

ВЕСТНИК

ДОНБАССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ



ВЫПУСК 2023-4(162)

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ
ДОСТИЖЕНИЯ СТУДЕНТОВ
СТРОИТЕЛЬНО-АРХИТЕКТУРНОЙ
ОТРАСЛИ**

ВЕСТНИК

Донбасской национальной академии строительства и архитектуры

Издается с декабря 1995 года
Выходит не менее 6 раз в год

Выпуск 2023-4(162)

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ
ДОСТИЖЕНИЯ СТУДЕНТОВ
СТРОИТЕЛЬНО-АРХИТЕКТУРНОЙ
ОТРАСЛИ**

Макеевка 2023

ФДБОУ ВО “Донбаська національна академія будівництва і архітектури”

ВІСНИК

Донбаської національної академії будівництва і архітектури

Видається з грудня 1995 року
Виходить не менш 6 разів на рік

Випуск 2023-4(162)

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ
ДОСЯГНЕННЯ СТУДЕНТІВ
БУДІВЕЛЬНО-АРХІТЕКТУРНОЇ
ГАЛУЗІ**

Макіївка 2023

Основатель и издатель

ФГБОУ ВО «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
ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
Протокол № 11 от 26.05.2023 г.

Редакционный совет:

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

Редакционная коллегия:

Бенаи Х. А., д. арх., профессор;	Мущанов В. Ф., д. т. н., профессор;
Веретенникова О. В., д. э. н., доцент;	Назим Я. И., к. т. н., доцент;
Горохов Е. В., д. т. н., профессор;	Нездойминов В. И., д. т. н., профессор;
Зайченко Н. М., д. т. н., профессор;	Попов Д. В., к. т. н., доцент;
Левченко В. Н., к. т. н., доцент;	Радионон Т. В., к. арх., доцент;
Лозинский Э. А., к. т. н., доцент;	Савенков Н. В., к. т. н., доцент;
Лукьянов А. В., д. т. н., профессор;	Югов А. М., д. т. н., профессор.

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

Подписано к выпуску 26.06.2023

Адрес редакции и издателя

ул. Державина, 2, г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация, 286123.
ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
Телефоны: +7 (856) 343-7033, +7 (856) 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
ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
ул. Державина, 2, г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация, 286123

© ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 2023

Засновник і видавець

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

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

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

Випускається за рішенням Вченої ради
ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»
Протокол № 11 от 26.05.2023 р.

Редакційна рада:

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

Редакційна колегія:

Бенаї Х. А., д. арх., професор;	Мущанов В. П., д. т. н., професор;
Веретенникова О. В., д. е. н., доцент;	Назим Я. І., к. т. н., доцент;
Горохов Є. В., д. т. н., професор;	Нездоймінов В. І., д. т. н., професор;
Зайченко М. М., д. т. н., професор;	Попов Д. В., к. т. н., доцент;
Левченко В. М., к. т. н., доцент;	Радіонов Т. В., к. арх., доцент;
Лозинський Е. О., к. т. н., доцент;	Савенков М. В., к. т. н., доцент;
Лук'янов О. В., д. т. н., професор;	Югов А. М., д. т. н., професор.

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

Підписано до випуску 26.06.2023

Адреса редакції і видавця

2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація, 286123.
ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»
Телефони +7 (856) 343-7033, +7 (856) 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
ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація, 286123.

© ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», 2023

EDN: RKILQY

УДК 699.84

Н. Г. ПРИЩЕНКО, Т. А. ЧЕРНЫШЕВА, А. А. ТРУСКАЛОВА, С. С. БЕССЧАСТНЫЙ, Ю. А. ГИМАТУТДИНОВА

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,

г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

ОЦЕНКА ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ТИПОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОКОН

Аннотация. Одним из негативных факторов, которые отрицательно влияют на здоровье человека, является шум. Развитие технической оснащенности приводит к увеличению уровня шумов. Первое место по «вкладу» в шумовое загрязнение городов занимает автотранспорт. Наиболее эффективными методами защиты мест труда, быта и отдыха признаны архитектурно-конструктивные мероприятия: экранирующие сооружения, специальные типы зданий и шумозащитные окна. Необходимо отметить, что экранирующие сооружения создают шумовой комфорт на территории застройки и на фасадах малоэтажных зданий. Поэтому применение шумозащитных окон для помещений весьма актуально. В статье представлены результаты численных исследований звукоизоляции типовых конструкций окон с двухкамерными стеклопакетами в условиях города Донецка с учетом приведенного сопротивления теплопередачи окон. Определены конструктивные решения окон, обеспечивающие нормативную звукоизоляцию без увеличения материалоемкости.

Ключевые слова: защита от шума, транспортный шум, звукоизоляция окна, акустический расчет.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Защита от повышенных уровней шума является одной из важнейших задач при проектировании и строительстве гражданских и промышленных зданий. Решение этой задачи необходимо для создания акустически комфортной среды в жилых помещениях и на рабочих местах. Наиболее эффективным методом снижения воздушного шума является применение звукоизолирующих ограждающих конструкций. Поэтому разработка ограждений с повышенной звукоизоляцией в широком диапазоне частот является актуальной проблемой.

Допустимые уровни шума регулируются санитарными нормами СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Согласно СанПиН, допустимым уровнем звука для жилых помещений являются следующие показатели: с 7:00 до 23:00 – 40 дБА, максимальные уровни звука 55 дБА; с 23:00 до 7:00 – 30 дБА, а максимальные – 45 дБА.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В работах И. И. Боголепова [1], Л. А. Борисова, В. И. Заборова, Н. И. Иванова, А. А. Климухина, Г. Л. Осипова, Е. Я. Юдина [2], N. Garg [8], E. A. Khidir [9] разработаны методы расчета и проектирования различных типов звукоизолирующих ограждений. Работа [3] посвящена анализу расчетных методов звукоизоляции окон, а именно: метод нормируемых параметров; метод расчета ожидаемой шумности; приближенный метод. В работе [4] рассмотрена методика определения необходимого снижения уровней звука в помещениях гражданских зданий с учетом необходимой звукоизоляции окон. Важность вопроса обеспечения необходимой звукоизоляции окон гражданских зданий обусловлена тем, что она практически полностью определяет звукоизоляцию от внешнего шума со стороны наружных стен этих зданий.

В испытательном центре «БЛОК» Санкт-Петербургского Государственного архитектурно-строительного университета проведены сертификационные испытания в системе сертификации ГОСТ Р в



строительстве блоков оконных из поливинилхлоридных профилей RENAУ с остеклением СПД: 4М1-10-4М1-10-4М1 и 4М1-14-4М1-14-4М1. Полученные результаты испытаний изоляции воздушного шума транспортного потока равные 30 и 31 дБА (п. 8 протокол испытаний № 17-1 от 29.03.2012 г.) [10].

Однако до сих пор остается малоизученным вопрос достижения предельных значений звукоизоляции реальных ограждающих конструкций путем использования их внутренних резервов. Поэтому разработка эффективной технологии повышения звукоизоляции ограждений без увеличения их массы, т. е. без увеличения материалоемкости, является актуальным направлением научных исследований строительной акустики.

Цель: используя численный метод, определить способы повышения звукоизоляции типовой конструкции окна R_{Ampan} , дБА, с двухкамерным стеклопакетом, обеспечивающие нормативную звукоизоляцию в помещениях гражданских зданий с учетом приведенного сопротивления теплопередачи окна.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Шум является одним из наиболее весомых факторов внешней среды, оказывающих неблагоприятное воздействие на здоровье населения, проживающего в крупных городах. При этом в подавляющем большинстве случаев шумовой режим современных городов определяет именно транспортный шум, уровни которого на транспортных магистралях крупных городов составляют в настоящее время уже 80...90 дБА. Поэтому снижение транспортного шума является одной из важнейших задач при проектировании городской застройки. При рассмотрении воздействия внешнего шума на здания необходимо учитывать тот факт, что не все конструкции фасадов зданий имеют достаточную звукоизолирующую способность. Наиболее слабым элементом в этом случае являются наружные светопрозрачные ограждения: окна, витражи, балконные двери и т. д. Относительно низкая звукоизолирующая способность этих конструкций приводит к значительному ухудшению общего акустического режима помещений, особенно в зданиях, находящихся вдоль оживленных транспортных путей. Самый простой и очевидный способ в борьбе с шумом улицы – это установка шумоизолирующих стеклопакетов, при этом следует учитывать значение приведенного сопротивления теплопередачи окон R , м²·К/Вт. По теплотехническим нормам для города Донецка $R = 0,75$ м²·К/Вт, что соответствует конструкции окон с двухкамерными стеклопакетами. В табл. 1 представлены варианты остекления и значения приведенного сопротивления теплопередачи двухкамерных стеклопакетов.

Таблица 1 – Приведенное сопротивление теплопередачи стеклопакетов [5]

Кол-во камер	Варианты остекления	Газовый состав, %			Сопротивление теплопередачи, м ² ·К/Вт
		воздух	криптон	аргон	
2	4М1-10-4М1-10-4К		100		0,85
2	4М1-10-4М1-10-4К		75	25	0,82
2	4М1-10-4К-10-4К		100		1,28
2	4К-10-4М1-10-4К		100		1,32
2	4М1-12-4М1-12-4М1			100	0,75
2	4М1-10-4М1-10-4i		100		0,94
2	4М1-10-4М1-10-4М1		25	75	0,78
2	4i-10-4М1-10-4i	100			0,93
2	4i-10-4М1-10-4i		100		1,35

Типовая конструкция окна с двухкамерным стеклопакетом имеет остекление с межстекольным пространством с газовой средой и дистанционной виброизолирующей рамкой с осушителем. Условием надежности является качественная герметизация стеклопакета. При производстве стеклопакетов используют практически все виды стекол с равной толщиной и одинаковым межстекольным пространством. В качестве материала для дистанционных рамок используются ПВХ-профиль, алюминий и оцинкованная сталь. Рамка выполняется полой внутри, со специальными диффузионными отверстиями в сторону межстекольного пространства.

Нормируемым параметром звукоизоляции наружных ограждающих конструкций окон является звукоизоляция R_{Ampan} , дБА, представляющая собой изоляцию внешнего шума, производимого потоком городского транспорта, определяемая на основании рассчитанной или измеренной частотной характеристики звукоизоляции данного окна R_i , дБ, в третьоктавных полосах со среднегеометрическими

частотами 100...3 150 Гц согласно СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003».

Нормативные значения $R_{Атран}^H$, дБА, определяются по табл. 2 при эквивалентных уровнях звука у фасада здания при интенсивном движении транспорта (в дневное время, час «пик») $L_{Аэжв}$, дБА.

Таблица 2 – Нормативные требования к звукоизоляции окон [табл. 2 [6]]

Назначение помещений	Требуемые значения, $R_{Атран}^H$ дБА, при эквивалентных уровнях звука у фасада здания при наиболее интенсивном движении транспорта (в дневное время, час «пик») $L_{Аэжв}$, дБА				
	60	65	70	75	80
1. Палаты больниц, санаториев, кабинеты медицинских учреждений	15	20	25	30	35
2. Жилые комнаты квартир в домах: категории «А»	15	20	25	30	35
	–	15	20	25	30
3. Жилые комнаты общежитий	–	–	15	20	25
4. Номера гостиниц: категории «А»	15	20	25	30	35
	–	15	20	25	30
	–	–	15	20	25
5. Жилые помещения домов отдыха, домов-интернатов для инвалидов	15	20	25	30	35
6. Рабочие комнаты, кабинеты административных зданий и офисах: категории «А»	–	–	15	20	25
	–	–	–	15	20

Величину звукоизоляции окна $R_{Атран}$, дБА, определяем на основании частотной характеристики изоляции воздушного шума окном с помощью эталонного спектра шума потока городского транспорта. Уровни эталонного спектра, скорректированные по спектру частотной коррекции «А» для шума с уровнем звука 75 дБА, приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Значения эталонного спектра шума транспортного потока

Показатель	Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500	3 150
Скорректированный уровень звукового давления эталонного спектра L_p , дБ	55	55	56	59	60	61	62	63	64	66	67	66	65	64	62	60

Для определения величины звукоизоляции окна $R_{Атран}$ по известной частотной характеристике звукоизоляции данного окна R_i следует в каждой третьоктавной полосе частот из уровня эталонного спектра L_i (табл. 3) вычесть величину изоляции воздушного шума R_i данной конструкцией окна. Полученные величины уровней следует сложить энергетически и результат сложения вычесть из уровня эталонного шума, равного 75 дБА.

Величину звукоизоляции окна $R_{Атран}$, дБА, определяем по формуле:

$$R_{Атран} = 75 - 10 \lg \sum_{i=1}^{16} 10^{0,1(L_i - R_i)}, \quad (1)$$

где L_i – скорректированные по кривой частотной коррекции «А» уровни звукового давления эталонного спектра в i -й третьоктавной полосе частот, дБ;

R_i – изоляция воздушного шума данной конструкции окна в i -й третьоктавной полосе частот, дБ.

Выполнялись теоретические исследования типовых конструктивных решений окон с двухкамерными стеклопакетами с равной толщиной стекол и одинаковым межстекольным пространством и с разной толщиной стекол и различной шириной межстекольного пространства.

В качестве примера приведены конструктивные решения стеклопакетов: 4М1-10-4М1-10-4М1, 4М1-10-3М1-10-4М1, 4М1-12-4М1-12-4М1, 4М1-12-3М1-12-4М1, 4М1-6-4М1-18-4М1, 4М1-6-3М1-18-4М1, 4М1-5-4М1-15-4М1.

Расчет звукоизоляции двухкамерного стеклопакета выполняем графоаналитическим методом в соответствии с [7]. Частотные характеристики звукоизоляции воздушного шума в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами 100...3150 Гц рассмотренных конструкций приведены на рис. 1–3 и в табл. 4.

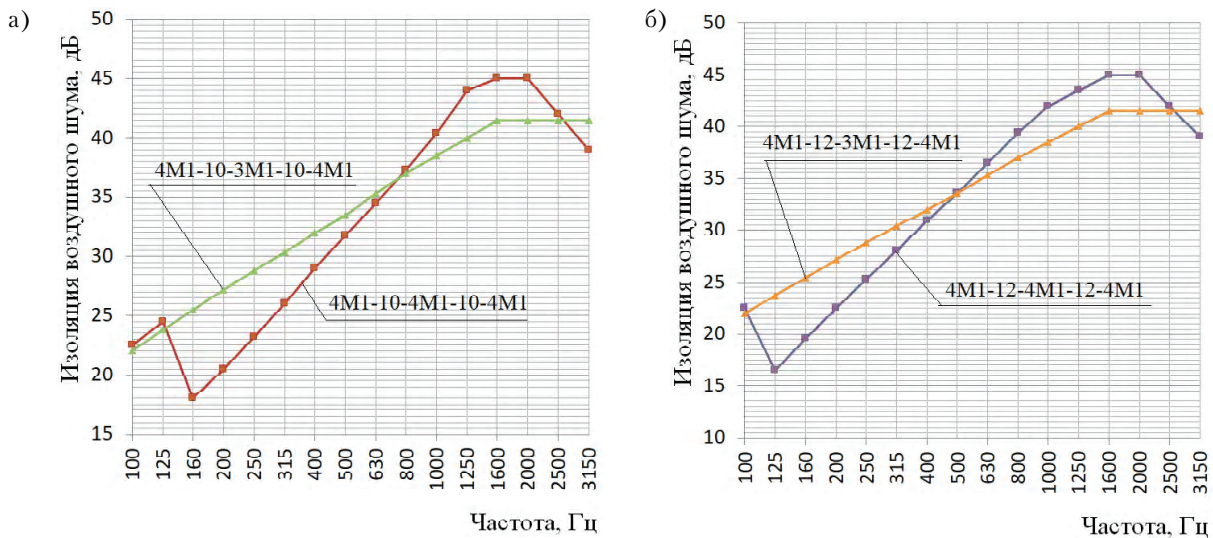


Рисунок 1 – Графики сравнения частотных характеристик изоляции воздушного шума двухкамерных стеклопакетов: а) 4М1-10-4М1-10-4М1 и 4М1-10-3М1-10-4М1; б) 4М1-12-4М1-12-4М1 и 4М1-12-3М1-12-4М1.

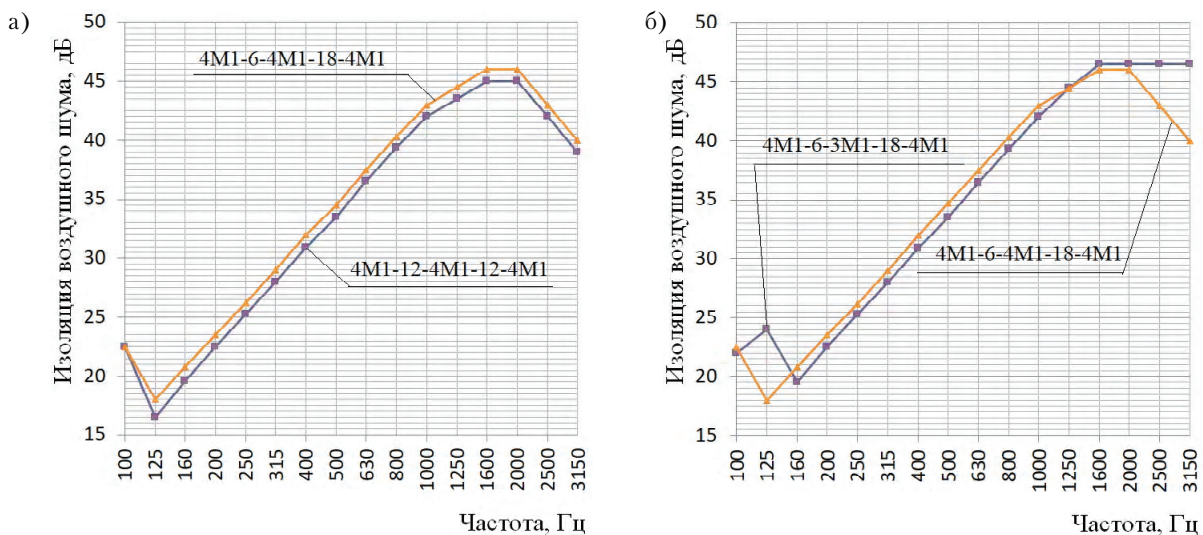


Рисунок 2 – Графики сравнения частотных характеристик изоляции воздушного шума двухкамерных стеклопакетов: а) 4М1-6-4М1-18-4М1 и 4М1-12-4М1-12-4М1; б) 4М1-6-4М1-18-4М1 и 4М1-6-3М1-18-4М1.

Анализ графиков на рис. 1 для стеклопакетов с одинаковым межстекольным пространством показывает, что при изменении толщины средних стекол с 4 на 3 мм на частотах от 160...500 Гц (рис. 1а) и от 125...400 Гц (рис. 1б) звукоизоляция возрастает от 2 до 8 дБ, а на частотах 1000...2500 Гц звукоизоляция уменьшается от 1 до 6 дБ и на частоте 3150 Гц возрастает на 4 дБ.

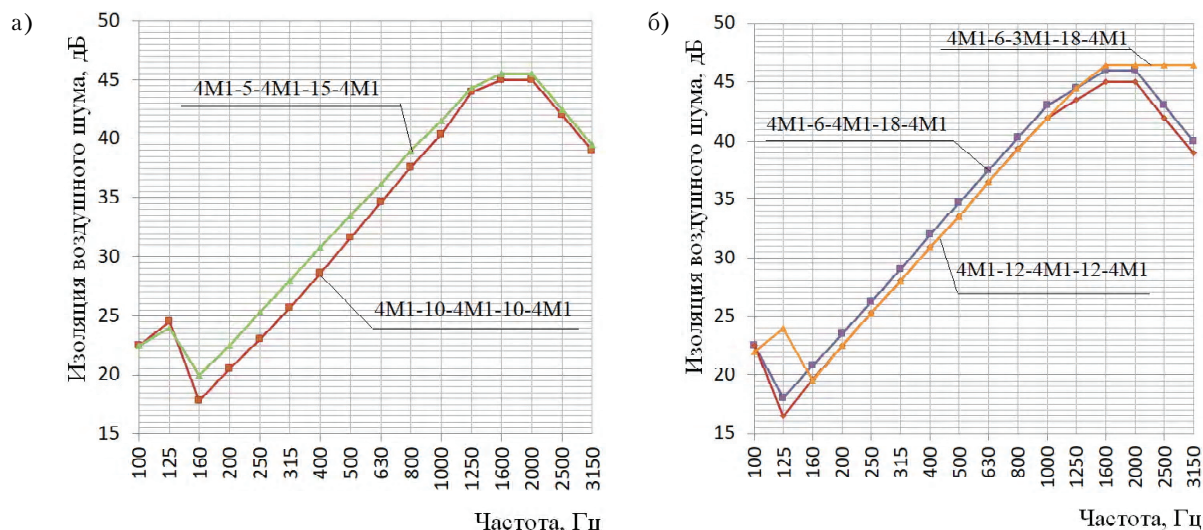


Рисунок 3 – Графики сравнения частотных характеристик изоляции воздушного шума двухкамерных стеклопакетов: а) 4M1-10-4M1-10-4M1 и 4M1-5-4M1-15-4M1; б) 4M1-12-4M1-12-4M1, 4M1-6-4M1-18-4M1 и 4M1-6-3M1-18-4M1.

Таблица 4 – Частотные характеристики звукоизоляции окон с двухкамерными стеклопакетами в нормируемом диапазоне частот

Конструкция окна	Частота, Гц / Частотная характеристика звукоизоляции в нормируемом диапазоне частот, дБ															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500	3 150
4M1-10-4M1-10-4M1	22,5	24,5	18	20,5	23,5	26	29	32	34	37	40	44	45	45	42	39
4M1-10-3M1-10-4M1	22	24	17,5	20	23	26	29	32	35	38	40,5	43,5	45	45	45	45
4M1-5-4M1-15-4M1	22,5	24	20	22,5	25	28	31	33,5	36	39	41,5	44	45,5	45,5	42,5	39,5
4M1-12-4M1-12-4M1	22,5	16,5	20	22,5	25	28	31	33,5	36,5	39	42	43,5	45	45	42	39
4M1-12-3M1-12-4M1	22	24	17,5	20	23	26	29	32	35	38	40,5	43,5	45	45	45	45
4M1-6-4M1-18-4M1	22,5	18	21	23,5	26	29	32	34,5	37,5	40	43	44,5	46	46	43	40
4M1-6-3M1-18-4M1	22	24	19,5	22,5	25	28	31	33,5	36,5	39	42	44,5	46,5	46,5	46,5	46,5

Анализ графиков на рис. 2 и рис. 3 показывает, что для стеклопакетов с разной шириной межстекольного пространства по сравнению со стеклопакетами с одинаковой шириной межстекольного пространства на частотах 125...3 150 Гц звукоизоляция возрастает на 1...3 дБ.

Расчет величин звукоизоляции $R_{A_{тран}}$, дБА, для стеклопакетов рассмотренных выше определяем по формуле (1). Значения L_i указаны в табл. 3, а значения R_i – в табл. 4.

