редуцированного тяжения от количества последующих пролетов анкерированного участка с уцелевшим проводом. Определено количество пролетов, необходимое для нахождения максимальной величины редуцированного тяжения.

Ключевые слова: воздушная линия электропередачи, редуцированное тяжение, пространственная модель, опора ВЛ, система уравнений, расчетные нагрузки.

ВВЕДЕНИЕ

В ПУЭ [1] установлены наименьшие расстояния по вертикали от проводов воздушной линии до пересекаемых сооружений, например до проводов контактной сети трамвайных и троллейбусных линий, которые должны быть выдержаны при обрыве провода в смежном пролете, если он подвешен в глухих зажимах на поддерживающих гирляндах.

Изменение тяжения провода в результате смещения его точки подвеса называется редукцией, а установившееся новое тяжение – редуцированным [2]. Редуцированное тяжение провода необходимо вычислять для того, чтобы знать, во-первых, нагрузку на промежуточную опору при аварийном режиме и, во-вторых, как фактор, влияющий на величину стрелы провеса, на габарит от провода до земли или какого-либо пересекаемого линией объекта [3]. Определение тяжения в уцелевшем проводе требуется также для расчета промежуточных опор больших переходов.

РЕДУЦИРОВАННОЕ ТЯЖЕНИЕ

При эксплуатации линии электропередачи возможны нормальные режимы работы и особые режимы при обрыве проводов и тросов, т. е. аварийные [4, 5].

Расчет провода при аварийном состоянии линии электропередачи производится с целью установления величины тяжения и провеса провода в пролете, смежном с аварийным.

В данной статье будут рассмотрены случаи обрыва провода в пролете, который ограничен с одной стороны анкерной опорой, а с другой – промежуточной опорой или ограничен с двух сторон промежуточными опорами. За расчетную модель принимается часть ВЛ: анкерированный участок – участок между смежными анкерными опорами, состоящий из двух анкерных опор и расположенных между ними 10 промежуточных опор, к которым подвешены три токоведущих провода и один грозозащитный трос.

При обрыве провода на промежуточную опору передается горизонтальная сила от тяжения уцелевшей части провода. Если провод подвешен на поддерживающей гирлянде изоляторов, то гирлянда

отклоняется в направлении действия одностороннего тяжения до положения, при котором наступит равновесие всех приложенных к ней внешних сил. При этом произойдет ослабление тяжения провода [6].

Следует отметить, что длина гирлянды изоляторов оказывает большое влияние на редуцированное тяжение. Чем длиннее гирлянда, тем больше ее отклонение и тем меньше редуцированное тяжение провода. Такое тяжение возникает только при подвеске проводов в глухих зажимах. При выпадающих зажимах провод сбрасывается на землю, а при зажимах ограниченной прочности заделки он проскальзывает в зажиме, и его тяжение уменьшается до 600...800 кгс [7–9].

Кроме того, на редуцированное тяжение влияет длина пролета: чем больше пролет, тем меньше доля его изменения вследствие отклонения гирлянды. Поэтому при увеличении пролета значение редуцированного тяжения возрастает.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТЯЖЕНИЯ ПРОВОДА ПОСЛЕ ОБРЫВА

Постановка задачи

Пусть обрыв провода произошел в N-ом пролете, считая от анкерной опоры. Пролет, в котором произошел обрыв, всегда имеет номер 1. Смежный с аварийным уцелевший пролет имеет номер 2. Далее пролеты нумеруются в возрастающем порядке вплоть до анкерной опоры (рисунок).

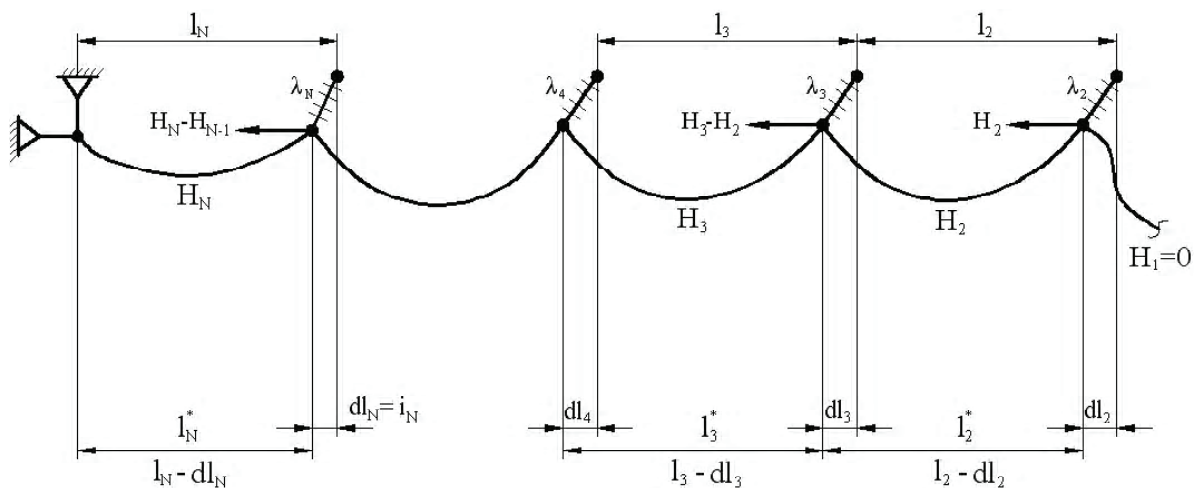


Рисунок – Случай обрыва провода в N-ом пролете от анкерной опоры.

Принятые обозначения: l_i – длина i-го пролета (м); l_i^* – длина i-го пролета после обрыва провода (м); p_i – погонный вес провода в i-ом пролете (кг/м); A_i – площадь поперечного сечения провода в i-ом пролете (м²); E_i – модуль Юнга провода в i-ом пролете (кг/м²); λ_i – длина правой гирлянды в i-ом пролете (м); G_i – вес правой гирлянды в i-ом пролете (кг); k_i – коэффициент податливости i-ой опоры (м/кг); dl_i – отклонение правой гирлянды в i-ом пролете после обрыва провода (м); dO_i – отклонение точки подвеса гирлянды, вызванное деформацией i-ой опоры; H_{0i} – известное тяжение провода в i-ом пролете до обрыва провода (кг); H_i – искомое тяжение провода в i-ом пролете после обрыва провода (кг).

Основные соотношения

1. Изменение длин пролетов, вызванное перемещением точек подвеса в результате упругой деформации провода (изменение длины пролета dl_i):

$$F_{in}(H_i) = dl_i = \frac{l_i}{E_i \cdot A_i} (H_{0i} - H_i) + \frac{p_i^2 \cdot l_i^3}{24} \left(\frac{1}{H_i^2} - \frac{1}{H_{0i}^2} \right) \quad (i = 2, 3, \dots, N) \quad (1)$$

2. Отклонения гирлянд, полученные из условия их статического равновесия после обрыва:

$$dl_i = l_i = F_{ir}(H_{i-1}, H_i) = \frac{\lambda_i}{\sqrt{1 + 0,25 \cdot \left(\frac{p_{i-1} \cdot l_{i-1} + p_i \cdot l_i + G_i}{H_i - H_{i-1}} \right)^2}} \quad (i = 3, \dots, N) \quad (2)$$

Для $N > 3$ (обрыв провода в четвертом и следующих пролетах от анкерной опоры) система нелинейных уравнений имеет следующий вид:

$$\begin{cases} F_2(H_2, H_3) = F_{2n}(H_2) - F_{2r}(H_2) - k_2 \cdot H_2 + F_{3r}(H_2, H_3) + k_3 \cdot (H_3 - H_2) = 0 \dots \\ F_i(H_{i-1}, H_i, H_{i+1}) = F_{in}(H_i) - F_{ir}(H_{i-1}, H_i) - k_i \cdot (H_i - H_{i-1} + F_{i+1r}(H_i, H_{i+1}) + \\ + k_{i+1} \cdot (H_{i+1} - H_i) = 0 \\ F_N(H_{N-1}, H_N) = F_{Nn}(H_N) - F_{Nr}(H_{N-1}, H_N) - k_N \cdot (H_N - H_{N-1}) = 0, \end{cases} \quad (3)$$

где $i = 3, \dots, N-1$.

Указанная система уравнений является однопараметрической в том смысле, что по значению тяжения провода в пролете с анкерной опорой (H_N) или в пролете, смежном с аварийным (H_2), можно вычислить значения тяжения во всех остальных пролетах.

Алгоритм решения задачи

1. Методом половинного деления относительно H_N определяются тяжения провода H_2, \dots, H_N для случая жестких опор ($k_i = 0$).

2. Для гибких опор ($k_i \neq 0$) система нелинейных уравнений решается методом наименьших квадратов, суть которого состоит в поиске стандартными методами (метод Ньютона, метод сопряженных градиентов) минимума суммы квадратов $F_2^2 + F_3^2 + \dots + F_N^2$. При этом в качестве начального приближения выбираются значения H_2, \dots, H_N (искомые тяжения проводов при обрыве), полученные на предыдущем шаге.

При вычислении стрел провеса провода в уцелевших пролетах учитываются новые значения длин пролетов l_i^* . Расчет редуцированного тяжения провода при его обрыве выполняется для одиннадцати пролетов, считая от анкерной опоры.

Все расчеты выполняются в вычислительном комплексе MS «Excel».

В таблице приведены редуцированные тяжения токоведущего провода АС 240/32 для пролета $l = 300$ м в зависимости от количества уцелевших пролетов M до анкерной опоры (в кг и в процентном отношении к начальному тяжению).

Таблица – Значение тяжений с учетом гибкости опор

М	Редуцированные тяжения									
	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8	H_9	H_{10}	H_{11}
1	933,4427									
	47,97 %									
2	1 285,195	1 364,36								
	66,04 %	70,11 %								
3	1 415,396	1 532,55	1 575,858							
	72,73 %	78,75 %	80,98 %							
4	1 468,202	1 605,44	1 669,211	1 696,907						
	75,45 %	82,50 %	85,78 %	87,20 %						
5	1 491,532	1 639,082	1 713,206	1 754,357	1 773,138					
	76,65 %	84,23 %	88,04 %	90,15 %	91,12 %					
6	1 502,515	1 655,288	1 734,671	1 782,649	1 810,784	1 823,89				
	77,21 %	85,06 %	89,14 %	91,61 %	93,05 %	93,73 %				
7	1 525,925	1 675,938	1 757,53	1 810,217	1 845,755	1 869,736	1 885,312			
	78,41 %	86,12 %	90,32 %	93,02 %	94,85 %	96,08 %	96,88 %			
8	1 576,812	1 702,12	1 774,48	1 821,686	1 853,308	1 874,094	1 886,724	1 892,696		
	81,03 %	87,47 %	91,19 %	93,61 %	95,24 %	96,30 %	96,95 %	97,26 %		
9	1 577,888	1 703,643	1 776,577	1 824,58	1 857,326	1 879,693	1 894,53	1 903,587	1 907,877	
	81,08 %	87,55 %	91,29 %	93,76 %	95,44 %	96,59 %	97,36 %	97,82 %	98,04 %	
10	1 578,357	1 704,334	1 777,557	1 825,967	1 859,287	1 882,465	1 898,446	1 909,099	1 915,616	1 918,708
	81,11 %	87,58 %	91,34 %	93,83 %	95,54 %	96,74 %	97,56 %	98,10 %	98,44 %	98,60 %

ВЫВОДЫ

1. Редуцированное тяжение в пролете, смежном с аварийным, будет тем больше, чем дальше от анкерной опоры произошел обрыв провода.
2. Когда число уцелевших пролетов составляет 4 и более, то можно не учитывать гибкость опор, считая их абсолютно жесткими.
3. Увеличение редуцированного тяжения не происходит пропорционально количеству пролетов, в которых сохранился провод, т. к. уменьшается отклонение гирлянд на каждой последующей опоре и процесс начинает затухать.
4. Влияние жесткого закрепления провода на анкерной опоре распространяется лишь на ближайšie два пролета.
5. Для определения максимальной величины редуцированного тяжения допустимо решать задачу с семью пролетами в анкерном участке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила улаштування електроустановок. Глава 2.5 «Повітряні лінії електропередавання напругою вище 1 кВ до 750 кВ» [Текст] / Міністерство палива та енергетики України. – К. : ОЕП «ГРІФРЕ», 2006. – 125 с. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України).
2. Крюков, К. П. Конструкции и механический расчёт линий электропередачи [Текст] / К. П. Крюков, Б. П. Новгородцев. – [2-е изд.]. – Л. : Энергия, 1979. – 312 с.
3. Шевченко, Е. В. Совершенствование металлических конструкций опор воздушных линий электропередачи [Текст] : монография / Е. В. Шевченко. – [2-е изд.]. – Макеевка : ДонГАСА, 1999. – 169 с.
4. Танасогло, А. В. Численно-аналитическая методика решения задачи устойчивости пространственных решетчатых конструкций [Текст] / А. В. Танасогло // Металлические конструкции. – 2015. – Т. 21, № 3. – С. 107–117.
5. Оптимальное проектирование решетчатых металлических конструкций воздушных линий электропередачи [Текст] / А. П. Пустогвар, А. В. Танасогло, И. М. Гаранжа, Л. А. Шилова и др. // MATEC Web of Conferences. – 2016. – № 86, 04003(2016). – Р. 19–28.
6. Танасогло, А. В. Оптимальные конструктивные решения двухцепных анкерно-угловых опор линий электропередачи 110 кВ [Текст] / А. В. Танасогло // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2015. – Т. 11, № 1. – С. 5–14.
7. Spillers, W. R. Iterative design for optimal geometry [Текст] / W. R. Spillers // J. of Str. Div., ASCE. – 2011. – V. 101. – Р. 1435–1442.
8. Refinement of wind loads on lattice support structures of the intersystem overhead power transmission lines 750 kV [Text] / Ye. Shevchenko, Ya. Nazim, A. Tanasoglo, I. Garanzha // Procedia Engineering, 2015. – 117. – Р. 1033–1040.
9. Танасогло, А. В. Уточнение коэффициента динамичности анкерно-угловой опоры ВЛ 110 кВ при действии пульсационной составляющей ветровой нагрузки [Текст] / А. В. Танасогло // Металеві конструкції. – 2012. – Т. 18, № 2. – С. 135–145.

Получена 03.04.2020

А. В. ТАНАСОГЛО, С. М. БАКАЄВ, С. О. ФОМЕНКО, А. М. ОРЖЕХОВСЬКИЙ,
Л. В. КОЗЛОВА
ДОСЛІДЖЕННЯ АВАРІЙНОГО ТЯЖІННЯ СТРУМОВЕДУЧИХ ПРОВІДІВ
ОПОР ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У даній статті за мету ставиться розробка чисельно-аналітичного способу вирішення задачі про визначення тяжіння проводу після його обривання. Розв'язання даної задачі реалізується в програмному комплексі MS «Excel». За модель приймається частина повітряної лінії (ПЛ) електропередачі – анкерована ділянка. Обривання проводу моделюється по черзі в кожному з одинадцяти прольотів. Опори розглядаються як складові частини всієї конструкційної системи електричної мережі. Приділено увагу гнучкості опор ПЛ. Установлено, що гнучкі опори відхиляються вбік уцілілого проводу під впливом його тяжіння і до переміщення точки підвісу внаслідок відхилення гирлянди додається ще й прогин опори. На підставі розрахунку й узагальнення результатів виявлена залежність величини редукованого тяжіння від кількості наступних прольотів анкерованої ділянки з уцілілим проводом. Визначена кількість прольотів, необхідна для знаходження максимальної величини редукованого тяжіння.

Ключові слова: повітряна лінія електропередачі, редуковане тяжіння, просторова модель, опора ПЛ, система рівнянь, розрахункові навантаження.

ANTON TANASOGLO, SERGII BAKAYEV, SERAFIM FOMENKO, ANATOLY ORZHEKHOVSKY, LYUDMILA KOZLOVA
INVESTIGATION OF EMERGENCY TENSION OF ELECTRICAL CARRYING CONDUCTORS OF OVERHEAD POWER LINE SUPPORTS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The purpose of the paper is the development of the numerical and analytical method of problem solution of the conductor tension determination after its breakage. The solution of the problem is realized in software package MS «Excel». The model section of the overhead power line (OPL) – an anchor site. The conductor breakage is simulated in turn in each of eleven spans. The supports are considered to be the components of the whole structural system of the electrical network. The flexibility of the OPL supports has been given consideration. It was established that flexible supports get out of plumb of the remained conductor because of its tension and to the suspension point displacement after an insulator string deviation there is also the support sag. On the basis of the design and integration of the results, the relationship of the reduced tension value of the amount of the following spans of the anchor section with the remained conductor has been determined. The amount of spans necessary for finding of the maximum reduced tension value has been revealed.

Key words: overhead power line, reduced tension, three-dimensional model, OPL support, set system of equations, design loads.

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.

Фоменко Серафим Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной механики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие общей методики динамических расчетов элементов строительных конструкций и поиск рациональных способов гашения колебаний.

Оржеховский Анатолий Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной механики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование действительной работы и показателей надежности стержневых систем в строительстве, численные методы расчета пространственных стержневых конструкций.

Козлова Людмила Викторовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, экспертизы и управления недвижимостью ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: мониторинг социально-экономического развития муниципальных образований. Экономическая и социальная среда функционирования объектов недвижимости.

Танасогло Антон Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій і споруд ДООУ 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 ДООУ 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.

Фоменко Серафим Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної механіки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток загальної методики динамічних розрахунків елементів будівельних конструкцій і пошук раціональних способів гасіння коливань.

Оржеховський Анатолій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної механіки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження

дійсної роботи і показників надійності стержневих систем в будівництві, чисельні методи розрахунку просторових стержневих конструкцій.

Козлова Людмила Вікторівна – кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки, експертизи та управління нерухомістю ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: моніторинг соціально-економічного розвитку муніципальних утворень. Економічне і соціальне середовище функціонування об'єктів нерухомості.

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.

Fomenko Serafim – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Theoretical and Applied Mechanics 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.

Orzhekhovsky Anatoly – Ph. D.(Eng.), Associate Professor, Theoretical and Applied Mechanics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the study of real work and reliability indicators of pivotal systems in construction, numerical methods for calculating spatial pivotal structures.

Kozlova Lyudmila – Ph. D. (Econ.), Associate Professor, Economics, Expertise and Property Management Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: monitoring of socio-economic development of municipalities. Economic and social environment of real estate objects functioning.

УДК 528.48

П. И. СОЛОВЕЙ, А. Н. ПЕРЕВАРЮХА, О. В. ВОЛОЩУК, В. Н. ОЛЕНИН
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ ПРИБОР КОНТРОЛЯ ГАБАРИТА ПРОВОДОВ

Аннотация. Предложен модифицированный прибор контроля габарита и стрелы провеса проводов ЛЭП, разработанный на базе лазерного дальномера в сочетании с пентапризменной насадкой, крепящейся на объективе зрительной трубы оптических технических теодолитов. Выполнено детальное описание конструкции прибора и технология определения параметров проводов. Основным отличием предлагаемого прибора от предыдущей конструкции является то, что с целью уменьшения времени на совмещение визирного и лазерного лучей пентапризменная насадка и лазерный дальномер объединены в одном блоке, что существенно упростило работу с прибором и повысило производительность работ. Выполненное геометрическое моделирование условий наблюдений показало, что предлагаемый прибор обеспечивает необходимую точность определения габаритов и стрелы провеса проводов и может быть использован в производстве.

Ключевые слова: геодезический прибор, габарит и стрела провеса, методика измерений.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Недопустимый габарит проводов воздушных линий электропередачи может привести к тяжелым авариям, поэтому получение точных и объективных данных о пространственном положении проводов в сложных условиях измерений является актуальной задачей.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Среди самых последних публикаций по обсуждаемой проблеме следует отметить работы [2, 3, 4], в которых методом наземного и воздушного лазерного сканирования предлагается определять габариты и стрелу провеса проводов ЛЭП. Но в условиях залесенной местности применить воздушное лазерное сканирование для определения габарита проводов невозможно.

ЦЕЛИ

Целью статьи является разработка усовершенствованного прибора контроля проводов ЛЭП, расположенных в условиях залесенной местности.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

При обследовании линий электропередачи возникает необходимость в определении стрелы провеса и габарита проводов. В открытой, не залесенной местности эти параметры определяют методом тригонометрического нивелирования оптическими теодолитами или электронными тахеометрами с пунктов теодолитных ходов, прокладываемых вдоль трассы ЛЭП [5].

Полосы отчуждения, по которым проходит ЛЭП, очень быстро зарастают деревьями и кустами. Кроме того, многие трассы ЛЭП проходят по заповедным местам (например южный берег Крыма), где вырубка деревьев запрещена, в труднопроходимой тайге применение традиционных методов [5] невозможно.

Для определения стрелы провеса и габарита проводов был разработан прибор ПКГ-1 [1] на базе серийно выпускаемых оптических технических теодолитов в сочетании с лазерным электронным дальномером DISTO-klasic, крепящимся на зрительной трубе и пентапризмы на ее объективе.

© П. И. Соловей, А. Н. Переварюха, О. В. Волощук, В. Н. Оленин, 2020

Опыт работы с прибором ПКГ-1 показал, что для совмещения визирного луча теодолита и лазерного луча дальномера при визировании на провод требуется затратить некоторое время. В сложных условиях измерений это уменьшает производительность работ.