Стеклопакет 4M1-10-4M1-10-4M1:

$$R_{A_{тран}} = 75 - 10 \lg \left(10^{0,1(55-22,5)} + 10^{0,1(55-24,5)} + 10^{0,1(57-18)} + 10^{0,1(59-20,5)} + 10^{0,1(60-23,5)} + 10^{0,1(61-26)} + \right. \\ \left. + 10^{0,1(62-29)} + 10^{0,1(63-32)} + 10^{0,1(64-34)} + 10^{0,1(66-37)} + 10^{0,1(67-40)} + 10^{0,1(66-44)} + 10^{0,1(65-45)} + 10^{0,1(64-45)} + \right. \\ \left. + 10^{0,1(62-42)} + 10^{0,1(60-39)} \right) = 75 - 10 \lg 30183 = 30 \text{ дБ}$$

Стеклопакет 4M1-10-3M1-10-4M1:

$$R_{A_{тран}} = 75 - 10 \lg \left(10^{0,1(55-22)} + 10^{0,1(55-24)} + 10^{0,1(57-17,5)} + 10^{0,1(59-20)} + 10^{0,1(60-23)} + 10^{0,1(61-26)} + \right. \\ \left. + 10^{0,1(62-29)} + 10^{0,1(63-32)} + 10^{0,1(64-35)} + 10^{0,1(66-38)} + 10^{0,1(67-40,5)} + 10^{0,1(66-43,5)} + 10^{0,1(65-45)} + 10^{0,1(64-45)} + \right. \\ \left. + 10^{0,1(62-45)} + 10^{0,1(60-45)} \right) = 75 - 10 \lg 32 015 = 30 \text{ дБ}$$

Стеклопакет 4M1-5-4M1-15-4M1:

$$R_{A_{\text{тран}}} = 75 - 10 \lg \left(10^{0,1(55-22,5)} + 10^{0,1(55-24)} + 10^{0,1(57-20)} + 10^{0,1(59-22,5)} + 10^{0,1(60-25)} + 10^{0,1(61-28)} + \right. \\ \left. + 10^{0,1(62-31)} + 10^{0,1(63-33,5)} + 10^{0,1(64-36)} + 10^{0,1(66-39)} + 10^{0,1(67-41,5)} + 10^{0,1(66-44)} + 10^{0,1(65-45,5)} + 10^{0,1(64-45,5)} + \right. \\ \left. + 10^{0,1(62-45,5)} + 10^{0,1(60-39,5)} \right) = 75 - 10 \lg 20\,333 = 32 \text{ дБ}$$

Стеклопакет 4М1-12-4М1-12-4М1

$$R_{A_{\text{тран}}} = 75 - 10 \lg \left(10^{0,1(55-22,5)} + 10^{0,1(55-16,5)} + 10^{0,1(57-20)} + 10^{0,1(59-22,5)} + 10^{0,1(60-25)} + 10^{0,1(61-28)} + \right. \\ \left. + 10^{0,1(62-31)} + 10^{0,1(63-33,5)} + 10^{0,1(64-36,5)} + 10^{0,1(66-39)} + 10^{0,1(67-42)} + 10^{0,1(66-43,5)} + 10^{0,1(65-45)} + 10^{0,1(64-45)} + \right. \\ \left. + 10^{0,1(62-42)} + 10^{0,1(60-39)} \right) = 75 - 10 \lg 26\,574 = 31 \text{ дБ}$$

Стеклопакет 4М1-12-3М1-12-4М1

$$R_{A_{\text{тран}}} = 75 - 10 \lg \left(10^{0,1(55-22)} + 10^{0,1(55-24)} + 10^{0,1(57-17,5)} + 10^{0,1(59-20)} + 10^{0,1(60-23)} + 10^{0,1(61-26)} + \right. \\ \left. + 10^{0,1(62-29)} + 10^{0,1(63-32)} + 10^{0,1(64-35)} + 10^{0,1(66-38)} + 10^{0,1(67-40,5)} + 10^{0,1(66-43,5)} + 10^{0,1(65-45)} + 10^{0,1(64-45)} + \right. \\ \left. + 10^{0,1(62-45)} + 10^{0,1(60-39)} \right) = 75 - 10 \lg 32\,015 = 30 \text{ дБ}$$

Стеклопакет 4М1-6-4М1-18-4М1:

$$R_{A_{\text{тран}}} = 75 - 10 \lg \left(10^{0,1(55-22,5)} + 10^{0,1(55-18)} + 10^{0,1(57-21)} + 10^{0,1(59-23,5)} + 10^{0,1(60-26)} + 10^{0,1(61-29)} + \right. \\ \left. + 10^{0,1(62-32)} + 10^{0,1(63-34,5)} + 10^{0,1(64-37,5)} + 10^{0,1(66-40)} + 10^{0,1(67-43)} + 10^{0,1(66-44,5)} + 10^{0,1(65-46)} + 10^{0,1(64-46)} + \right. \\ \left. + 10^{0,1(62-43)} + 10^{0,1(60-40)} \right) = 75 - 10 \lg 20\,863 = 32 \text{ дБ}$$

Стеклопакет 4М1-6-3М1-18-4М1:

$$R_{A_{\text{тран}}} = 75 - 10 \lg \left(10^{0,1(55-22)} + 10^{0,1(55-24)} + 10^{0,1(57-19,5)} + 10^{0,1(59-22,5)} + 10^{0,1(60-25)} + 10^{0,1(61-28)} + \right. \\ \left. + 10^{0,1(62-31)} + 10^{0,1(63-33,5)} + 10^{0,1(64-36,5)} + 10^{0,1(66-39)} + 10^{0,1(67-42)} + 10^{0,1(66-44,5)} + 10^{0,1(65-46,5)} + 10^{0,1(64-46,5)} + \right. \\ \left. + 10^{0,1(62-46,5)} + 10^{0,1(60-46,5)} \right) = 75 - 10 \lg 21\,199 = 32 \text{ дБ}$$

Рассчитанные величины звукоизоляции окон $R_{A_{\text{тран}}}$, дБА приведены в табл. 5.

Таблица 5 – Рассчитанные величины звукоизоляции окон $R_{A_{\text{тран}}}$, дБА с двухкамерными стеклопакетами

4М1-10-4М1-10-4М1	4М1-10-3М1-10-4М1	4М1-5-4М1-15-4М1	4М1-12-4М1-12-4М1	4М1-12-3М1-12-4М1	4М1-6-4М1-18-4М1	4М1-6-3М1-18-4М1
30	30	32	31	30	32	32

ВЫВОДЫ

1. Проведенные теоретические исследования двухкамерных стеклопакетов показали:
 - уменьшение толщины среднего стекла с 4 до 3 мм практически не изменяет величину звукоизоляции воздушного шума окон;
 - при применении двухкамерных стеклопакетов с меньшей толщиной среднего стекла уменьшается материалоемкость конструкции и как следствие уменьшается ее стоимость.

2. Применение двухкамерных стеклопакетов с разной шириной межстекольного пространства повышает величину звукоизоляции воздушного шума транспортного потока окон на 1...2 дБА, по сравнению с одинаковой шириной межстекольного пространства при равной суммарной ширине их дистанционных рамок стеклопакетов.

3. Сравнение рассчитанных значений величины звукоизоляции для стеклопакета 4М1-10-4М1-10-4М1 соответствует измеренному значению в испытательном центре «БЛОК» Санкт-Петербургского Государственного архитектурно-строительного университета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боголепов, И. И. Современные способы борьбы с шумом в зданиях и на селитебных территориях / И. И. Боголепов. – Текст : непосредственный // Инженерно-строительный журнал. – 2008. – Том 2. – С. 45–49.
2. Звукоизоляция и звукопоглощение : учебное пособие / [под редакцией Г. Л. Осипова и В. Н. Бобылева]. – Москва : АСТ – Астрель, 2004. – 451 с. – Текст : непосредственный
3. Боголепов, И. И. Определение необходимой звукоизоляции окон современных зданий / И.И. Боголепов, Н. П. Столярова. – Текст : непосредственный // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2010. – Том 2–2. – С. 202–209.
4. Воронова, Т. В. Мифы и действительная звукоизолирующая способность современных оконных заполнений / Т. В. Воронова. – Текст : электронный // Вестник ПГАСА. – 2012. – № 1–3 (166–168). – С. 86–90. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23381684> (дата обращения: 05.04.2023). – EDN: TRREXJ.
5. Конструкции малоэтажных зданий : учебное пособие / [под редакцией Н. Г. Прищенко и А. Н. Прищенко]. – Макеевка : ДонНАСА, 2012. – 272 с. – Текст : непосредственный.
6. СП 23-103-2003. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий = Projection of sound insulation of separating constructions in domestic and public buildings : одобрен и рекомендован к применению в качестве нормативного документа Системы нормативных документов в строительстве постановлением Госстроя России от 25.12.2003 N 217 : взамен Руководства по расчету и проектированию звукоизоляции ограждающих конструкций зданий / разработан Научно-исследовательским институтом строительной физики (НИИСФ РААСН), Московским научно-исследовательским и проектным институтом типологии, экспериментального проектирования при участии Центрального научно-исследовательского и проектного института типового и экспериментального проектирования жилища (ЦНИИЭП жилища) [и др.]. – Москва : Госстрой России. – Москва : ФГУП ЦПП, 2004. – 38 с. – Текст : непосредственный.
7. ДСТУ-НБВ.1.1-34:2013. Настанова з розрахунку проектування звукоізоляції огорожувальних конструкцій житлових і громадських будинків : прийнято та надано чинності наказ Міністерству України від 10.07.2013 р. № 306 : уведено вперше : чинний з 2014-01-01 / розробник ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК). – Київ : Міністерство будівництва України, 2013. – 112 с. – Текст : непосредственный.
8. Garg, N. Experimental investigations on sound insulation through single, double & triple window glazing for traffic noise abatement / N. Garg, O. Sharma, S. Maj. – Текст : непосредственный // Journal of Scientific & Industrial Research. – 2011. – Volume 70. – P. 471–478.
9. A compara ve study of sound transmission loss provided by glass, acrylic and polycarbonate / E. A. Khidir, Z. Harun, M. J. M. Nor [et al.]. – Текст : непосредственный. – Jurnal Teknologi. – 2013. – 60. – P. 1–4.
10. Протокол испытаний блоков оконных и дверных балконных из поливинилхлоридных профилей RENAУ : Протокол испытаний № 17-1 от 29.03.2012 г. испытательного центра «БЛОК» Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета. – Текст : электронный // Оконный проект : [сайт]. – 2023. – URL: https://www.okproekt.ru/sertifikati_sootvetstviya/protokol_ispitanij (дата обращения: 05.04.2023).

Получена 03.04.2023

Принята 23.05.2023

М. Г. ПРИЩЕНКО, Т. О. ЧЕРНИШЕВА, А. А. ТРУСКАЛОВА,
С. С. БЕССЧАСТНИЙ, Ю. А. ГИМАТУТДИНОВА
ОЦІНКА ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ ТИПОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІКОН
ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація

Анотація. Одним з негативних факторів, які негативно впливають на здоров'я людини, є шум. Розвиток технічної оснащеності призводить до збільшення рівня акустичних шумів. Перше місце за «вкладом» у шумове забруднення міст займає автотранспорт. Найбільш ефективними методами захисту місць праці, побуту і відпочинку визнані архітектурно-конструктивні заходи: екранують споруди, спеціальні типи будівель і шумозахисні вікна. Необхідно відзначити, що екранують споруди створюють шумовий комфорт на території забудови і на фасадах малоповерхових будівель. Тому застосування шумозахисних вікон для приміщень, розташованих вище третього поверху, вельми актуально. У статті представлені результати чисельних досліджень звукоізоляції типових конструкцій вікон з двокамерними

склопакетами в умовах міста Донецька з урахуванням наведеного опору теплопередачі вікон. Визначено конструктивні рішення вікон, що забезпечують їх нормативну звукоізоляцію без збільшення матеріаломісткості.

Ключові слова: захист від шуму, транспортний шум, звукоізоляція вікна, акустичний розрахунок.

NIKOLAI PRISHCHENKO, TAMARA CHERNYSHEVA, ANTONINA TRUSKALOVA,
STANISLAV BESSCHASTNYJ, JULIA GIMATUTDINOVA
ASSESSMENT OF SOUND INSULATION OF TYPICAL WINDOW DESIGNS
FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,
Makeyevka, DPR, Russian Federation

Abstract. One of the negative factors that affect human health is noise. The development of technical equipment leads to an increase in the level of acoustic noise. The first place in terms of «contribution» to the noise pollution of cities is occupied by motor vehicles. Architectural and constructive measures are recognized as the most effective methods of protecting places of work, everyday life and recreation: screening structures, special types of buildings and noise-proof windows. It should be noted that screening structures create noise comfort on the territory of development and on the facades of low-rise buildings. Therefore, the use of noise-proof windows for rooms located above the third floor is very relevant. The article presents the results of numerical studies of sound insulation of typical designs of windows with double-glazed windows in the conditions of the city of Donetsk, taking into account the reduced heat transfer resistance of windows. The design solutions of windows providing their normative sound insulation without increasing the material consumption are determined.

Keywords: noise protection, traffic noise, window sound insulation, acoustic calculation.

Прищенко Николай Григорьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования зданий и строительной физики ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: архитектурно-строительная акустика, энергоэффективность зданий, обследование и реконструкция зданий и сооружений.

Чернышева Тамара Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования зданий и строительной физики ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: вопросы звукоизоляции легких многослойных ограждений, проектирование зданий.

Трускалова Антонина Антоновна – магистр; ассистент кафедры проектирования зданий и строительной физики ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: архитектурно-строительная акустика, энергоэффективность зданий.

Бессчастный Станислав Сергеевич – магистрант кафедры проектирования зданий и строительной физики ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: вопросы звукоизоляции легких многослойных ограждений; проектирование зданий.

Гиматутдинова Юлия Артуровна – магистрант кафедры проектирования зданий и строительной физики ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: вопросы звукоизоляции легких многослойных ограждений; проектирование зданий.

Прищенко Микола Григорович – кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування будівель і будівельної фізики ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: питання звукоізоляції легких багатопарових огорожень, проектування будівель.

Чернишева Тамара Олександрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування будівель і будівельної фізики ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури» м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: питання звукоізоляції легких багатопарових огорожень, проектування будівель.

Трускалова Антоніна Антонівна – магістр; асистент кафедри проектування будівель і будівельної фізики ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: архітектурно-будівельна акустика, енергоефективність будівель.

Бессчастный Станіслав Сергійович – магістрант кафедри проектування будівель і будівельної фізики ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: питання звукоізоляції легких багатопарових огорожень; проектування будівель.

Гімагутдінова Юлія Артурівна – магістрант кафедри проектування будівель і будівельної фізики ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: питання звукоізоляції легких багатошарових огорожень; проектування будівель.

Prishchenko Nikolai – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Building Design and Structural Physics Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: architectural and construction acoustic, energy efficiency of buildings, auscultation and reconstruction of buildings and related structures.

Chernysheva Tamara – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Building Design and Structural Physics Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: questions of sound insulation of light multi-layer fences, designing of buildings.

Truskalova Antonina – Master; Assistant, Building Design and Structural Physics Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: architectural and construction acoustic, energy efficiency of buildings.

Besschastnyj Stanislav – master's student, Building Design and Structural Physics Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: questions of sound insulation of light multi-layer fences, designing of buildings.

Gimatutdinova Julia – master's student, Building Design and Structural Physics Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: questions of sound insulation of light multi-layer fences, designing of buildings.

EDN: RUNWIY

UDK 693.5; 693.547.3

MAXIM VORONENKO, NIKOLAI ZAICHENKO, NINA MIKLASHEVICHFSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,
Makeyevka, DPR, Russian Federation

SELF-COMPACTING CONCRETE IN WINTER CONDITIONS

Abstract. The article presents scientific developments of scientists on application of self-compacting concrete mixtures for construction of buildings and structures under conditions of low and negative ambient temperatures. The analysis of existing methods of construction of monolithic buildings and structures in the cold season, on the basis of which effective compositions of self-compacting concrete mixtures are developed, is carried out. The most optimal method of obtaining high technological properties of concrete mixtures and physical-mechanical properties of concrete in winter concreting has been determined. Particularly, advantages of using of antifreeze additives allow to apply them most effectively at large volumes of monolithic construction in conditions of subzero temperatures providing necessary properties of concrete mixture and increasing durability of constructions at minimum expenses. The most popular types of antifreeze additives are given.

Keywords: self-compacting concrete mix, monolith, winter period, formulation, performance properties, antifreeze additives.

WORK RELEVANCE

Today the technology of monolithic construction is more and more widely used in the construction of buildings and structures, is one of the main directions of development of civil and industrial construction. This is due to a number of advantages: high rate of construction; reliability and durability of construction objects; erection of buildings and structures of various geometric shapes [1]. To increase technical and economic efficiency of application of cast-in-situ concrete, as well as quick putting of capital construction objects into operation, necessity of all-the-year-round manufacture appears, including conditions of low temperatures of ambient air. On the other hand, with the obvious advantages of increasing the rate of construction monolithic house-building is associated with a number of problems, primarily the need to ensure the normal rate of curing of concrete in low ambient temperatures, as well as the required manufacturability of concrete mix [2].

There have been many studies of winter concreting by domestic and foreign researchers: A. S. Arbenyev, A. I. Gnyrey, I. A. Kireenko, B. M. Krasnovsky, B. A. Krylov, S. A. Mironov, B. G. Skramtaev, S. Arbenyev, S. A. Mironov, L. M. Kolchedantsev, I. B. Zasedatelev, A. V. Lagoyda, and foreign scientists A. M. Ginzburg, C. Bofan, P. Paulik [3–5]. It should be noted that foreign studies on this topic are less extensive. The priority of domestic scientists in the development of winter concreting technology is fixed by numerous publications and technical solutions and also laid a methodological basis for development of organizational and technological solutions for works in conditions of negative temperatures [6, 7].

During the winter period, concrete work must be carried out in such a way that the required (critical) strength should be achieved, since higher energy costs are required to achieve the design strength. It is important to prevent the concrete mix from freezing during the strength development process, since when the concrete starts to freeze before reaching the minimum required strength, it cannot reach the required final strength once the concrete has thawed. The reason for this is that the freshly placed concrete mix contains unbound water from the Portland cement hydration process, which expands in the case of freezing and breaks the bonds between the aggregate and the weakly hardened cement stone. In addition, the early freezing reduces the adhesion of the concrete to the reinforcement [8].

Of particular interest are self-compacting concrete, which has been successfully used on construction sites in developed foreign countries for more than ten years. Self-compacting concrete is concrete mixtures which



are able to disperse under their own weight without additional external energy, to maintain homogeneity, and ensure full compaction, form-filling and encapsulation of reinforcement bars and embedded parts [11].

Purpose of work: is a theoretical justification of the feasibility of choosing the best method for obtaining high technological properties of concrete mixes and physical and mechanical properties of concrete in winter concreting conditions.

BASIC MATERIAL

An important aspect when carrying out concrete works with SCC in winter is to ensure that the concrete should have a critical strength. Once reached, freezing has no irreversible effect on the concrete structure and the frozen concrete develops its design strength after thawing. This is ensured by increasing the density and reduction of capillary porosity by careful selection of concrete composition. As the result of this the use of self-compacting concrete in winter conditions in the construction of monolithic buildings can significantly reduce the time of heat treatment, contribute to saving material, labor, energy and financial resources. The use of chemical antifreeze additives can make it possible to refuse external energy influences, but this requires a considerable amount of testing before implementation [9].

Modern concreting technology in conditions of low and sub-zero temperatures offers methods of working (figure 1) [10]. Electrical heating with heating cables is recommended for thin-walled structures with a large surface area. Heating with heating wires takes place from the inside of the structure – conductively. After the concrete mix has been poured and compacted, an electric current of certain parameters is passed through the wire to heat the mix from the inside. The number of heating elements to be placed in the structure depends on the amount of concrete to be heated and the electrical power required for this. The cable does not need to be dismantled and remains in the structure permanently. Each structure has its own technical data sheet. The heating and holding times of the concrete are determined on the basis of the concrete temperature and the current intensity of the heating elements.

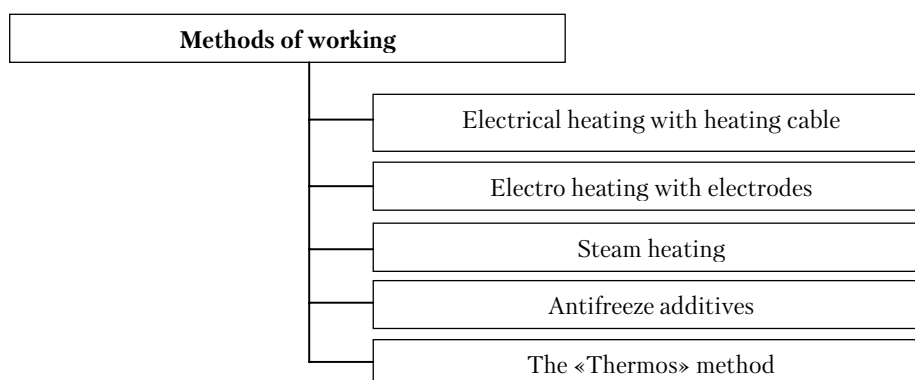


Figure 1 – Working methods for winter concreting.

This is a big advantage of the heating cable method, because the heat is transferred to the structure from the outside and heats it from the surface, in contrast to all other similar methods where the source of heat is led up to the structure from the outside and all heat is transferred to the concrete using the heating cable. The implementation of this method is complicated by selection of optimal values of heating cable length and diameter, taking into account the possible unevenness of its electrical resistance, the choice of supply voltage and the risk of wire breakage during installation and concreting. It is impossible to reuse the wire, the need for a large amount of additional equipment and labour-intensive laying [9] must be also taken into account. The method of electric heating with electrodes is based on heat generation by a conductor with high resistance when electric current is flowing through it. A wire WHSB is used as a heating element [12]. This method involves introducing electrodes (bars, strips, strings, plates) into the concrete or placing them on its surface, which are then connected to a transformer. The result is an electric field that warms up the concrete rather than the surrounding environment. By selecting and adjusting the output parameters of the transformer, the desired concrete heating temperature can be achieved [9]. Advantages of heating with electrodes are the following: high thermal efficiency of the method; reliability and ease of installation; heating of structures of any thickness and any shape. Disadvantages of heating with electrodes include considerable time for preparation; additional equipment; high power consumption (from 1 000 kW for 3...5 m³ of concrete mixture) and the need for qualified personnel.

Steam heating is a construction method that uses steam to create favourable heat and humidity conditions to accelerate the hardening of the concrete. Around the concreted structure there is a «jacket» made of roofing felt, wooden or steel panels, under which steam is injected.

«The jacket» ensures the required heating of the structure and provides the required humidity. Low pressure steam of 0.5...0.7 atm. is used, with a temperature of 80...90 °C. Approximate mode of steam preheating: the rate of rise (gradient) temperature of not more than 5-10 deg./h; isothermal heating at the temperature of 80° C for concrete on general Portland cement and 95 °C – on Portland slag cement and pozzolanic cement. The cooling rate (gradient) of the concrete must be 10 g/h.

Antifreeze additives are also widely used. The main reason for curing concrete mixes when exposed to high temperatures is the freezing of water in them (figure 2) [13]. Concrete with frost protection additives requires less water per unit volume than conventional concrete. This explains the higher strength and frost resistance of concrete with salt additives compared to the strength of concrete. The choice of additives and their optimum amount depends on the type of concreted structure, the degree of its reinforcement, the presence of aggressive media and stray currents, ambient temperature, etc. The disadvantage is considered to be the increase in time of achieving the design strength of the concrete; reduction of corrosion resistance of reinforcement (for chloride additives) [14].

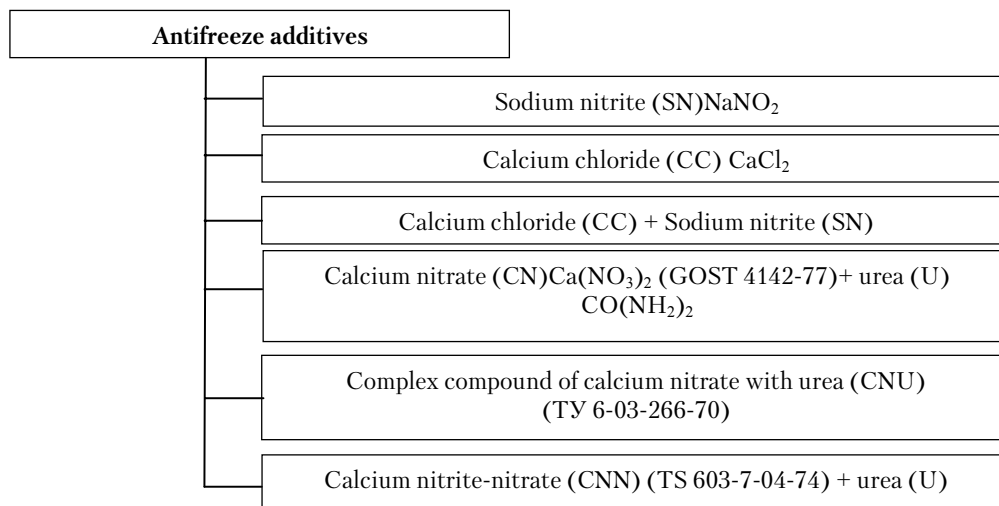


Figure 2 – Types of antifreeze additives.

At the same time, the thermos method should not be used when concreting structures in ambient conditions with an average daily outdoor temperature below +5 °C and a minimum temperature below 0 °C. Although the temperature limits of this method can be extended by a number of additional measures (increasing the initial temperature of the concrete mixture, introduction of chemical additives), in general it increases the economic costs of the works. In some cases, it is advisable to combine the temperature control method with electric heating of the perimeter of the structure. It is also necessary to additionally insulate structural elements that cool down faster than the main part (corners, protrusions, embedded parts, ribs), thus creating the same cooling conditions for the entire structure [9].

CONCLUSIONS

The problem of winter application of self-compacting concrete has been extensively studied, but there are a number of shortcomings which have prompted the search for new solutions in this area. The winter application of self-compacting concrete is accompanied by a large number of problems, the solution of which will enable the use of self-compacting concrete in the most efficient way, both economically and practically.

Based on a comparative analysis, the most effective way of using self-compacting concrete is to use frost protection additives which reduce the cost of concrete. Also a carefully selected SSC composition provides acceptable resistance to daily variations in raw material quality and moisture content, reducing the frequency of laboratory inspections and facilitating production control.

REFERENCES

1. Крылов, Б. А. Монолитное строительство, его состояние и перспективы совершенствования / Б. А. Крылов. – Текст : электронный // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2012. – № 4 (159). – С. 35–38. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_20330880_41605965.pdf (дата обращения 15.04.2023). – EDN: RCXKRF.
2. Головнев, С. Г. Зимнее бетонирование: этапы становления и развития / С. Г. Головнев. – Текст : электронный // Вестник волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: строительство и архитектура. – 2013. – № 31-2 (50). – С. 529–534. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_20281017_56313912.pdf (дата обращения 15.03.2023). – EDN: RBVBBD.
3. Куракова, О. А. Применение новых технологий зимнего бетонирования в современном строительстве / О. А. Куракова, М. У. Галаев. – Текст : электронный // Экономика и предпринимательство. – 2012. – № 6 (95). – С. 1073–1075. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_20330880_41605965.pdf (дата обращения 15.03.2023). – EDN: XPUGQP.
4. Золотухин, С. Н. Бетонирование при отрицательных температурах / С. Н. Золотухин, А. Н. Горюшкин. – Текст : электронный // Научный вестник ВГАСУ. Серия: Высокие технологии. Экология. – 2012. – № 1. – С. 81–85. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_20281017_56313912.pdf (дата обращения 16.03.2023).
5. Paulik, Peter. The Effect of Curing Conditions (In Situ vs. Laboratory) on Compressive Strength Development of High Strength Concrete / Peter Paulik // Procedia Engineering. – 2013. – № 34 (156). – P. 113–119. – URL: https://www.researchgate.net/publication/259167998_The_Effect_of_Curing_Conditions_In_Situ_vs_Laboratory_on_Compressive_Strength_Development_of_High-Strength_Concrete (дата обращения 15.04.2023).
6. Красновский, Б. М. Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования = Engineering-physical principles of the winter concreting methods / Б. М. Красновский ; Государственная академия профессиональной переподготовки и повышения квалификации руководящих работников и специалистов инвестиционной сферы Министерства образования и науки РФ (ГАСИС-Москва). – Москва : Изд-во ГАСИС, 2004. – 467 с. – (Серия «Избранные монографии ученых ГАСИС»). – ISBN 5-9504-0009-7. – Текст : непосредственный.
7. Золотухин, С. Н. Бетонирование при отрицательных температурах / С. Н. Золотухин, А. Н. Горюшкин. – Текст : электронный // Научный вестник ВГАСУ. Серия: Высокие технологии. Экология. – 2012. – № 1. – С. 81–85. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_18907371_10194680.pdf (дата обращения 16.03.2023)
8. Головнев, С. Г. Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов / С. Г. Головнев. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 1999. – 156 с. – ISBN 5-6960-1147-0. – Текст : непосредственный.
9. Баженов, Ю. М. Технология бетона : [учебник] / Ю. М. Баженов. – Москва : Изд-во АСВ, 2003 – 503 с. – ISBN 5-93093-138-0. – URL: <https://studylib.ru/doc/2607312/tehnologiya-betona> (дата обращения 15.03.2023). – Текст : электронный.
10. Мозгалёв, К. М. Эффективность применения самоуплотняющихся бетонов при возведении монолитных зданий в зимних условиях / К. М. Мозгалёв, С. Г. Головнев, Д. А. Мозгалёва. – Текст : электронный // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2014. – Том 14, № 1. – С. 34–37. – URL: <https://pdfslide.net/documents/-5750a9811a28abcf0cd0b5e6.html?page=1> (дата обращения 17.03.2023).
11. Система монолитного домостроения. Конструктивно-технологические решения / А. Н. Белоконов, В. А. Коссаковский, В. М. Рудой [и др.]. – Москва : ЦНИИЭП жилища, 1988. – 198 с. – Текст : непосредственный.
12. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 290300 «Промышленное и гражданское строительство» направления 653500 «Строительство» / [С. А. Молодых и др.]. – Саранск : Изд-во Мордовского университета, 2002. – 138 с. – ISBN 5-7103-0826-9. – Текст : непосредственный.
13. Красновский, Б. М. Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования = Engineering-physical principles of the winter concreting methods / Б. М. Красновский ; Государственная академия профессиональной переподготовки и повышения квалификации руководящих работников и специалистов инвестиционной сферы Министерства образования и науки РФ (ГАСИС-Москва). – Москва : Изд-во ГАСИС, 2004. – 467 с. – (Серия «Избранные монографии ученых ГАСИС»). – ISBN 5-9504-0009-7. – Текст : непосредственный.
14. Круглый стол. Зимнее бетонирование: современный рынок противоморозных добавок – состояние и перспективы // Технологии бетонов. – 2011. – № 11–12. – С. 10–20. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_20330880_41605965.pdf (дата обращения 18.03.2023). – Текст : электронный. – EDN: TKANKR.

Получена 04.04.2023

Принята 23.05.2023

М. Э. ВОРОНЕНКО, Н. М. ЗАЙЧЕНКО, Н. В. МИКЛАШЕВИЧ
САМОУПЛОТНЯЮЩИЙСЯ БЕТОН В ЗИМНИЙ ПЕРИОД
ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

Аннотация. Представлены научные разработки ученых по применению самоуплотняющихся бетонных смесей при строительстве зданий и сооружений в условиях низких и отрицательных температур окружающей среды. Проведен анализ существующих методов возведения монолитных зданий и сооружений в холодное время года, на основе которых разрабатываются эффективные составы самоуплотняющихся бетонных смесей. Определен наиболее оптимальный способ для получения высоких технологических свойств бетонных смесей и физико-механических свойств бетона в условиях зимнего бетонирования. В частности преимуществами применения противоморозных добавок является наиболее эффективное использование их при больших объемах монолитного строительства в условиях отрицательных температур, обеспечивая необходимые свойства бетонной смеси, а также повышение долговечности конструкций при минимальных затратах. Приведены наиболее популярные виды противоморозных добавок.

Ключевые слова: самоуплотняющаяся бетонная смесь, монолит, зимний период, разработка составов, эксплуатационные свойства, противоморозные добавки.

М. Е. ВОРОНЕНКО, М. М. ЗАЙЧЕНКО, Н. В. МИКЛАШЕВИЧ
САМОУЩІЛЬНЮВАЛЬНИЙ БЕТОН У ЗИМОВИЙ ПЕРІОД
ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація

Анотація. Представлено наукові розробки науковців щодо застосування самоущільнювальних бетонних сумішей під час будівництва будівель і споруд в умовах низьких і від'ємних температур навколишнього середовища. Проведено аналіз наявних методів зведення монолітних будівель і споруд у холодну пору року, на основі яких розробляються ефективні склади самоущільнювальних бетонних сумішей. Визначено найбільш оптимальний спосіб для отримання високих технологічних властивостей бетонних сумішей і фізико-механічних властивостей бетону в умовах зимового бетонування. Зокрема переваги застосування протиморозних добавок дають змогу найбільш ефективно використовувати їх за великих обсягів монолітного будівництва в умовах від'ємних температур, забезпечуючи необхідні властивості бетонної суміші, а також підвищують довговічність конструкцій за мінімальних витрат. Наведено найбільш популярні види протиморозних добавок.

Ключові слова: самоущільнювальна бетонна суміш, моноліт, зимовий період, розробка складів, експлуатаційні властивості, протиморозні добавки.

Вороненко Максим Эдуардович – аспирант кафедры технологии строительных конструкций, изделий и материалов ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: самоуплотняющиеся бетоны с высокими эксплуатационными свойствами.

Зайченко Николай Михайлович – доктор технических наук, профессор; ректор ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: технология и свойства модифицированных высокопрочных бетонов.

Миклашевич Нина Васильевна – кандидат педагогических наук, доцент; заведующая кафедрой иностранных языков и педагогики высшей школы ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: педагогика высшей школы.

Вороненко Максим Эдуардович – аспирант кафедры технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: самоущільнювальні бетони з високими експлуатаційними властивостями.

Зайченко Микола Михайлович – доктор технічних наук, професор; ректор ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: технологія і властивості модифікованих високоміцних бетонів.

Міклашевич Ніна Василівна – кандидат педагогічних наук, доцент; завідувач кафедри іноземних мов та педагогіки вищої школи ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: педагогіка вищої школи.

Voronenko Maxim – post-graduate student, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: self-compacting concrete with high performance properties.

Zaichenko Nikolai – D. Sc. (Eng.), Professor; rector FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: technology and properties of modified high-strength concrete.

Miklashevich Nina – Ph. D. (Pedagogical Sciences), Associate Professor, Foreign Language and Higher School Pedagogy Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: pedagogy of Higher School.

EDN: PSLLRH

УДК 624.154.34:624.04

А. А. БАЛАШОВ, О. С. ФРОЛОВ, Т. В. КОШЕЛЕВА, И. А. ДАНИЛЕВСКИЙ, Д. И. ЛОЗАК

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,

г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

УНИКАЛЬНАЯ ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БУРОИНЪЕКЦИОННЫХ СВАЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ВЗРЫВА

Аннотация. Обеспечение безопасности эксплуатации зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях является актуальным и зависит, в первую очередь, от надежности работы оснований и фундаментов. При усилении оснований фундаментов все большее применение находят буроинъекционные сваи (БИС), закрепляющие основание без динамических воздействий. Новым направлением повышения их несущей способности явилось применение при их изготовлении электроразрядных технологий. В целях расширения области использования этих свай при усилении оснований зданий исследован ряд вопросов. Полученные результаты: обоснована возможность и условия применения свай «ЭРГТ», «ЭХВ», «РИТ», «TITAN» при усилении оснований зданий, подобраны технологические параметры, разработаны и исследованы материалы, подобран комплект отечественного оборудования. Проведен расчет и анализ напряженно-деформированного состояния системы «основание-фундаменты-надземное строение» с использованием ПК ЛИРА САПР, произведен расчет и проектирование усиления основания многоэтажного гражданского здания, разработаны рекомендации по выполнению работ.

Ключевые слова: усиление, основание, буроинъекционные сваи, экспериментальные исследования, материалы, система «основание-фундаменты-надземное строение», проектирование, охрана труда, экономическая эффективность.

В условиях плотной городской застройки при выполнении работ по реконструкции зданий, все чаще находят применение «щадящие» технологии, к которым относятся буро-инъекционные геотехнологии, преимуществом которых является возможность выполнения комплекса работ по усилению оснований без ударных, вибрационных и других механических воздействий на здание и окружающую застройку [2, 5].

В современной зарубежной и отечественной геотехнической практике сфера применения буроинъекционных свай значительно расширилась: усиление оснований и фундаментов, крепление оползневых склонов, подпорных стен, и др. [1, 4]. В мировой практике существует большое количество разновидностей БИС повышенной несущей способности как отечественного («ЭРГТ», «РИТ», «Атлант», «Буран» GEOIZOL-MP), так и зарубежного (GEWI, TITAN, DYWI DRILL) производств [1, 5].

В качестве альтернативы зарубежным геотехнологиям в ГУП Московском НИИОСП им. Н. М. Герсаванова с 1990 г. при изготовлении свай БИС применялась электроразрядная геотехнология (ЭРГТ) [4, 6]. Технология основана на использовании энергии электрических разрядов в скважинах, заполненных подвижным мелкозернистым бетоном. ЭРГТ позволяет уплотнить грунты ударными волнами, возникающими при высоковольтных разрядах в подвижной бетонной смеси и несколькими пульсациями в образующейся парогазовой полости. При обработке используется серия импульсов с интервалом в несколько секунд.

Дальнейшим развитием этого направления в 2009 г. явилась геотехнология электрохимического взрыва (ЭХВ), отличающаяся введением в зону разрядного промежутка специальных химических составов, которые увеличивают в несколько раз выделяемую энергию разряда, изменяют форму импульса ударной волны. Применение ЭХВ позволяет получать камуфлетные уширения в любой части ствола свай.

© А. А. Балашов, О. С. Фролов, Т. В. Кошелева, И. А. Данилевский, Д. И. Лозак, 2023



Наиболее широкое применение нашли буринъекционные сваи РИТ (патент 2087617 С1, 6Е02Д5/34), устраиваемые по разрядно-импульсной технологии.

Целью работы является исследование усиления основания фундаментов жилого здания при реконструкции с использованием прогрессивных буринъекционных свай.

Реализация намеченной цели достигается решением следующих задач: изучение теоретических работ и опыта усиления оснований с использованием буринъекционных свай; исследование материалов и подбор оборудования; разработка рекомендаций по выполнению работ.

Научную новизну работы составляют:

- исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) системы «основание-фундаменты-надземное строение»;
- численные характеристики свойств растворов и цементно-песчаного бетона.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

При изготовлении буринъекционных свай повышенной несущей способности, например – «ЭХВ» (электрохимический взрыв), последовательность работ следующая:

- бурение скважины проходным полым шнеком;
- подача в скважину через шнек инъекционного раствора (при движении шнека вниз) или цементно-песчаного бетона (при движении шнека вверх) под давлением 20...30 атм.;
- установка в скважину излучателя и проведение электрохимической обработки пяты и ствола свай специальным составом «Дилафилм» на основе алюминиевого состава;
- в свежееуложенный бетон опускают в скважину арматурный каркас с помощью виброустановки (время установки каркаса после укладки бетона – не более 20 минут).

Геотехнология «ЭХВ» получила свое развитие в виде электрохимического взрыва, сущность которого заключается в установке в зоне расположения электрического разряда специального состава, «Дилафилм», который выделяет значительную дополнительную энергию высоковольтного импульса.

Проведены экспериментальные исследования цементно-глинистого инъекционного раствора и цементно-песчаного бетона для выполнения ствола свай. Результаты исследований показали, что прочность бетона с соотношением компонентов цемент: песок: вода Ц:П:В = 1:1,18:0,65 с добавлением 2,5 % CaCl_2 на 7 сутки твердения составила 21,0 МПа, а на 28 сутки – 30 МПа, что соответствует предъявляемым требованиям.

Произведен статический расчет и анализ напряженно-деформированного состояния системы «основания-фундамент-надземное строение» с использованием ПК ЛИРА САПР.

Разработаны рекомендации по выполнению работ при усилении основания здания. Разработаны мероприятия по охране труда и расчет экономической эффективности.

ВЫВОДЫ

Разработанные в нашей стране электроразрядные геотехнологии изготовления буринъекционных свай, например: «ЭРГТ», «ЭХВ», «РИТ», – по своим характеристикам не имеют аналогов в мире. Они основаны на использовании мощных электрических разрядов в конденсированных средах как средства возбуждения ударных волн и импульсов высокого давления. Произведен расчет и проектирование усиления основания фундаментов жилого дома с применением 90 буринъекционных свай «ЭХВ» длиной 5 м, расположенных с шагом 3 м. Экономический эффект составляет 2 961 459 руб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самохвалов, М. А. Обзор существующих конструкций буринъекционных анкерных свай / М. А. Самохвалов, А. В. Гейдт, А. А. Паронко. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2019. – Том 14, выпуск 12. – С. 1530–1554. – DOI: 10.22227/1997-0935.2019.12.1530-1554.
2. Мангушев, Р. А. Современные свайные технологии : учебное пособие / Р. А. Мангушев, А. В. Ершов, А. И. Осокин. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГАСУ, 2007. – 160 с. – ISBN 978-5-93093-512-7. – Текст : непосредственный.
3. Патент № 2522358 Российская Федерация, Е02Д5/46. Способ изготовления буринъекционной свай с контролируемым уширением : № 2012155563/03 ; заявл. 19.12.2012 ; опубл. 20.07.2014 / Я. А. Пронозин, Ю. В. Зазула, М. А. Самохвалов ; патентообладатели: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет» (ФГБОУ ВПО «ТюмГАСУ»). – 11 с. – Текст : непосредственный.

4. Evtushenko, S. I. The Estimation of Efficiency from Application the Local Strengthening of Strip Foundations by Short Piles / S. I. Evtushenko, M. N. Shutova, V. N. Pikhur. – Текст : непосредственный // International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2020), Sochi, Russia, November 2020. – 2020. – Volume 962. – P. 1–7. – Article number 032019. – DOI: 10.1088/1757-899X/962/3/032019.
5. Modern methods of strengthening bases / F. I. Bratan, E. A. Danilova, E. I. Hotuleva [et al.]. – Текст : непосредственный // Sistemnye tehnologii. – 2020. – № 37. – P. 20–24.
6. Static and Dynamic Response of Micropiles Used for Reinforcing Slopes / T. Yang, Y. Men, C. J. Rutherford [et al.]. – Текст : непосредственный // Applied Sciences. – 2021. – Volume 11, No. 14. – P. 1–19. – DOI: 10.3390/app11146341.

Получена 10.05.2023

Принята 23.05.2023

А. А. БАЛАШОВ, О. С. ФРОЛОВ, Т. В. КОШЕЛЁВА, И. А. ДАНИЛЕВСЬКИЙ,
Д. И. ЛОЗАК
УНІКАЛЬНА ВІТЧИЗНЯНА ГЕОТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ
БУРОІН'ЄКЦІЙНИХ ПАЛЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ВИБУХУ
ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація

Анотація. Забезпечення безпеки експлуатації будівель та споруд у складних інженерно-геологічних умовах є актуальним та залежить, в першу чергу, від надійності роботи основ та фундаментів. При посиленні основ фундаментів все більше застосування знаходять буріоін'єкційні палі (ВІС), що закріплюють основу без динамічних впливів. Новим напрямом підвищення їхньої несучої здатності стало застосування при їх виготовленні електророзрядних технологій. З метою розширення області використання цих палей при посиленні основ будівель досліджено низку питань. Отримані результати: обґрунтовано можливість та умови застосування палей «ЕРГТ», «ЕХВ», «РІТ», «ТІТАН» при посиленні основ будівель, підібрано технологічні параметри, розроблено та досліджено матеріали, підібрано комплект вітчизняного обладнання. Проведено розрахунок та аналіз напружено-деформованого стану системи «основа-фундаменти-надземна будова» з використанням ПК ЛІРА САПР, здійснено розрахунок та проектування посилення основи багатоповерхової цивільної будівлі, розроблено рекомендації.

Ключові слова: посилення, основа, буріоін'єкційні палі, експериментальні дослідження, матеріали, система «основа-фундаменти-надземна будова», проектування, охорона праці, економічна ефективність.

ARTEM BALASHOV, OLEG FROLOV, TATYANA KOSHELEVA,
IGOR DANILEVSKY, DENIS LOZAK
UNIQUE DOMESTIC GEOTECHNOLOGY FOR THE MANUFACTURE OF
BORED-INJECTION PILES USING ELECTRO-DISCHARGE TECHNOLOGIES
AND ELECTRO-CHEMICAL EXPLOSION
FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,
Makeyevka, DPR, Russian Federation

Abstract. Ensuring the safety of buildings and structures in complex engineering and geological conditions is relevant and depends, first of all, on the reliability of the bases and foundations. When strengthening foundation foundations, drilled-injection piles (DIP) are increasingly used, which fix the foundation without dynamic effects. A new direction for increasing their bearing capacity was the use of electro-discharge technologies in their manufacture. In order to expand the area of use of these piles when strengthening the foundations of buildings, a number of issues have been investigated. Obtained results: the possibility and conditions for the use of piles «ERGT», «EKhV», «RIT», «TITAN» when strengthening the foundations of buildings are substantiated, technological parameters are selected, materials are developed and studied, a set of domestic equipment is selected. Calculation and analysis of the stress-strain state of the «base-foundation-above-ground structure» system was carried out using the SP LIRA SAPR, calculation and design of the reinforcement of the base of a multi-storey civil building were made, recommendations for the work were developed.