Для исключения этого недостатка предлагается усовершенствованный прибор контроля провеса и габарита проводов, названный нами ПКГ-1М (рис. 1)

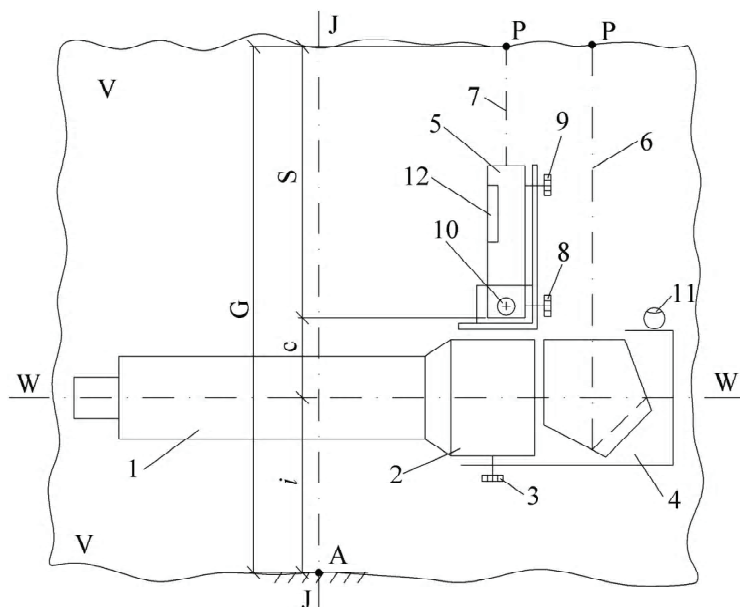


Рисунок 1 – Принципиальная схема прибора ПКГ-1М.

Прибор состоит из зрительной трубы 1, на объектив 2 которой крепят винтом 3 пентапризматический блок 4. Для установки выходящего с пентапризмы визирного луча 6 и лазерного луча 7 в одной отвесной плоскости V служит цилиндрический уровень 11. Для совмещения лазерного луча 7 с оптическим лучом 6 используют юстировочные винты 8, 9, 10, позволяющие до начала измерений корректировать положение лазерного луча в пространстве таким образом, чтобы оба луча были направлены на точку P провода.

Габарит G провода определяют в следующей последовательности. Перед измерениями выполняют проверки и юстировки прибора. Затем прибор устанавливают «на глаз» под точкой максимального провисания провода. Визируют зрительную трубу теодолита на контролируемый провод, используя пентапризматическую насадку 4 или без нее. Берут отсчет по горизонтальному кругу, поворачивают лимб на 90° . Фиксируют на объективе зрительной трубы теодолита пентапризматический блок 4 и с помощью цилиндрического уровня 8 приводят визирный луч 6 в отвесную плоскость V . Вращая зрительную трубу в отвесной плоскости V , визируют на провод P линии электропередачи. Включают лазерный дальномер 5 и на дисплее 12 фиксируют расстояние S . Габарит провода вычисляют по формуле:

$$G = AP = S + c + i, \quad (1)$$

где c – постоянная прибора, измеряемая рулеткой с погрешностью до 2 мм;

i – высота прибора – расстояние от визирной оси WW зрительной трубы теодолита до точки A земной поверхности, измеряемое рулеткой с погрешностью 3 мм.

Для измерения стрелы провеса f (рис. 2) провода кроме габарита G измеряют прибором вертикальные расстояния b и t от точек B и T земной поверхности до точек B' и T' подвеса провода. Методом геометрического или тригонометрического нивелирования определяют отметки точек B, A, T, H_B, H_A, H_T . Вычисляют отметки точек B', P, T по формулам:

$$\left. \begin{aligned} H_{B'} &= H_B + b; \\ H_P &= H_A + G; \\ H_{T'} &= H_T + t. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

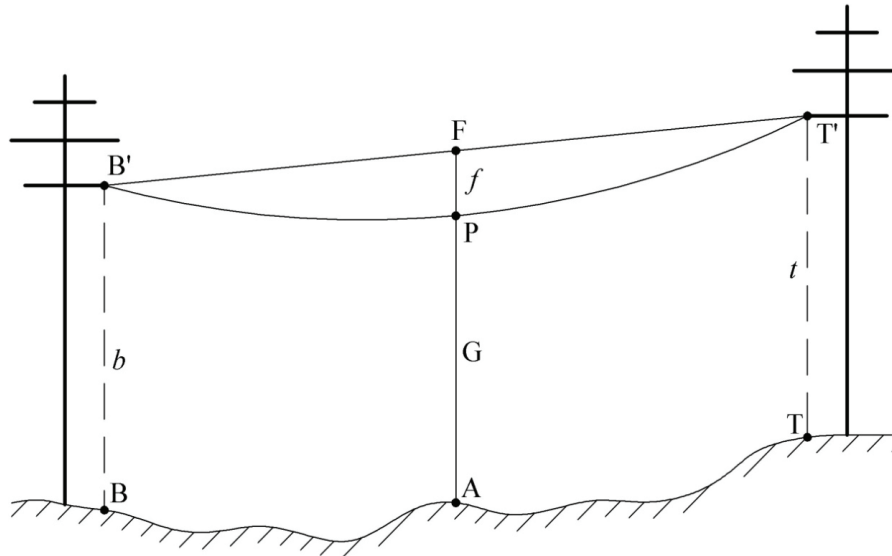


Рисунок 2 – Схема определения стрелы провеса проводов.

Стрелу провеса в равнинной местности вычисляют из выражения:

$$f = H_F - H_P, \quad (3)$$

где $H_F = \frac{H_{B'} + H_{T'}}{2}$ – отметка середины хорды $B'T'$.

В холмистой и горной местности с большими перепадами высот точек крепления провода стрелу провеса f' вычисляют по формуле:

$$f' = f \cos \nu, \quad (4)$$

где ν – угол наклона хорды $B'T'$, вычисляемый по формуле:

$$\nu = \arctg \frac{|H_{T'} - H_{B'}|}{l}, \quad (5)$$

в котором l – горизонтальная проекция хорды $B'T'$.

ВЫВОДЫ

Приведенные экспериментальные исследования точности определения габарита и провеса проводов методом геометрического нивелирования показали, что предлагаемый модифицированный прибор контроля ПКГ-1М обеспечивает необходимую [5], точность измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волощук, О. В. Разработка прибора для определения габаритов проводов ЛЭП, расположенных в стесненных условиях [Электронный ресурс] / О. В. Волощук, П. И. Соловей, А. Н. Переварюха // Научно-технические достижения студентов строительной-архитектурной отрасли : сб. тез. докл. по матер. конф. (21 апреля 2017 г., Макеевка). – 2017. – С. 47–48. – Режим доступа: http://donnasa.ru/publish_house/journals/studconf/2017/stud_konf_tezis_2017.pdf.
2. Геопроектизискания. Лазерное сканирование для диагностики технического состояния электрических сетей [Электронный ресурс] // Геопроектизискания. – М., 2014. – Электрон. текст. дан. – Режим доступа : <https://docplayer.ru/37207766-Lazernoe-skanirovanie-dlya-diagnostiki-tehnicheskogo-sostoyaniya-elektricheskikh-setey.html>.
3. Определение провеса и габаритов проводов с помощью дронов и беспилотников [Электронный ресурс] // Гильдия Инжиниринг. – К., 2017. – Электрон. текст. дан. – Режим доступа : <https://geotop.com.ua/opredelenie-provesa-i-gabaritov-provodov-s-pomoshhyu-dronov-i-bespilotnikov.php>.
4. Руководство по изысканиям трасс воздушных линий электропередач 35–1150 кВ [Текст] / Институт Энергосетьпроект. – М. : Энергосетьпроект, 1996. – 226 с.

5. Дистанционные методы обследования линий электропередач [Электронный ресурс] / М. С. Полуянова, Д. С. Соколов, Л. В. Боева, Г. Ю. Киселев // Молодой ученый. – 2017. – № 22 (156). – С. 68–70. – Режим доступа : <https://moluch.ru/archive/156/>.

Получена 06.04.2020

П. І. СОЛОВЕЙ, А. М. ПЕРЕВАРЮХА, О. В. ВОЛОЩУК, В. М. ОЛЕНІН
ВДОСКОНАЛЕНИЙ ПРИЛАД КОНТРОЛЮ ГАБАРИТУ ПРОВОДІВ
ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. Запропоновано модифікований прилад контролю габариту і стріли провисання проводів ЛЕП, розроблений на базі лазерного далекоміра в поєднанні з пентапризменною насадкою, що кріпиться на об'єктиві зорової труби оптичних технічних теодолітів. Виконано детальний опис приладу і технологія визначення параметрів проводів. Основною відмінністю запропонованого приладу від попередньої конструкції є те, що з метою зменшення часу на суміщення візирного і лазерного променів пентапризменна насадка і лазерний далекомір об'єднані в одному блоці, що істотно спростило роботу з приладом і підвищило продуктивність робіт. Виконане геометричне моделювання умов спостережень показало, що запропонований прилад забезпечує необхідну точність визначення габаритів і стріли провисання проводів і може бути використаний у виробництві.

Ключові слова: геодезичний прилад, габарит і стріла провисання, методика вимірювань.

PAVEL SOLOVEJ, ANATOLY PEREVARJUHA, OKSANA VOLOSHCHUK,
VLADISLAV OLENIN
ADVANCED WIRE GAUGE
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. A modified device for controlling the size and arrow of the wire sagging of power lines is proposed, developed on the basis of a laser range finder in combination with a penta prism attachment mounted on the telescope lens of optical technical theodolites. A detailed description of the design of the device and the technology for determining the parameters of the wires are made. The main difference between the proposed device and the previous design is that in order to reduce the time for combining sight and laser beams, the penta prism nozzle and the laser range finder are combined in one unit, which greatly simplified the work with the device and increased work productivity. Performed geometric modeling of the observation conditions showed that the proposed device provides the necessary accuracy in determining the dimensions and arrows of the wire sag and can be used in production.

Key words: geodetic device, size and sag, measurement procedure.

Соловей Павел Илларионович – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций высотных зданий и сооружений.

Переварюха Анатолий Николаевич – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций колеблющихся и вращающихся объектов.

Волощук Оксана Владимировна – старший преподаватель кафедры инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: геодезический мониторинг параметров проводов и опор ЛЭП в условиях эксплуатации.

Оленин Владислав Николаевич – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: геодезическое обеспечение в землеустройстве и кадастре.

Соловей Павло Іларіонович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної геодезії ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ». Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформаций висотних будівель і споруд.

Переварюха Анатолій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент; завідувач кафедри інженерної геодезії ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ». Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформаций коливних і обертових об'єктів.

Волощук Оксана Володимирівна – старший викладач кафедри інженерної геодезії ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: геодезичний моніторинг параметрів проводів і опор ЛЕП в умовах експлуатації.

Оленін Владислав Миколайович – студент ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: геодезичне забезпечення в землевпорядкуванні та кадастрі.

Solovej Pavel – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of static and dynamic deformations of high-rise buildings.

Perevarjuha Anatoly – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Head of the Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of static and dynamic deformations of varying and rotating objects.

Voloschuk Oksana – Senior Lecturer, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: geodetic monitoring of wire parameters and transmission line poles under operating conditions.

Olenin Vladislav – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: geodetic support in land management and cadastre.

УДК 691.168

О. А. ПШЕНИЧНЫХ

ГОО ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

Аннотация. В статье рассмотрены физико-механические свойства дисперсно-армированных асфальтобетонов хризотилowymi и синтетическими армирующими волокнами. Описаны основные преимущества применения дисперсного армирования асфальтобетонов фиброволокнами. Рассмотрены преимущества дисперсного армирования хризотилowymi волокнами с технологической точки зрения. Установлено, что дисперсное армирование асфальтобетона хризотилowymi волокнами приводит к повышению на 30 % предела прочности при сжатии асфальтобетона при положительных температурах. При содержании в асфальтобетоне хризотилowych волокон до 0,3 % мас. снижается его водонасыщение на 20 %, коэффициент водостойкости после длительного водонасыщения составляет 0,93. Выполнен анализ предела прочности при сжатии при 50 и 200 °С дисперсно-армированных хризотилowymi и синтетическими волокнами асфальтобетонов.

Ключевые слова: асфальтобетон, дисперсное армирование, хризотил, синтетические волокна.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы на асфальтобетонных дорогах общего пользования наблюдается рост интенсивности движения и увеличение веса автотранспортных средств. В процессе движения автомобиля возникает большой спектр нагрузок и воздействий, которые носят кратковременный характер. Вертикальная составляющая нагрузки обычно суммируется с касательными нагрузками, направленными в сторону противоположную движению. При этом касательные нагрузки составляют 3...5 % от вертикальной. При торможении автомобилей касательные нагрузки в зависимости от коэффициента сцепления составляют от 1 до 5 % при гололеде и 30...50 % от вертикальной при сухом покрытии. Все эти воздействия приводят к интенсивному износу покрытия проезжей части автомобильных дорог и образованию следующих дефектов:

- волны, наплывы, колейность;
- одиночные трещины или сетка трещин с различным раскрытием;
- выбоины различных размеров.

Одним из способов решения данной проблемы является способ армирования асфальтобетонных смесей фиброволокнами стальными: органо-полимерными, древесными, стеклянными, хризотил-асбестовыми, синтетическими и др. Микроармирование приводит к повышению деформационно-прочностных характеристик дорожных асфальтобетонов.

Преимуществом дисперсно-армированных асфальтобетонов, является повышенная сопротивляемость растрескиванию, увеличение прочности на изгиб, минимальный износ, повышение прочности на сжатие. При нагружении в процессе эксплуатации армированных асфальтобетонных покрытий волокна фибры замедляют рост трещин, равномерно распределяют напряжения в местах макродефектов, контактной зоны компонентов асфальтобетона. Применение дисперсно-армированного асфальтобетона повышает срок эксплуатации покрытия, особенно в районах с неблагоприятными природно-климатическими условиями [1, 2]. В то же время широкого применения дисперсное армирование асфальтобетонных смесей не получило. Основной проблемой использования фибры из различных волокон в асфальтобетонных смесях, по результатам выполненных исследований, является отработка технологии введения фибры в состав смеси.

С технологической точки зрения простым, экономически выгодным и экологически безопасным является способ дисперсного армирования несортными фракциями волокон хризотила. Дисперсное армирование хризотилowymi волокнами, улучшая весь комплекс свойств асфальтобетонов, также существенно влияет на свойства битумных пленок, характеристики которых имеют определяющее влияние на процессы структурообразования и старения асфальтобетонов.

В работе [3] рассмотрены возможные варианты повышения качества и долговечности асфальтобетонных покрытий при армировании хризотилowymi волокнами. Выявлены особенности производства асфальтобетонных смесей, армированных хризотилом.

Процесс введения армирующего волокна выполняется следующим образом. В начальный период производят смешивание волокон хризотил-асбеста с минеральным порошком в дополнительном гравитационном циклическом смесителе СБР-320. Полученную смесь транспортируют в основной смеситель и последовательно добавляют песок и щебень с размером частиц 5...20 мм. Точность дозирования для песка и щебня $\pm 3\%$, минерального порошка, хризотилowych волокон и битума $\pm 1,5\%$. К полученной волокнисто-минеральной части, нагретой до $160\text{ }^{\circ}\text{C}$, добавляется битум марки БНД 90/130, нагретый до $130\text{ }^{\circ}\text{C}$. Перемешивание всех компонентов происходит в течение 60 секунд. В конце

цикла образуется дисперсно-армированная асфальтобетонная смесь. Температура выхода готовой смеси равна $140\text{ }^{\circ}\text{C}$. Результаты физико-механических свойств дисперсно-армированного горячего плотного мелкозернистого асфальтобетона смеси типа Б приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические свойства дисперсно-армированного горячего плотного мелкозернистого асфальтобетона (смесь типа Б)

№ п/п	Наименование показателей	Результаты испытаний	Требования ГОСТ 9128-2013
1	Водонасыщение, % по объему	1,92	от 1,5 до 4,0
2	Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре: 20 °С 50 °С	3,9 1,9	не менее 1,9 не менее 0,9
3	При длительном водонасыщении	0,96	не менее 0,90

Дисперсное армирование хризотилowymi волокнами способствует повышению деформационно-прочностных характеристик асфальтобетона при положительных температурах. Введение хризотилowych волокон при производстве асфальтобетонных смесей снижает интенсивность трещинообразования при отрицательных температурах, что приводит к увеличению срока службы асфальтобетонного покрытия.

В работах [4, 5] приведены результаты экспериментальных исследований изменения физико-механических и эксплуатационных показателей полимерно-дисперсно-армированных асфальтобетонов в зависимости от температуры нагрева минеральных материалов и времени производства асфальтобетонных смесей.

В работе [5] исследованы четыре крупнозернистых плотных полимерно-дисперсно-армированных (ПДА) асфальтобетонных смеси типа «Б», I марки, приготовленные при различных технологических режимах.

Параметры технологических режимов производства дисперсноармированных асфальтобетонных смесей и процентное содержание ПДА-добавки в смесях, указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры технологических режимов производства полимерно-дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей

Состав №	Содержание ПДА добавки, %	Время «сухого» перемешивания, секунд	Время перемешивания с битумом, секунд	Температура минеральных материалов, °С
1	0	15	20	170
2	0,3	15	20	170
3	0,3	15	20	190
4	0,3	15	25	190

Анализируя результаты физико-механических свойств микроармированных асфальтополимербетонов следует отметить существенное влияние технологических параметров режима производства на качество композиционного материала, таблица 3.

Таблица 3 – Физико-механические показатели полимерно-дисперсно-армированных асфальтобетонов приготовленных по режимам приведенным в таблице 2

№ п/п	Наименование показателей	Фактические данные				Требования ГОСТ 9128-2013
		Состав №				
		1	2	3	4	
1	Водонасыщение, % по объему	2,0	1,8	1,73	1,61	От 1,5 до 4,0
2	Предел прочности при сжатии, МПа, при температурах: 20 °С 50 °С	4,12	4,29	5,57	5,69	не менее 1.9 не менее 0.9
		1,08	1,5	1,97	2,07	
3	Коэффициент длительного водонасыщения	0,86	0,89	0,91	0,93	не менее 0,90

Наиболее существенные изменения свойств обусловлены повышением температуры минеральных материалов и в меньшей степени влияет время перемешивания компонентов смеси. Так, при увеличении температуры минеральных материалов зафиксирован рост пределов прочности при сжатии при 50 и 20 °С на 30 %, снижение показателя водонасыщения на 16 %. Увеличение времени перемешивания способствует дальнейшему незначительному повышению водостойкости и прочности микроармированного асфальтополимербетона.

ВЫВОДЫ

Несмотря на трудности, связанные с отсутствием опыта применения фибры в дорожных покрытиях, очевидно, что данное направление необходимо всецело развивать и со временем прийти к повсеместному использованию микроармированного дорожного покрытия.

Дисперсное армирование хризотилowymi волокнами асфальтобетона приводит повышению прочности асфальтобетона при положительных температурах. При этом не требуется существенной модернизации оборудования и переквалификации работников асфальтобетонных заводов, что благоприятно сказывается на стоимости асфальтобетонной смеси. Также не нужно нагревать битум до высоких температур при технологии введения хризотилowych волокон в битум, что тоже положительно влияет на стоимость смеси.

Сравнение результатов применения синтетических волокон показывает, что применение данных армирующих добавок позволяет повысить предел прочности при сжатии при 20 °С примерно на 42 %, а при 50 °С примерно на 4 % в сравнении с хризотилowymi волокнами. Но применение синтетических материалов приведет к существующему удорожанию асфальтобетонной смеси из-за специфики их производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дедюхин, А. Ю. Дисперсно-армированный асфальтобетон [Текст] / А. Ю. Дедюхин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2009. – № 1. – С. 116–120.
2. Кицман, Д. Х. Влияние коротковолокнистого асбеста на основные физические свойства тротуарных асфальтобетонных смесей [Текст] / Д. Х. Кицман // Протокол исследования дороги. 1960. – № 270. – С. 1–19.
3. Дедюхин, А. Ю. Технология дисперсного армирования асфальтобетонных смесей волокнами хризотила [Текст] / А. Ю. Дедюхин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. – 2009. – № 13. – С. 120–124.
4. Илиополов, С. К. Модифицированная щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь дисперсно-армирующей добавкой «Forta» [Текст] / С. К. Илиополов // Интернет-журнал науковедение. – 2012. – № 3. – С. 97.
5. Черных, Д. С. Влияние технологических параметров режима приготовления на свойства полимерно-дисперсно-армированных асфальтобетонов [Текст] / Д. С. Черных, Д. А. Строев, С. А. Батырсов // Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 4. – С. 150.

Получена 07.04.2020

О. О. ПШЕНИЧНИХ
ДЕФОРМАЦІЙНО-МІЦНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИСПЕРСНО-
АРМОВАНИХ АСФАЛЬТОБЕТОНІВ
ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У статті розглянуті фізико-механічні властивості дисперсно-армованих асфальтобетонів хризотилowymi і синтетичними армувальними волокнами. Описано основні переваги застосування дисперсного армування асфальтобетону фіброволокнами. Розглянуто переваги дисперсного армування хризотилowymi волокнами з технологічної точки зору. Встановлено, що дисперсне армування асфальтобетону хризотилowymi волокнами приводить до підвищення на 30 % межі міцності при стисненні асфальтобетону при позитивних температурах. При утриманні в асфальтобетоні хризотилowych волокон до 0,3 % мас. знижується його водонасичення на 20 %, коефіцієнт водостійкості після тривалого водонасичення становить 0,93. Виконано аналіз меж міцності при стисненні при 50 та 200 °С дисперсно-армованих хризотилowymi і синтетичними волокнами асфальтобетонів.