Keywords: reinforcement, foundation, bored piles, experimental studies, materials, «base-foundation-above-ground structure» system, design, labor protection, economic efficiency.

Балашов Артем Андреевич – магистрант кафедры оснований, фундаментов и подземных сооружений ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: расширение области применения прогрессивных свай.

Фролов Олег Станиславович – магистрант кафедры оснований, фундаментов и подземных сооружений ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: строительство в сложных инженерно-геологических условиях.

Коселева Татьяна Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры оснований, фундаментов и подземных сооружений ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: строительство в сложных инженерно-геологических условиях, разработка и исследование работы буринъекционных свай.

Данилевский Игорь Андреевич – магистрант кафедры оснований фундаментов и подземных сооружений ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: реконструкция зданий и сооружений.

Лозак Денис Игоревич – магистрант кафедры оснований фундаментов и подземных сооружений ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: применения разрядно-импульсных геотехнологий

Балашов Артем Андрійович – магістрант кафедри основ, фундаментів та підземних споруд ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: розширення сфери застосування прогресивних паль та пальових фундаментів.

Фролов Олег Станіславович – магістрант кафедри основ, фундаментів та підземних споруд ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: будівництво у складних інженерно-геологічних умовах.

Коселева Тетяна Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри основ, фундаментів та підземних споруд ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: будівництво у складних інженерно-геологічних умовах, розробка та дослідження роботи паль.

Данилевський Ігор Андрійович – магістрант кафедри основ фундаментів та підземних споруд ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: реконструкція будівель та споруд, бурин'єкційні геотехнології.

Лозак Денис Ігорович – магістрант кафедри основ фундаментів та підземних споруд ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: розширення застосування розрядно-імпульсних геотехнологій.

Balashov Artem – a master's student, Foundations, Foundations and Underground Structures Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: expanding the scope of progressive piles and pile foundations.

Frolov Oleg – a master's student, Foundations, Foundations and Underground Structures Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: construction in complex engineering and geological conditions.

Kosheleva Tatyana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Foundations and Underground Structures Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: construction in complex engineering and geological conditions, development and study of the operation of piles.

Danilevsky Igor – a master's student, Foundations, Foundations and Underground Structures Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: reconstruction of buildings and structures, drilling.

Lozak Denis – a master's student, Foundations, Foundations and Underground Structures Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: expanding the use of discharge-impulse geotechnologies.

EDN: **PYSRAB**

УДК [681.6-3+69.001.5](691.32)

Л. Д. ПАНТЕЛЕЕНКО, М. О. СУВороваФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова»,
г. Белгород, Российская Федерация

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ 3Д-ПЕЧАТИ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ВНУТРЕННЕЙ ТОПОЛОГИИ ПЕЧАТНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Аннотация. В работе обозначены основные существующие проблемы строительных аддитивных технологий и предложено возможное решение части этих проблем. Приведены результаты критического анализа применяемых на практике и перспективных топологических решений внутреннего объема печатной строительной конструкции. Предложена концепция технологии строительной 3д-печати, которая позволит упростить и автоматизировать процесс подготовки к печати, заключающийся в создании 3д-модели, выборе внутреннего структурообразования конструкции, проведении расчета на нагрузки, разбиении модели на слои и переводе в формат G-кода. Поставлены основные задачи исследования, план развития, а также показаны результаты текущих исследований структурного формообразования строительных печатных конструкций, позволяющих прийти к наиболее рациональному решению при выборе внутренней топологической решетки. Сделан вывод о целесообразности дальнейшего развития в выбранном направлении.

Ключевые слова: аддитивные технологии, строительная печать, 3д-печать, строительный принтер, ресурсоэффективная топология, топологическая решетка, печать строительных конструкций.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Технологический процесс не стоит на месте, внедрение современных инновационных технологий в промышленные отрасли выводит производство на принципиально новый уровень. Но с решением при помощи новых технологий одних задач, появляются другие, требующие нестандартного, прогрессивного подхода. Так, очень скоро динамически развивающиеся быстрыми темпами аддитивные технологии стали востребованы во многих сферах науки: машиностроение, судостроение, космонавтика, медицина и др. Строительная отрасль не стала исключением, и можно наблюдать успешно реализованные проекты с использованием 3д-печати зданий, сооружений не только за рубежом, но и в России.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Уже не раз авторы в своих работах [1–11] упоминали преимущества в сравнении с традиционными методами и перспективы развития аддитивных технологий в строительстве. Одними из главных таких достоинств являются:

- существенный потенциал в повышении архитектурной выразительности строительных объектов, возможность создания сложных криволинейных форм;
- сокращение сроков и стоимости строительства за счет низкой трудоемкости;
- снижение потребления всех видов ресурсов.

Но несмотря на множество положительных сторон применения строительной 3д-печати, проблема фактической реализации в строительной отрасли до конца не решена.



ЦЕЛИ

Фактически только зарождающиеся строительные аддитивные технологии, обладающие огромным потенциалом, остро нуждаются в научной поддержке, которая будет способствовать его раскрытию, позволит избежать лишних ошибок и найти короткий путь к широкомасштабному применению, которое, вероятно, совершит революцию в сфере ресурсосбережения и строительства [12].

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

На сегодняшний день существует ряд барьеров, препятствующих полномасштабному внедрению аддитивных технологий в строительную отрасль, например, не до конца решенная проблема армирования печатной конструкции, особенно в случае необходимости предварительного напряжения, отсутствие нормативной базы и серийного оборудования, рецептурно-технологических особенностей строительной печати, эксплуатационных показателей получаемых объектов. Помимо технологических и производственных проблем существуют проблемы, связанные с подготовкой к процессу печати, такие как:

- неразвитость программного обеспечения цифровой префабрикации и G-кодирования для строительной печати;
- недостаток типовых шаблонов ресурсоэффективной структурной топологии объектов для строительной печати;
- отсутствие моделей с управляемой архитектурной уникальностью;
- технологические барьеры в проектировании и создании ресурсоэффективных и быстровозводимых геометрически сложных сооружений;
- отсутствие софта, который обеспечивает рационализацию проектных решений;
- отсутствие шаблонных типовых стандартных методик печати криволинейных форм.

На практике для осуществления процесса строительной 3D-печати необходимо провести ряд подготовительных работ: ручное создание информационной модели с использованием платформ 3D-моделирования (ArchiCAD, Revit, Tekla, Renga и др.) и специального программного обеспечения; проведение расчета нагрузок в программно-расчетном комплексе (ЛИРА-САПР, SCAD и др.); загрузка объекта в специальное ПО для 3D-печати – слайсер (самым популярным для этого форматом файла является STL-формат); преобразование STL-файла в G-код – управляющий код для принтера, содержащий команды для печати каждого слоя модели и последовательность их применения.

В связи с этим была поставлена задача разработать аппаратно-программную технологию строительной печати, которая позволила бы в автоматизированном режиме формировать информационные модели, осуществлять цифровую префабрикацию, оптимизировать топологию структуры и формировать управляющий строительной печатью G-код сложных пространственно-криволинейных сооружений. Для эффективного решения задачи исследование было разбито на несколько этапов:

1. Анализ и систематизация существующих и перспективных топологических шаблонов структуры аддитивно-модульных конструкций.
2. Построение расчетно-аналитического обоснования.
3. Создание алгоритма автоматизированного ресурсоэффективного структурообразования конструктивного объема сооружения.
4. Создание алгоритмов автоматического построения G-кода для строительной печати проектируемого сооружения на совместимых моделях строительных принтеров.
5. Создание параметрической информационной модели широкого диапазона варьируемых параметров.
6. Апробация технологии.

На первом этапе работы в ходе анализа было выявлено, что чаще всего строительная печать используется для создания несъемной опалубки, то есть печатают не весь объем несущей стены, а наружную и внутреннюю ее части толщиной от 3 до 5 см, образовавшуюся полость заливают наполнителем (керамзитобетон, мелкозернистый бетон, пенобетон и др.). Такой способ прост с учетом подготовки к печати (создание 3д-модели сооружения, конструкции и расчет нагрузок), но при этом не раскрывает потенциал строительного принтера на сто процентов, и нарушает основную идею 3д печати – создание готового изделия одной установкой.

Трудность состоит в том, что на данный момент нет четких рекомендаций и общепринятой эффективной внутренней топологии напечатанной строительной конструкции. Применяются решетки самых разных форм, например, решетки треугольного типа (рис. 1), криволинейной формы (рис. 2),



Рисунок 1 – Решетка треугольного типа, компания «WinSun», Китай.



Рисунок 2 – Решетка криволинейной формы.

формы сот и др. Также используют решетки и смешанного типа (рис. 3), например, в ранее российской компании «ApisCor». Но при этом нет разработанных аналитических алгоритмов, позволяющих осуществить рациональный подбор внутреннего заполнения конструкции, обеспечивающего минимальную ресурсоемкость сооружения при прочих равных условиях, таких как габаритный размер, силовое, температурное нагружение и др.

В ходе работы была поставлена задача: с помощью различных математических инструментов, к которым относятся инструменты качественного анализа, такие как метод анализа иерархий и количественного, такие как метод конечных элементов, сформулировать подходы к рационализации внутренней топологии строительной печатной конструкции. То есть, определить, какое топологическое решение будет являться оптимальным (обладающим минимальным весом при фиксированной прочности) и в каких условиях нагружения.

В рамках работы исследуется цеховой способ печати сооружения, а именно модульно-печатное строительство криволинейных сооружений. Таким образом, модель делится на блоки с внутренним заполнением решетки, печатается в цеху, а затем собирается на строительной площадке.

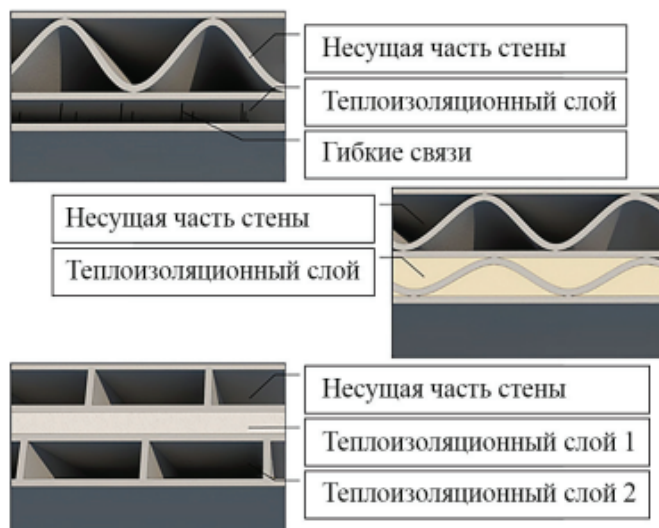


Рисунок 3 – Типы и функциональность конструктивных решений ApisCor.

Для эффективного решения поставленной задачи были отобраны несколько образцов решеток (рис. 4) и проведен сравнительный структурный анализ строительных печатных конструкций, обеспечивающих минимальную удельную ресурсоемкость, где параметрами для анализа являются эквивалентные, главные напряжения, осевые перемещения узлов, а варьируемыми параметрами являются силовое нагружение, температурная нагрузка и степень заполненности патерном (в %) и соответственно масса.

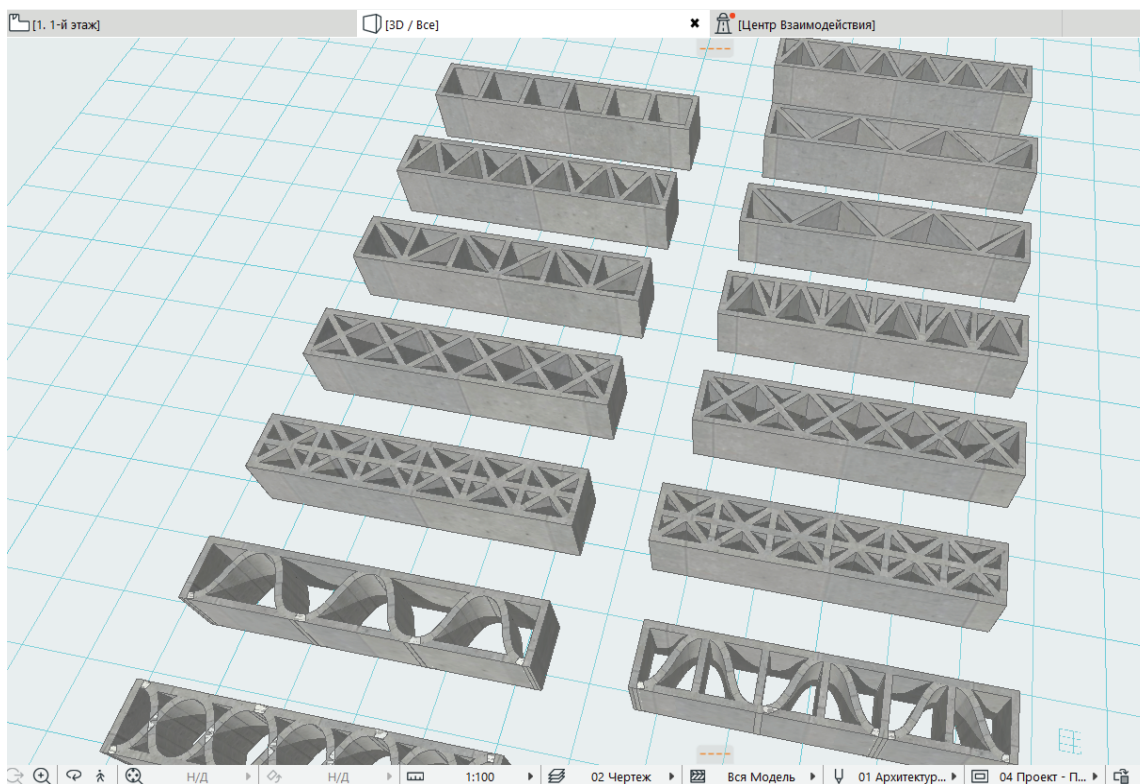


Рисунок 4 – Образцы внутренних топологических решеток.

В рамках работы будет создан алгоритм для исследования влияния формообразования конструкции на ее прочность с помощью программного обеспечения LIRA-SAPR. Для проведения расчетов запроектированы стеновые конструкции с различными топологиями, имеющие одинаковые габаритные размеры.

Результатами структурного анализа являются главные напряжения, эквивалентные напряжения, перемещения, а сравнение, ранжирование осуществляем по удельным характеристикам: главные напряжения и перемещения, отнесенные к единице объема. Одна из топологий объявляется за базу со стопроцентной эффективностью, а все остальные топологии сравниваются с ней. Для каждого из видов напряженно-деформированного состояния будет выявлена рациональная топология, т. е. про-ранжирование существующих топологий на предмет их рациональности. Поэтому теперь в модели здания/сооружения относительно каждого блока, на которые оно будет делиться, можно будет определить рациональную топологию и в G-коде делать переменную итоговую топологию зданий. Т. е. один блок в одной топологии выполняется, другой в другой, и т. д. Причем эта оптимизация идет по контуру и по высоте.

Конечным результатом работы является создание завершенных закрытых алгоритмов, в которых в качестве входящей информации используются параметры габаритного размера конструкции, толщина стены, высота и толщина слоя печати (которая зависит от вида строительного принтера), класс бетона, также учитываются параметры температурного и силового нагружения. На выходе же пользователь получает готовую к печати информационную модель с ресурсоэффективным распределением внутреннего объема печатной конструкции, данные об объеме бетона, времени, стоимости печати (при заданных характеристиках принтера и актуальных расценках материалов), а также автоматическую выгрузку завершеного G-кода, необходимого для печати непосредственно на принтере.

Кроме того, пользователь при необходимости может добавлять в уже готовый алгоритм и другие существенно важные характеристики, обеспечивая тем самым актуальность, полноту и целостность вводимых данных.

ВЫВОДЫ

Конечным результатом работы является создание завершенных закрытых алгоритмов, в которых в качестве входящей информации используются параметры габаритного размера конструкции, а также учитываются параметры температурного и силового нагружения. Кроме того, пользователь при необходимости может добавлять в уже готовый алгоритм и другие существенно важные характеристики, обеспечивая тем самым актуальность, полноту и целостность вводимых данных.

Итогом работы является создание модели, адаптированной под заданные критерии, отвечающей требованиям строительной 3D-печати и имеющей оптимизированную ресурсоэффективную топологическую структуру. Такая энергоэффективная решетка при прочих равных условиях, при сравнении с любой другой возможной решеткой, является менее материалоемкой, более прочной и обладающей минимальным коэффициентом теплопроводности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбач, П. С. Аддитивные методы производства в строительной отрасли / П. С. Горбач, П. А. Шустов, С. С. Левчук. – Текст : электронный // Вестник Ангарского государственного технического университета. – 2016. – № 10. – С. 174–177. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28296775> (дата обращения: 10.03.2023). – EDN: XVFRIZ.
2. Perrot, A. Structural built-up of cement-based materials used for 3D-printing extrusion techniques / A. Perrot, D. Rangeard, A. Pierre. – Текст : электронный // Materials and Structures. – 2016. – Volume 49. – P. 1213–1220. – URL: https://www.researchgate.net/publication/272789508_Structural_built-up_of_cement-based_materials_used_for_3D-printing_extrusion_techniques (дата обращения: 10.03.2023).
3. Аддитивные технологии и современные технологии строительства / Н. Ю. Гуров, А. С. Чепенко, Н. А. Науменко [и др.]. – Текст : электронный // Молодежь и научно-технический прогресс : сборник докладов X Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Губкин, 20 апреля 2017 года : в 4 томах. Том 3. – Губкин : Издательство : ООО «Ассистент плюс», 2017. – С. 85–87. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29765629> (дата обращения: 12.03.2023). – EDN: ZBJJYV.
4. Преимущества аддитивных технологий и пути совершенствования 3D строительства / А. А. Матюхина, Н. А. Никифорова, А. С. Никулина [и др.]. – Текст : электронный // Сборник трудов Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова, Белгород, 01–20 мая 2017 года. – 2017. – С. 2185–2189. – Белгород : Издательство: Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35107804> (дата обращения: 12.03.2023). – EDN: XQPWFZ.

5. Panda, B. Anisotropic mechanical performance of 3D printed fiber reinforced sustainable construction material / B. Panda, S. C. Paul, M. J. Tan. – Текст : электронный // Materials Letters. – 2017. – Volume 209. – P. 146–149. – URL: https://www.researchgate.net/publication/318751278_Anisotropic_mechanical_performance_of_3D_printed_fiber_reinforced_sustainable_construction_material (дата обращения: 12.03.2023).
6. Лунева, Д. А. Технология 3D-печати с использованием метода послойного экструдирования в строительстве / Д. А. Лунева, Е. О. Кожевникова, С. В. Калошина. – Текст : электронный // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2017. – № 2. – С. 251–261. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-3d-pechati-v-stroitelstve-i-perspektivy-ee-razvitiya> (дата обращения: 15.03.2023).
7. Krassenstein, Brian. Contour crafting inventor Dr. Khoshnevis: Widespread 3D printed homes in 5 years, high-rises in 10 years / Brian Krassenstein. – Текст : электронный // 3dprint.com : [сайт]. – 2015. – URL: <https://3dprint.com/53437/contour-crafting-dr-khoshnevis/> (дата обращения: 31.03.2015).
8. Khoshnevis, B. Automated construction by contour crafting-related robotics and information technologies / B. Khoshnevis. – Текст : электронный // Automation in construction. – 2004. – Volume 13, № 1. – P. 5–19. – URL: https://www.researchgate.net/publication/222539948_Automated_construction_by_contour_crafting_-_Related_robotics_and_information_technologies (дата обращения: 12.04.2023).
9. Building components for an outpost on the Lunar soil by means of a novel 3D printing technology / G. Cesaretti, E. Dini, X. De. Kestelier [et al.]. – Текст : электронный // Acta Astronautica. – 2014. – Volume 93. – P. 430–450. – URL: https://www.researchgate.net/publication/250614255_Building_Components_for_an_Outpost_on_the_Lunar_Soil_by_Means_of_a_Novel_3D_Printing_Technology (дата обращения: 12.03.2023).
10. Duballet, R. Classification of building systems for concrete 3D printing / R. Duballet, O. Baverel, J. Dirrenberger. – Текст : электронный // Automation in Construction. – 2017. – Volume 83. – P. 247–258. – URL: https://www.researchgate.net/publication/319242795_Classification_of_building_systems_for_concrete_3D_printing (дата обращения: 12.03.2023). – DOI: 10.1016/j.autcon.2017.08.018.
11. Иноземцев, А. С. Анализ существующих технологических решений 3D-печати в строительстве / А. С. Иноземцев, Е. В. Королев, Зыонг Тхань Куй. – Текст : электронный // Вестник МГСУ. – 2018. – № 12. – С. 863–876. – DOI: 10.22227/1997-0935.2018.7.863-876. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-suschestvuyuschih-tehnologicheskikh-resheniy-3d-pechati-v-stroitelstve> (дата обращения: 20.03.2023).
12. Формирование свойств композиций для строительной печати / В. С. Лесовик, М. Ю. Елистраткин, Е. С. Глаголев [и др.]. – Текст : электронный // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2017. – № 10. – С. 6–14. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-svoystv-kompozitsiy-dlya-stroitelnoy-pechati> (дата обращения: 20.03.2023).

Получена 07.04.2023

Принята 23.05.2023

Л. Д. ПАНТЕЛЕЄНКО, М. О. СУВОРОВА
ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ЗД-ДРУКУ РЕСУРСОЕФЕКТИВНОГО
ФОРМОУТВОРЕННЯ ВНУТРІШНЬОЇ ТОПОЛОГІЇ ДРУКОВАНОЇ
КОНСТРУКЦІЇ

ФДБОУ ВО «Белгородський державний технологічний університет
ім. В. Г. Шухова»,
м. Белгород, Російська Федерація

Анотація. У роботі позначені основні існуючі проблеми будівельних адитивних технологій і запропоновано можливі рішення частини цих проблем. Наведено результати критичного аналізу застосовуваних на практиці і перспективних топологічних рішень внутрішнього об'єму друкованої будівельної конструкції. Запропонована концепція технології будівельного Зд-друку, яка дозволить спростити і автоматизувати процес підготовки до друку, що полягає в створенні Зд-моделі, виборі внутрішнього структуроутворення конструкції, проведенні розрахунку на навантаження, розбитті моделі на шари і перекладі в формат G-коду. Поставлені основні завдання дослідження, план розвитку, а також показані результати поточних досліджень структурного формоутворення будівельних друкованих конструкцій, що дозволяють приступити до найбільш раціонального рішення при виборі внутрішньої топологічної решітки. Зроблено висновок про доцільність подальшого розвитку в обраному напрямку.

Ключові слова: адитивні технології, будівельний друк, Зд-друк, будівельний принтер, ресурсоєфективна топологія, топологічна решітка, друк будівельних конструкцій.

LILIA PANTELEENKO, MARIA SUVOROVA
TECHNOLOGY OF CONSTRUCTION 3D PRINTING OF RESOURCE-
EFFICIENT SHAPING OF THE INTERNAL TOPOLOGY OF THE PRINTED
STRUCTURE

FSBEI HE «Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov»,
Belgorod, Russian Federation

Abstract. The paper identifies the main existing problems of construction additive technologies and suggests a possible solution to some of these problems. The results of a critical analysis of practical and promising topological solutions of the internal volume of a printed building structure are presented. The concept of 3D construction printing technology is proposed, which will simplify and automate the process of preparing for printing, which consists in creating a 3D model, selecting the internal structure formation of the structure, calculating loads, dividing the model into layers and translating it into G-code format. The main objectives of the study, the development plan are set, and the results of current studies of structural shaping of building printed structures are shown, which allow us to come to the most rational decision when choosing an internal topological lattice. The conclusion is made about the expediency of further development in the chosen direction.

Keywords: additive technologies, construction printing, 3D printing, construction printer, resource-efficient topology, topological grid, printing of building structures.

Пантелеенко Лилия Дмитриевна – магистрант кафедры экспертизы и управления недвижимостью ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова», г. Белгород, Российская Федерация. Научные интересы: автоматизация процессов информационного моделирования в строительстве, строительная 3д-печать, ресурсоэффективное формообразование печатных строительных конструкций.

Суворова Мария Олеговна – старший преподаватель кафедры экспертизы и управления недвижимостью ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова», г. Белгород, Российская Федерация. Научные интересы: ресурсоэффективное строительство, зеленое строительство, достижение углеродной нейтральности в строительстве.

Пантелеенко Лілія Дмитрівна – магістрант кафедри експертизи та управління нерухомістю ФДБОУ ВО «Белгородський державний технологічний університет ім. В. Г. Шухова», м. Белгород, Російська Федерація. Наукові інтереси: автоматизація процесів інформаційного моделювання в будівництві, будівельний 3Д-друк, ресурсоєфективне формоутворення друкованих будівельних конструкцій.

Суворова Марія Олегівна – старший викладач кафедри експертизи та управління нерухомістю ФДБОУ ВО «Белгородський державний технологічний університет ім. В. Г. Шухова», м. Белгород, Російська Федерація. Наукові інтереси: ресурсоєфективне будівництво, зелене будівництво, досягнення вуглецевої нейтральності у будівництві.

Panteleenko Lilia – master's student, Expertise and Real Estate Management Department, FSBEI HE «Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov», Belgorod, Russian Federation. Scientific interests: automation of information modeling processes in construction, 3D construction printing, resource-efficient shaping of printed building structures.

Suvorova Maria – Senior Lecturer, Expertise and Real Estate Management Department, FSBEI HE «Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov», Belgorod, Russian Federation. Scientific interests: resource-efficient construction, green building, carbon neutrality in construction.

EDN: QAUZHM

УДК 693.2

Е. П. КАЛМЫКОВА, О. А. ЛАПИНАГосударственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Макеевский политехнический колледж»,
г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

СОБЛЮДЕНИЕ ПРАВИЛ РАЗРЕЗКИ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ СТАРИННЫХ СОВРЕМЕННЫХ ЗДАНИЙ

Аннотация. В статье указаны правила кирпичной кладки, отмеченные в старинном самоучителе, представлены исторические факты по изготовлению кирпича и соединений камня со времен XVIII века. Дано сравнение правил кладки в старину с правилами резки кирпича в настоящее время. Отмечены технологические особенности при выполнении каменной кладки в древних сооружениях и при производстве кирпичной кладки в современных условиях. Представлены соединения из камня в старину, которые позволяли обеспечивать большую прочность и долговечность кладки. В старинной и современной литературе для обеспечения долговечности зданий каменные материалы в кладке располагались и располагаются согласно правил резки. Система перевязок обеспечивала и обеспечивает определенный порядок укладки кирпичей относительно друг друга, который соблюдался в древние времена и соблюдается в настоящее время.

Ключевые слова: каменная кладка, пионы, скобы, якоря, пластичный раствор, правила резки, распределенная нагрузка, скальвающие напряжения.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

В настоящее время накоплен огромный опыт применения каменной кладки в древних сооружениях и кирпичной кладки в современных условиях. Поэтому целесообразно рассмотреть исследования специалистов в области обеспечения безаварийной работы каменных материалов в кладке в старину и в настоящее время.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение опыта по соблюдению правил резки каменной кладки, особенностей соединений камня в старину, которые изложены в старинном самоучителе строительного искусства для обеспечения высокой прочности, огнестойкости.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В старинном самоучителе строительного искусства говорится, что каменная кладка должна быть выполнена так, чтобы каждый отдельный камень был связан друг с другом, чтобы исключить между ними сдвиг в ущерб целостности здания.

Еще в начале XVIII века Петр I установил размеры кирпича 280×140×70 мм, которые считались эталонными почти 100 лет. В 1927 году был утвержден новый стандарт на кирпич с размерами 250×120×65 мм, который действует и в настоящее время.

В древних сооружениях были примеры каменной кладки без раствора, за счет касания их поверхностей плотно во всех точках, благодаря трению одного камня о плоскость другого.

Для достижения большей прочности и долговечности кладки использовали однородные камни, которые обтесывали так, чтобы они входили один в другой в виде лапы, замка, шпунта или шипа (рис. 1).





Рисунок 1 – Соединения из камня в старину.

В старину для скрепления между собой камней в одно целое применялись пироны, скобы и якоря [1]. Использовалась арматура, то есть металлическая обшивка, а также якоря, укрепляющие каменную облицовку (рис. 2).



Рисунок 2 – Металлические скобы и якорь для соединения камней в кладке.

Камни в кладке укладывали таким образом, чтобы давление на них было перпендикулярно к слоям.

Для обеспечения долговечности искусственные каменные материалы в кладке рекомендуют располагать согласно правил разрезки [2]. Камни в кладке рассчитаны на восприятие сжимающих распределенных нагрузок [3].

В первом правиле разрезки каменной кладки говорится, что камни нужно укладывать друг на друга так, чтобы они воспринимали нагрузку как можно большей площадью.

Второе правило разрезки кладки говорит об укладке камней в каждом ряду таким образом, чтобы не произошел их сдвиг камней.

В третьем правиле указывается на то, чтобы каменная кладка не была разделена на отдельные, не связанные между собой участки.

Кладка с перевязкой швов устраняет опасность расслоения кладки [4]. Система перевязок обеспечивает определенный порядок укладки кирпичей [5].

Сегодня кирпич используется не только для возведения стен, но и с целью облицовки домов, построенных из бетона, газобетона [6].

ВЫВОДЫ

Сегодня современные строительные материалы и передовые технологии позволяют ускорять производственные процессы и повышать качество выполнения работ. Все правила разрезки кладки соблюдались при возведении построек в древние времена и сегодня ими также руководствуются каменщики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скрябучинский, И. Самоучитель строительного искусства : специальное руководство для архитекторов, столяров, плотников, мельников, каменщиков, печников и землевладельцев : в 4 книгах / составлено под редакцией И. Скрябучинского. – Москва : типография И. Е. Шюман, 1871. – [6], IV, 332, V с. – Текст : непосредственный.
2. Теличенко, В. И. Технология строительных процессов / В. И. Теличенко, О. М. Терентьев, А. А. Лапидус. – 2-е изд. – Москва : Высшая школа, 2005. – 391 с. – Текст : непосредственный.
3. Черноиван, В. Н. Технология строительного производства / В. Н. Черноиван, С. Н. Леонович, Н. В. Черноиван. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – 505 с. – Текст : непосредственный.

4. Михайлов, А. Ю. Технология и организация строительства. Практикум : учебно-практическое пособие / А. Ю. Михайлов. – 2-изд., доп. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 200 с. – Текст : непосредственный.
5. Левочкина, Г. А. Технология выполнения каменных работ / Г. А. Левочкина. – Минск : РИПО, 2017. – 267 с. – Текст : непосредственный.
6. Русанова, Т. Г. Организация технологических процессов при строительстве, эксплуатации и реконструкции строительных объектов : учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. Практикум : учебно-практическое пособие / Т. Г. Русанова, Х. А. Абдулмажидов. – 2-изд., стер. – Москва : Издательский центр «Академия», 2017. – 352 с. – Текст : непосредственный.

Получена 11.04.2023

Принята 23.05.2023

О. П. КАЛМИКОВА, О. О. ЛАПІНА
ДОТРИМАННЯ ПРАВИЛ РОЗРІЗАННЯ ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ ПРИ
ЗВЕДЕННІ СТАРОВИННИХ І СУЧАСНИХ БУДІВЕЛЬ

Державний бюджетний професійний навчальний заклад «Макіївський політехнічний коледж»,

м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація

Анотація. У статті вказані правила цегляної кладки, відмічені в старовинному самовчителі, представлені історичні факти з виготовлення цегли і з'єднань каменю з часів XVIII століття. Дано порівняння правил кладки в старовину з правилами розрізання цегли на даний час. Відзначено технологічні особливості при виконанні кам'яної кладки в стародавніх спорудах і при виробництві цегляної кладки в сучасних умовах. Представлені з'єднання з каменю в старовину, які дозволяли забезпечувати більшу міцність і довговічність кладки. У старовинній і сучасній літературі зазначалося, що для забезпечення довговічності будівель кам'яні матеріали в кладці розташовувалися і розташовуються згідно з правилами розрізання. Система перев'язок забезпечувала і забезпечує певний порядок укладання цегли відносно одна одної, який дотримувався в стародавні часи і дотримується на даний час.

Ключові слова: кам'яна кладка, пірони, скоби, якорі, пластичний розчин, правила розрізання, розподілене навантаження, сколювальні напруження.

ELENA KALMIKOVA, OLGA LAPINA
COMPLIANCE WITH THE RULES OF BRICKWORK CUTTING IN THE
CONSTRUCTION OF ANCIENT AND MODERN BUILDINGS

State Budgetary Professional Educational Institution «Makeevka Polytechnical College»,
Makeevka, DPR, Russian Federation

Abstract. The article specifies the rules of bricklaying, noted in the old tutorial, presents historical facts on the manufacture of bricks and stone joints since the XVIII century. A comparison of the rules of laying in the old days with the rules of brick cutting at the present time is given. Technological features are noted in the performance of masonry in ancient structures and in the production of brickwork in modern conditions. The connections made of stone in the old days are presented, which made it possible to provide greater strength and durability of masonry. In ancient and modern literature, to ensure the durability of buildings, stone materials in masonry were and are located according to the rules of cutting. The system of dressings provided and provides a certain order of laying bricks relative to each other, which was observed in ancient times and is being observed at the present time.

Key words: masonry, pyrons, brackets, anchors, plastic mortar, cutting rules, distributed load, chipping stresses.

Калмыкова Елена Петровна – преподаватель высшей квалификационной категории специальных дисциплин государственного бюджетного профессионального образовательного учреждения «Макеевский политехнический колледж», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: инновационные технологии в строительстве.

Лапина Ольга Александровна – студентка государственного бюджетного профессионального образовательного учреждения «Макеевский политехнический колледж», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: инновационные технологии в строительстве.

Калмыкова Олена Петрівна – викладач вищої кваліфікаційної категорії спеціальних будівельних дисциплін, державного бюджетного професійного навчального закладу «Макиївський політехнічний коледж», м. Макиївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: інноваційні технології у будівництві.

Лапіна Ольга Олександрівна – студентка державного бюджетного професійного навчального закладу «Макиївський політехнічний коледж», м. Макиївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: інноваційні технології у будівництві.

Kalmikova Elena – is a teacher, of the highest category of special construction disciplines, State Budgetary Professional Educational Institution «Makeevka Polytechnical College», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: innovative technologies are in building.

Lapina Olga – is a student, State Budgetary Professional Educational Institution «Makeevka Polytechnical College», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: innovative technologies in construction.

EDN: QCNHUX

УДК 694.1

Е. П. КАЛМЫКОВА, П. Н. ТРУШГосударственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Макеевский политехнический колледж»,
г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. В статье представлен исторический опыт применения древесины и конструкций из нее согласно материалу старинных книг XIX, XX и XXI веков. Дано описание исторических фактов из специального руководства для столяров и плотников 1871 года о выборе материала, его применении при строительстве жилых зданий в прошлых веках. Отмечены основные физико-технические свойства древесины, благодаря которым найдено широкое применение дерева в строительстве. В статье говорится о фактах, которые имели место в старину при выполнении строительства рубленых зданий и сооружений из древесины. Производилась специальная обработка конструктивных элементов здания, которая обеспечивала соблюдение противопожарных требований и долговечность зданий. Представлена информация о деревянных элементах конструкций с указанием рекомендаций строительной памятной книги прошлого столетия.

Ключевые слова: деревянные конструкции, деревянные дома, строительство, инструмент плотника, новые технологии.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

В строительстве накоплен огромный исторический опыт применения древесины и конструкций из нее. Анализ применения деревянных конструкций показывает, что многие столетия широкому использованию дерева как строительного материала способствует легкость обработки, химическая стойкость, высокая механическая прочность, малая теплопроводность, небольшая плотность. Поэтому целесообразно рассмотреть исследования специалистов в области применения деревянных конструкций в строительстве.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение опыта по применению древесины и конструкций из нее, особенностей обработки деревянных элементов для обеспечения противопожарной защиты и долговечности зданий, которые изложены в старинном самоучителе строительного искусства.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В специальном руководстве для столяров и плотников, в книге 1871 года, говорится о выборе, рубке и сохранении леса. Интересным фактом является то, что стоимость деревянного дома, покрытого толем составляла в то время 30 рублей за кубическую сажень, что составляет 9,7126 м³, а стоимость каменного дома доходила до 150 рублей за кубическую сажень.

В постановлении Городской Думы 1882 года о мерах предосторожности против пожаров говорится, что деревянные лестницы должны устраиваться в бревенчатых стенах и быть оштукатуренными по войлоку. Долговечность деревянных конструкций достигает сотни лет. Примером тому служат следующие здания: образец дворцового деревянного зодчества – рубленый царский дворец в с. Коломенском, построенный в 1681 году, Успенский шатровый храм высотой 42 м в Кондопоге, построенный в



1774 г., еще более сложной конструкции 22-главый Преображенский храм высотой 35 м в Кижях, построенный в 1714 году, Останкинский дворец в Москве (рисунок), который был возведен полностью из дерева в 1793 г.



Рисунок – Деревянный Останкинский дворец – шедевр архитектуры.

В то время были созданы выдающиеся образцы деревянных конструкций, к которым относятся, например: деревянный шпиль Адмиралтейства в Ленинграде высотой 72 м, построенный в 1738 г., деревянные фермы бывшего Манежа в Москве, построенные в 1817 г., пятирусные балконы Академического Большого театра в Москве, сооруженные в 1856 г., дощато-гвоздевые рамы, построенные в Москве 1926 году [3, с. 13].

В XIX веке самую главную роль в деле плотника играл топор, который служил для придания дереву нужных форм. Ручными инструментами плотника было долото, рубанок, фуганок, ватерпас [1].

В практической строительной памятной книжке 1911 года рекомендовано применение древесины в виде бревен, брусьев, различных пиломатериалов.

В рекомендациях книги 1911 года указано, что высота построек деревянных домов от поверхности земли до начала крыши не должна превышать двух этажей [2].

В зависимости от климатической зоны толщина бревенчатых стен при температуре – 30 °С составляла 220...240 мм, а при расчетной температуре – 40 °С – 260 мм и более [3].

С прошлых веков к недостаткам древесины относили различные виды трещин: сердцевидные, кольцеобразные, а также сучковатость и другие дефекты [4].

Согласно новым нормам проектирования высота деревянных зданий может достигать 28 м. Обладая ценными физико-техническими свойствами и экологическими качествами древесина была, есть и будет тем материалом, в котором нуждается строительная отрасль [5].

Сегодня строительство деревянных домов в Европе составляет в среднем более 40 %. Одни здания уже построены, другие находятся в стадии строительства [6]. Россия наращивает объемы деревообработки и строительства многоэтажных деревянных домов.

ВЫВОДЫ

Огромный опыт применения в строительстве и большой ассортимент материалов из древесины остаются востребованы современной практикой. Рекомендации старинного самоучителя 1871 года и пособия для строителей 1911 года являются актуальными в современных условиях, многими советами строители руководствуются и сегодня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скрябучинский, И. Самоучитель строительного искусства : специальное руководство для архитекторов, столяров, плотников, мельников, каменщиков, печников и землевладельцев : в 4 книгах / составлено под редакцией И. Скрябучинского. – Москва : типография И. Е. Шюман, 1871. – [6], IV, 332, V с. Текст : непосредственный.
2. Тилинский, А. И. Практическая строительная памятная книжка. Пособие для строителей, домовладельцев и лиц, причастных к строительному делу / А. И. Тилинский. – Санкт-Петербург : коммерч. типо-лит. Виленчик, 1911. – 842 с. – Текст : непосредственный.
3. Слишкоухов, Ю. В. Конструкции из дерева и пластмасс : учебник для вузов / Ю. В. Слишкоухов, В. Д. Буданов, М. М. Гаппоев. – 5 изд., перераб. и доп. / под редакцией Г. Г. Карлсена и Ю. В. Слишкоухова. – Москва : Стройиздат, 1986. – 542 с. – Текст : непосредственный.
4. Вдовин, В. М. Конструкции из дерева и пластмасс. Ограждающие конструкции : учебное пособие для СПО / В. М. Вдовин. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2021. – 178 с. – Текст : непосредственный.
5. Русанова, Т. Г. Организация технологических процессов при строительстве, эксплуатации и реконструкции строительных объектов : учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. Практикум : учебно-практическое пособие / Т. Г. Русанова, Х. А. Абдулмажидов. – 2-изд., стер. – Москва : Издательский центр «Академия», 2017. – 352 с. – Текст : непосредственный.
6. Green, M. Tall Wood buildings: Design, Construction and Performance / M. Green, J. Taggart. – 2-nd ed., illustrated. – [S. l.] : Birkhäuser, 2017. – 176 p. – Текст : непосредственный.

Получена 12.04.2023

Принята 23.05.2023

О. П. КАЛМИКОВА, П. М. ТРУШ ІСТОРИЧНИЙ ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ В БУДІВНИЦТВІ

Державний бюджетний професійний навчальний заклад «Макіївський політехнічний коледж»,

м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація

Анотація. У статті представлено історичний досвід застосування деревини і конструкцій з неї згідно з матеріалами старовинних книг XIX, XX і XXI століть. Дано опис історичних фактів зі спеціального керівництва для столярів і теслярів 1871 року про вибір матеріалу, його застосування при будівництві житлових будинків в минулих століттях. Відзначено основні фізико-технічні властивості деревини, завдяки яким знайдено широке застосування дерева в будівництві. У статті йдеться про факти, які мали місце за старих часів при виконанні будівництва рубаних будівель і споруд з деревини. Проводилася спеціальна обробка конструктивних елементів будівлі, яка забезпечувала дотримання протипожежних вимог і довговічність будівель. Надано інформацію про дерев'яні елементи конструкцій із зазначенням рекомендацій будівельної пам'ятної книги минулого століття.

Ключові слова: дерев'яні конструкції, дерев'яні будинки, будівництво, інструмент теслярів, нові технології.

ELENA KALMIKOVA, PAVEL TRUSH HISTORICAL EXPERIENCE OF APPLICATION WOODEN STRUCTURES IN CONSTRUCTION

State Budgetary Professional Educational Institution «Makeevka Polytechnical College»,
Makeyevka, DPR, Russian Federation

Abstract. The article presents the historical experience of using wood and structures according to the materials of ancient books of the XIX, XX and XXI centuries. The description of historical facts is given from the special guide for joiners and carpenters of 1871 on the choice of material, its application in the construction of residential buildings in the past centuries. The main physical and technical properties of wood are noted, thanks to which a wide application of wood in construction has been found. The article talks about the facts that took place in the old days when performing the construction of chopped buildings and structures made of wood. Special processing of structural elements of the building was carried out, which ensured compliance with fire protection requirements and the durability of buildings. The information about wooden elements of structures with the indication of recommendations of the construction memorial book of the last century is presented.

Keywords: wooden structures, wooden houses, construction, carpenter's tool, new technologies.

Калмыкова Елена Петровна – преподаватель высшей квалификационной категории специальных дисциплин государственного бюджетного профессионального образовательного учреждения «Макеевский политехнический колледж», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: инновационные технологии в строительстве.

Труш Павел Николаевич – студент государственного бюджетного профессионального образовательного учреждения «Макеевский политехнический колледж», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: инновационные технологии в строительстве.

Калмыкова Олена Петрівна – викладач вищої кваліфікаційної категорії спеціальних будівельних дисциплін державного бюджетного професійного навчального закладу «Макиївський політехнічний коледж», м. Макиївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: інноваційні технології у будівництві.

Труш Павло Миколайович – студент державного бюджетного професійного навчального закладу «Макиївський політехнічний коледж», м. Макиївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: інноваційні технології у будівництві.

Kalmikova Elena – a teacher, of the highest category of special construction disciplines, State Budgetary Professional Educational Institution «Makeevka Polytechnical College», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: innovative technologies are in building.

Trush Pavel – student, State Budgetary Professional Educational Institution «Makeevka Polytechnical College», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: innovative technologies in construction.

EDN: EPZEMQ

УДК 69.001.5

К. С. КОРШИКОВА, А. Е. НАУМОВФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова»,
г. Белгород, Российская Федерация

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПРИ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ТОПОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЕЧАТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. Человечество в настоящее время переживает новый этап своего развития, связанный с формированием глобального цифрового общества. Применение цифровых технологий на практике позволяет решать широкий спектр задач. Технологии информационного моделирования используются для обеспечения единой среды для выполнения совместной работы в строительной отрасли. Вместе с этим растет актуальность аддитивных технологий, которая обусловлена новыми подходами к проектированию и созданию конструкций. Использование строительной печати позволяет изготавливать менее материалоемкие изделия за счет соблюдения баланса материала и пустот. Кроме того, подобранная оптимальная внутренняя топология влияет на физико-механические характеристики самой конструкции. На данный момент в стране наблюдается низкий уровень практического применения технологий, позволяющих значительно сократить энергоресурсы. В связи с этим цель работы заключается в проведении анализа влияния внутренней структуры изделия с оптимальным распределением материала на энергоэффективность. Приведены регрессионные зависимости ресурсоемкости от формообразования, а также зависимости возникающих в конструкции напряжений.

Ключевые слова: строительные печатные конструкции, рациональная внутренняя топология, информационное моделирование зданий и сооружений, энергоэффективное проектирование, аддитивные технологии.

Технологии информационного моделирования являются неотъемлемой частью современного строительного процесса. Как говорил Михаил Мишустин, Председатель Правительства Российской Федерации, цифровая трансформация является шансом для вывода России на новый уровень, обеспечивая гражданам новое качество жизни.

В настоящее время самые важные и актуальные задачи, стоящие перед строительной отраслью, это оптимизация бюджетных затрат, рост инвестиционной результативности финансирования объектов капитального строительства, рациональное распоряжение временем, трудом, расходами механизмов и материалов при проведении строительных работ, а также применение современных строительных ресурсов. И добиться решения этих задач возможно с использованием новых технологий.