Ключові слова: асфальтобетон, дисперсне армування, хризотил, синтетичні волокна.

OLEG PSHENICHNYH
DEFORMATION AND STRENGTH CHARACTERISTICS OF DISPERSED-
REINFORCED ASPHALT CONCRETE
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article discusses the physicommechanical properties of dispersion-reinforced asphalt concrete with chrysotile and synthetic reinforcing fibers. The main advantages of using dispersed asphalt concrete fiber reinforcement are described. The advantages of dispersed reinforcement with chrysotile fibers from a technological point of view are considered. It has been established that dispersed reinforcement of asphalt concrete with chrysotile fibers leads to a 30 % increase in the compressive strength of asphalt concrete at positive temperatures. When the content of asphalt concrete chrysotile fibers up to 0.3% wt. its water saturation decreases by 20 %, the coefficient of water resistance after prolonged water saturation is 0.93. The analysis of the compressive strength at 500 and 200 °C of dispersed asphalt concrete reinforced with chrysotile and synthetic fibers is carried out.

Key words: asphalt concrete, dispersed reinforcement, chrysotile, synthetic fibers.

Пшеничных Олег Александрович – ассистент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: комплексно-модифицированные асфальтополимербетоны, армированные полимерными волокнами.

Пшеничних Олег Олександрович – асистент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: комплексно – модифіковані асфальтополімербетони, що армовані полімерними волокнами.

Pshenichnyh Oleg – assistant, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: complex-modified asphalt-polymer concrete reinforced with polymer fibers.

УДК 332.3:620.91

А. В. БОРОДИНА, А. Г. ГОНЧАРОВА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЕЛЬ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО
ХОЗЯЙСТВА ГОРОДА НА ПРИМЕРЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ДОНЕЦКОЙ
НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Аннотация. В данной статье рассматривается важная задача для развития современного города – обеспечение комфортной и благоприятной среды проживания населения, в том числе и формирование системы земель объектов электросетевого хозяйства. Актуальность статьи обуславливается тем, что одним из наиболее важных вопросов, требующих постоянного совершенствования, является регулирование земельных отношений в электросетевом хозяйстве. Это обуславливается большой протяженностью объектов электросетевого хозяйства, различием права их использования (собственность, аренда, сервитут), а также сложностью межевания земельных участков, входящих в различные категории (сельскохозяйственные земли, земли промышленности). Авторами проводится анализ последних исследований, посвященных данной проблеме, особое внимание уделяется законодательной базе Донецкой Народной Республики. В рамках статьи рассматривается влияние Законодательства Донецкой Народной Республики на формирование системы земель объектов электросетевого хозяйства города.

Ключевые слова: электроэнергетика, земельный участок, охранный зона, сервитут.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одной из наиболее острых проблем настоящего времени, стоящих перед многими населенными пунктами, является формирование системы земель объектов электросетевого хозяйства. Это обуславливается слабым развитием нормативно-правовой базы в сфере проектирования строительства, а также земельного законодательства. Особую актуальность имеет обобщенная логическая модель формирования системы земель объектов электросетевого хозяйства города, позволяющая наиболее полно учитывать особенности его планирования, структуры и условий современного развития.

ЦЕЛИ

На основе изученных предпосылок и факторов, систематизировать проанализированный опыт и выявить наиболее прогрессивные подходы и направления в области размещения объектов электросетевого хозяйства в структуре города.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Электроэнергетика считается важной отраслью энергетики, так как является основой функционирования экономики и жизнеобеспечения. Согласно Закону Донецкой Народной республики «Об электроэнергетике» электроэнергетика – это отрасль энергетики, которая включает в себя передачу и сбыт электроэнергии, а также совокупность экономических отношений, возникающих в процессе производства.

К землям электроэнергетики относятся участки, которые используются для размещения линий электропередач, трансформаторных и иных подстанций, распределительных пунктов, а также предназначены для обеспечения электрических сетей и осуществления передачи электроэнергии на оборудование.

Земельные участки под объектами электросетевого хозяйства условно можно разделить на три вида:

- 1 – земельные участки, которые находятся под точечными объектами (опоры линии электропередачи);
- 2 – земельные участки под площадными объектами (участки под трансформаторной подстанцией, но при условии, если граница земельного участка совпадает с полосой отвода);
- 3 – комбинированные (если земельный участок включает в себя вышеперечисленные виды).

На основании вышесказанного для безопасности населения и охраны окружающей природной среды, а также для обеспечения надежной эксплуатации и охраны объектов передачи электрической энергии законодательство регламентирует установку специальных охранных зон объектов энергетики (рисунок).

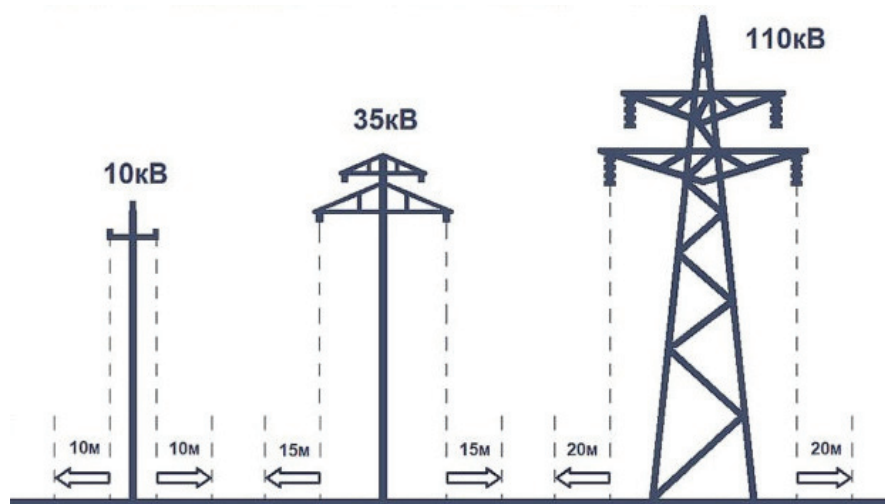


Рисунок – Охранная зона воздушных линий электропередачи.

Охранные зоны электрических сетей устанавливаются:

- по периметру распределительных пунктов и устройств, трансформаторных подстанций;
- вдоль воздушных линий электропередачи в виде земельного участка и воздушного пространства, которое ограничено вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны от проекций крайних проводов на поверхность земли, при не отклоненном их положении на расстоянии для линий напряжением:

- 6...10 кВ – 10 метров;
- 35 кВ – 15 метров;
- 110 кВ – 20 метров.

В охранной зоне категорически запрещается:

- строительство, реконструкция и снос зданий и сооружений, капитальный ремонт;
- производить земляные работы на глубине более 0,3 м;
- нахождение посторонних лиц на территории и в помещениях электросетевых сооружений;
- загромождение проездов и проходов к объектам электрических сетей;
- набрасывание на провода и опоры посторонние предметы;
- в охранной зоне и вблизи нее устраивать свалки;
- разводить огонь.

Земельные участки в пределах специальных зон объектов электроэнергетики не изымаются у собственников или пользователей земельных участков, а используются с ограничениями (кроме случаев, когда установление специальных зон приводит к невозможности использования земельных участков по целевому назначению).

Собственник или пользователь земельного участка вправе требовать изъятия всего земельного участка для общественных нужд в случае, когда установление специальных охранных зон объектов электроэнергетики приводит к невозможности рационального использования данного земельного участка, но при этом арендатор вправе требовать в одностороннем порядке расторжения договора аренды и возмещения причиненных этим убытков.

Основанием для введения ограничений при получении разрешения на начало проведения работ по строительству объектов электросети, а также для введения ограничений в использовании земельного участка является право земельного сервитута, которое установлено в отношении строительства объектов электросетевого хозяйства.

Предприятия, создающие и эксплуатирующие объекты электроэнергетики, вправе использовать земельный участок по договору об установлении земельного сервитута с собственником или пользователем данного земельного участка для локализации объектов на праве постоянных или срочных земельных сервитутов, при этом в договоре указывается срок действия земельного сервитута. Различие между срочным и постоянным земельным сервитутом в том, что срочные могут устанавливаться на период плановых ремонтных работ и строительства объектов передачи электроэнергии, в свою очередь, постоянные устанавливаются для размещения трансформаторных подстанций, устройств и сооружений, распределительных пунктов, а также для размещения сооружений опорных конструкций воздушных линий электропередачи. Действие сервитута сохраняется при переходе прав на земельный участок к другому лицу или изменению лиц, в пользу которых установлен сервитут. В таком случае в договорах об установлении сервитута, заключенных ранее, вносятся соответствующие изменения, если иное не предусмотрено договором.

ВЫВОДЫ

При проведении анализа правовых норм Донецкой Народной Республики, регламентирующих земельные отношения в электросетевом хозяйстве, можно сделать вывод, что одной из сложностей при формировании системы земель объектов энергетики является особенность правового режима, так как земли электросетевого хозяйства характеризуются широким спектром прав, на которых они предоставляются, таких как: право собственности, право постоянного (бессрочного) пользования, право аренды и сервитут. Также можно сказать, что на сегодняшний день земельные отношения в сфере электросетевого хозяйства до конца не урегулированы, допускаются разночтения и противоречия правовых норм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об электроэнергии [Текст] : закон ДНР № 45-ІНС от 16.03.2020 ; введ. 2015 -04-17. – Донецк : Народный Совет ДНР, 2015. – 59 с.
2. О заключении договоров сервитута [Электронный ресурс] // Государственный Комитет по земельным ресурсам Донецкой Народной Республики. – [2020]. – Режим доступа : <http://goskomzemdnr.ru/novosti/o-zaklyuchenii-dogovorov-servituta/>. – Назв. с экрана.
3. Об утверждении Правил охраны электрических сетей напряжением до 1000 вольт [Текст] : Постановление КМ Украины № 209 от 22.03.2017 ; введ. 1997-03-04. – К. : КМ Украины, 1997. – 20 с.
4. ДБН 360-92**. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений [Текст]. – Переиздание ДБН 360-92* ; введ. 2002-04-19. – К. : Минстрой Украины, 2002. – 92 с.
5. Конституция Донецкой Народной Республики [Текст]. – Ред. от 06.03.2020 ; введ. 2015-02-27. – Донецк : Народный Совет ДНР, 2015. – 43 с.

Получена 10.04.2020

А. В. БОРОДИНА, А. Г. ГОНЧАРОВА
**ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ЗЕМЕЛЬ ОБ'ЄКТІВ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖЕВОГО
 ГОСПОДАРСТВА МІСТА НА ПРИКЛАДІ ЗАКОНОДАВСТВА ДОНЕЦЬКОЇ
 НАРОДНОЇ РЕСПУБЛІКИ**
 ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У даній статті розглядається важливе завдання щодо розвитку сучасного міста – забезпечення комфортним і сприятливим середовищем для проживання населення, у тому числі і формування системи земель об'єктів електромережевого господарства. Актуальність статті зумовлюється тим, що одним з найбільш важливих питань, які потребують постійного вдосконалення, є регулювання земельних відносин в електромережевому господарстві. Це обумовлюється великою протяжністю об'єктів електромережевого господарства, відмінністю права їх використання (власність, оренда, сервітут), а також складністю межування земельних ділянок, що входять в різні категорії (сільськогосподарські землі, землі промисловості). Авторами проводиться аналіз останніх досліджень, присвячених даній проблемі, особливо приділяється увага законодавчій базі Донецької Народної Республіки. В

рамках статті розглядається вплив Законодавства Донецької Народної Республіки на формування системи земель об'єктів електромережевого господарства міста.

Ключові слова: електроенергетика, земельна ділянка, охоронна зона, сервітут.

ALLA BORODINA, ANASTASIA GONCHAROVA
FORMATION OF THE SYSTEM OF LANDS OF OBJECTS OF ELECTRIC
NETWORK OF THE CITY ON THE EXAMPLE OF LEGISLATION DONETSK
PEOPLE'S REPUBLIC
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. This article discusses an important task for the development of a modern city – providing a comfortable and favorable living environment for the population, including the formation of the land system of electric grid facilities. The relevance of the article is due to the fact that one of the most important issues requiring constant improvement is the regulation of land relations in the electricity grid. This is due to the large extent of electric grid facilities, the difference in the right to use them (property, lease, easement), as well as the difficulty of surveying land plots that fall into various categories (agricultural land, industrial land). The authors analyze the latest studies on this issue, special attention is paid to the legislative framework of the Donetsk People's Republic. The article considers the impact of the Legislation of the Donetsk People's Republic on the formation of the land system of the city's electric grid facilities.

Key words: electric power industry, land plot, security zone, easement.

Бородин Алла Владимировна – ассистент кафедры землеустройства и кадастров ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование историко-культурных и природно-ландшафтных объектов, используемых населением в целях оздоровления и реабилитации.

Гончарова Анастасия Геннадьевна – магистрант кафедры землеустройства и кадастров ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: энергоснабжение, законодательная база.

Бородин Алла Володимирівна – асистент кафедри землеустрою та кадастрів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження історико-культурних і природно-ландшафтних об'єктів, що використовуються населенням з метою оздоровлення та реабілітації.

Гончарова Анастасія Геннадіївна – магістрант кафедри землеустрою та кадастрів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: енергопостачання, законодавча база.

Borodina Alla – assistant, Land Management and Inventory Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of historical and cultural and natural landscape objects used by the population for the purpose of health improvement and rehabilitation.

Goncharova Anastasia – master's student, Land Management and Inventory Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: energy supply, legislative framework.

УДК 69(04+07)

А. Н. ОРЖЕХОВСКИЙ, А. В. МУЩАНОВ, А. А. ШТУРМИНА, В. А. ШТУРМИНА

ГООУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ СТРУКТУРНОГО ПОКРЫТИЯ ИЗ ТРУБ НА ПРЯМОУГОЛЬНОМ ПЛАНЕ

Аннотация. В работе приведены результаты оптимизационного расчета двух вариантов типовой конструкции структурного покрытия с размерами в плане 21×30 метров, состоящей из пентаэдров. Рассматривалось два варианта реализации: с ячейкой 1,5 и 3 метра. Оба варианта шарнирно оперты на жесткий контур. В качестве нагрузки рассматривается собственный вес конструкции и снег. Нагрузка приведена к узловой с использованием метода площадей. В качестве оптимизационных параметров выступали высота конструкции и стрела подъема. Поиск оптимального решения производится по методу деформируемого многогранника Нелдера-Мида. Целевой функцией поиска выступает масса конструкции. Оптимизационный расчет выполняется в авторском программном комплексе, который реализован на языке программирования MATLAB. Особенностью программного комплекса является способность обмениваться данными с системой автоматического проектирования ЛИРА-САПР по средствам выходного текстового файла.

Ключевые слова: структурные конструкции, оптимизация, стрела подъема, масса.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В современном строительстве все большее применение получают металлические конструкции. Они имеют ряд неоспоримых преимуществ: технологичность, скорость изготовления и монтажа, легкость, универсальность, а также ряд других. При всех этих положительных факторах сталь в большинстве случаев проигрывает остальным материалам несущих конструкций в себестоимости. Решением проблемы экономичности может стать оптимизация системы. В последнее время в конструкциях покрытий общественно-массовых, зрелищных, спортивных зданий и сооружений, благодаря своей архитектурной выразительности, получили применение структурные конструкции. Разработка методик оптимизаций этих конструкций является перспективным и востребованным направлением.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

К сожалению, современные исследования в области оптимизации уделяют структурным конструкциям покрытий незаслуженно мало внимания. В большей мере рассматриваются плоские или пространственные фермы [1, 5]. Если же объектом исследования становится структурное покрытие [2, 3, 6], то ограничиваются оптимальным подбором сечения стержневых элементов, варьируя жесткостями элементов. В некоторых случаях рассматривают высоту покрытия как параметр оптимизации. Но применение одновременно высоты и стрелы подъема структурной конструкции как параметров оптимизации еще не использовалось.

ЦЕЛИ

Целью данной работы является апробация предложенной методики оптимизации типового решения структурного покрытия на жестком плане по двум параметрам: высота конструкции и стрела подъема. Целевой функцией оптимизации выступает масса конструкции.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Совершенствование компьютерных технологий дало мощный толчок к развитию оптимального проектирования конструкций благодаря возможности алгоритмизации и реализации алгоритма в программном коде. Существует значительное множество различных программ, разработанных в рамках научных исследований, но они представляют крайне малую ценность для инженера. Это объясняется отсутствием удобного и интуитивно понятного интерфейса. Современные системы автоматического проектирования (ЛИРА, ЛИРА-САПР, SCAD) имеют такой интерфейс, но оптимизационные расчеты им недоступны. Следовательно, создание программного комплекса способного быстро и корректно принимать данные, а также оптимизировать структурную конструкцию является перспективной актуальной задачей.

Авторами был создан программный комплекс, удовлетворяющий всем выше обозначенным требованиям. В качестве параметров оптимизации рассматривались высота структурного покрытия и стрела подъема конструкции. Методика проведения процесса оптимизации приводится в источнике [4]. Программный комплекс реализован на языке программирования MATLAB. При этом для удобства создания расчетной схемы конструкции используется ЛИРА-САПР. Что позволяет не только использовать привычный инженеру интерфейс для задания исходных данных, но и проводить проверочный расчет усилий в сторонней программе. Обмен данными между двумя программными продуктами осуществляется через текстовый файл. В качестве конструктивного решения структурного покрытия рассматривается система MERO. Следовательно, для подбора сечений стержневых элементов используется соответствующий сортамент круглых труб. При расчете конструкции собственная масса учитывается в виде внешней нагрузки и прикладывается программой автоматически.

В качестве численного эксперимента были оптимизированы два типовых варианта структурного покрытия с размерами в плане 21х30 метров, состоящих из пентаэдров. Размеры ячеек составили 1,5 и 3 метра. Оптимизация проводилась по двум параметрам – высоте и стреле подъема, а в дальнейшем по одному – только высоте конструкции. Полученные конструкции представлены на рисунках 1 и 2. Результаты расчетов сведены в таблицу.

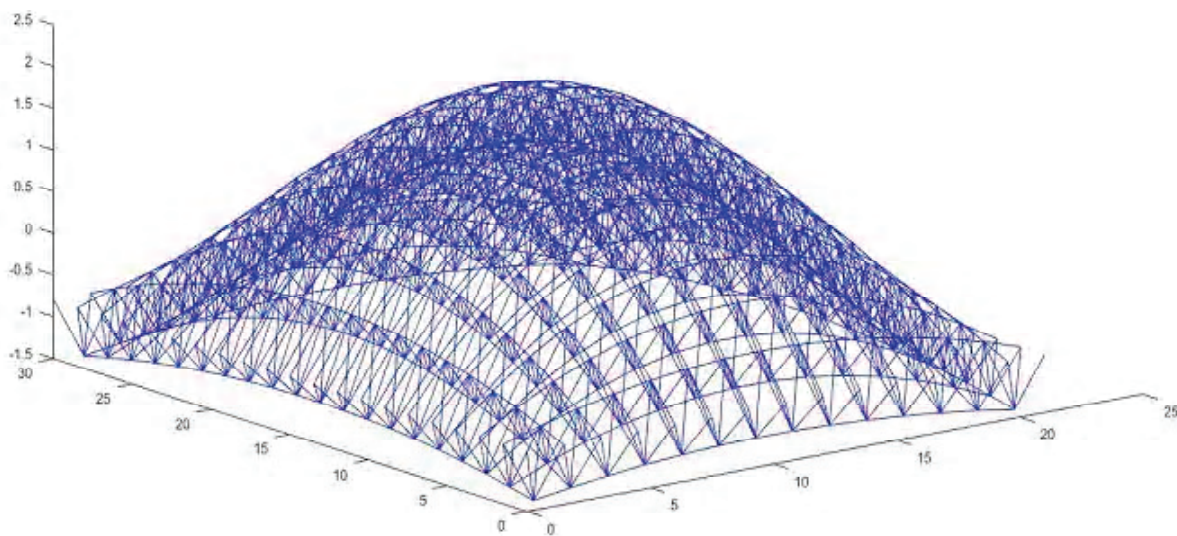


Рисунок 1 – Результаты оптимизации структурных покрытий по высоте конструкции и стреле подъема при ячейке 1,5 м.

Анализируя данные, приведенные в таблице, очевидно, что конструкция с ячейкой 3 м более выгодна с учетом экономии материала. Следует отметить, что оптимизация по двум параметрам хоть и дает больший процент экономии стали, но технически сложнее при производстве и монтаже. В этом случае фактически происходит переход от типовой конструкции к индивидуальному проекту или даже уникальному решению.