Кроме того, с каждым годом набирает свои обороты строительная печать. Аддитивное производство за счет ряда своих преимуществ позволяет существенно снизить стоимость строительной продукции. Однако строительная печать все еще далека от массового применения, поскольку есть нерешенные пока сложности [1].

Одним из самых важных преимуществ аддитивных технологий является возможность создавать сложные пространственные и криволинейные формы, делая это с меньшей потерей материала и за меньший срок, чем при традиционных методах изготовления. Параллельно с экономией материалов решается вопрос экологичности, сокращается объем строительных отходов [2].

Использование технологии 3Dпечати в строительной отрасли позволяет минимизировать ошибки, связанные с человеческим фактором, повысить производительность и улучшить охрану труда за счет сокращения опасных видов работ [3].

© К. С. Коршикова, А. Е. Наумов, 2023



В связи с тем, что в процессе печати зданий и сооружений невозможно обойтись без деформационных швов, то в рамках работы было решено разделить здание на отдельные элементы (блоки), совмещая при этом их границы с деформационными швами. Блоки представляют собой пространственные однородные топологически сходные печатные конструкции, совмещая при этом границы элементов с деформационными швами.

Основные цели и задачи работы:

- анализ влияния топологических параметров внутреннего заполнения печатных конструкций на их ресурсоемкость;
- анализ оптимальной теории прочности;
- анализ рациональной внутренней топологии.

Для эффективного достижения результатов поставленных задач была создана параметрическая модель (рис. 1) в среде визуального конструктора сапфир, которая позволяет автоматически создавать модель печатного блока, допускающую вариацию по длине, ширине, высоте, толщине стенки, количеству панелей и триангуляционному шагу.



Рисунок 1 – Параметрическая модель печатного блока.

Анализ влияния топологических параметров внутреннего заполнения печатных конструкций на ресурсоемкость проводился на 14-ти стеновых конструкциях, имеющих одинаковые габаритные размеры, но различное количество панелей.

Для оценки ресурсоемкости строительных печатных конструкций был применен корреляционно-регрессионный анализ. Данный способ один из наиболее широко распространенных приемов обработки статистических данных, состоящий в построении и дальнейшем анализе экономико-математической модели в виде уравнения регрессии, характеризующего зависимость признака от определяющих его факторов [4].

В таблице 1 приведены исходные данные для оценки ресурсоемкости рассматриваемых строительных печатных конструкций.

Таблица 1 – Исходные данные для оценки ресурсоемкости

Кол-во панелей	Объем бетона конструкции, м ³	Масса конструкции, кг
1	0,159	314,95
1,5	0,163	318,53
2	0,168	323,34
2,5	0,175	329,22
3	0,183	336,01
3,5	0,193	343,57
4	0,204	351,76
4,5	0,217	360,51
5	0,231	369,66
5,5	0,247	379,23
6	0,264	389,08
6,5	0,283	399,16
7	0,303	409,52
7,5	0,325	419,10

В таблице 2 приведены зависимости необходимого объема бетона на одну конструкцию и масса готового изделия. Стоит обратить внимание на довольно высокие показатели нормированного R-квадрата, что свидетельствует о качестве полученной модели.

Таблица 2 – Регрессионная зависимость

Регрессионная зависимость	
Масса конструкции = $11,25\Pi + 105,14Б + 9,95ДГ + 4,95ДЛ$	Нормированный R-квадрат = 0,9
Объем бетона = $0,0255\Pi + 0,0475Б$	Нормированный R-квадрат = 0,75

На основе собранных данных была построена графическая зависимость ресурсоемкости от формообразования строительных печатных конструкций (рис. 2).

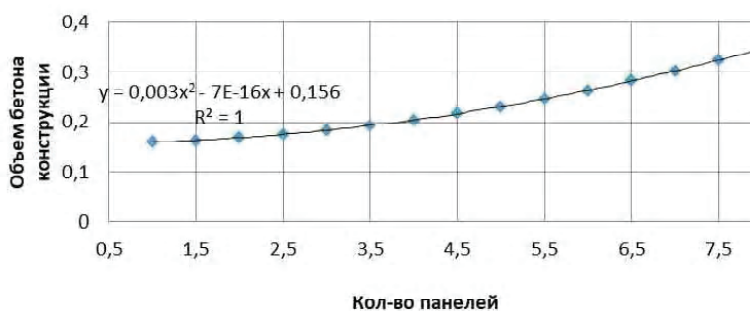


Рисунок 2 – Зависимость объема бетона конструкции от количества панелей.

В рамках отдельного исследования были проанализированы теории прочности. Теория наибольших главных деформаций и теория Писаренко-Лебедева показывают наибольшую общность результатов. Для дальнейших расчетов применяется теория Писаренко-Лебедева как в наибольшей степени отвечающая требованиям к расчету бетонных элементов и имеющую большую стабильность результатов.

В качестве шаблона внутренней топологии была выбрана треугольная решетка, в которой менялось число панелей. Модели сравнивались по общей несущей способности, по максимальным, средним и минимальным эквивалентным напряжениям и главным напряжениям N1 и N3, количеству панелей. Топология показывает, где концентрируется напряжение.

По значениям возникающих напряжений в элементах конструкции и количества панелей построены графики зависимостей. В таблице 3 представлена часть зависимостей полученных напряжений от формообразования конструкции. Нахождение оптимального количества панелей в топологиях происходит путем анализа линий тренда.

Для более детального представления были проанализированы удельные напряжения. Топологическая структура печатной конструкции определяет распределение и концентрацию напряжений в материале. По значениям возникающих напряжений в элементах конструкции и количества панелей построены графики зависимостей параметров напряженно-деформированного состояния исследуемой конструкции от параметров топологической структуры внутреннего заполнения (табл. 4).

По графикам, представленным в таблицах 3 и 4 видно, что удельные напряжения уменьшаются, что объясняется ростом массивности заполнения и увеличением площади сопротивления. При этом удельные эквивалентные напряжения в элементах линейно снижаются со скоростью в пределах 100...200 Па/кг, что позволяет оценить эффект от роста массивности решетки заполнения малозначимым. Таким образом в дальнейшем можно руководствоваться при определении напряжений в конструкции только площадью сечения элемента, определяемого его топологической структурой и параметрами печатного слоя.

Таким образом, использование криволинейных структур дает возможность не только создать уникальные архитектурные формы, но и позволяет уменьшить концентрацию напряжений в строительных конструкциях [5].

А использование параметрических моделей позволит за счет автоматического перестроения геометрии моделей заметно снижать время проектирования конструкции и сводить работу к внесению исходных параметров [6].

Таблица 3 – Зависимость напряжения, возникающих в элементах конструкции от количества панелей

<p>Зависимость максимального эквивалентного напряжения, возникающего в элементах конструкции от количества панелей</p>	
<p>Зависимость максимального главного напряжения N1, возникающего в элементах конструкции от количества панелей</p>	
<p>Зависимость максимального главного напряжения N3, возникающего в элементах конструкции от количества панелей</p>	

Таблица 4 – Зависимость удельных напряжения, возникающих в элементах конструкции от количества панелей

<p>Зависимость удельного максимального эквивалентного напряжения, возникающего в элементах конструкции от количества панелей</p>	
<p>Зависимость удельного максимального главного напряжения N1, возникающего в элементах конструкции от количества панелей</p>	
<p>Зависимость удельного максимального главного напряжения N3, возникающего в элементах конструкции от количества панелей</p>	

В рамках решенной задачи под энергоэффективностью следует понимать минимизацию объемов материала, затраченного на единицу несущей способности, что прямо влияет на снижение стоимости строительства, которое, в свою очередь, может быть переведено в энергетический эквивалент.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лунева, Д. А. Применение 3D-печати в строительстве и перспективы ее развития / Д. А. Лунева, Е. О. Кожевникова, С. В. Калошина. – Текст : непосредственный // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2017. – Том 8, № 1. – С. 90–101.
2. 3D printing trends in building and construction industry: A review / Y. W. D. Tay, B. Panda, S. C. Paul [et al.]. – Текст : непосредственный // Virtual and Physical Prototyping. – 2017. – April. – P. 261–276.
3. Rayna, T. From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation / T. Rayna, L. Striukova. – Текст : непосредственный // Technological Forecasting & Social Change. – 2016. – September. – P. 214–224.
4. Коршикова, К. С. Совершенствование инструментов предпроектной оценки ресурсоемкости строительных объектов / К. С. Коршикова. – Текст : непосредственный // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова, 30 апреля – 20 мая 2021 года, Белгород. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2021. – С. 1138–1143. – EDN: SFWSCH.
5. Naboni, R. Advanced Customization in Architectural Design and Construction / R. Naboni, I. Paoletti. – Berlin : Springer Verlag, 2015. – 170 p. – Текст : непосредственный.
6. Суворова, М. О. Технология энергоэффективного топологического формообразования структур строительных печатных конструкций / М. О. Суворова, К. С. Коршикова. – Текст : непосредственный // Современные перспективы строительства : сборник научных статей по материалам Молодежной научной школы. – Калининград : Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, 2023. – С. 116–120.

Получена 12.05.2023

Принята 23.05.2023

К. С. КОРШИКОВА, А. Є. НАУМОВ
ДОСЛІДЖЕННЯ ОКРЕМИХ АЛГОРИТМІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО
ФОРМОУТВОРЕННЯ ПІД ЧАС РАЦІОНАЛІЗАЦІЇ ТОПОЛОГІЇ
БУДІВЕЛЬНИХ ДРУКАРСЬКИХ КОНСТРУКЦІЙ
ФДБОУ ВО «Белгородський державний технологічний університет
імені В. Г. Шухова»,
м. Белгород, Російська Федерація

Анотація. Людство нині переживає новий етап свого розвитку, пов'язаний із формуванням глобального цифрового суспільства. Застосування цифрових технологій на практиці дозволяє вирішувати широкий спектр завдань. Технології інформаційного моделювання використовуються для забезпечення єдиного середовища для виконання спільної роботи в будівельній галузі. Разом із цим зростає актуальність адитивних технологій, що зумовлена новими підходами до проектування та створення конструкцій. Використання будівельного друку дає змогу виготовляти менш матеріаломісткі вироби завдяки дотриманню балансу матеріалу та пустот. Крім того, підібрана оптимальна внутрішня топологія впливає на фізико-механічні характеристики самої конструкції. Наразі в країні спостерігається низький рівень практичного застосування технологій, що дають змогу значно скоротити енергоресурси. У зв'язку з цим мета роботи полягає в проведенні аналізу впливу внутрішньої структури виробу з оптимальним розподілом матеріалу на енергоефективність. Наведено регресійні залежності ресурсоемності від формоутворення, а також залежності напружень, що виникають у конструкції.

Ключові слова: будівельні друковані конструкції, раціональна внутрішня топологія, інформаційне моделювання будівель і споруд, енергоефективне проектування, адитивні технології.

KSENIA KORSHIKOVA, ANDREY NAUMOV
THE STUDY OF INDIVIDUAL ALGORITHMS OF ENERGY-EFFICIENT
SHAPING IN THE RATIONALIZATION OF THE TOPOLOGY OF BUILDING
PRINTED STRUCTURES
FSBEI HE «Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov»,
Belgorod, Russian Federation

Abstract. Humanity is currently experiencing a new stage in its development with the emergence of a global digital society. The application of digital technologies in practice allows solving a wide range of tasks. Information modelling technologies are used to provide a unified environment for collaborative work in the construction industry. At the same time, the relevance of additive technology is growing, driven by new approaches to design and construction. The use of construction printing makes it possible to produce less material-intensive products by balancing material and voids. In addition, the selected optimum internal

topology influences the physical and mechanical characteristics of the structure itself. At the moment, there is a low level of practical application of technologies that can significantly reduce energy resources in the country. In this regard, the aim of the work is to analyse the influence of the internal structure of a product with optimum material distribution on energy efficiency. The regression dependencies of resource intensity on shaping as well as the dependencies of the stresses occurring in the structure are given.

Keywords: building printed structures, rational internal topology, information modeling of buildings and structures, energy-efficient design, additive technologies.

Коршикова Ксения Сергеевна – магистрант кафедры экспертизы и управления недвижимостью ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова», г. Белгород, Российская Федерация. Научные интересы: создание информационных моделей зданий и сооружений, создание параметрических моделей, внедрение технологии информационного моделирования в строительную отрасль. Разработка технологии энергоэффективного топологического формообразования структур строительных печатных конструкций.

Наумов Андрей Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой экспертизы и управления недвижимостью ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова», г. Белгород, Российская Федерация. Научные интересы: структурно-ресурсная оптимизация конструктивных и технологических решений в строительстве, аппаратно-программные технологии строительных изысканий, информационное моделирование зданий и управление жизненным циклом недвижимости.

Коршикова Ксенія Сергіївна – магістрант кафедри експертизи та управління нерухомістю ФДБОУ ВО «Белгородський державний технологічний університеті імені В. Г. Шухова», м. Белгород, Російська Федерація. Наукові інтереси: створення інформаційних моделей будівель і споруд, створення параметричних моделей, впровадження технології інформаційного моделювання в будівельну галузь. Розробка технології енергоефективного топологічного формоутворення структур будівельних друкованих конструкцій.

Наумов Андрій Євгенович – кандидат технічних наук, доцент; завідувач кафедри експертизи та управління нерухомістю ФДБОУ ВО «Белгородський державний технологічний університеті імені В. Г. Шухова», м. Белгород, Російська Федерація. Наукові інтереси: структурно-ресурсна оптимізація конструктивних і технологічних рішень у будівництві, апаратно-програмні технології будівельних вишукувань, інформаційне моделювання будівель та управління життєвим циклом нерухомості.

Korshikova Ksenia – master's student, Examination and Management of Real-Estate Department, FSBEI HE «Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov», Belgorod, Russian Federation. Scientific interests: creation of information models of buildings and structures, creation of parametric models, implementation of information modeling technology in the construction industry. Development of technology for energy-efficient topological shaping of structures of building printed structures.

Naumov Andrey – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Head Examination and Management of Real-Estate Department, FSBEI HE «Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov», Belgorod, Russian Federation. Scientific interests: structural and resource optimization of structural and technological solutions in construction, hardware and software technologies of construction surveys, information modeling of buildings and real estate life cycle management.

EDN: CUEJIM

УДК 628.3

В. С. РОЖКОВ, М. Н. ДОРЦЕВА, П. Е. ДЕМИНОВФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТРЕТИЧНОГО ОТСТАИВАНИЯ В СИСТЕМАХ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

Аннотация. В статье рассмотрены основные аспекты третичной очистки сточной воды от взвешенных веществ методами седиментации (отстаивания). Установлены основные факторы, оказывающие влияние на эффективность третичного отстаивания. Выполнен анализ возможностей указанного метода по удалению различного типа загрязнений в зависимости от применяемого реагента. На основании анализа литературы установлено, что при третичном отстаивании могут быть удалены не только взвешенные нерастворенные примеси, но и некоторые растворенные загрязнения и патогены. Для удаления патогенов при этом необходимо введение извести перед осваиванием. Анализ конструкций применимых для третичного отстаивания сооружений указывает на возможность использования для этой цели классических вертикальных и радиальных отстойников. Третичное отстаивание может являться достаточно эффективной альтернативой доочистки методами фильтрации.

Ключевые слова: третичное отстаивание, биологическая очистка, сточные воды, загрязнения, окружающая среда, эффективность очистки.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы, с учетом растущей потребности в более эффективной очистке сточных вод, были проведены актуальные в данное время исследования по различным аспектам третичного отстаивания в системах биологической очистки. Эти исследования обсуждают применение новых технологий и материалов для улучшения процесса третичного отстаивания, а также рассматривают его взаимосвязь с другими методами очистки сточных вод. Кроме того, были проведены исследования, которые рассматривают экономические аспекты третичного отстаивания в системах биологической очистки.

Целью данной работы является критический анализ технических решений по третичному отстаиванию сточных вод с выявлением конструктивных и технологических особенностей процесса для оценки перспективы внедрения на станциях биологической очистки в РФ.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Третичное отстаивание – это процесс удаления мелких нерастворимых и устойчивых частиц из сточных вод, которые не удалось полностью убрать с помощью биологической и первичной/вторичной механической очистки. Оно необходимо для повышения качества очистки сточных вод и снижения негативного влияния на окружающую среду.

Важным аспектом третичного отстаивания является применение механических методов для удаления загрязнений [1].

Эффективность удаления загрязнений при применении механических методов третичного отстаивания может достигать до 99 % для определенных типов загрязнений.

В процессе третичного отстаивания в системах биологической очистки на эффективность очистки влияет несколько факторов, таких как параметры сточной воды и конструктивные особенности системы.

Влияние параметров сточных вод на эффективность третичного отстаивания.



1. Параметры сточных вод, такие как рН, содержание взвешенных частиц, их размер, концентрация органических и неорганических веществ, влияют на эффективность третичного отстаивания.

Также важно учитывать размер взвешенных частиц, так как чем меньше размер частиц, тем сложнее их отстаивать. При этом можно использовать методы предварительной обработки, такие как флокуляция или коагуляция, чтобы увеличить размер частиц и улучшить эффективность отстаивания [2].

2. Эффективность третичного отстаивания зависит не только от технологии процесса, но также от конструктивных особенностей системы. Например, форма отстойника, скорость потока сточной воды и расходы реагентов могут существенно влиять на устойчивость процесса и степень удаления загрязняющих веществ из сточных вод.

Поэтому для достижения максимальной эффективности третичного отстаивания необходимо учитывать все эти факторы при проектировании и эксплуатации системы очистки сточных вод [2].

Учет этих закономерностей позволяет повысить эффективность третичного отстаивания в системах биологической очистки и снизить количество загрязнений в очищенной сточной воде.

В целом после вторичного отстаивания стоки могут содержать: фосфор, взвешенные твердые частицы, металлы и патогены.

Одним из методов удаления многих металлов является химическое осаждение. Третичные отстойники могут быть важным компонентом процессов третичной очистки для удаления металлов [3].

В некоторых странах с низким содержанием фосфора в поверхностных водоемах ограничения на содержание фосфора в сточных водах становятся все более строгими. Ограничения могут достигать 0,1 мг/л, 0,01 мг/л и 0,01 мг/л. Однако такие ограничения трудно соблюсти при использовании химикатов перед (предварительное осаждение) или в процессе активного ила (одновременное осаждение), так как они близки или ниже пределов питательных веществ, необходимых для роста биомассы. Поэтому необходимо снизить концентрацию фосфора до очень низкого уровня после биологического процесса (пост-осаждение) [4].

Поскольку обычная первичная и биологическая очистка не удаляют всех патогенов из сточных вод, большинство установок по очистке сточных вод полагаются на процесс дезинфекции для уничтожения патогенов. Для обеспечения более высокой степени удаления патогенов может использоваться осветление известью с высоким рН. Использование третичной очистки позволяет достигнуть удаления вирусов на уровне около 1,3 логарифмических единиц [4].

Исследования, которые подробнее описаны в литературных данных [4] по очистке воды показали, что осветление известью обеспечивает значительное удаление всех патогенов. Отдельные данные этого исследования представлены в таблице.

Таблица – Средние концентрации патогенов до и после обработки известью (12 проб) [5]

Параметр *	Вторичные стоки	Третичное осветление известью
Клостридии (КОЕ/100 мл)		
Максимум	1 400	7,0
Средний	640	2,6
Энтерококки (КОЕ/100 мл)		
Максимум	2 700	48
Средний	830	15
Фекальные колиформы (КОЕ/100 мл)		
Максимум	12 000	10
Средний	9 900	5,2
Колифаг (БОЕ/100 мл)		
Максимум	54 000	25
Средний	12 000	1,6

*КОЕ = колониобразующая единица и БОЕ = бляшкообразующая единица.

Для третичного отстаивания сточных вод могут использоваться различные конструкции отстойников, включая горизонтальные, радиальные, вертикальные отстойники. Третичные отстойники имеют почти ту же конструкцию, что и вторичные отстойники, и во время дождливой погоды они выполняют функцию дополнительных вторичных отстойников, обеспечивая максимальную производительность

в условиях высокой влажности. Исходя из этого можно сделать вывод, что для обеспечения более эффективной очистки сточных вод нет необходимости устанавливать дополнительное сооружение, а можно использовать реконструированное имеющееся. Данная манипуляция поможет не только сэкономить затраченные средства, но и не загромождать очистные сооружения.

Горизонтальные и вертикальные отстойники – это самые распространенные конструкции, которые используются для третичного отстаивания. Они обычно имеют большой объем и обеспечивают длительное пребывание сточных вод в отстойнике, что позволяет твердым частицам оседать на дно. Вертикальные отстойники предпочтительнее для вод с высоким содержанием твердых частиц, так как они обеспечивают лучшую очистку благодаря более быстрой осадке твердых частиц.

Радиальные отстойники имеют более сложную конструкцию и обычно используются в больших сооружениях для очистки сточных вод с более высоким содержанием твердых частиц. Они обеспечивают более эффективное отстаивание и могут справляться с большими объемами сточных вод.

Ниже приведены конструкции (рисунок) радиального (а) и вертикального (б) отстойников, применяемых для третичного отстаивания, которые более подробно описаны в литературе [5].

В итоге сточные воды могут быть очищены до такой степени, что они могут быть безопасно использованы для полива садов, парков, спортивных площадок, а также для хозяйственно бытовых нужд и нужд пищевой промышленности

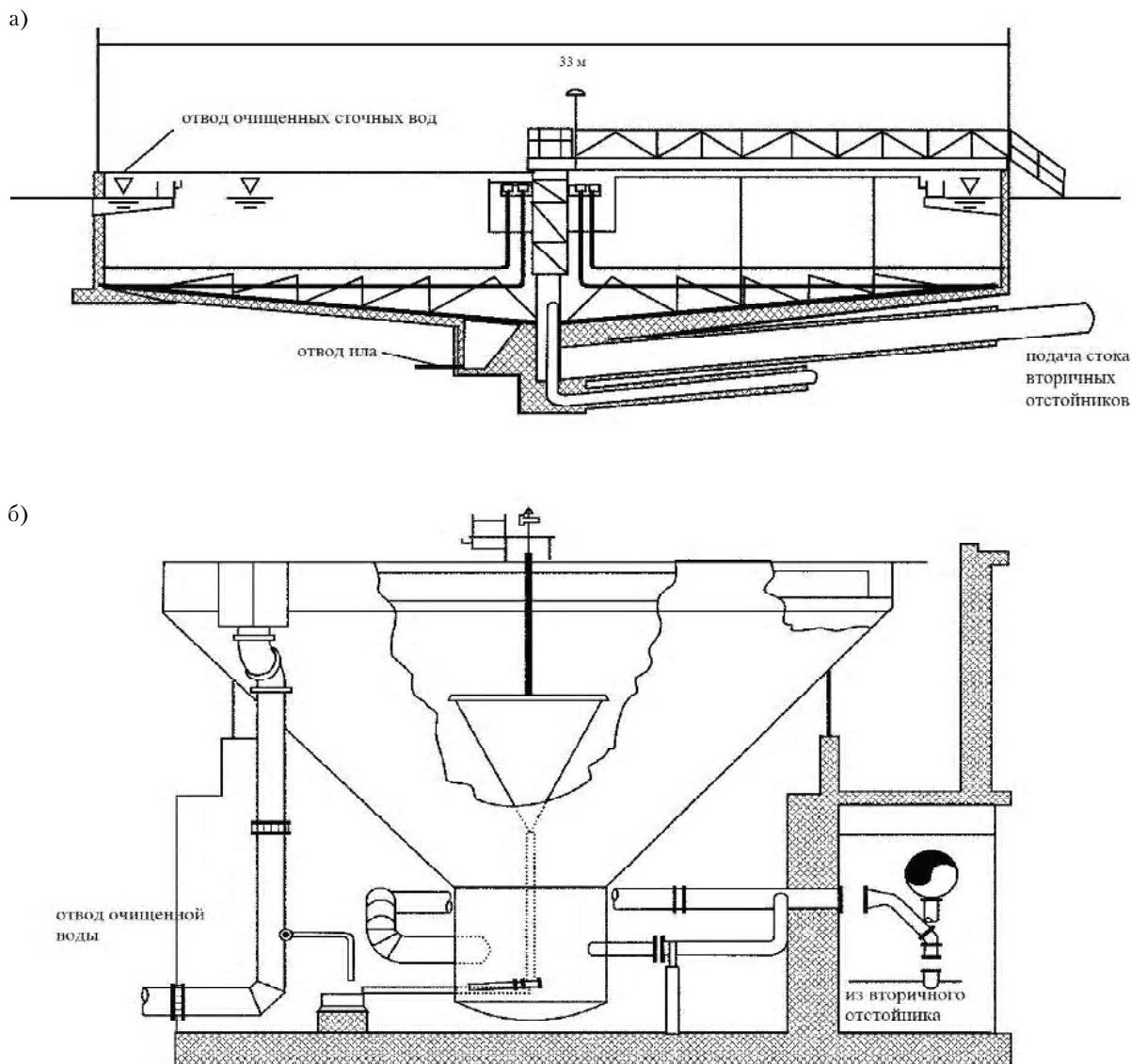


Рисунок – Конструкции отстойников [5]: а) радиальный, б) вертикальный.

ВЫВОДЫ

Третичное отстаивание механическими методами является важным этапом в процессе очистки сточных вод, который позволяет достигать высокой степени очистки. Развитие новых методов третичного отстаивания будет способствовать улучшению качества водных ресурсов и сохранению экологического баланса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Очистка сточных вод. Технологические процессы и оборудование : учебное пособие / М. Ю. Соколов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2018. – 368 с. – Текст : непосредственный.
2. Reardon, R. Tertiary Clarifier Design Concepts and Considerations / R. Reardon. – Текст : непосредственный // Proceedings of the Water Environment Federation. – 2005. – № 38. – P. 4453–4466.
3. Wilson, Th. Clarifier Design / T. Wilson ; Second Edition. – McGraw-Hill : Water Environment Federation, 2005. – 704 p. – Текст : непосредственный.
4. Халтурина, Т. И. Очистка сточных вод промышленных предприятий / Т. И. Халтурина. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 432 с. – Текст : непосредственный.
5. Асано, Т. Рекультивация и повторное использование сточных вод = Technomic Publishing Co., Inc. : Глава 5: Tertiary Clarifier Design Concepts and Considerations / Т. Асано. – Ланкастер, Пенсильвания : [б. и.], 2007. – 102 с. – Текст : непосредственный.

Получена 28.04.2023

Принята 23.05.2023

В. С. РОЖКОВ, М. М. ДОРЦЕВА, П. Е. ДЬОМИНОВ
ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ТА ЗАКОНОМІРНОСТІ ТРЕТИННОГО
ВІДСТОЮВАННЯ В СИСТЕМАХ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ
ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація

Анотація. У статті розглянуто основні аспекти третинного очищення стрічки від зважених речовин методами седиментації (відстоювання). Встановлено основні фактори, що впливають на ефективність третинного відстоювання. Виконано аналіз можливостей зазначеного методу з видалення різного типу забруднень залежно від застосовуваного реагенту. На підставі аналізу літератури встановлено, що при третинному відстоюванні можуть бути видалені не тільки зважені нерозчинені домішки, а й деякі розчинені забруднення і патогени. Для видалення патогенів при цьому необхідно введення вапна перед освоюванням. Аналіз конструкцій застосовуваних для третинного відстоювання споруд вказує на можливість використання для цієї мети класичних вертикальних і радіальних відстійників. Третинне відстоювання може бути досить ефективною альтернативою доочищення методами фільтрування.

Ключові слова: третинне відстоювання, біологічне очищення, стічні води, забруднення, доквілля, ефективність очищення.

VITALII ROZHKOV, MARIA DORTSEVA, PAVEL DEMINOV
THE MAIN PRINCIPLES AND REGULARITIES OF TERTIARY SETTLING IN
BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS
FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,
Makeyevka, DPR, Russian Federation

Abstract. The article discusses the main aspects of the tertiary purification of the line from suspended solids by the methods of sedimentation. The main factors influencing the effectiveness of tertiary sedimentation have been established. The analysis of the possibilities of this method for the removal of various types of contaminants, depending on the used reagent, is carried out. Based on the analysis of the literature, it was found that during tertiary sedimentation, not only suspended undissolved impurities can be removed, but also some dissolved contaminants and pathogens. To remove pathogens, it is necessary to introduce lime before mastering. An analysis of the structures used for tertiary sedimentation of structures indicates the possibility of using classical vertical and radial settling tanks for this purpose. Tertiary sedimentation can be a fairly effective alternative to post-treatment by filtration methods.

Keywords: tertiary sedimentation, biological treatment, wastewater, pollutants, environment, treatment efficiency.

Рожков Виталий Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов ФБГОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: оборотное водоснабжение промышленных предприятий, биологическая очистка сточных вод.

Дорцева Мария Николаевна – магистрант кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов ФБГОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: очистка сточных вод.

Демин Павел Евгеньевич – аспирант кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов ФБГОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: очистка сточных вод.

Рожков Віталій Сергійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: оборотне водопостачання промислових підприємств, біологічна очистка стічних вод.

Дорцева Марія Миколаївна – магістрант кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: очищення стічних вод.

Дьомінов Павло Євгенович – аспірант кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: очищення стічних вод.

Rozhkov Vitaliy – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: industrial water supply and wastewater treatment.

Dortseva Mariia – master's student, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: wastewater treatment.

Deminov Pavel – post-graduate student, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: wastewater treatment.

EDN: AYVCNP

УДК 004.921:69.04

А. С. КУЧЕРЕНКО, А. Е. НАУМОВФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова»,
г. Белгород, Российская Федерация

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОЛНОСБОРНЫХ МОДУЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

Аннотация. Информационное моделирование в строительстве существенно уменьшило сроки и стоимость проектирования объектов, повысило качество проектной документации, сократив возможные коллизии. Для более тщательной проработки определенных разделов проектной документации, необходимо создание простых библиотечных элементов, которые ускорят процесс работы, снижая время работы над однотипными операциями. Следующим этапом автоматизации проектирования можно назвать создание параметрических моделей – алгоритмов, результатом которых является пространственные модели, оснащенные возможными характеристиками и свойствами объекта различных элементов. В данной статье будет представлена разработка и использование параметрического библиотечного объекта при информационном моделировании модулей полносборного домостроения. На примере программы ArchiCAD25, используя язык программирования GDL, встроенный в данное ПО и открытый для написания скриптов, будет создан умный объект модуля, описаны преимущества использования данного объекта, приведены примеры скриптов, произведена оценка эффективности, перспективы дальнейшего развития.

Ключевые слова: технологии информационного моделирования, параметрическое моделирование, строительное проектирование, строительные конструкции

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Технологии информационного моделирования (ТИМ) помогают управлять готовой продукцией, то есть объектом капитального строительства, на уровне организации при проектировании, строительстве и реконструкции здания. Целью ТИМ является готовая информационная модель, используемая на всех стадиях жизненного цикла. Для автоматизации процессов проектирования можно использовать параметрическое моделирование, которое позволяет интегрировать трехмерную модель с базой данных. По результатам такой модели можно получить готовую рабочую документацию. Актуальность работы обосновывается малым количеством семейств, оснащенных изменяемыми параметрами и с возможностью пересчета строительных конструкций, а также набирающее популярность полносборное модульное строительство.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Принципы параметрического моделирования и создание информационной модели строительных объектов отражены в работах ученых М. С. Барабаш, А. С. Городецкого, О. И. Пакидолова, В. А. Попова, А. В. Скворцова, В. В. Талапова, В. В. Мигунова и др.

ЦЕЛИ

Описать создание параметрических моделей и их возможности, сформулировать преимущества использования готовых параметрических моделей модульных зданий в ПО ArchiCAD.



ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Цифровая информационная модель (ЦИМ) – совокупность элементов, объединяющих в себе различные характеристики объекта, включая физические и функциональные свойства, как всей модели, так и составляющих ее частей, которые ориентированы в пространстве и представляют из себя параметрическую трехмерную модель. ЦИМ создает базу скоординированной, согласованной и взаимосвязанной информации об объекте капитального строительства (ОКС) будь то геометрическая привязка объекта на местности, аналитическая модель для расчетов, изменения при проектировании, ремонте, реконструкции и др. [1]. Основной проблемой проектирования сейчас является большое количество программных комплексов, которые закрывают 90 % задач по проектированию, но которые плохо согласуются между собой. Существуют общепринятые форматы, с помощью которых ЦИМ может импортироваться в другие ПО, такие как IFC, XML, DWG, но не все разработчики поддерживают их.

Одним из способов решения данной проблемы является параметрическое проектирование, которое представляет собой элемент информационной модели с заложенной базой данных. Массив информации включает в себя различные геометрические характеристики (размеры, объем), физические свойства объекта (масса, материалы), присвоенная информация (назначенные) и параметры (имя, маркировка, ГОСТ).

Преимущества параметрического моделирования:

- Высокая точность проектирования.
- Экономия времени.
- Реализация оригинальных и масштабных архитектурных идей.

На основе параметрического алгоритма мы можем создавать интерьерные, конструктивные, фасадные решения любой формы от простой до бионической, сложной рубленой геометрии или пространственной сетчатой конструкции. Такая архитектура притягивает взгляды и делает любое пространство уникальным.

Полносборные модульные здания – это малоэтажные быстровозводимые строения из монтируемых объемных элементов, в которые могут быть включены различные системы внутреннего оборудования, готовая отделка стен и фасадов. Модульное строительство имеет ряд преимуществ: снижение стоимости СМР, скорости возведения готового здания (сокращение сроков строительства до 2–3 месяцев), строительство не зависит от погодных условий, контроль качества строительной продукции происходит на заводах, что уменьшает риск дефектов строительной конструкции, увеличение качества СМР, в связи с тем, что все отделочные работы выполняются на производстве, стоимость готового проекта легко считается и не изменяется в период строительства. Мировой рынок модульного строительства переживает большой рост интереса к данной технологии, а информационное моделирование способно при помощи цифровых инструментов ускорить процесс проектирование модулей, обеспечить грамотную проработку по размещению и подключению инженерных сетей, оптимизировать логистику доставки модулей на строительную площадку и их сборку [2].

Параметрическое моделирование можно охарактеризовать как создание программных апплетов, компонентов различного программного обеспечения, предназначенные для определенной задачи и работающих только в данной среде. Написанные скрипты не имеют функциональной ценности в отрыве от программы, где они были созданы. В среде ArchiCAD параметрическое моделирование можно осуществить в открытом для любого пользователя языке GDL (Geometric Description Language). Данная возможность по созданию апплетов позволяет пользователю создавать свои маркеры, зоны, библиотечные элементы: мебель, оборудование, различные элементы вентиляции или отопления и т. п. Результатом работы является Библиотечный элемент, который может в себе содержать множество различных объектов на выбор [3].

При помощи параметризации в ArchiCAD можно создавать не только простейшие элементы, но и более сложные, добавляя в них расчеты по объемам материалов, выводя различные характеристики элементов, входящих в состав модели, которые позволят автоматически создавать ведомости и спецификации. Рассмотрим эффективность данной технологии на примере создания параметрической модели модулей для многоквартирного жилого дома полной заводской готовности [4].

Для создания параметрической модели нужно учитывать параметры, которые позволят нам создать объемную часть модуля и создать его плоское изображение на макете, а также те, которые сможет изменять пользователь в интерфейсе Библиотечного элемента. Также стоит учитывать написания алгоритма для элементов, которые позволят нам сформировать спецификацию, например, диаметр, шаг, количество арматуры, параметры ее привязки, защитный слой бетона, свойства мате-

риалов и т. д. На рисунке 1 приведена часть перечня параметров, которые содержит в себе модель и которые пользователь может изменить [5].

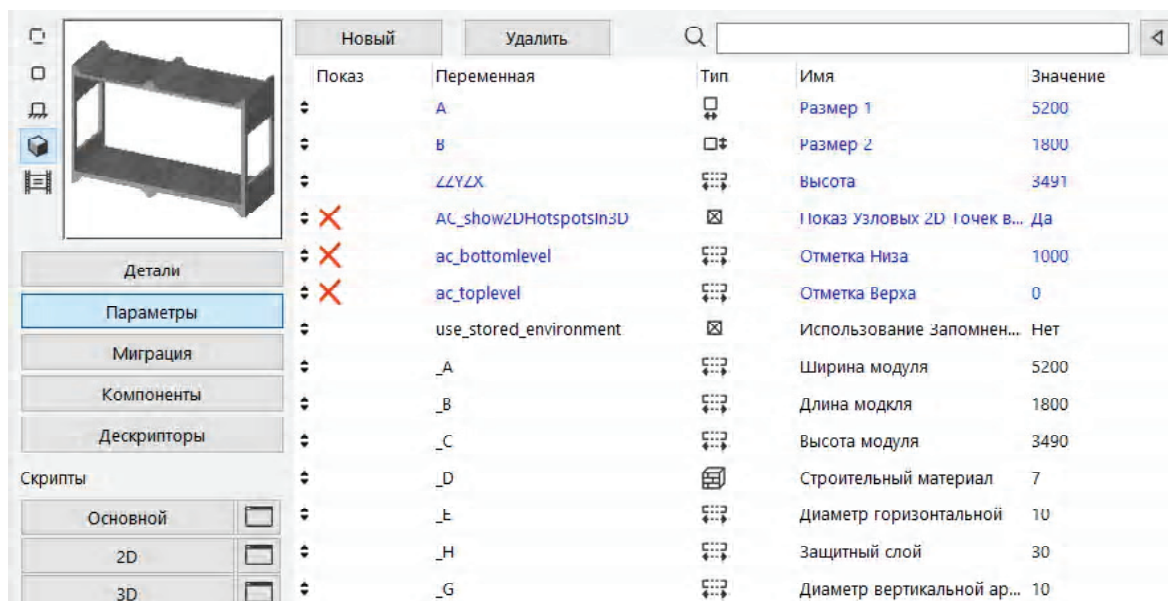


Рисунок 1 – Параметры модуля, созданные в среде ArchiCAD.

В результате написания алгоритма был получен каталог параметрических моделей, представленный на рисунке 2, который включает в себя различные модули первого и второго этажей с возможностью их выбора, а также изменения диаметра, шага арматуры, толщины защитного слоя бетона и т. п. [6].

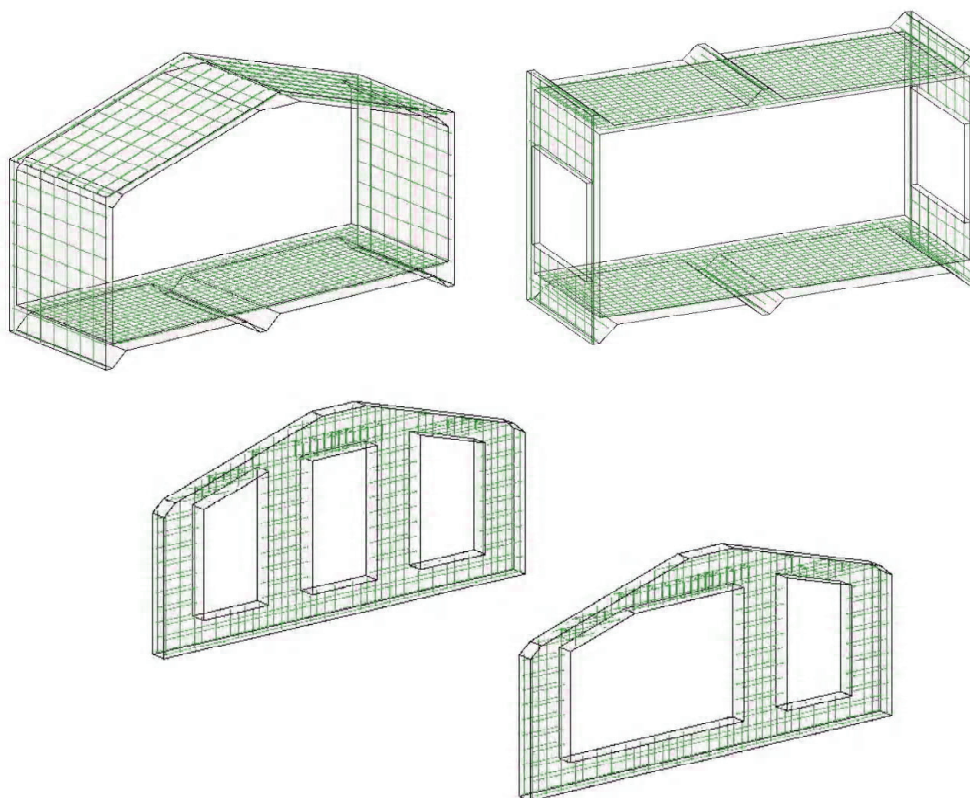


Рисунок 2 – Каталог параметрических моделей модульного здания.

При помощи функции «call» мы можем использовать ранее созданные элементы. Например, рассмотрим применение уже созданного вертикального стержня. Его параметры мы можем увидеть на рисунке 3. Для «заложения» в модуль арматуры понадобятся ее следующие данные: диаметр, смещение арматуры сверху и снизу, диаметр оправки, класс стали, верхние и нижние лапки и др. Скрипт по добавлению вертикальной арматуры в конструкцию представлен на рисунке 4. Аналогичные манипуляции происходят с горизонтальными стержнями, хомутами и другими арматурными элементами, которые нам необходимо добавить. При помощи несложных математических алгоритмов описывается расположение каждого элемента в виде цикла или массива, указываются ограничения его использования.

Показ	Переменная	Тип	Имя	Значение
	_sp0_A		СТЕРЖЕНЬ	
↕	diameter	☰	Диаметр, мм	16
↕	zzyzx	☰	Высота вмещающей конст...	500
↕	off1	☰	Смещение сверху, мм (- в...	0
↕	off2	☰	Смещение снизу, мм (- вну...	0
↕	opr	☰	Диаметр оправки, x d	5
↕	steel	Абс	Класс стали	A500C
↕	con_ref	Абс	Вмещающая конструкция	K1
	_sp0_B		ЛАПКИ	
↕	lpk1	☰	Верхняя лапка, мм (отриц...	200
↕	lpk1_ang	☰	Угол поворота верхней ла...	0
↕	lpk2	☰	Нижняя лапка, мм	200

Рисунок 3 – Параметры модуля, созданные в среде ArchiCAD.

```

call "вертикальный стержень" parameters zzyzx=N,
diameter=D1*1000,
off1=-Z*1000,
off2=H2*1000,
opr=2,
lpk1=-H1,
lpk1_ang=ang[(i-1)*2+j],
lpk2=H2,
lpk2_ang=ang[(i-1)*2+j]
del 1
    
```

Рисунок 4 – Скрипт использования функции «call» для вертикального стержня.

Современные программы информационного моделирования имеют возможность автоматического формирования спецификаций и ведомостей. На рисунке 5 представлена спецификация арматуры одного из модулей [7].

Интерфейс модели представлен на рисунке 6. Для проверки эффективности параметрической модели был произведен опыт создания модуля первого этажа из стандартных конструктивных элементов в программе ArchiCAD. Проектирование при помощи встроенных ресурсов заняло около 2 часов. Формирование параметрической модели одного модуля, сбора исходных данных, определения параметров, создания скрипта для подсчета арматуры и ее расположения в конструкции заняло менее 1 часа. Средний проект модульного здания может содержать от 6 до 10 модулей, параметрическое моделирование может ускорить процесс проектирования до 4 часов вместо 16, что существенно повышает производительность проектной организации [8].

Спецификация арматуры					
Элемент	Поз.	Обозначение	Количество	Длина ед., мм	Масса ед., кг
Модуль (нижний)					
	Арматурная сетка	d10 A500C-100 / d10 A500C-100 (174x494) 25/25	2	—	109,08
	Стержень вертикальный	d10 A500C, L=3491	16	3491	2,16
	Стержень горизонтальный	d10 A500C, L=1740	44	1740	1,08
				132416	300,24

Рисунок 5 – Автоматически сформированная спецификация армирования одного модуля первого этажа без оконных проемов с указанием массы арматуры.

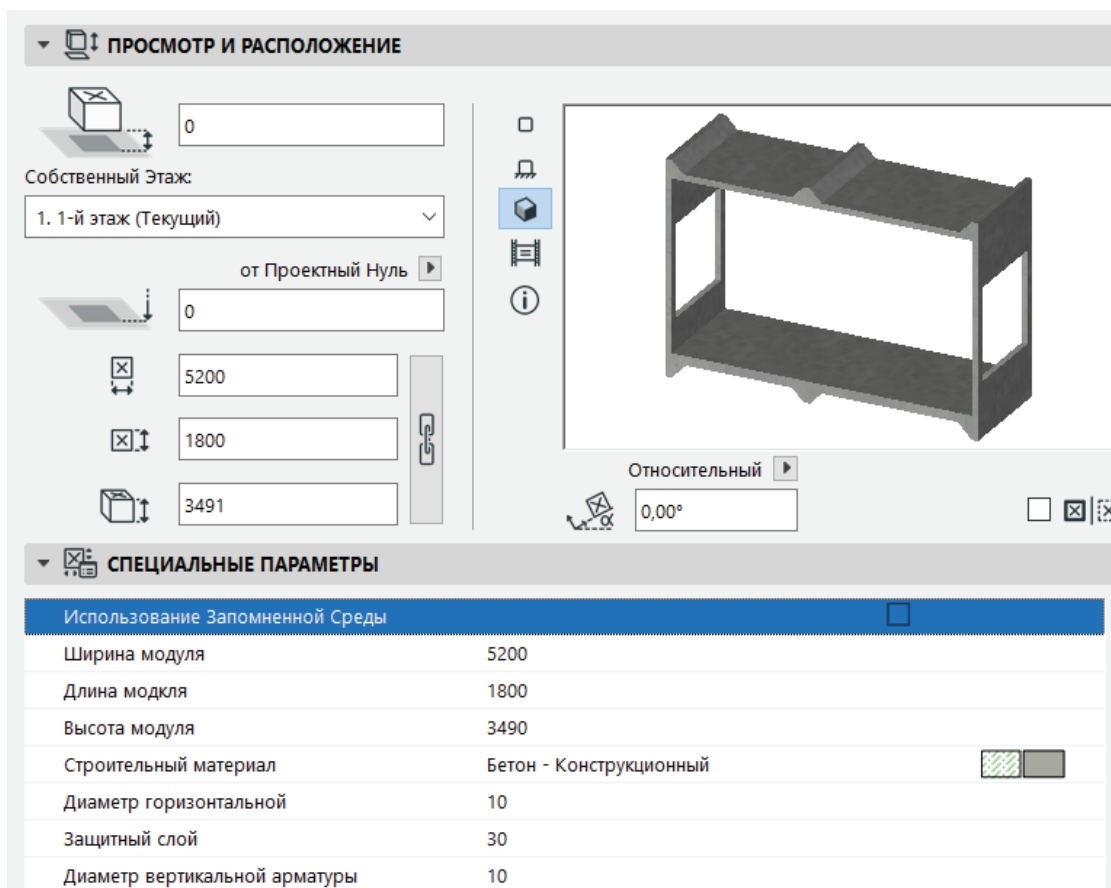


Рисунок 6 – Работа с параметрической моделью.