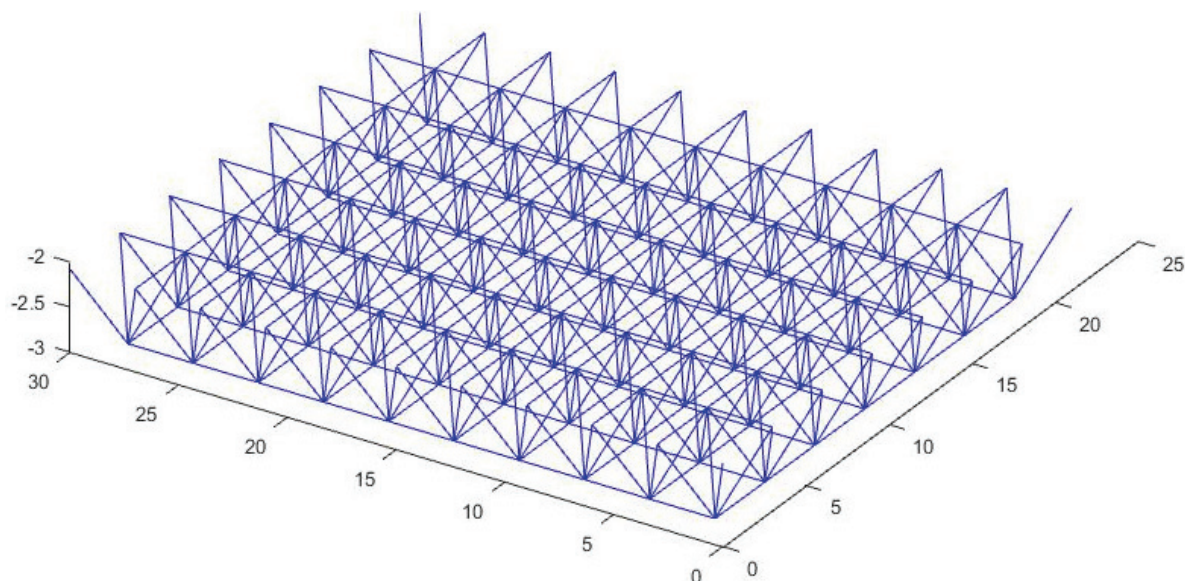


Рисунок 2 – Результаты оптимизации структурных покрытий по высоте конструкции и стреле подъема при ячейке 3 м.

Таблица – Результаты оптимизации структурного покрытия на прямоугольном плане

Размеры структуры	Кол-во точек целевой поверхности (кривой)	Стрела 4 (м), высота 4–0,7 (м)			Исходная масса (т)	Высота 0,7–4 (м)		% отклонения	
		Масса (т)	Z стрела (м)	H высота (м)		Масса (т)	H высота (м)	2 параметра	1 параметра
21×30×1,5 (м)	8 точек	14,484	2,857	0,7	16,449			11,95	
	4 точки	14,486	3	0,7		15,169	0,865	11,93	7,78
21×30×3 (м)	8 точек	5,891	0	0,7	7,025			16,14	
	4 точки	5,891	0	0,7		5,813	0,92	16,14	17,25

ВЫВОДЫ

1. При применении предложенной методики оптимизации удалось добиться снижения массы в пределах 12...16 %.
2. Увеличение количества точек поверхности или кривой целевой функции в некоторых случаях может увеличить вероятность отыскания наиболее оптимальных параметров конструкции.
3. Вариант с ячейкой в 3 м более экономичен, но при этом степень его надежности на порядок ниже варианта с ячейкой в 1,5 м.
4. В случае с ячейкой в 3 м оптимизация по одному параметру может давать более оптимальные результаты, так как расстояние между точками целевой кривой меньше, чем между точками целевой поверхности при одинаковом их количестве. Что позволяет более точно выбрать базисные точки для дальнейшего процесса оптимизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марутян, А. С. Треугольные фермы покрытий (перекрытий) и оптимизация их высот [Текст] / А. С. Марутян, В. Н. Оробинская // Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12. – Вып. 2(101). – С. 172–183.
2. Регулирование напряженно-деформированного состояния структурного покрытия способом изменения геометрической схемы сооружения [Электронный ресурс] / Г. М. Кравченко, Е. В. Труфанова, В. А. Думбай [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 1. – Режим доступа : ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3982.
3. Колодежнов, С. Н. Анализ висячих конструктивных систем подкрепления навеса в виде структурной плиты [Текст] / С. Н. Колодежнов, А. Н. Селиванова // Строительная механика и конструкции. – 2017. – № 14. – С. 61–71.
4. Муцанов, В. Ф. Оптимальное проектирование структурных покрытий на нетиповых планах [Текст] / В. Ф. Муцанов, А. Н. Оржеховский, А. В. Муцанов // Международная научно-практическая конференция, посвященная

- 65-летию БГТУ им. В. Г. Шухова «Наукоемкие технологии и инновации» : сб. докладов (9–10 октября 2019 г., Белгород). – Белгород, 2019. – С. 75–79.
5. EN 1990:2002+A1. Eurocode. Basis of structural design [Текст]. – Supersedes ENV 1991-1:1994 ; This European Standard was approved by CEN on 29 November 2001. – Brussels : Management Centre, 2002. – 116 p. – (European Standard).
6. Michael, Havbro Faber. Statistics and Probability Theory [Текст] / М. Н. Faber. – Swiss Federal Institute of Technology ETH. – Zürich, Switzerland : [s. n.], 2012. – 207 p.

Получена 13.04.2020

А. М. ОРЖЕХОВСЬКИЙ, О. В. МУЩАНОВ, А. О. ШТУРМИНА,
В. О. ШТУРМИНА
ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ СТРУКТУРНОГО ПОКРИТТЯ З ТРУБ НА
ПРЯМОКУТНОМУ ПЛАНІ
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У роботі наведені результати оптимізаційного розрахунку двох варіантів типової конструкції структурного покриття з розмірами в плані 21×30 метрів, що складається з пентаєдрів. Розглядалося два варіанти реалізації з коміркою 1,5 та 3 метри. Обидва варіанти шарнірно оперті на жорсткий контур. Як навантаження розглядається власна вага конструкції і сніг. Навантаження приведені до вузлового з використанням методу площ. Оптимізаційними параметрами виступали висота конструкції і стріла підйому. Пошук оптимального рішення проводився за методом деформованого багатогранника Нелдера-Міда. Цільовою функцією пошуку виступала маса конструкції. Цільовою функцією пошуку виступає маса конструкції. Оптимізаційний розрахунок виконується в авторському програмному комплексі, який реалізований на мові програмування MATLAB. Особливістю програмного комплексу є здатність обмінюватися даними з системою автоматичного проектування LIRA-САПР за рахунок вихідного текстового файлу.

Ключові слова: структурні конструкції, оптимізація, стріла підйому, маса.

ANATOLY ORZHEKHOVSKY, ALEXANDER MUSHCHANOV, ANASTASIIA
SHTURMINA, VALERIA SHTURMINA
OPTIMIZATION OF THE DESIGN OF THE STRUCTURAL COATING OF PIPES
ON A RECTANGULAR PLAN
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The paper presents the results of an optimization calculation of two variants of a typical design of a structural coating with dimensions in the plan of 21×30 meters, consisting of pentahedra. Two implementation options were considered: with a cell of 1.5 and 3 meters. Both options are pivotally supported on a rigid contour. The load is considered to be the dead weight of the structure and snow. The load is reduced to nodal using the area method. The optimization parameters were the height of the structure and the lifting boom. The search for the optimal solution is carried out by the method of deformable Nelder-Mead polyhedron. The target function of the search is the mass of the structure. Optimization calculation is performed in the author's software package, which is implemented in the programming language MATLAB. A feature of the software complex is the ability to exchange data with the LIRA-CAD automatic design system by means of the output text file.

Key words: structural structures, optimization, boom, mass.

Оржеховский Анатолий Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной механики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование действительной работы и показателей надежности стержневых систем в строительстве, численные методы расчета пространственных стержневых конструкций.

Мушанов Александр Владимирович – ассистент кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование устойчивости центрально-сжатых элементов.

Штурмина Анастасия Александровна – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: оптимальные решения металлических конструкций

Штурмина Валерия Александровна – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: надежность металлоконструкций

Оржеховський Анатолій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної механіки ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження дійсної роботи і показників надійності стрижневих систем в будівництві, чисельні методи розрахунку просторових стержневих конструкцій.

Мушчанов Олександр Володимирович – асистент кафедри металевих конструкцій і споруд ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження стійкості центрально-стиснутих елементів.

Штурміна Анастасія Олександрівна – магістрант ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: оптимальні рішення металевих конструкцій

Штурміна Валерія Олександрівна – магістрант ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: надійність металоконструкцій

Orzhekhovsky Anatoly – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Theoretical and Applied Mechanics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the study of real work and reliability indicators of pivotal systems in construction, numerical methods for calculating spatial pivotal structures.

Mushchanov Alexander – assistant, Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the study of the stability of centrally compressed elements.

Shturmina Anastasiia – master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: optimal solutions for metal structures

Shturmina Valeria – master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reliability of metal structures.

УДК 531.3:539.6:624.042.8

С. А. ФОМЕНКО

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ СИСТЕМ

Аннотация. Большинство элементов реальных конструкций и сооружений представляют собой системы с распределенными параметрами, т. е. системы с бесконечным числом степеней свободы. Одной из важных задач динамического расчета строительных конструкций является определение спектра собственных частот колебаний. Большинство приближенных методов позволяет получить лишь первую частоту собственных колебаний и не позволяет оценить значимость последующих частот. В статье рассмотрены алгоритмы решения задач на определение частот малых колебаний консервативной системы с несколькими степенями свободы при помощи известных способов (использование уравнений Лагранжа, использование общих теорем динамики, метод перемещений). Достаточно точно возможно определить частотные характеристики при продольных, крутильных и изгибных колебаниях конструкций при помощи метода начальных параметров. Приведен пример решения задачи при помощи метода начальных параметров.

Ключевые слова: уравнения Лагранжа, метод начальных параметров, статически неопределимые системы, частота собственных колебаний.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Большинство элементов реальных конструкций [7] и сооружений представляют собой системы с распределенными параметрами, т. е. системы с бесконечным числом степеней свободы. На первом этапе проведения динамического расчета данных конструкций стоит задача по определению спектра собственных частот, т. е. получения и решения волнового уравнения.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В литературе [1, 2, 3] данный вопрос рассмотрен недостаточно полно, в основном он сводится к определению спектра собственных частот нескольких простых балочных схем как систем с распределенными параметрами, далее следуют приближенные и упрощенные методы динамического расчета (метод сил, метод перемещений, метод конечных элементов). На сегодняшний день многие задачи статики и динамики строительных конструкций, зданий, сооружений, машин успешно решаются приближенными методами (чаще всего – МКЭ) с использованием богатого сервиса таких программ, как ЛИРА-САПР, SCAD, МОНОМАХ, МИРАЖ и т. д.

Удобным способом составления дифференциальных уравнений малых колебаний системы является использование уравнений Лагранжа [1]. Однако получение волнового уравнения для системы с бесконечным числом степеней свободы затруднено, что влечет за собой упрощение задачи.

Весьма подробно рассмотрены задачи по нахождению частотных характеристик при продольных, крутильных и изгибных колебаниях с использованием метода начальных параметров в работах [3, 4, 5, 6]. Но и там практические расчеты ограничивались балками с двумя-тремя участками при наличии одной, двух сосредоточенных масс, что связано с большой трудоемкостью составления частотного уравнения методом начальных параметров.

ЦЕЛЬ

Большинство приближенных методов позволяет получить лишь первую частоту собственных колебаний и не позволяет оценить значимость последующих частот. Таким образом, поиск новых методов составления частотных уравнений является актуальной научно-практической задачей.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Рассмотрим некоторые известные способы решения задач на определение частот малых колебаний консервативной системы с несколькими степенями свободы.

Первый способ – использование уравнений Лагранжа. Порядок действий следующий:

- 1) выбираем обобщенные координаты;
- 2) составляем выражение кинетической энергии;
- 3) определяем потенциальную энергию системы или вычисляем обобщенные силы;
- 4) внося выражения энергий (или обобщенные силы) в уравнения Лагранжа, получаем систему дифференциальных уравнений малых колебаний;
- 5) задаваясь частным решением этой системы, подставляем частное решение в систему дифференциальных уравнений движения;
- 6) исключая из полученной системы алгебраических уравнений амплитуды колебаний, находим уравнение частот;
- 7) решая уравнение частот, определяем собственные частоты системы.

Второй способ – использование общих теорем динамики. Порядок действий следующий:

- 1) исходя из условий задачи, выбираем путь составления дифференциальных уравнений – основное уравнение динамики или какую-нибудь из общих теорем динамики;
- 2) применяя избранную теорему, составляем дифференциальные уравнения малых колебаний системы;
- 3) задаваясь частными решениями системы, вносим эти частные решения в систему дифференциальных уравнений;
- 4) решая полученную систему уравнений, находим уравнение частот, из которого определяем собственные частоты системы.

Третий способ – метод перемещений. Порядок действий следующий:

- 1) определение степени кинематической неопределимости n ;
- 2) выбор основной системы путем введения дополнительных связей;
- 3) для определения неизвестных записывают канонические уравнения метода перемещений, смысл которых состоит в том, что приравниваются нулю реакции во введенных связях, т. е. снимается противоречие между рассчитываемой и основной системой;
- 4) подставляя значения динамических перемещений и ускорений, а также некоторых преобразований, получаем систему однородных алгебраических уравнений;
- 5) система уравнений имеет два решения: тривиальное, соответствующее положению статического равновесия системы, и ненулевое, при котором определитель равен нулю;
- 6) решая частотное уравнение, определяют частоты собственных колебаний системы.

Рассмотрим *метод начальных параметров*.

Известно, что уравнение прогибов для произвольной формы колебаний по методу начальных параметров имеет вид [3]

$$y(x) = y_0 A_{kx} + \frac{\alpha_0}{k} B_{kx} + \frac{M_0}{k^2 EI_z} C_{kx} + \frac{P_0}{k^3 EI_z} D_{kx}. \quad (1)$$

При наличии на весомой балке (рис. 1а) сосредоточенной массы M_a в сечении $x = a$ нужно учесть силу инерции этой массы

$$P_u = M_a \omega^2 y_a = M_a \frac{k^4 EI_z}{m} y_a, \quad (2)$$

в уравнении (2) слагаемым, аналогичным слагаемому, содержащему начальный параметр P_a , т. е. в (1) следует добавить

$$\frac{P_u}{k^3 EI_z} D_{k(x-a)} \cdot e(x-a),$$

где $e \cdot (x-a)$ – единичная функция.

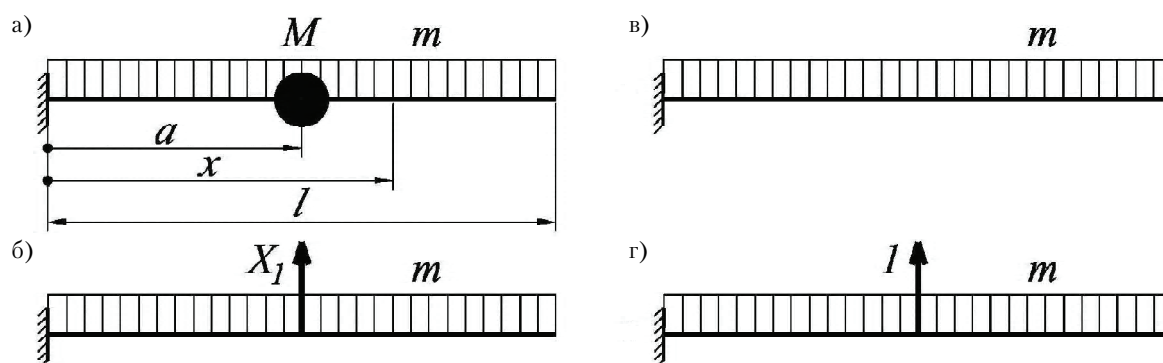


Рисунок 1 – К решению консольной весоной балки с одной сосредоточенной массой

Заменяв сосредоточенную массу неизвестной силой $X_1 = P_u$, мы получим систему, эквивалентную заданной (рис. 1б), таким образом, систему с распределенными параметрами, при наличии n сосредоточенных масс будем рассматривать как n -раз статически неопределимую. При решении статических задач одним из наиболее эффективных способов раскрытия статической неопределимости является *метод сил*. Используем аналогичный подход и к решению динамической задачи. В качестве основной системы будет исходная система без наличия сосредоточенных масс (рис. 1в), а для составления канонических уравнений воспользуемся не кинематическими условиями, а силовым соотношением $X_1 = P_u$, тогда

$$X_1 = M_a \frac{k^4 EI_z}{m} y_a.$$

Введем обозначения $\varsigma = \frac{M_a}{ml}$, $\lambda = kl$, а прогиб y_a будем искать в виде $y_a = \frac{\delta_\lambda}{k^3 EI_z Y_\lambda} X_1$, $\frac{\delta_\lambda}{k^3 EI_z Y_\lambda}$ – перемещение сечения, в котором приложена масса для схемы (рис. 1г), Y_λ – функция, соответствующая частотному уравнению для основной системы.

Подставив введенные обозначения, получим

$$X_1 = \varsigma \lambda \frac{\delta_\lambda}{Y_\lambda} X_1, \quad (3)$$

тогда частотное уравнение принимает вид

$$Y_\lambda - \varsigma \lambda \delta_\lambda = 0.$$

Для практического примера возьмем следующие исходные данные [6]: балка из двутавра № 20 длиной $l = 4$ м с погонной массой $m = 400$ кг/м содержит три одинаковые сосредоточенные массы $M = 900$ кг на равных расстояниях между опорами, рис. 2а. Жесткость балки при изгибе задана – $EI = 3,68 \cdot 10^6$ Н·м². Заменяв массы неизвестными силами X_1, X_2, X_3 (рис. 2б), получим эквивалентную систему. На рис. 2в представлена основная система. Приложим в основной системе единичную силу на произвольном расстоянии a от левой опоры и определим уравнения прогибов и углов поворота для сечения x по *методу начальных параметров* (рис. 2г):

$$y(x) = \frac{\alpha_0}{k} B_{kx} + \frac{P_0}{k^3 EI_z} D_{kx} + \frac{1}{k^3 EI_z} D_{k(x-a)} \cdot e(x-a),$$

$$\alpha(x) = \alpha_0 A_{kx} + \frac{P_0}{k^2 EI_z} C_{kx} + \frac{1}{k^2 EI_z} C_{k(x-a)} \cdot e(x-a).$$

Начальные параметры α_0 и P_0 определим из условий закрепления правого конца балки ($y(l) = 0$), $\alpha(l) = 0$):

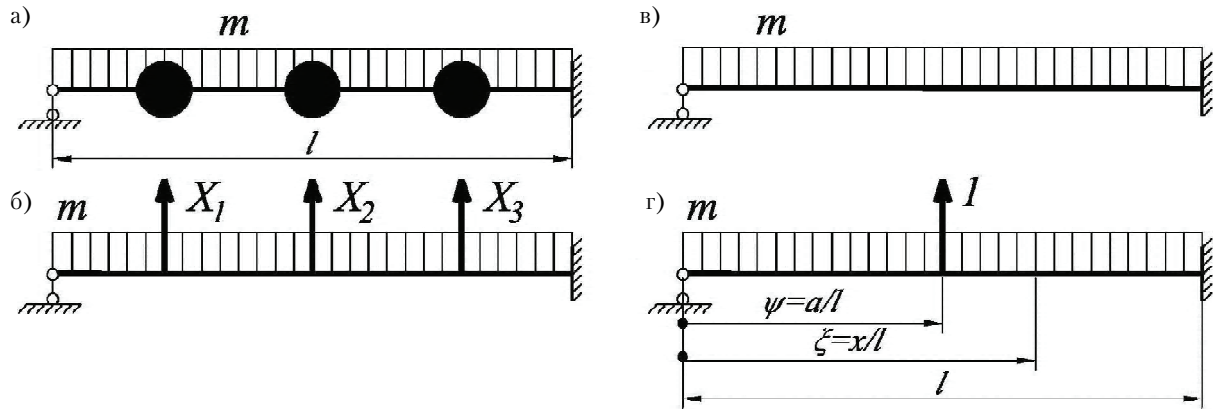


Рисунок 2 – К решению двухпорной весовой балки с тремя сосредоточенными массами.

$$\alpha_0 = \frac{D_\lambda C_{\lambda(1-\psi)} - C_\lambda D_{\lambda(1-\psi)}}{k^2 EI_z (B_\lambda C_\lambda - A_\lambda D_\lambda)}; P_0 = \frac{A_\lambda D_{\lambda(1-\psi)} - B_\lambda C_{\lambda(1-\psi)}}{B_\lambda C_\lambda - A_\lambda D_\lambda},$$

где $\lambda = kl$, $\psi = a/l$ – относительная координата сечения приложения единичной силы.

Также учтем, что знаменатель в начальных параметрах соответствует частотному уравнению для основной системы $Y_\lambda = B_\lambda C_\lambda - A_\lambda D_\lambda$. Тогда уравнение перемещений принимает вид

$$y(\xi) = \frac{(D_\lambda C_{\lambda(1-\psi)} - C_\lambda D_{\lambda(1-\psi)})B_{\lambda\xi} + (A_\lambda D_{\lambda(1-\psi)} - B_\lambda C_{\lambda(1-\psi)})D_{\lambda\xi} + Y_\lambda D_{k(\xi-\psi)} \cdot e(\xi-\psi)}{k^3 EI_z Y_\lambda},$$

или

$$y(\xi) = \frac{\delta_\lambda(\xi, \psi)}{k^3 EI_z Y_\lambda},$$

где $\xi = x/l$ – относительная координата сечения, в котором ищем прогиб.

Тогда с учетом условий задачи соответственно уравнению (3) получаем систему уравнений

$$\begin{cases} X_1 = \frac{\varsigma\lambda}{Y_\lambda} (\delta_\lambda(0.25, 0.25)X_1 + \delta_\lambda(0.25, 0.5)X_2 + \delta_\lambda(0.25, 0.75)X_3) \\ X_2 = \frac{\varsigma\lambda}{Y_\lambda} (\delta_\lambda(0.5, 0.25)X_1 + \delta_\lambda(0.5, 0.5)X_2 + \delta_\lambda(0.5, 0.75)X_3) \\ X_3 = \frac{\varsigma\lambda}{Y_\lambda} (\delta_\lambda(0.75, 0.25)X_1 + \delta_\lambda(0.75, 0.5)X_2 + \delta_\lambda(0.75, 0.75)X_3) \end{cases}.$$

Приравняв определитель системы нулю, получаем частотное уравнение

$$\begin{vmatrix} Y_\lambda - \varsigma\lambda\delta_\lambda(0.25, 0.25) & -\varsigma\lambda\delta_\lambda(0.25, 0.5) & -\varsigma\lambda\delta_\lambda(0.25, 0.75) \\ -\varsigma\lambda\delta_\lambda(0.5, 0.25) & Y_\lambda - \varsigma\lambda\delta_\lambda(0.5, 0.5) & -\varsigma\lambda\delta_\lambda(0.5, 0.75) \\ -\varsigma\lambda\delta_\lambda(0.75, 0.25) & -\varsigma\lambda\delta_\lambda(0.75, 0.5) & Y_\lambda - \varsigma\lambda\delta_\lambda(0.75, 0.75) \end{vmatrix} = 0.$$

Первые четыре корня этого уравнения будут: $\lambda_1 = 2,906$; $\lambda_2 = 3,508$; $\lambda_3 = 5,444$; $\lambda_4 = 6,999$, а соответствующие им частоты $\omega_n = \frac{\lambda_n^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI_z}{m}}$: $\omega_1 = 50,625 \text{ с}^{-1}$, $\omega_2 = 73,772 \text{ с}^{-1}$, $\omega_3 = 177,678 \text{ с}^{-1}$, $\omega_4 = 293,661 \text{ с}^{-1}$. Частота, найденная по упрощенному методу для заданной схемы [6] $\omega = 49,08 \text{ с}^{-1}$. Погрешность составляет 3,05 %, что приемлемо.

ВЫВОДЫ

- 1) Из расчета видно, что вторая частота достаточно близка к первой, что является весьма грубым упрощением при замене исходной системы одномассовой.
- 2) Аналогичный подход, составляя смешанные силовые и кинематические соотношения можно использовать для решения простейших рамных конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сопротивление материалов [Текст] : учебник для вузов / В. И. Феодосьев. – 16-е изд., испр. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. – 543, [1] с.: ил.
2. Тарг, С. М. Краткий курс теоретической механики [Текст] : учеб. для вузов / С. М. Тарг. – 14-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2004. – 416 с.
3. Шевченко, Ф. Л. Динамика упругих стержневых систем [Текст] : учебное пособие / Ф. Л. Шевченко. – Донецк : ООО «Лебедь», 1999. – 268 с.
4. Шевченко, Ф. Л. Общие и различные свойства балок и ферм [Текст] / Ф. Л. Шевченко, С. Н. Царенко // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2011. – Том 7, № 4. – С. 215–223.
5. Шевченко, Ф. Л. Оценка точности упрощенного динамического расчета систем с распределенными параметрами на примере однопролетной жестко защемленной балки с консолью [Текст] / Ф. Л. Шевченко, С. Н. Царенко // Український міжвідомчий науково-технічний збірник «Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні». – 2011. – Вип. 45. – С. 159–167.
6. Шевченко, Ф. Л. Задачі з опору матеріалів [Текст] / Ф. Л. Шевченко, С. М. Царенко. – Донецьк : ФОП Бабалік А.В., 2011. – 356 с.
7. Denisov, E. Rational parameters of a «damper on the thread» for damping bending oscillations of rigid bus structures [Текст] / E. Denisov, S. Fomenko // Металлические конструкции. – 2014. – Том 20, № 4. – С. 191–202.

Получена 17.04.2020

С. О. ФОМЕНКО

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧЕНИХ СИСТЕМ

ДОО ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Більшість елементів реальних конструкцій і споруд являють собою системи з розподіленими параметрами, тобто системи з нескінченним числом ступенів свободи. Однією з важливих задач динамічного розрахунку будівельних конструкцій є визначення спектру власних частот коливань. Більшість наближених методів дозволяє отримати лише першу частоту власних коливань і не дозволяє оцінити значимість наступних частот. У статті розглянуті алгоритми рішення задач на визначення частот малих коливань консервативної системи з декількома ступенями свободи за допомогою відомих способів (використання рівнянь Лагранжа, використання загальних теорем динаміки, метод переміщень). Досить точно можливо визначити частотні характеристики при поздовжніх, крутильних і згинальних коливаннях конструкцій за допомогою методу початкових параметрів. Наведено приклад вирішення задачі за допомогою методу початкових параметрів.

Ключові слова: рівняння Лагранжа, метод початкових параметрів, статично невизначені системи, частота власних коливань.

SERAFYM FOMENKO

METHODS FOR DETERMINING THE FREQUENCY CHARACTERISTICS OF STATICALLY INDETERMINATE SYSTEMS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Most elements of real structures and structures are systems with distributed parameters. They are systems with an infinite number of degrees of freedom. One of the important tasks of the dynamic calculation of building structures is to determine the spectrum of natural vibration frequencies. Most approximate methods allow you to get only the first frequency of natural oscillations, and does not allow to evaluate the significance of subsequent frequencies. The article discusses algorithms for solving problems on determining the frequencies of small oscillations of a conservative system with several degrees of freedom using known methods (using the Lagrange equations, using general theorems of dynamics, the method of displacement). It is quite accurate that it is possible to determine the frequency characteristics for

longitudinal, torsional and bending vibrations of structures using the initial parameter method. An example of solving the problem using the method of initial parameters is given.

Key words: Lagrange equations, initial parameter method, statically indeterminate systems, natural frequency

Фоменко Серафим Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной механики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие общей методики динамических расчетов элементов строительных конструкций и поиск рациональных способов демпфирования колебаний.

Фоменко Серафим Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної механіки ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток загальної методики динамічних розрахунків елементів будівельних конструкцій та пошук раціональних способів демпфірування коливань.

Fomenko Serafym – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Theoretical and Applied Mechanics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of a general methodology of the dynamic calculations of construction elements and the search for rational ways of vibration damping.

УДК 69.003.12

А. В. БЕЛУХА, Е. В. ШЕЛИХОВА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАСХОДОВ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ

Аннотация. Рассмотрена организация системы прогнозирования эксплуатационных расходов на стадии проектирования объектов недвижимости, которая является необходимым условием эффективного расходования финансовых ресурсов на капитальные и текущие ремонты. На примере проектирования монолитных угольных бункеров рассмотрены показатели влияния выбранной технологии возведения на последующий уровень эксплуатационных затрат в течение всего периода эксплуатации. На основании анализа и обобщения данных по возведению монолитных железобетонных бункеров были определены группы факторов, изменяющие количественные и качественные показатели процесса возведения и первоначальную стоимость объекта. Анализ показал, что факторы, влияющие на трудоемкость и стоимость возведения бункера, по степени важности можно расположить в такой последовательности: высота бункера; ширина поперечного сечения бункера; толщина стенки бункера; вид бетона, применяемого для возведения бункера.

Ключевые слова: эксплуатационные расходы, техническое обслуживание, технология возведения, трудоемкость работ, стоимость возведения.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Управление объектом недвижимости включает в себя, в том числе, и оптимизацию эксплуатационных затрат с целью обеспечения надлежащего технического состояния зданий, сооружений и инженерных сетей.

Правильно организованная система прогнозирования эксплуатационных расходов на стадии проектирования является необходимым условием эффективного расходования финансовых ресурсов на капитальные и текущие ремонты.

В нормативном документе советской плановой экономики [1] регламентировался порядок определения эксплуатационных расходов промышленных зданий и сооружений на стадии проектирования, исходя из их конструктивных и объемно-планировочных решений, а также производственных, климатических и местных условий. Документ утратил свою силу с переходом к иному экономическому укладу, однако постановка задачи и номенклатура расчетных показателей, отчасти, сохраняется и в настоящее время.

Проблема оптимизации эксплуатационных расходов, как минимум, имеет два аспекта: обеспечение запланированных эксплуатационных характеристик объекта в течение всего срока службы (проблемы надежности и безопасности конструкций зданий и сооружений), а также снижение первоначальной (балансовой) стоимости объекта путем процедур вариантного проектирования. Последний аспект влияет на стоимость восстановительных работ в течение всего срока службы, поскольку широко практикуется определение затрат на полное восстановление работоспособного состояния и техническое обслуживание в межремонтный период в процентах от первоначальной стоимости объекта.

Огромное количество работ [2, 3, 4, 5, 6] посвящено изучению влияния правильного назначения расчетных схем и моделей, выбору рациональных конструктивных решений на уровень эксплуатационной надежности конструкций зданий и сооружений. Однако, за последние десятилетия в связи

с бурным развитием строительного материаловедения, технологической науки в целом, влияние технологии и качества строительно-монтажных работ, оказывает не менее значимое влияние на оптимизацию эксплуатационных затрат.

Монолитные железобетонные сооружения получили в угольной промышленности широкое распространение в основном в связи с высокой технологичностью монолитного строительства.

Применение рациональной технологии устройства бункеров выполняется путем оценки влияния организационных, технологических и конструктивных факторов.

На основании расчета калькуляций и графиков производства работ методов устройства монолитных бункеров, выполнена таблица сравнения показателей (таблица). Построены гистограммы трудозатрат, стоимости работ, продолжительности выполнения работ и стоимости применяемого бетона (рис. 1; 2; 3; 4).

Таблица – Сравнение показателей возведения монолитного бункера

№ п/п	Наименование варианта	Трудоемкость работ		Стоимость работ		Продолжительность возведения		Стоимость монолитного бетона	
		чел-ч	%	тыс. руб.	%	дни	%	тыс. руб.	%
1	Возведение бункера в подъемно-переставной опалубке	48 501	100	2 584,133	100	136	100	8 478,064	100
2	Возведение бункера в скользящей опалубке	35 964	74,2	1 916,161	74,1	104	76,5	8 478,064	100
3	Возведение бункера в самоподъемной опалубке	46 388	95,6	2 471,552	96	120	88,2	8 478,064	100
4	Возведение бункера с применением самоуплотняющегося бетона (СУБ), бетонирование методом зачекки	31 490	64,9	1 646,297	63,7	76	55,9	40 773,740	480,9

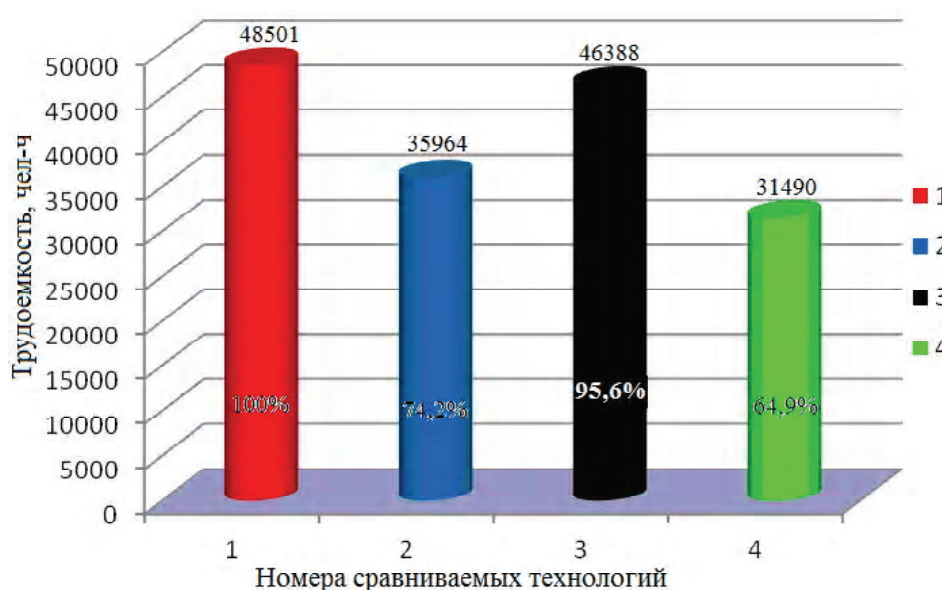


Рисунок 1 – Гистограмма трудоемкости работ при возведении монолитного бункера: 1 – возведение бункера в подъемно-переставной опалубке; 2 – возведение бункера в скользящей опалубке; 3 – возведение бункера в самоподъемной опалубке; 4 – возведение бункера с применением самоуплотняющегося бетона с бетонирование методом зачекки.

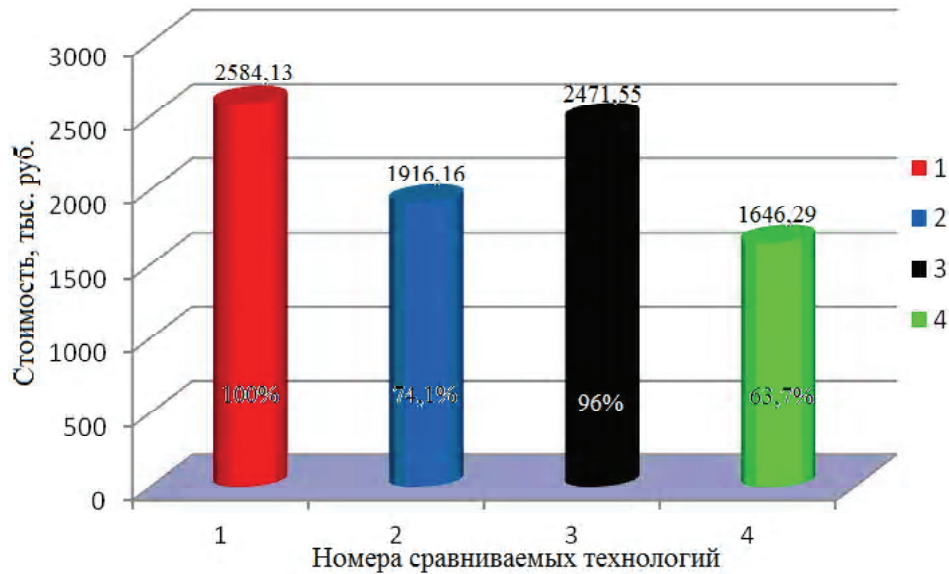


Рисунок 2 – Гистограмма стоимости работ при возведении монолитного бункера: 1 – возведение бункера в подъемно-переставной опалубке; 2 – возведение бункера в скользящей опалубке; 3 – возведение бункера в самоподъемной опалубке; 4 – возведение бункера с применением самоуплотняющегося бетона с бетонирование методом зачекки.

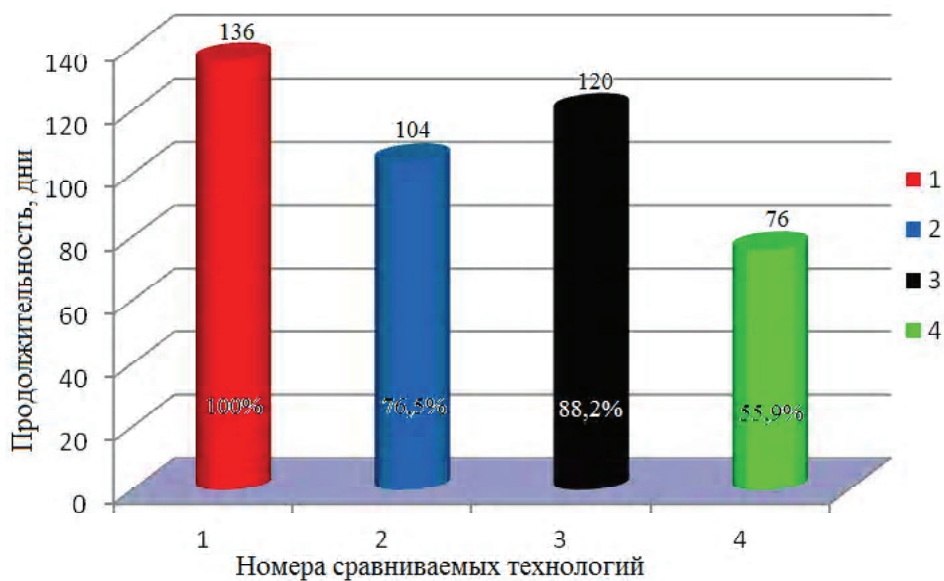


Рисунок 3 – Гистограмма продолжительности работ при возведении монолитного бункера: 1 – возведение бункера в подъемно-переставной опалубке; 2 – возведение бункера в скользящей опалубке; 3 – возведение бункера в самоподъемной опалубке; 4 – возведение бункера с применением самоуплотняющегося бетона с бетонирование методом зачекки.

На основании анализа и обобщения данных по возведению монолитных железобетонных бункеров были определены следующие группы факторов, изменяющие количественные и качественные показатели процесса возведения.

В первую группу были выделены следующие факторы: x_1 – высота бункера H (м); x_2 – ширина поперечного сечения S (м).

Во вторую группу исследуемых факторов выделена: x_3 – толщина стенки бункера t (мм).

К третьей группе факторов отнесен: x_4 – вид бетона применяемого для возведения бункера B (СУБ или уплотняемый).

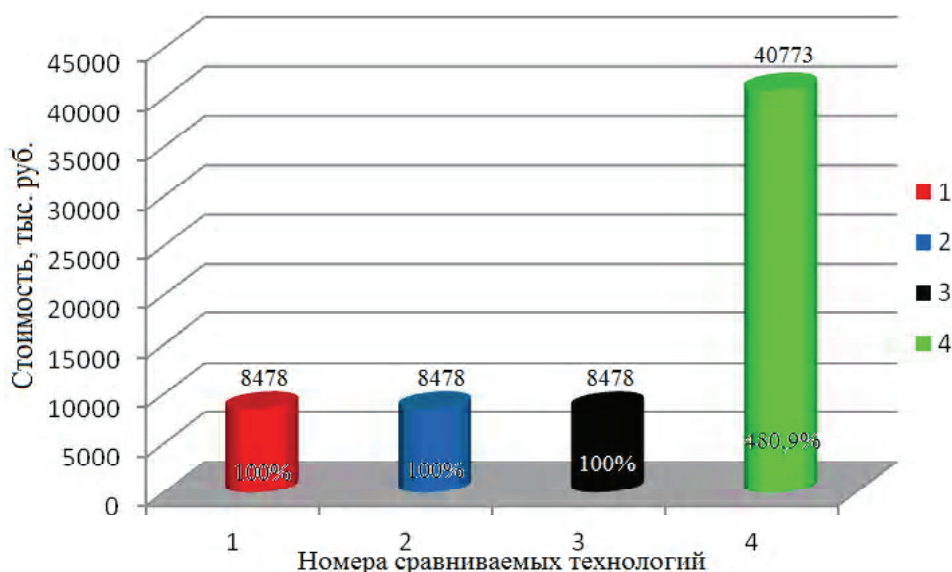


Рисунок 4 – Гистограмма стоимости бетона при возведении монолитного бункера: 1 – возведение бункера в подъемно-переставной опалубке; 2 – возведение бункера в скользящей опалубке; 3 – возведение бункера в самоподъемной опалубке; 4- возведение бункера с применением самоуплотняющегося бетона с бетонирование методом зачекки.

Исключая неинформативные, несущественно влияющие сочетания факторов, получаем уравнения множественной регрессии трудоемкости T для бункеров высотой 14...80 м следующего вида:

$$y = 232,8 + 28,8 \cdot x_1 + 22,3 \cdot x_2 + 12 \cdot x_3 + 69,4 \cdot x_4 + 3,2 \cdot x_1 \cdot x_2 + 1,8 \cdot x_1 \cdot x_3 + 6,8 \cdot x_1 \cdot x_4 + 0,5 \cdot x_2 \cdot x_3.$$

Для построения зависимостей использовался монолитный железобетонный загрузочно-аккумулирующий бункер на углесортировке высотой 42 м на горно-обогатительной фабрике в городе Макеевка, со следующими характеристиками: высота бункера $H = 42$ м; ширина поперечного сечения $S = 54 \times 54$ м; толщина стенки бункера $t = 200$ мм; вид бетона, применяемого для возведения бункера В – самоуплотняемый (СУБ).

На рис. 4 представлена зависимость трудоемкости возведения от высоты бункера H , характер изменения трудоемкости в среднем составляет 565 чел-ч на один метр высоты.

Из позиции 2 рис. 4 видно, что для многобашенных монолитных бункеров изменение трудоемкости составит 250,3 чел-ч на 1 п. м. возводимого сооружения.

На позиции 3 показана зависимость трудоемкости возведения от толщины стенки бункера, характер изменения трудоемкости линейный на всех участках и составляет 112,9 чел-ч на 1 мм толщины стенки бункера.

Тип применяемого бетона влияет на трудоемкость в пределах 518 чел-ч на 1 м².

Анализ полученных зависимостей и расчет коэффициентов показали, что факторы, влияющие на трудоемкость возведения бункера, по степени важности можно расположить в такой последовательности: 1) высота бункера; 2) ширина поперечного сечения бункера; 3) толщина стенки бункера; 4) вид бетона применяемого для возведения бункера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по определению стоимости эксплуатации промышленных зданий и сооружений на стадии их проектирования [Текст] / ЦНИИПРОМЗДАНИЙ ГОССТРОЯ СССР // М. : Стройиздат, 1977. – 29 с.
2. Махрова, О. В. Факторы, влияющие на эксплуатационную надежность конструкций из монолитного железобетона [Электронный ресурс] / О. В. Махрова, Ю. М. Гераськин. // Технические науки. – 2018. – № 3(48). – С. 96–101. – Режим доступа : <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/5681>.
3. Ключев, К. А. Влияние дефектов конструкций и ошибок проектирования на этапах возведения монолитного каркасного здания [Электронный ресурс] / К. А. Ключев, А. А. Кузнецов // Строймного. – 2017. – № 1. – С. 6–16. – Режим доступа : <http://stroymnogo.com/science/tech/vliyanie-defektov-konstruktsiy-i-osh/>.
4. Сервейинг: организация, экспертиза, управление. Часть третья. Управленческий модуль системы сервейинга [Текст] : учебник / под общ. ред. проф. П. Г. Грабового. – М. : Издательство «АСВ», ИИА «Просветитель», 2015. – 552 с.

5. Чушкова, И. Л. Автоматизированное проектирование составов бетонных смесей [Текст] / И. Л. Чушкова, Т. А. Санькова. – Омск : СибАДИ, 2009. – 120 с.
6. Зацепилова, А. В. Особенности монолитных безбалочных перекрытий [Текст] / А. В. Зацепилова // Молодой ученый. – 2019. – № 50 (288). – С. 108–111.

Получена 20.04.2020

А. В. БЕЛУХА, О. В. ШЕЛИХОВА
ОПТИМІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ НА СТАДІЇ ПРОЕКТУВАННЯ
ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. Розглянуто організацію системи прогнозування експлуатаційних витрат на стадії проектування об'єктів нерухомості, яка є необхідною умовою ефективного витрачання фінансових ресурсів на капітальні та поточні ремонти. На прикладі проектування монолітних вугільних бункерів розглянуті показники впливу обраної технології зведення на наступний рівень експлуатаційних витрат протягом усього періоду експлуатації. На підставі аналізу та узагальнення даних по зведенню монолітних залізобетонних бункерів були визначені групи факторів, що змінюють кількісні та якісні показники процесу зведення і первісну вартість об'єкта. Аналіз показав, що фактори, які впливають на трудомісткість і вартість зведення бункера, за ступенем важливості можна розташувати в такій послідовності: висота бункера; ширина поперечного перерізу бункера; товщина стінки бункера; вид бетону, що застосовується для зведення бункера.

Ключові слова: експлуатаційні витрати, технічне обслуговування, технологія зведення, трудомісткість робіт, вартість зведення.

ANDREY BELUKHA, ELENA SHELIKHOVA
OPTIMIZATION OF OPERATING COSTS AT THE STAGE OF DESIGNING REAL
ESTATE OBJECTS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article considers the organization of a system for predicting operating costs at the design stage of real estate objects, which is a necessary condition for effective spending of financial resources on capital and current repairs. On the example of designing monolithic coal bunkers, the indicators of the influence of the chosen construction technology on the subsequent level of operating costs during the entire period of operation are considered. Based on the analysis and generalization of data on the construction of monolithic reinforced concrete bunkers, groups of factors that change the quantitative and qualitative indicators of the construction process and the initial cost of the object were determined. The analysis showed that the factors influencing the complexity and the cost of construction of the hopper, in order of importance can be arranged in the following sequence: the height of the hopper; the width of the cross section of the hopper; the wall thickness of the hopper; the concrete used for the construction of the bunker.

Key words: operating costs, maintenance, construction technology, labor intensity of work, cost of construction

Белуха Андрей Владимирович – магистрант кафедры экономики, экспертизы и управления недвижимостью ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: эксплуатационная надежность объектов недвижимости, технология монолитного строительства.

Шелихова Елена Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры экономики, экспертизы и управления недвижимостью ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: экономическая эффективность капитальных вложений в строительство, оценка инвестиций при вариантном проектировании объектов.

Белуха Андрій Володимирович – магістрант кафедри економіки, експертизи та управління нерухомістю ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ». Наукові інтереси: експлуатаційна надійність об'єктів нерухомості, технологія монолітного будівництва.

Шелихова Елена Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры экономики, экспертизы и управления недвижимостью ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ». Наукові інтереси: економічна ефективність капітальних вкладень в будівництво, оцінка інвестицій при варіантному проектуванні об'єктів.

Belukha Andrey – master's student, Economics, Expertise and Property Management Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: operational reliability of real estate objects, technology of monolithic construction.

Shelikhova Elena – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Economics, Expertise and Property Management Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economic efficiency of capital investment in construction, investment evaluation in the design of alternative facilities.

УДК 624.07:725

Е. И. НОВИЦКАЯ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ВЕТРОВОГО ПОТОКА НА ПОВЕРХНОСТИ СТЕНЫ ЗДАНИЯ КРЫТОГО БАСЕЙНА

Аннотация. В настоящее время исследования ветрового воздействия являются одним из наиболее актуальных вопросов при проектировании зданий. Для анализа ветрового воздействия на здание существуют различные способы определения аэродинамических параметров. В работе проанализировано ветровое воздействие на здание крытого бассейна для определения параметров давления и скорости ветра на поверхности ограждающей конструкции с целью вычисления скорости воздуха в вентилируемой прослойке при устройстве внутреннего теплоизоляционного контура в помещении ванного зала зданий крытых бассейнов. Численное моделирование ветрового воздействия на здание выполнено при помощи программного комплекса SOLIDWORKS Flow Simulation. Выполнено сравнение полученных результатов с расчетом по ДБН В.1.2-2:2006 «Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования».

Ключевые слова: здания крытых бассейнов, ограждающие конструкции, внутренний теплоизоляционный контур, ветровое воздействие, скорость движения воздуха.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Согласно нормативному документу [1] для ограждающих конструкций зданий крытых бассейнов обязательным условием является создание вентилируемой воздушной прослойки. В работе [2] при создании внутреннего теплоизоляционного контура (ВТК) для помещения ванного зала здания крытого бассейна выдерживается требование, приведенное в документе [1]. За счет свободной конвекции потока воздуха в воздушной прослойке происходит нормализации влажностного режима ограждающей конструкции здания бассейна.

Для определения скорости потока воздуха и давления в создаваемой воздушной прослойке необходимо определить ветровое воздействие на ограждающие конструкции здания крытого бассейна.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ документации и публикаций [3, 4, 5] позволил выявить, что в настоящее время исследования ветрового воздействия на здания и сооружения являются одними из наиболее актуальных тем строительной отрасли. Связано это в первую очередь с тем, что в современном строительстве происходит переход от типовых объектов к уникальным, применяются современные конструкционные материалы и технологии, меняется сам подход к проектированию. Таким образом, исследования в области строительной аэродинамики позволяют с достаточной точностью моделировать ветровое воздействие и проанализировать это воздействие ветровых нагрузок на здания. Проведение аэродинамических исследований напрямую связаны с вопросами надежности и безопасности зданий и сооружений.

ЦЕЛИ

Проанализировать ветровое воздействие на здание крытого бассейна при помощи программного комплекса SOLIDWORKS Flow Simulation. Полученный результат сравнить с расчетной методикой

по ДБН В.1.2-2:2006 «Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования». Определить скорость ветрового потока на поверхности стены для дальнейших исследований.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В качестве объекта исследования выбран наиболее распространенный проект здания бассейна «Крытый бассейн с ванной 25,0×8,5 м и детской ванной 10×6 м». Здание запроектировано с наружными стенами из обыкновенного глиняного полнотелого кирпича толщиной 510 мм. Перекрытия и покрытия из сборных железобетонных плит. В помещении ванного зала предусмотрено устройство внутреннего теплоизоляционного контура (ВТК) [2]. Устройство внутреннего теплоизоляционного контура предполагает изменение архитектурно-конструктивных решений помещения ванного зала. В связи с этим естественное освещение осуществляется за счет устройства зенитных фонарей в конструкции кровли. Внутренний теплоизоляционный контур возможно выполнять различной формы и конфигурации (прямоугольная, арочная и т. д.). Конструктивно устройство ВТК показано на рис. 1.

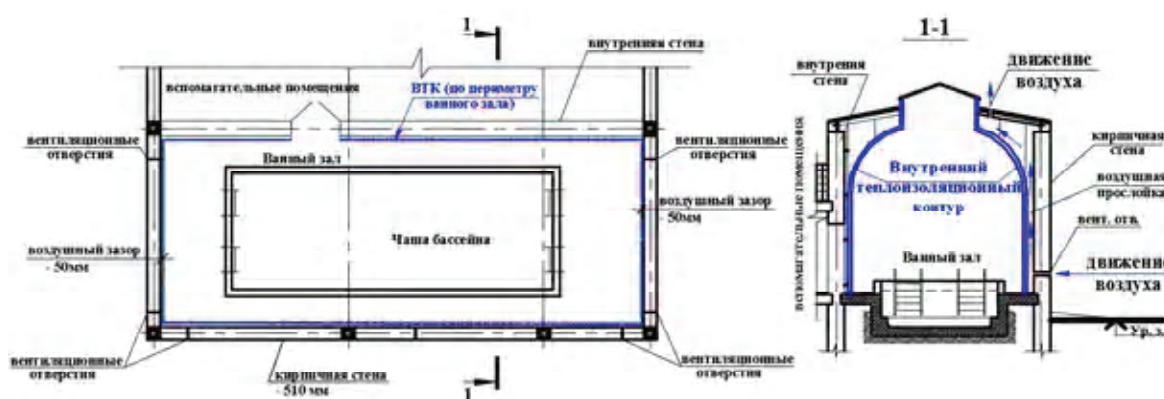


Рисунок 1 – Устройство внутреннего теплоизоляционного контура.

В ходе работы выполнен расчет ветровой нагрузки по нормативному документу [6]. Предельное расчетное значение ветровой нагрузки определяется по формуле:

$$W_m = \gamma_{fm} W_0 C, \quad (1)$$

где γ_{fm} – коэффициент надежности по предельному значению ветровой нагрузки;
 W_0 – характеристическое значение ветрового давления;
 C – коэффициент, определяемый по формуле:

$$C = C_{aer} \cdot C_h \cdot C_{alt} \cdot C_{rel} \cdot C_d \cdot C_{dir}, \quad (2)$$

где C_{aer} – аэродинамический коэффициент;
 C_h – коэффициент высоты сооружения;
 C_{alt} – коэффициент географической высоты;
 C_{rel} – коэффициент рельефа;
 C_d – коэффициент динамичности;
 C_{dir} – коэффициент направления.

Таким образом, на основании выполненного расчета, коэффициент надежности по предельному значению ветровой нагрузки $\gamma_{fm} = 0,77$ (согласно п. 9.14) [6].

Характеристическое значение ветрового давления для района строительства г. Донецк составляет $W_0 = 500$ Па (согласно п. 9.6 и приложению Е) [6].

Коэффициент $C = 1,08$ (согласно п. 9.7) [6].

Тогда значение ветровой нагрузки $W_m = 415,8$ Па.

В настоящее время существует большое разнообразие программных комплексов, которые используются для решения задач аэродинамики. Программный комплекс SOLIDWORKS Flow Simulation –

это удобное решение, встроенное в SOLIDWORKS 3D CAD и позволяющее моделировать теплопередачу и гидродинамические силы для вычисления рабочих характеристик [7].

С помощью программного комплекса SOLIDWORKS Flow Simulation проведено компьютерное моделирование ветровой нагрузки.

В среде 3D-моделирования программного комплекса разработан образец одиночного здания крытого бассейна, рис. 2.

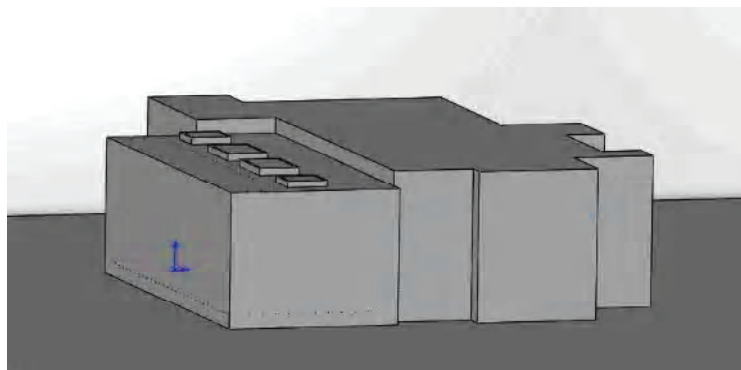


Рисунок 2 – 3D-модель, геометрия образца здания крытого бассейна.

Ветровая нагрузка на здание зависит от скорости ветра, параметров здания, его размеров и положения относительно ветрового потока.

Для сравнительного анализа ветрового воздействия приняты следующие исходные данные:

- объект: образец здания крытого бассейна;
- высота исследуемой области 11,100 мм;
- район местности: г. Донецк;
- направление потока воздуха перпендикулярно продольной оси здания крытого бассейна.

Для расчетов задана максимальная скорость ветра – 26 м/сек.

Результаты расчета с использованием программного комплекса SOLIDWORKS Flow Simulation показаны на рисунках 3–5. На рисунке 3 отображена траектория ветрового потока для наветренной стороны.

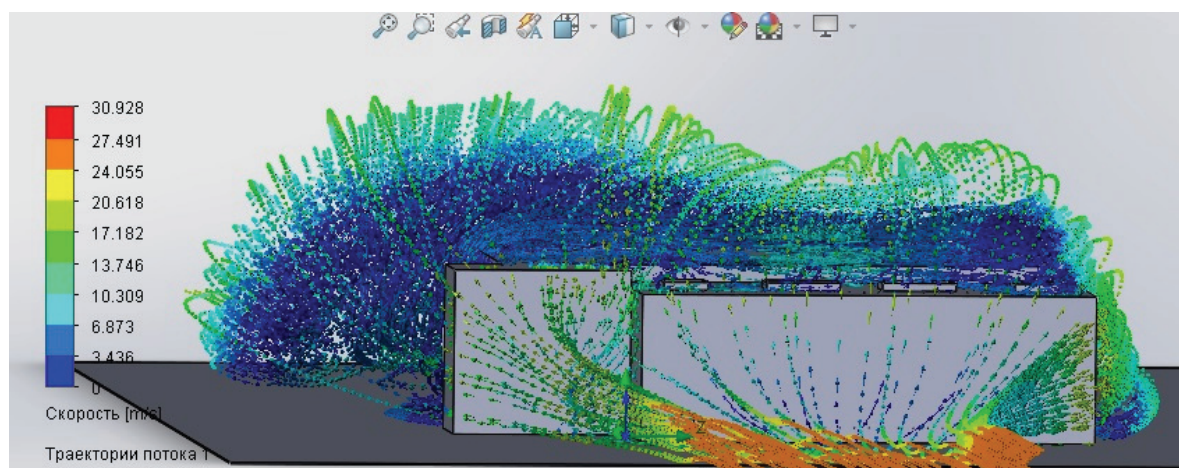


Рисунок 3 – Траектория ветрового потока в программном комплексе SOLIDWORKS Flow Simulation.

На рисунке 4 показаны точечные параметры ветрового потока на поверхности стены. В создаваемых точках проанализированы скорость и относительное давление. Выявлено, что максимальная скорость ветрового потока составляет 18,69 м/с, а минимальная – 1,53 м/с. Точки выбраны по стороне наветренного фасада помещения ванного зала здания крытого бассейна, на расстоянии 1 м от уровня

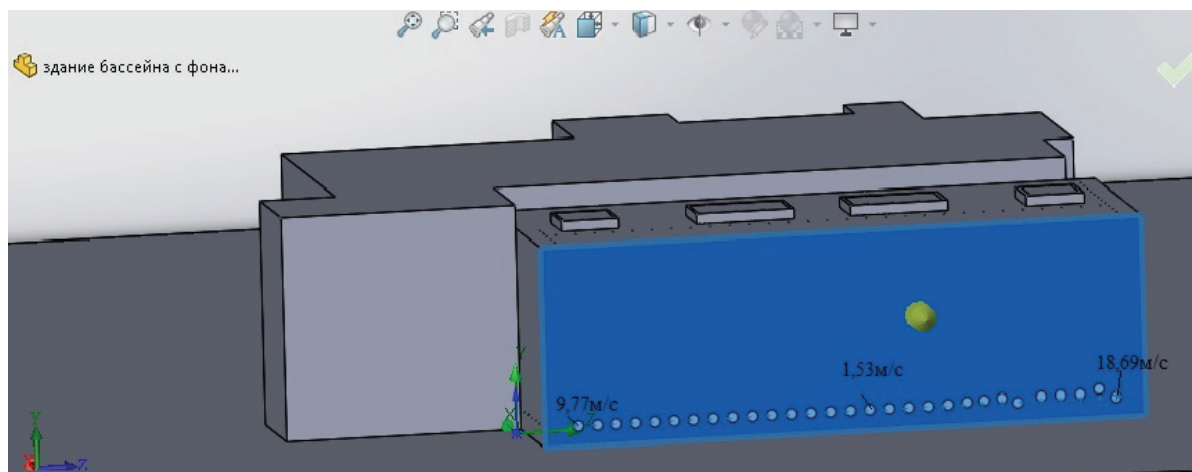


Рисунок 4 – Точечные параметры ветрового потока в программном комплексе SOLIDWORKS Flow Simulation.

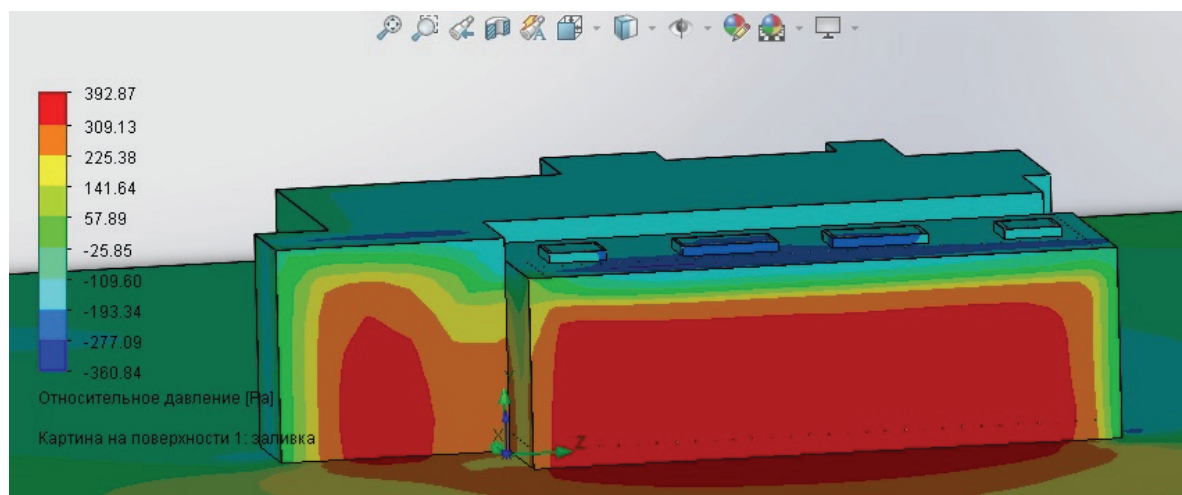


Рисунок 5 – Расчеты относительного давления в программном комплексе SOLIDWORKS Flow Simulation.

земли. Выявлено, что в точках, расположенных ближе к краевым границам поверхности наветренного фасада здания бассейна, скорость ветра значительно увеличивается. При обтекании ветром около здания в некоторых местах образуются застойные зоны.

Вихревые зоны образуются за счет отрывных потоков от поверхности земли. При приближении к зданию нижние слои потока воздуха замедляются, в результате чего увеличивается статическое давление. Максимальные значения давления воздуха достигаются на поверхности наветренного фасада здания, тем самым образуется зона циркуляции и происходит обмен воздуха. Воздух обтекает здание и, совершая вихреобразное движение уходит на заветренный фасад здания. Поток набегающего ветра обтекает здание сверху и по бокам. Скорость набегающего ветра на здание имеет меньшую скорость, чем скорость при обтекании ветром здания.

На рисунке 5 определены значения относительного давления. Максимальное значение давления составляет 392,87 Па для наветренной стороны здания крытого бассейна.

В работе проведено сравнение полученных результатов в программном комплексе SOLIDWORKS Flow Simulation с расчетом по формулам согласно [6].

Отличие полученных результатов в программном комплексе SOLIDWORKS Flow Simulation составило около 6 % от результатов расчета по формулам ДБН В.1.2-2:2006 «Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования». Погрешность значений находится в пределах нормы и показывает, что представленные методы достаточно хорошо описывают физические процессы и дают достаточно точные результаты.

Определение значений скорости и давления необходимы для дальнейшего исследования и расчета движения воздуха в создаваемой вентилируемой воздушной прослойке при устройстве внутреннего теплоизоляционного контура в помещении ванного зала зданий крытых бассейнов.

ВЫВОДЫ

Программный комплекс SOLIDWORKS Flow Simulation позволяет проводить расчет ветровой нагрузки, действующей на здание. Так как, полученные в программе значения при определении ветровой нагрузки на ограждающую конструкцию стены совпадают с данными расчета по ДБН В.1.2-2:2006 «Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования», то в дальнейших исследованиях принимаем скорость ветра на поверхности стен равной 18,69 м/с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 31-113-2004 Свод правил по проектированию и строительству. Бассейны для плавания [Текст]. – Введен впервые ; введ. 2004-04-30. – М. : Госстрой РФ, 2005. – 76 с.
2. Мазур, В. А. Техничко-економическое обоснование устройства внутреннего теплового контура в зданиях крытых бассейнов [Текст] / В. А. Мазур, Е. И. Новицкая, А. В. Крупенченко // Наукоемкие технологии и инновации : эл. сб. докладов Междунар. науч.-практ. конф. (29 апреля 2019 г., Белгород) : в 2 частях ; ч. 2. – Белгород : Изд-во БГТУ. 2019. – С. 65–69.
3. Симиу, Э. Воздействие ветра на здания и сооружения [Текст] / Э. Симиу, Р. Сканлан ; пер. с англ. – М. : Изд. Стройиздат, 1984. – 360 с.
4. Гувернюк, С. В. Компьютерное моделирование аэродинамических воздействий на элементы ограждений высотных зданий [Текст] / С. В. Гувернюк, В. Г. Гагарин // АВОК. – 2006. – № 8. – С. 18–24.
5. Золина, Т. В. Исследование случайных воздействий ветровой нагрузки на работу каркаса одноэтажного промышленного здания [Текст] / Т. В. Золина, П. Н. Садчиков // Вестник МГСУ. – 2016. – № 9. – С. 15–25.
6. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування [Текст]. – Замість СНиП 2.01.07-85, крім розділу 10 ; надано чинності 2007-01-01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 75 с.
7. Выбор SOLIDWORKS [Электронный ресурс] / SOLIDWORKS // Dassault Systèmes SolidWorks Corporation. – Электрон. дан. – 2020. – Режим доступа : <https://www.solidworks.com/choosing-solidworks>. – Загл. с экрана.

Получена 14.04.2020

О. І. НОВИЦЬКА

ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ВІТРОВОГО ПОТОКУ НА ПОВЕРХНІ СТІНИ БУДІВЛІ КРИТОГО БАСЕЙНУ

ДОНУ ВПО «ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. На даний час дослідження вітрового впливу є одним з найбільш актуальних питань при проектуванні будівель. Для аналізу вітрового впливу на будівлю існують різні способи визначення аеродинамічних параметрів. У роботі проаналізовано вітровий вплив на будівлю критого басейну для визначення параметрів тиску і швидкості вітру на поверхні конструкції з метою обчислення швидкості повітря у вентильованому прошарку при влаштуванні внутрішнього теплоізоляційного контуру в приміщенні ванного залу будівель критих басейнів. Чисельне моделювання вітрового впливу на будівлю виконано за допомогою програмного комплексу SOLIDWORKS Flow Simulation. Виконано порівняння отриманих результатів з розрахунком по ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи. Норми проектування».

Ключові слова: будівлі критих басейнів, огорожувальні конструкції, внутрішній теплоізоляційний контур, вітровий вплив, швидкість руху повітря.

ELENA NOVITSKAYA

DETERMINING THE WIND FLOW SPEED ON THE SURFACE OF THE BUILDING WALL OF THE INDOOR POOL

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Currently, studies of wind exposure are one of the most pressing issues in the design of buildings. To analyze the wind impact on a building, there are various ways to determine the aerodynamic parameters. The paper analyzes the wind effect on the building of the indoor pool to determine the pressure and wind speed on the surface of the building envelope in order to calculate the air speed in the ventilated layer when

installing the internal heat conservation insulation contour in the bathroom of the indoor pool building. Numerical modeling of the wind impact on the building was performed using the SOLIDWORKS Flow Simulation software package. A comparison of the obtained results with the calculation according to DBN B.1.2-2:2006 «Loads and impacts. Design Standards».

Key words: indoor pool buildings, envelopes structures, internal heat conservation insulation contour, wind exposure, air velocity.

Новицкая Елена Ивановна – аспирант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: ограждающие конструкций зданий и сооружений.

Новицька Олена Іванівна – аспірант кафедри технології і організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: огорожувальні конструкції будівель і споруд.

Novitskaya Elena – graduate student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: envelopes of buildings and structures.

УДК 696.2

З. В. УДОВИЧЕНКО, Я. В. СМИРНОВА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

БЕЗОПАСНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВНУТРИДОМОВЫХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация. В данной статье рассмотрены современные проблемы безопасной эксплуатации внутридомовых систем газоснабжения, проанализированы факторы воздействия, влияющие на снижение эксплуатационных характеристик, определены предпосылки для внедрения новых методов технического обслуживания, базирующихся на фактических параметрах надежности объектов газопотребления. Проведен анализ нормативно-правовой базы, регламентирующей вопросы безопасной и эффективной эксплуатации внутридомовых газовых систем. Проанализированы показатели аварийности газопроводов и газового оборудования зданий различных назначений за последние пять лет, выявлена степень влияния износа внутридомового газового оборудования и газопроводов на уровень безаварийной работы и качество эксплуатации внутридомовых систем газоснабжения.

Ключевые слова: газоснабжение, газовое оборудование, эксплуатация, техническое обслуживание, надежность, диагностика.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В настоящее время остро стоит вопрос о безопасном использовании газа в быту. Неопределенность в классификации элементов внутридомовых систем газоснабжения (внутренних газопроводов и газового оборудования) по факторам, которые влияют на межремонтные сроки, недостаток необходимой нормативной документации, отсутствие возможности замены изношенного оборудования у малообеспеченных слоев населения. Эти и многие другие острые вопросы привели к тому, что постепенно привычное для населения использование газа в быту становится, по сути, бомбой замедленного действия. Ежегодно увеличивается количество заявок, поступающих от абонентов на ремонт газового оборудования, растет число аварийных заявок на устранение утечек газа на газопроводах и запорной арматуре, все чаще происходят несчастные случаи – взрывы, пожары. Ситуация приобретает системный характер и ставит под угрозу безопасную поставку газа потребителям. Беспокойство вызывает и тот факт, что внутридомовые газопроводы и газовое оборудование жилых домов исключено из списка объектов повышенной опасности. Действие новых Норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности систем газоснабжения Донецкой Народной Республики» не распространяются на газопроводы и газовое оборудование жилых домов. В результате сложилась ситуация, при которой, в современной действительности, отсутствует специально уполномоченный орган, ведущий надзорную деятельность и осуществляющий регулярный мониторинг обеспечения мер безопасности при эксплуатации внутридомовых систем газоснабжения [1–4].

ЦЕЛИ

Анализ преимуществ и недостатков существующей модели технического обслуживания внутридомовых систем газоснабжения для создания смешанной системы технического обслуживания и ремонта, позволяющей повысить качество эксплуатации систем и снизить затраты на обслуживание и ремонт.

ОСНОВНОЙ ТЕКСТ

На сегодняшний день единственным видом оценки состояния внутридомовых систем газоснабжения является планово-техническое обслуживание, состоящее из:

- планового технического обслуживания (ПТО);
- плановой проверки плотности внутридомовых систем газоснабжения (ВДСГ) и газовых приборов;
- технического обслуживания по заявкам (ТОЗ)

Предполагалось, что выполнение ПТО с установленной периодичностью позволит обеспечить безотказную работу газоиспользующего оборудования в период между ПТО или между плановыми проверками на плотность. Однако на основании проведенных статистических анализов сделаны выводы, что проведение ПТО не влияет на безотказную работоспособность внутридомовых систем газоснабжения и позволяет получить информацию лишь о фактическом состоянии оборудования в конкретный момент времени. Такой вид оценки не дает возможность составления прогнозов развития неисправностей и будущих отказов. Вопрос надежности работы газоиспользующего оборудования как неотъемлемого элемента технологического процесса потребления газа населением вновь выходит на передний план. Для обеспечения более высокого уровня работы газового оборудования необходим системный подход в учете и анализе отказов, новый способ оценки, позволяющий идентифицировать объекты с высоким риском. К более точной оценке состояния внутридомовых систем газоснабжения приводит предупреждающая диагностическая программа – комплексная техническая диагностика (КТД), включающая в себя процедуру обслуживания, диагностику и анализ результатов, на основании которого возможно разработать планы ремонтов, замены и обновления оборудования.

При прогнозировании отказов в работе внутридомовых систем газоснабжения необходимо выделить ряд особенностей, которые позволят определить классификацию элементов по факторам, влияющим на межремонтные сроки. Каждый из влияющих факторов может рассматриваться отдельно в качестве признака развития неисправностей работы внутридомовых систем газоснабжения до момента отказа. Все выделенные факторы, в свою очередь, распределяются на факторы, влияющие в большей или в меньшей степени [5].

Выделены внешние и внутренние факторы:

- к внешним факторам относят особенности эксплуатации внутридомового газового оборудования (ВДГО), связанные с механическими и климатическими воздействиями, условиями работы газового оборудования, местом его установки. Указанные внешние факторы могут вызвать ограничение или потерю работоспособности газового оборудования или его составных частей в процессе эксплуатации;

- внутренними факторами являются процессы старения и изнашивания. Износ проявляется в основном в процессе эксплуатации и зависит от воздействия внешних факторов, от режимов эксплуатации и работы газового оборудования, своевременного выполнения планово-технического обслуживания, а также ремонтов. Вероятность влияния внутренних факторов высока, возрастает по мере увеличения длительности эксплуатации, однако не может являться единственным влияющим фактором, который определяет остаточный ресурс безотказной работы газового оборудования.

Также следует отметить, что, помимо влияющих на безотказность работы газового оборудования факторов, существует и ряд проблемных вопросов, оказывающих значительное влияние на безопасную эксплуатацию внутридомовых систем газоснабжения:

- газопроводы и газовое оборудование жилых домов находятся в неудовлетворительном состоянии и/или с истекшим сроком эксплуатации;
- отсутствие контроля (надзора) со стороны государства за эксплуатацией ВДГО жилых домов;
- отсутствие необходимой правовой, нормативной и технической базы (пробелы законодательства или полное отсутствие нормативных документов) (таблица 1);
- предоставление беспрепятственного доступа к газопроводам и газовому оборудованию работникам специализированных предприятий газового хозяйства (СПГХ) для проведения технического обслуживания ВДГО;
- газоиспользующее оборудование не оснащено современными средствами безопасности, обеспечивающими прекращение подачи газа в аварийной ситуации;
- методы оценки состояния ВДГО устарели, не отвечают современным требованиям, не позволяют спрогнозировать возможные риски;

Таблица 1 – Нормативно правовые акты, устанавливающие требования к процессам обеспечения безопасной эксплуатации ВДГО, применяемые на территории Российской Федерации и Донецкой Народной Республики

ДНР	РФ
НПАОТ 0.00-1.74-19. Нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности систем газоснабжения Донецкой Народной Республики»	Федеральный закон от 31.03.1999 № 69-ФЗ «О газоснабжении в Российской Федерации» Постановление Правительства РФ от 14.05.2013 № 410 «О мерах по обеспечению безопасности при использовании и содержании внутридомового и внутриквартирного газового оборудования при предоставлении коммунальной услуги по газоснабжению» Постановление Правительства РФ от 29.10.2011 № 870 «Об утверждении технического регламента о безопасности сетей газораспределения и газопотребления» Приказ Минрегионразвития РФ от 26.06.2009 № 239 «Об утверждении порядка содержания и ремонта внутридомового газового оборудования в Российской Федерации»
Положение о порядке эксплуатации и технического обслуживания внутридомовых систем газоснабжения жилых домов и общественных зданий (документ на регистрации)	Постановление Госстроя РФ от 27.09.2003 № 170 «Об утверждении Правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда» «ГОСТ Р 54961-2012. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы газораспределительные. Сети газопотребления. Общие требования к эксплуатации. Эксплуатационная документация» Правила пользования газом в быту. Утверждены приказом ВО «Росстройгазификация» при Совете Министров РФ № 86-П 26.04.1990 Методические рекомендации по контролю за техническим обслуживанием и состоянием внутридомового газового оборудования. Утверждены приказом Ростехнадзора № 1001 от 02.12.2009 г.

– не определены законодательно лица, которым запрещено пользоваться газовыми приборами (недееспособные и/или частично дееспособные, состоящие на психоневрологическом и/или наркологическом учете).

Современные условия требуют пересмотра ряда нормативных документов, которые, по своей сути, устарели, а также разработки и внедрения новых методов оценки состояния с применением высокочувствительной аппаратуры. К таким методам относится техническое диагностирование ВДГО, при котором возможность определения остаточного ресурса безаварийной работы газовых приборов очень высока. Своевременное выявление дефектов, а также определение возможности дальнейшей эксплуатации газового оборудования в соответствии с предъявляемыми к нему требованиями позволят существенно снизить риски возможных аварий. Внедрение новых современных методов поможет решить проблему безопасной эксплуатации внутренних газопроводов жилых домов, что, в свою очередь, позволит существенно снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций и инцидентов, а также исключить возможные человеческие жертвы [6].

На основании проведенного анализа сделан вывод, что для решения проблем необходима разработка нормативно-правовых актов и внедрение новых усовершенствованных технологий способных гарантировать безаварийную и безопасную эксплуатацию внутридомового газового оборудования. Наряду с решением задач повышения уровня технического обслуживания необходимо уделить особое внимание энергосбережению при потреблении газа населением. В этом вопросе особую роль надо отвести государственной программе по оснащению приборами учета газа жилого фонда.

При проведении анализа состояния газового оборудования в г. Донецк выявлено, что на данный момент степень износа ВДГО составляет 35 %, в том числе:

- плиты газовые 293 400 шт. из них с отработанным сроком службы 114 500 шт., что составляет – 39 %;
- проточные газовые водонагреватели 123 866 шт., из них с отработанным сроком службы 34 512 шт., что составляет – 28 %;
- емкостные газовые водонагреватели 8 876 шт., из них с отработанным сроком службы – 3 047 шт., что составляет – 34 %;
- отопительные газовые котлы 57 237 шт., из них с отработанным сроком службы – 14 215 шт., что составляет – 25 %

Количество вопросов, связанных с безопасной эксплуатацией внутридомового газового оборудования с каждым днем растет, в том числе, в связи с недостаточной базой основных регулирующих документов, регламентирующих деятельность специализированных предприятий газового хозяйства на законодательном уровне. При этом в Республике резко возросло количество аварийных заявок на газопроводах и газовом оборудовании (таблица 2, рисунок).

Таблица 2 – Количество аварийных заявок на газопроводах и газовом оборудовании

№ п/п	Наименование показателей	Ед. изм.	Год			
			2015	2016	2017	2018
1	– газопроводы и газовое оборудование жилых домов (в т. ч. счетчики газа)	шт.	1 911	2 240	2 629	7 580
2	– газопроводы и газовое оборудование общественных зданий предприятий коммунально-бытового назначения	шт.	47	51	114	469
Всего, шт.			1 897	2 232	2 614	7 411

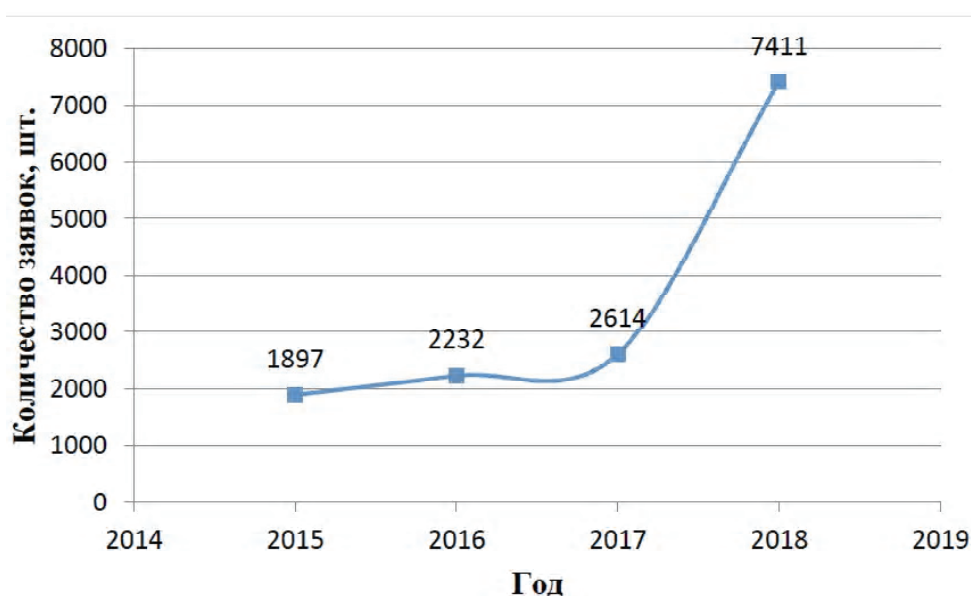


Рисунок – График аварийных заявок поступивших от абонентов на устранение утечек газа.

ВЫВОДЫ

Анализ существующей модели технического обслуживания доказывает, что каждая из стратегий имеет свои преимущества и недостатки, объединение преимуществ каждой из стратегий и исключение недостатков позволит создать смешанную систему технического обслуживания и ремонта, включающую вопросы обеспечения безопасности внутридомового газового оборудования и энергосбережения в жилищном фонде.

Системный подход к диагностике ВДГО, включающий инвентаризацию газопроводов и газового оборудования, программу кредитования, заключение договоров и оплату, ремонт и замену газового

оборудования позволит повысить уровень безаварийной работы внутридомовых систем газоснабжения, качество эксплуатации систем, снизить затраты на их обслуживание и ремонт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О мерах по обеспечению безопасности при использовании и содержании внутридомового и внутриквартирного газового оборудования при предоставлении коммунальной услуги по газоснабжению [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ № 410 от 14.05.2013. – Электр. текст. данн. – Режим доступа : <http://government.ru/docs/all/87364/>.
2. Об утверждении порядка содержания и ремонта внутридомового газового оборудования в Российской Федерации [Электронный ресурс] : Приказ Министерства регионального развития РФ № 239 от 26.06.2009. – Электр. текст. данн. – Режим доступа : <http://13.rospotrebnadzor.ru/s/13/imported/138127/138127-1x>.
3. ГОСТ Р 54961-2012. Системы газораспределительные. Сети газопотребления. Общие требования к эксплуатации. Эксплуатационная документация [Текст]. – Введен впервые ; введ. 2013-01-01. – М. : Стандартинформ, 2013. – 50 с.
4. НПАОТ 0.00-1.74-19. Нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности систем газоснабжения Донецкой Народной Республики» [Электронный ресурс]. – Введ. 2019-04-08. – Электр. текст. данн. – Режим доступа : <https://gisnpa-dnr.ru/npa/0105-159-20190314/>.
5. Зуев, А. Н. Состояние и проблемы эксплуатации бытовой газовой аппаратуры – газовых плит [Текст] / А. Н. Зуев, В. И. Тарасенко // Научно-технический журнал Вестник МГСУ. – 2011. – №7/2011. – С. 507–514.
6. Стариков, А. Н. Обеспечение безопасности эксплуатации газового оборудования [Текст] / А. Н. Стариков, О. А. Химанина. М. А. Марков [и др.] // Научно-методический журнал Проблемы науки. – 2016. – №2(3). – С. 16–20.

Получена 24.04.2020

З. В. УДОВИЧЕНКО, Я. В. СМІРНОВА БЕЗПЕЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ВНУТРІШНЬОБУДИНКОВИХ СИСТЕМ ГАЗОПОСТАЧАННЯ ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. У даній статті розглянуті сучасні проблеми безпечної експлуатації внутрішньобудинкових систем газопостачання, проаналізовано чинники впливу на зниження експлуатаційних характеристик, визначено передумови для впровадження нових методів технічного обслуговування, що базуються на фактичних параметрах надійності об'єктів газоспоживання. Проведено аналіз нормативно-правової бази, яка регламентує питання безпечної та ефективної експлуатації внутрішньобудинкових газових систем. Проаналізовано показники аварійності газопроводів і газового обладнання будівель різного призначення за останні п'ять років, виявлено ступінь впливу зносу внутрішньобудинкового газового обладнання та газопроводів на рівень безаварійної роботи і якість експлуатації внутрішньобудинкових систем газопостачання.

Ключові слова: газопостачання, газове обладнання, експлуатація, технічне обслуговування, надійність, діагностика.

ZLATA UDOVICHENKO, YANA SMIRNOVA SAFE OPERATION OF DOMESTIC GAS SUPPLY SYSTEMS Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. This article discusses the current problems of the safe operation of intra-home gas supply systems, analyzes the impact factors that affect the decrease in operational characteristics, identifies the prerequisites for the introduction of new maintenance methods based on the actual reliability parameters of gas consumption facilities. The analysis of the regulatory framework governing the safe and efficient operation of intra-house gas systems. The accident indicators of gas pipelines and gas equipment of buildings for various purposes over the past five years are analyzed, the degree of influence of wear on the house gas equipment and gas pipelines on the level of trouble-free operation and the quality of operation of the house gas supply systems is revealed.

Key words: gas supply, gas equipment, operation, maintenance, reliability, diagnostics.

Удовиченко Злата Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: энергосбережение в системах теплогазоснабжения и вентиляции.

Смирнова Яна Владимировна – магистрант кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение эффективности эксплуатации систем газоснабжения.

Удовиченко Злата Вікторівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: енергозбереження в системах теплогазопостачання і вентиляції.

Смірнова Яна Володимирівна – магістрант кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: підвищення ефективності експлуатації систем газопостачання.

Udovichenko Zlata – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Heat, Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: heat saving in systems of a heat-gas supply and ventilation.

Smirnova Yana – master's student, Heat, Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: heat saving in systems of a heat-gas supply and ventilation, in creasing the efficiency of gas supply systems.

УДК 622.831

Э. В. БОРИСЕНКО ^а, Н. П. КОРВЯКОВА ^а, Я. В. ШАЖКО ^а, О. В. ШАЖКО ^а, О. В. СОБОЛЬ ^б^а Государственное учреждение «Институт физики горных процессов», ^б ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ОТРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В ДОНЕЦКО-МАКЕЕВСКОМ УГЛЕНОСНОМ РАЙОНЕ

Аннотация. При закрытии или консервации угольных предприятий происходит частичная или полная инверсия техногенного режима подземных вод, что может привести к катастрофическим региональным экологическим последствиям, таким как подтопление подработанных территорий, активизация процессов сдвижения горных пород, разрушение мощных породных слоев. В данной работе предложена обобщенная трактовка механизма взаимосвязи прочностных характеристик слоев песчаника в угленосной свите C_2^6 , которую отрабатывают шахты г. Донецка и г. Макеевки. Представлены результаты исследований, позволившие выявить взаимосвязь параметров состава и структуры свиты, а также проведен анализ прочности в результате длительного увлажнения, что приводит к хрупкому разрушению, по эффекту П. А. Ребиндера.

Ключевые слова: угольный пласт, свита, песчаник, эффект П. А. Ребиндера, разрушение, сейсмические явления.

ВВЕДЕНИЕ

Изменение твердости горных пород, происходящее в присутствии различных по природе жидкостей, практически всегда связывается с уменьшением удельной свободной поверхностной энергии (УСПЭ) разрушаемых минералов, входящих в состав горной породы, при избирательной физической адсорбции молекул жидкости на возникающих свежих поверхностях адгезионного или когезионного происхождения (эффект П. А. Ребиндера). Проявление эффекта Ребиндера в земной коре рассматривает физико-химическая геомеханика [1, 2].

В Донецко-Макеевском угленосном районе в основных угленосных свитах песчаники составляют 32...34 %. Рассмотрим геологическое строение свиты среднего карбона C_2^6 , которая активно отрабатывалась шахтами региона.

Свита C_2^6 (L) алмазная характеризуется самой высокой угленосностью в западной половине Донбасса, а также широким развитием известняков во всех районах бассейна, за исключением юго-западной его окраины [3].

В пределах Донецко-Макеевского угленосного района свита C_2^6 представлена 17 угленосными пластами, из которых 10 рабочей мощности ($l_1^a, l_1^b, l_1^1, l_2^1, l_3, l_4, l_7^1, l_8, l_8^1$). Мощность песчаников составляет от 1 до 20 метров. Наиболее мощные песчаники – L_5Sl_5 (20 м), $l_6Sl_6^1$ (8 м), L_7Sl_7 (18 м), $l_8Sl_8^1$ (12 м).

Известняки свиты C_2^6 в пределах Донецко-Макеевского угленосного района представлены 4 пластами – L_1, L_5, L_6, L_7 . Литологический состав свиты C_2^6 приведен в таблице 1. Мощность свиты C_2^6 в пределах Донецко-Макеевского угленосного района составляет 280...320 м.

Оценить влияние изменения прочностных свойств песчаников под воздействием длительного увлажнения от затопления угольных предприятий при их мокрой консервации и есть основная цель данной работы.

Таблица 1 – Литологический состав свиты C_2^6 в пределах Донецко-Макеевского угленосного района

Свита	Литологический тип горной породы и его содержание, %				
	Алеврит	Аргиллит	Песчаник	Известняк	Уголь
C_2^6 алмазная	35,2	27	31	3,4	3,4

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Экспериментальное исследование разрушения водо- и метано-насыщенных песчаников в объёмном поле сжимающих напряжений, а также при одноосном сжатии, разрыве и сдвиге позволило установить следующее [4, 5]. В песчаниках, в цементе которых содержатся глинисто-слюдистые минералы (глинисто-карбонатный и глинисто-слюдистый цемент), прочность при сдвиге, отрыве и сжатии при увлажнении снижается. При сдвиге – в 1,1–3,0 раза, при отрыве – в 1,5–2,0 раза, при сжатии – в 1,1–1,7 раза. В песчаниках, не имеющих в своём составе глинисто-слюдистых минералов (карбонатный и кремнисто-карбонатный цемент), прочность при сдвиге, отрыве и сжатии либо остаётся неизменной, либо незначительно возрастает.

Уменьшение прочности при увлажнении при сжатии и отрыве не превышает 1,2 раза, при сдвиге – достигает 1,7 раза. Приведенные данные позволяют сделать вывод, что у влажных песчаников прочность при сдвиге изменяется, уменьшается гораздо больше, чем при отрыве. Это происходит потому, что, кроме изменения эффективной поверхностной энергии, при увлажнении происходит также изменение коэффициента трения.

Подобная картина наблюдается также при разрушении водонасыщенных пород в объёмном поле сжимающих напряжений. Значения основных физико-механических показателей сведены в таблицу 2. Отмечается закономерное увеличение модуля объёмного сжатия (в 1,2 раза), снижение модулей упругости и сдвига в 1,5 раза, увеличение коэффициента поперечной деформации в 1,2 раза. Возрастает деформируемость пород, снижается их прочность. Водонасыщенный образец способен накопить энергии лишь немного меньше, чем воздушно-сухой, однако непосредственно на разрушение (образование новых поверхностей) затрачивается лишь незначительная ее часть. Остальная её часть представляет собой энергию устойчивых дефектов. Величина вновь образованной поверхности при водонасыщении в 3–4 раза ниже, чем у сухих образцов, однако примерно во столько же раз уменьшается дилатируемый объём, поэтому удельная поверхность разрушенного материала сохраняется на одном уровне. Удельная поверхностная энергия снижается в 2 раза. Характерным является разрушение водонасыщенных образцов. Начало разрушения по внешним признакам установить практически невозможно.

Таблица 2 – Влияние влажности на физико-механические свойства песчаников

Показатели	Единица измерения	Для сухого образца	Для влажного образца
Разрушающее напряжение (σ_1) при $\sigma_2 = 30$ МПа и $\sigma_3 = 15$ МПа	МПа	176	164
Остаточная прочность	МПа	140	132
Объёмный модуль деформации	МПа	$0,6 \cdot 10^4$	$0,62 \cdot 10^4$
Модуль сдвига	МПа	$0,32 \cdot 10^4$	$0,24 \cdot 10^4$
Коэффициент Пуассона	МПа	0,27	0,33
Модуль упругости	МПа	$0,81 \cdot 10^4$	$0,64 \cdot 10^4$
Плотность энергии формоизменения объема: предельная остаточная	МДж/м ³	3,37 2,00	4,12 2,64
Плотность энергии изменения объёма: предельная остаточная	МДж/м ³	1,50 0,87	1,22 0,84
Плотность энергии разрушения	МДж/м ³	2,00	0,86
Вновь образованная поверхность	м ²	0,116	0,036
Удельная поверхность	м ⁻¹	$0,58 \cdot 10^5$	$0,52 \cdot 10^5$
Эффективная поверхностная энергия	Дж/м ²	35	16

ВЫВОД

Изменение физико-механических свойств песчаников при затоплении выработанного пространства шахт в сочетании с изменением напряженного состояния горного массива может привести к разрушению мощных слоев песчанника. Разрушение характеризуется развитием одной или многих трещин, нарушающих сплошность массивов в значительных объемах, что приводит к выделению энергии. В отдельных случаях значительное высвобождение энергии может вызывать сейсмические явления, которые ощущаются на земной поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ребиндер, П. А. Поверхностные явления в твердых телах в процессах их деформирования и разрушения [Текст] / П. А. Ребиндер, Е. Д. Шукин // Успехи физических наук. – 1972. – Т. 108. – № 1. – С. 3–42.
2. Pertsov, N. V. The Rebinder Effect in the Earth Crust (Physicochemical Geomechanics) [Текст] / N. V. Pertsov // Colloid Journal. – 1998. – Vol. 60. – № 5. – P. 1245–1251.
3. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР [Текст] : монография в 12 томах. – Т. 1 Угольные бассейны и месторождения юга европейской части СССР / под ред. И. А. Кузнецова, В. В. Лагутина, М. Л. Левенштейна, В. С. Попова [и др.]. – М. : Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1963. – 1211 с.
4. Алексеев, А. Д. Разрушение горных пород в объемном поле сжимающих напряжений. [Текст] / А. Д. Алексеев, В. Н. Ревва, Н. А. Рязанцев. – Киев : Наукова думка, 1989. – 168 с.
5. Ревва, В. Н. Влияние водонасыщения на физико-механические свойства структурно-нарушенных горных пород [Текст] / В. Н. Ревва, Н. В. Недодаев, Э. В. Борисенко [и др.] // Известия Донецкого горного института. – 1999. – № 3. – С. 47–48.

Получена 23.04.2020

Е. В. БОРИСЕНКО ^a, Н. П. КОРВ'ЯКОВА ^a, Я. В. ШАЖКО ^a, О. В. ШАЖКО ^a,
О. В. СОБОЛЬ ^b

ПРО ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ВІДПРАЦЮВАННЯ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ У
ДОНЕЦЬКО-МАКІЇВСЬКОМУ ВУГЛЕНОСНОМУ РАЙОНІ

^a Державна установа «Інститут фізики гірничих процесів», ^b ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. При закритті або консервації вугільних підприємств відбувається часткова або повна інверсія техногенного режиму підземних вод, що може призвести до катастрофічних регіональних екологічних наслідків, таким як підтоплення прироблених територій, активізація процесів зрушення гірських порід, руйнування потужних породних шарів. У даній роботі запропоноване узагальнене трактування механізму взаємозв'язку міцних характеристик шарів піщанику у вугленосній світі C_2^6 , яку відпрацьовують шахти м. Донецька й м. Макіївки. Представлені результати досліджень, що дозволили виявити взаємозв'язок параметрів складу й структури світи, а також проведено аналіз міцності в результаті тривалого зволоження, що призводить до крихкого руйнування за ефектом П. А. Ребиндера.

Ключові слова: вугільний шар, світа, піщаник, ефект Ребиндера, руйнування, сейсмічні явища.

EDWARD BORISENKO ^a, NATALIYA KORVYAKOVA ^a, JAROSLAV SHAZHKO ^a,
OLEG SHAZHKO ^a, OKSANA SOBOLEVA ^b

ABOUT SOME FEATURES OF MINING OF COAL SEAMS IN DONETSK-
MAKEYEVSKY COAL-BEARING AREA

^a State Institution «Institute of Physics of Mining Processes», ^b Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. When coal plants are closed or preserved, partial or complete inversion of the man-made regime of underground waters takes place, which can lead to catastrophic regional environmental consequences such as flooding of under-worked areas, activation of rock displacement processes, destruction of powerful rock layers. This paper proposes a generalized interpretation of the mechanism of the relationship between the strength characteristics of sandstone layers in the coal-plated C_2^6 , which is being worked out by the mines of Donetsk and Makeevka. The results of studies were presented, which allowed to detect the relationship between the parameters of the composition and the structure of the whistle, as well as the analysis of strength as a result of long-term moistening, which leads to brittle destruction, according to the effect of P. A. Rebinder.

Key words: coal bed, whistle, sandstone, Rebinder effect, destruction, seismic phenomena.

Борисенко Эдуард Вадимович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Государственного учреждения «Институт физики горных процессов». Научные интересы: исследование разрушения водо- и метано-насыщенных горных пород, а так же изучение физико-механических свойств напряженного состояния горного массива.

Корвякова Наталья Петровна – аспирант Государственного учреждения «Институт физики горных процессов». Научные интересы: исследование разрушения водо- и метано-насыщенных горных пород, а так же изучение физико-механических свойств напряженного состояния горного массива.

Шажко Ярослав Витальевич – кандидат технических наук, заместитель директора по науке Государственного учреждения «Институт физики горных процессов». Научные интересы: исследование разрушения водо- и метано-насыщенных горных пород, а так же изучение физико-механических свойств напряженного состояния горного массива.

Шажко Олег Витальевич – аспирант Государственного учреждения «Институт физики горных процессов». Научные интересы: исследование разрушения водо- и метано-насыщенных горных пород, а так же изучение физико-механических свойств напряженного состояния горного массива.

Соболь Оксана Викторовна – кандидат химических наук, доцент кафедры физики и физического материаловедения ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: изучение физико-химических основ кинетики процессов кристаллизации веществ.

Борисенко Едуард Вадимович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Державної установи «Інститут фізики гірничих процесів». Наукові інтереси: дослідження руйнування водо- і метано-насичених гірських порід, а так само вивчення фізико-механічних властивостей напруженого стану гірського масиву.

Корв'якова Наталія Петрівна – аспірант Державної установи «Інститут фізики гірничих процесів». Наукові інтереси: дослідження руйнування водо- і метано-насичених гірських порід, а так само вивчення фізико-механічних властивостей напруженого стану гірського масиву.

Шажко Ярослав Віталійович – кандидат технічних наук, заступник директора по науці Державної установи «Інститут фізики гірничих процесів». Наукові інтереси: дослідження руйнування водо- і метано-насичених гірських порід, а так само вивчення фізико-механічних властивостей напруженого стану гірського масиву.

Шажко Олег Віталійович – аспірант Державної установи «Інститут фізики гірничих процесів». Наукові інтереси: дослідження руйнування водо- і метано-насичених гірських порід, а так само вивчення фізико-механічних властивостей напруженого стану гірського масиву.

Соболь Оксана Вікторівна – кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізики та фізичного матеріалознавства ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: аналіз фізико-хімічних основ кінетики процесів кристалізації речовин.

Borisenko Edward – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Senior Researcher, State Institution «Institute of Physics of Mining Processes». Scientific interests: study of destruction of water and methane-saturated rocks, as well as study of physical and mechanical properties of stressed state of rock mass.

Korvyakova Nataliya – graduate student, State Institution «Institute of Physics of Mining Processes». Scientific interests: study of destruction of water and methane-saturated rocks, as well as study of physical and mechanical properties of stressed state of rock mass.

Shazhko Jaroslav – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Deputy Director of Science, State Institution «Institute of Physics of Mining Processes». Scientific interests: study of destruction of water and methane-saturated rocks, as well as study of physical and mechanical properties of stressed state of rock mass.

Shazhko Oleg – graduate student, State Institution «Institute of Physics of Mining Processes». Scientific interests: study of destruction of water and methane-saturated rocks, as well as study of physical and mechanical properties of stressed state of rock mass.

Sobol Oksana – Ph. D. (Chem.), Associate Professor, Physics and Physical Materials Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying of physical and chemical bases kinetics processes of crystallization of substances.

СОДЕРЖАНИЕ

ЕГОРОВА А. С., МУЩАНОВ В. Ф. Анализ особенностей напряженно-деформированного состояния каркасно-тентового покрытия при расчете в линейной и нелинейной постановке	5
МИХАЙЛОВ Д. А., КОРОБКОВ С. В. Моделирование процесса твердения монолитных железобетонных конструкций в программном комплексе Elcut Pro	13
ВАСИЛЬЕВА И. Л., НЕМОВА Д. В., ВАТИН Н. И. Снижение энергопотребления здания с применением конструкции двойного фасада	18
МЕЖЕРИЦКИЙ С. И., ЛУКЬЯНОВА Т. И. Биодренаж в ландшафтной архитектуре Донбасса: польза + красота	26
ТАНАСОГЛО А. В., БАКАЕВ С. Н., ФОМЕНКО С. А., ОРЖЕХОВСКИЙ А. Н., КОЗЛОВА Л. В. Исследование аварийного тяжения токоведущих проводов опор линий электропередачи	30
СОЛОВЕЙ П. И., ПЕРЕВАРЮХА А. Н., ВОЛОЩУК О. В., ОЛЕНИН В. Н. Усовершенствованный прибор контроля габарита проводов	36
ПШЕНИЧНЫХ О. А. Деформационно-прочностные характеристики дисперсно-армированных асфальтобетонов	41
БОРОДИНА А. В., ГОНЧАРОВА А. Г. Формирование системы земель объектов электросетевого хозяйства города на примере законодательства Донецкой Народной Республики	45
ОРЖЕХОВСКИЙ А. Н., МУЩАНОВ А. В., ШТУРМИНА А. А., ШТУРМИНА В. А. Оптимизация конструкции структурного покрытия из труб на прямоугольном плане	49
ФОМЕНКО С. А. Методы определения частотных характеристик статически неопределимых систем	54
БЕЛУХА А. В., ШЕЛИХОВА Е. В. Оптимизация эксплуатационных расходов на стадии проектирования объектов недвижимости	60
НОВИЦКАЯ Е. И. Определение скорости ветрового потока на поверхности стены здания крытого бассейна	66
УДОВИЧЕНКО З. В., СМЕРНОВА Я. В. Безопасная эксплуатация внутридомовых систем газоснабжения	72
БОРИСЕНКО Э. В., КОРВЯКОВА Н. П., ШАЖКО Я. В., ШАЖКО О. В., СОБОЛЬ О. В. О некоторых особенностях отработки угольных пластов в Донецко-Макеевском угленосном районе	78

Статьи, публикуемые в журнале «Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры», размещены

- в российской информационно-аналитической системе – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)
- в электронно-библиотечной системе IPRbooks
- в информационно-поисковой системе Google Scholar.

ЗМІСТ

ЄГОРОВА А. С., МУЩАНОВ В. П. Аналіз особливостей напружено-деформованого стану каркасно-тентового покриття при розрахунку в лінійній і нелінійній постановці	5
МИХАЙЛОВ Д. О., КОРОБКОВ С. В. Моделювання процесу твердіння монолітних залізо-бетонних конструкцій в програмному комплексі Elcut Pro	13
ВАСИЛЬЄВА І. Л., НЕМОВА Д. В., ВАТІН М. І. Зниження енергоспоживання будівлі із застосуванням конструкції подвійного фасаду	18
МЕЖЕРИЦЬКИЙ С. І., ЛУК'ЯНОВА Т. І. Біодренаж в ландшафтній архітектурі Донбасу: користь + краса	26
ТАНАСОГЛО А. В., БАКАЄВ С. М., ФОМЕНКО С. О., ОРЖЕХОВСЬКИЙ А. М., КОЗЛОВА Л. В. Дослідження аварійного тяжіння струмоведучих проводів опор ліній електропередачі	30
СОЛОВЕЙ П. І., ПЕРЕВАРЮХА А. М., ВОЛОЩУК О. В., ОЛЕНІН В. М. Вдосконалений прилад контролю габариту проводів	36
ПШЕНИЧНИХ О. О. Деформаційно-міцнісні характеристики дисперсно-армованих асфальтобетонів	41
БОРОДИНА А. В., ГОНЧАРОВА А. Г. Формування системи земель об'єктів електромережевого господарства міста на прикладі законодавства Донецької Народної Республіки	45
ОРЖЕХОВСЬКИЙ А. М., МУЩАНОВ О. В., ШТУРМІНА А. О., ШТУРМІНА В. О. Оптимізація конструкції структурного покриття з труб на прямокутному плані	49
ФОМЕНКО С. О. Методи визначення частотних характеристик статично невизначених систем	54
БЕЛУХА А. В., ШЕЛІХОВА О. В. Оптимізація експлуатаційних витрат на стадії проектування об'єктів нерухомості	60
НОВИЦЬКА О. І. Визначення швидкості вітрового потоку на поверхні стіни будівлі критого басейну	66
УДОВИЧЕНКО З. В., СМІРНОВА Я. В. Безпечна експлуатація внутрішньобудинкових систем газопостачання	72
БОРИСЕНКО Е. В., КОРВ'ЯКОВА Н. П., ШАЖКО Я. В., ШАЖКО О. В., СОБОЛЬ О. В. Про деякі особливості відпрацювання вугільних пластів у Донецько-Макіївському вугленосному районі	78

Статті, що публікуються у журналі «Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури», розміщені

- в російській інформаційно-аналітичній системі – Російський індекс наукового цитування (РІНЦ)
- в електронно-бібліотечній системі IPRbooks
- в інформаційно-пошуковій системі Google Scholar.

CONTENTS

EGOROVA ANASTASIIA, MUSHCHANOV VOLODYMYR. Analysis of the Features of the Stress-Strain State of the Frame Tent Coating in the Calculation in Linear and Non-Linear Stages	5
MIKHAILOV DMITRY, KOROBKOV SERGEY. Simulation of the Hardening Process of Monolithic Reinforced Concrete Structures in the Elcut Pro Software Package	13
VASILYEVA IRINA, NEMOVA DARYA, VATIN NIKOLAY. Reducing Energy Consumption of Buildings with a Double-Skin Facade Design	18
MEZHERITSKY SERGEY, LUKYANOVA TATYANA. Bio-Drainage in the Landscape Architecture of Donbass: Benefits + Beauty	26
TANASOGLO ANTON, BAKAYEV SERGII, FOMENKO SERAFIM, ORZHEKHOVSKY ANATOLY, KOZLOVA LYUDMILA. Investigation of Emergency Tension of Electrical Carrying Conductors of Overhead Power Line Supports	30
SOLOVEJ PAVEL, PEREVARJUHA ANATOLY, VOLOSHCHUK OKSANA, OLENIN VLADISLAV. Advanced Wire Gauge	36
PSHENICHNYH OLEG. Deformation and Strength Characteristics of Dispersed-Reinforced Asphalt Concrete	41
BORODINA ALLA, GONCHAROVA ANASTASIA. Formation of the System of Lands of Objects of Electric Network of the City on the Example of Legislation Donetsk People's Republic	45
ORZHEKHOVSKY ANATOLY, MUSHCHANOV ALEXANDER, SHTURMINA ANASTASIIA, SHTURMINA VALERIA. Optimization of the Design of the Structural Coating of Pipes on a Rectangular Plan	49
FOMENKO SERAFYM. Methods for Determining the Frequency Characteristics of Statically Indeterminate Systems	54
BELUKHA ANDREY, SHELIKHOVA ELENA. Of Operating Costs at the Design Stage of Real Estate Objects	60
NOVITSKAYA ELENA. Determining the Wind Flow Speed on the Surface of the Building Wall of the Indoor Pool	66
UDOVICHENKO ZLATA, SMIRNOVA YANA. Safe Operation of Domestic Gas Supply Systems	72
BORISENKO EDWARD, KORVYAKOVA NATALIYA, SHAZHKO JAROSLAV, SHAZHKO OLEG, SOBOL OKSANA. About Some Features of Mining of Coal Seams in Donetsk-Makeyevsky Coal-Bearing Area	78

The articles published in journal «Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture» are indexed by:

- the Russian Information and Analytical System – Russian Science Citation Index (RSCI)
- the electronic-library system IPRbooks
- the search engine Google Scholar.