ВЫВОД

Параметрическое моделирование – специальная технология, предназначенная для объектов, меняющих свое свойство, внешний вид, информацию по управлению пользователем в зависимости от исходных данных, габаритных размеров, вводимых пользователем в диалоговом режиме в специальное окно или из скрипта. Параметрические модели позволяют автоматизировать отдельные элементы проектной деятельности. С помощью параметрических моделей можно создавать как простые

предметы интерьера и экстерьера, выглядящее сходно, но обладающие различными характеристиками, так и различные конструктивные сборки, например, стальные конструкции, арматурные каркасы железобетонных конструкций, также сложные расчетные элементы со сложными алгоритмами.

Подведем основные итоги по преимуществам готовой параметрической модели:

1. Быстрое изменение параметров для изменения технического решения объекта.
2. Мгновенные изменения с их последующим отображением в 3Д и на плане.
3. Автоматизация расчетов объемов.
4. Возможности доработки модели с последующим увеличением степени детализации.
5. Дальнейшее использование информационной модели на всем этапе жизненного цикла объекта.
6. Доработка модели, с включением в нее расчетов для структурного анализа [9].

Создание параметрических моделей различных конструкций является сложным процессом, требующим определенного рода знаний и расширением владения возможностями программного обеспечения. Тем не менее создание шаблонных, типовых конструкций позволяет оптимизировать время работы проектировщика, снизить количество возможных ошибок проектной документации, сократить трудозатраты. Широкий спектр выбора Библиотечных элементов позволит быстро выгружать ведомости и спецификации для экономического анализа, осуществить быстрый и точный конструктивный, что делает проектирование более эффективным и выгодным [10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 333.1325800.2017. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла = Building information modeling. Modeling guidelines for various project life cycle stages : официальное издание : утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 18 сентября 2017 г. N 1227/пр и введен в действие с 19 марта 2018 г. : введен впервые : дата введения 2018-03-19 / исполнители Акционерное общество "Научно-исследовательский центр «Строительство» – Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций имени В. А. Кучеренко (АО «НИИЦ "Строительство"» – ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко)", Общество с ограниченной ответственностью «КОНКУРАТОР» (ООО «КОНКУРАТОР»). – Москва : Стандартинформ, 2018. – 40 с. – Текст : непосредственный.
2. Параметрические библиотечные элементы как эффективное средство совершенствования технологий информационного моделирования в строительстве / А. Е. Наумов, А. С. Кучеренко, Е. А. Бобровников [и др.]. – Текст : электронный // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2023. – № 2. – С. 20–28. – DOI 10.34031/2071-7318-2022-8-2-20-28. – URL: <http://dspace.bstu.ru/jspui/handle/123456789/4525> (дата обращения: 15.04.2023). – EDN: ALCZUO.
3. Сундетова, А. Ж. Блочно-модульное строительство как альтернатива капитальному строительству. Конструктивные решения блочно-модульного строительства / А. Ж. Сундетова. – Текст : электронный // E-Scio. – 2022. – № 11(74). – С. 414–424. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_50024744_94198892.pdf (дата обращения: 12.04.2023). – EDN: DHTVRG.
4. Ларин, В. С. Параметрическое моделирование в связке трех аппаратных комплексов ARCHICAD, RHINOCEROS, GRASSHOPPER / В. С. Ларин, Ф. К. Клашанов. – Текст : электронный // Студенческий. – 2019. – № 10(54). – С. 6–11. – URL: <https://sibac.info/archive/journal/student/10%2854%29.pdf> (дата обращения: 12.04.2023). – EDN: ZUVQMW.
5. Жуков, А. Д. Возможности российского ПО в сфере строительного проектирования / А. Д. Жуков, А. Н. Калашник, А. С. Кучеренко. – Текст : электронный // Образование. Наука. Производство : сборник докладов XIV Международного молодежного форума, Белгород, 13–14 октября 2022 года. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2022. – С. 109–112. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_49863060_45622842.pdf (дата обращения: 12.04.2023). – EDN: LSOSHS.
6. Georgiev, N. G. Application of visual programming in modeling building structures / N. G. Georgiev, K. A. Shumilov. – Текст : электронный // Innovations. The science. Education. – 2021. – No. 34. – P. 1418–1422. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vizualnoe-programmirovaniye-v-zadachah-modelirovaniya-stroitelnyh-konstruktsiy> (дата обращения: 12.04.2023). – EDN: AAXTTM.
7. ARCHICAD: ОТКРЫВАЯ ЗАНОВО. Язык GDL: программирование для уникальных задач архитектора. – Текст : электронный // «Строительный эксперт» : [сайт]. – 30 августа 2017. – URL: <https://ardexpert.ru/article/10209> (дата обращения: 14.04.23).
8. GDL Reference Guide. GRAPHISOFT. – [S. l.] : by GRAPHISOFT, 2019. – 729 с. – URL: <https://help.graphisoft.com/AC/23/FRA/GDL.pdf> (дата обращения: 14.04.2023). – Текст : электронный.
9. ARCHICAD Training Series Part 2. Conceptual design in ARCHICAD architect. – URL: <http://www.graphisoft.ru/learning/trainingmaterials/training-series/volume-2.html> (дата обращения: 14.04.2023). – Текст : электронный.
10. Losev, K. Infographic oriented management model of cyber-physical systems during a building life cycle / K. Losev, V. Chulkov. – Текст : электронный // Construction and Architecture: Theory and Practice for the Innovation

Development (CATPID-2019) : E3S Web of Conferences International Scientific Conference. – 2019. – Volume 138. – Article No. 02009. – URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913802009> (дата обращения: 14.04.2023).

Получена 05.05.2023

Принята 23.05.2023

О. С. КУЧЕРЕНКО, А. Е. НАУМОВ
ПАРАМЕТРИЧНЕ ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ
ІНСТРУМЕНТ ПРОЕКТУВАННЯ ПОВНОЗБІРНИХ МОДУЛЬНИХ
БУДІВЕЛЬ

ФДБОУ ВО «Белгородський державний технологічний університет
імені В. Г. Шухова», м. Белгород, Російська Федерація

Анотація. Інформаційне моделювання в будівництві істотно зменшило терміни і вартість проектування об'єктів, підвищило якість проектної документації, скоротивши можливі колізії. Для більш ретельного опрацювання певних розділів проектної документації необхідно створити прості бібліотечні елементи, які прискорять процес роботи, знижуючи час роботи над однотипними операціями. Наступним етапом автоматизації проектування можна назвати створення параметричних моделей-алгоритмів, результатом яких є просторові моделі, оснащені можливими характеристиками і властивостями об'єкта різних елементів. У даній статті буде представлена розробка і використання параметричного бібліотечного об'єкта при інформаційному моделюванні модулів повнозбірного домобудівництва. На прикладі програми ArchiCAD25, використовуючи мову програмування GDL, вбудований в дане ПО і відкритий для написання скриптів, буде створений розумний об'єкт модуля, описані переваги використання даного об'єкта, наведені приклади скриптів, проведена оцінка ефективності, перспективи подальшого розвитку.

Ключові слова: технології інформаційного моделювання, параметричне моделювання, будівельне проектування, будівельні конструкції.

ALEXANDRA KUCHERENKO, ANDREY NAUMOV
PARAMETRIC INFORMATION MODELING AS AN EFFECTIVE TOOL FOR
DESIGNING FULLY ASSEMBLED MODULAR BUILDINGS

FSBEI HE «Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov»,
Belgorod, Russian Federation

Abstract. Information modeling in construction has significantly reduced the time and cost of designing facilities, improved the quality of project documentation, reducing possible collisions. For a more thorough study of certain sections of the project documentation, it is necessary to create simple library elements that will speed up the process of the designer's work, reducing the time of performing the same type of operations. The next stage of design automation can be called the creation of parametric models – algorithms, the result of which is a spatial model equipped with possible characteristics and properties of the object of various elements. This article will present the development and use of a parametric library object in the information modeling of modules of fully assembled housing construction. Using the example of the ArchiCAD25 program, using the GDL programming language embedded in this software and open for writing algorithms, a smart module object will be created, the advantages of using this object are described, examples of scripts are given, efficiency is evaluated, and prospects for further development are made.

Keywords: building information modeling, parametric modeling, building design, building structures.

Кучеренко Александра Сергеевна – магістрант кафедри експертизи и управління недвижимостью ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова», г. Белгород, Российская Федерация. Научные интересы: автоматизация информационного моделирования в строительстве.

Наумов Андрей Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой экспертизы и управления недвижимостью ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова», г. Белгород, Российская Федерация. Научные интересы: информационное моделирование зданий, управление жизненным циклом недвижимости, рационализация и оптимизация в строительном проектировании, аппаратно-программные технологии строительных изысканий.

Кучеренко Александра Сергіївна – магістрант кафедри експертизи та управління нерухомістю ФДБОУ ВО «Белгородський державний технологічний університет імені В. Г. Шухова», м. Белгород, Російська Федерація. Наукові інтереси: автоматизація інформаційного моделювання у будівництві.

Наумов Андрій Євгенович – кандидат технічних наук, доцент; завідувач кафедри експертизи та управління ФДБОУ ВО «Белгородський державний технологічний університет імені В. Г. Шухова», м. Белгород, Російська Федерація. Наукові інтереси: інформаційне моделювання будівель, управління життєвим циклом нерухомості, раціоналізація та оптимізація у будівельному проектуванні, апаратно-програмні технології будівельних досліджень.

Kucherenko Alexandra – master's student, Examination and Management of Real-Estate Department, FSBEI HE «Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov», Belgorod, Russian Federation. Scientific interests: automation of information modeling in construction.

Naumov Andrey – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Head Examination and Management of Real-Estate Department, FSBEI HE «Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov», Belgorod, Russian Federation. Scientific interests: building information modeling, real estate life cycle management, rationalization and optimization in building design, hardware and software technologies for building surveys.

EDN: AFUKDP

УДК 629.064.5

И. В. СЕЛЬСКАЯ, В. С. БУРЯК, Е. В. ГРИГОРЬЕВАФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

ИДЕАЛЬНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ

Аннотация. Долговечность и эффективность эксплуатации электрооборудования во многом определяют, благодаря рабочим параметрам сети. Переменный ток отличается непрерывными колебаниями, и от стабильности их амплитуды зависит качество электроэнергии. Основные параметры электрической сети определяются исходя из регламентов нормативной документации и должны соблюдаться путём применения высокотехнологичных генерирующих или трансформирующих устройств. Показатели качества электрической энергии характеризуют общее состояние бытовой или промышленной сети, а также отображаются в виде минимально допустимых граничных значений для бесперебойной работы того или иного оборудования. Требования к рациональной системе электроснабжения города послужили основанием для разработки идеальной системы электроснабжения города. Применительно к крупным и средним городам рассматривается система электропитания, базирующаяся на использовании только двух напряжений: 110 и 10 кВ. Сеть 110 кВ выполняется в виде кольца вокруг города.

Ключевые слова: электроснабжение города, качество электрической энергии, городские подстанции, энергия, напряжение.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В настоящее время электрические явления, приборы, устройства, машины, аппараты и электрические системы проникли во все области практической деятельности человека. Кроме того, благодаря точности и чувствительности электрических методов контроля и управления использование электрической энергии позволило повысить производительность труда во всех областях деятельности человека, автоматизировать почти все технологические процессы в промышленности, на транспорте, в сельском хозяйстве и в быту, а также создать комфорт в производственных и жилых помещениях. В связи с этим повысились требования к эффективности и качеству электроснабжения потребителей. Долговечность и эффективность эксплуатации электрооборудования во многом определяются, благодаря рабочим параметрам сети. Переменный ток отличается непрерывными колебаниями, и от стабильности их амплитуды зависит качество электроэнергии. Основные параметры электрической сети определяются исходя из регламентов нормативной документации и должны соблюдаться путём применения высокотехнологичных генерирующих или трансформирующих устройств. Показатели качества электрической энергии характеризуют общее состояние бытовой или промышленной сети, а также отображаются в виде минимально допустимых граничных значений для бесперебойной работы того или иного оборудования [1, 2, 3]. Следует отметить, что система электроснабжения города сталкивается с рядом проблем. Одна из основных проблем является стареющая инфраструктура. Реально большинство электростанций и линий электропередач старые и требуют замены. Практически следует, что устаревшая инфраструктура неэффективна, ненадежна и подвержена сбоям. А спрос на электроэнергию увеличивается с каждым днем. Существующая система электроснабжения может оказаться неспособной, что приведет к отключениям и перебоям в подаче электроэнергии. Согласно изложенному, данная работа является актуальной, так как вопросы электроснабжения городов тесно связаны с качеством электроэнергии. Следует также отметить, что особенностями городских электрических сетей является их непрерывное развитие, которое тесно связано с ростом электропотребления, появлением нового оборудования, и что особенно важно – усиливаются требования к надежности электроснабжения.



ЦЕЛИ

Целью данной статьи является обзор и установление наиболее подходящих условий электроснабжения городов для оптимальной поддержки работоспособности и жизнедеятельности человека.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Как известно, электроснабжение города включает в себя совокупность электрических станций, понижающих и преобразовательных подстанций, питающих и распределительных линий и электроприемников, обеспечивающих снабжение электроэнергией технологические процессы коммунально-бытовых, промышленных и транспортных потребителей, расположенных на территории города и частично в пригородной зоне. Кроме того, при проектировании электроснабжения города необходимо создание экономичных энергосистем, обеспечивающих необходимое качество комплексного электроснабжения всех городских потребителей как по надежности питания, так и по качеству электроэнергии. Проекты электроснабжения городов и связанное с ним электрооборудование, входящее в данные электрические системы, должны выполняться на основе государственных норм, соответствующих технологических инструкций и руководящих указаний [2, 4, 5].

Электроснабжение города определяется местными условиями: размерами города, наличием источников питания, характеристиками потребителей, напряжением электрических сетей энергосистемы, географическим положением города, историческими условиями развития города и т. п. [5, 6].

Электротехнические требования к рациональной системе электроснабжения города послужили основанием для разработки идеальной системы электроснабжения города. Для крупных и средних городов рассматривается использование системы питания, которая должна базироваться на использовании двух напряжений: 110 и 10 кВ. Электрическая сеть 110 кВ необходимо выполнять в виде кольца, охватывающего город. А питание городских потребителей осуществлять с помощью распределительных сетей напряжениями (6...10) кВ и 0,38 кВ. При этом территория города для выбора параметров основных элементов системы условно делится на три части: центральной, с наибольшей плотностью нагрузки, средней части и окраины города, имеющей наименьшую плотность нагрузки [2, 5, 6].

Для электроснабжения центральной части города необходимо сооружение достаточно мощной трансформаторной подстанции 110/10 кВ, питание которой должно осуществляется за счет диаметральной электрической связи 110 кВ, проходящей через город. При этом источники питания, расположенные на территории города и вне его пределов, отдают электрическую энергию непосредственно в кольцо 110 кВ, которое также является сборными шинами всех источников питания города и происходит их параллельная работа. Одновременно с этим за счет городских подстанций 110/10 кВ, расположенных вдоль кольца, в центрах нагрузки отдельных районов города производится отвод энергии в распределительные сети 10 кВ. Следует отметить, что количество кольцевых подстанций 110/10 кВ должно определяется местными условиями, оптимальной мощностью подстанций и суммарной нагрузкой потребителей города. Также число линий кольца 110 кВ вокруг города, а также их конструктивное выполнение определяется местными условиями. На окраинах города диаметральной связь электрической сети 110 кВ должна выполняться в виде воздушных линий. По городу передача электрической энергии к потребителям выполняется кабельными линиями. Общая пропускная способность кольца электрической сети 110 кВ должна быть такой, чтобы электроснабжение города сохранялось при различных аварийных режимах. Режим работы кольца 110 кВ и подстанций контролируют допустимые мощности короткого замыкания в распределительных сетях 10 кВ [5, 6].

Пропускная способность электрической сети 110 кВ практически может увеличиваться за счет увеличения числа линий 110 кВ, т. е. путем многократного повторения кольца 110 кВ. При этом новые линии 110 кВ могут прокладываться по другим трассам города с сооружением дополнительных подстанций 110/10 кВ в центрах нагрузки. Вместе с этим предусматриваются дополнительные диаметральной связи электрической сети 110 кВ с новыми подстанциями 110/10 кВ [5, 6].

Также в зависимости от нагрузки системы электроснабжения и местных условий города питание его может усиливаться путем подачи энергии от внешних источников электрической энергии при более высоком напряжении, например, электрической сетью 380 кВ. И по мере роста электрической нагрузки города дальнейшее развитие его системы электроснабжения может выполняться также за счет создания кольцевой сети 380 кВ и увеличения количества опорных подстанций уже напряжением 380/110 кВ. С развитием сети 380 кВ кольцевая сеть 110 кВ начинает терять свое значение и постепенно преобразуется в распределительную сеть. Ее развитие ограничивается. Усиление пропускной

способности системы электроснабжения производится путем размыкания кольцевой сети 110 кВ и заводки ее линий на новые подстанции 380/110 кВ.

ВЫВОДЫ

Для создания наиболее благоприятных условий распределения электроэнергии в электроснабжении города и осуществления самых выгодных режимов ее работы рекомендуется использовать кольцевую сеть напряжением 110 кВ, охватывающую город. Рассматриваемая система на протяжении длительного промежутка времени будет удовлетворять всем условиям и прежде всего возможностям ее дальнейшего расширения. По мере увеличения нагрузки городских потребителей и появления новых объектов ее питание можно перевести на более высокое напряжение 380 кВ. Энергетическая система является основой городской инфраструктуры. Идеальная система обеспечивает надежное, доступное и устойчивое энергоснабжение города. Такая система электроснабжения необходима для экономического роста города и жизнедеятельности населения. Она способствует устойчивому развитию города. Система также должна быть гибкой, чтобы соответствовать меняющимся потребностям города в энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анчарова, Т. В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений : учебник / Т. В. Анчарова, М. А. Рашевская, Е. Д. Стебунова. – Москва : Форум, 2018. – 192 с. – Текст : непосредственный.
2. Нормы технологического проектирования систем электроснабжения. ВНТП. – Москва : ЦНТИ Информэнерго, 1991. – 131 с. – Текст : непосредственный.
3. Правила устройств электроустановок. – 7-е изд. – Москва : Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. – 656 с. – Текст : непосредственный.
4. Кудрин, Б. И. Электроснабжение : учебник / Б. И. Кудрин. – Москва : Academia, 2016. – 160 с. – Текст : непосредственный.
5. Мясоедов, Ю. В. Электроснабжение городов : учебное пособие / Ю. В. Мясоедов, Л. А. Мясоедова, И. Г. Подгурская. – Благовещенск : Изд-во Амурского государственного университета, 2014. – 106 с. – Текст : непосредственный.
6. Шведов, Г. В. Электроснабжение городов. Электропотребление, расчетные нагрузки, распределительные сети / Г. В. Шведов. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2012. – 268 с. – Текст : непосредственный.

Получена 17.05.2023

Принята 23.05.2023

І. В. СЕЛЬСЬКА, В. С. БУРЯК, Є. В. ГРИГОР'ЄВА
ІДЕАЛЬНА СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ МІСТ
ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація

Анотація. Довговічність і ефективність експлуатації електрообладнання багато в чому визначаються завдяки робочим параметрам мережі. Змінний струм відрізняється безперервними коливаннями, і від стабільності їх амплітуди залежить якість електроенергії. Основні параметри електричної мережі визначаються виходячи з регламентів нормативної документації і повинні дотримуватися шляхом застосування високотехнологічних генеруючих або трансформуючих пристроїв. Показники якості електричної енергії характеризують загальний стан побутової або промислової мережі, а також відображаються у вигляді мінімально допустимих граничних значень для безперебійної роботи того чи іншого обладнання. Вимоги до раціональної системи електропостачання міста послужили підставою для розробки ідеальної системи електропостачання міста. Стосовно до великих і середніх міст розглядається система електроживлення, що базується на використанні тільки двох напруг: 110 і 10 кВ. Мережа 110 кВ виконується у вигляді кільця навколо міста.

Ключові слова: електропостачання міста, якість електричної енергії, міські підстанції, енергія, напруга.

IRINA SELSKAYA, VALERIA BURYAK, EVGENIYA GRIGORIEVA
AN IDEAL CITY POWER SUPPLY SYSTEM
FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,
Makeyevka, DPR, Russian Federation

Abstract. The durability and operational efficiency of electrical equipment are largely determined by the operating parameters of the network. Alternating current is characterized by continuous fluctuations, and the quality of electricity depends on the stability of their amplitude. The main parameters of the electrical network are determined based on the regulations of regulatory documentation and must be observed through the use of high-tech generating or transforming devices. Indicators of the quality of electrical energy characterize the general condition of the household or industrial network, and are also displayed in the form of minimum permissible boundary values for the uninterrupted operation of particular equipment. The requirements for a rational city power supply system served as the basis for the development of an ideal city power supply system. In relation to large and medium-sized cities, a power supply system based on the use of only two voltages: 110 and 10 kV is considered. The 110 kV network is executed in the form of a ring around the city.

Keywords: city power supply, quality of electric energy, city substations, energy, voltage.

Сельская Ирина Владимировна – кандидат химических наук, доцент; заведующая кафедрой автоматизации и электроснабжения в строительстве ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: электроснабжение, автоматизация и экологические проблемы в строительстве.

Буряк Валерия Сергеевна – магистрант кафедры городского строительства и хозяйства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: проектирование и реконструкция городов.

Григорьева Евгения Владиславовна – магистрант кафедры городского строительства и хозяйства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: проектирование и реконструкция городов.

Сельська Ірина Володимирівна – кандидат хімічних наук, доцент; завідувач кафедри автоматизації та електропостачання у будівництві ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: електропостачання, автоматизація та екологічні проблеми у будівництві.

Буряк Валерія Сергіївна – магістрант кафедри міського будівництва та господарства ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: проектування та реконструкція міст.

Григор'єва Євгенія Владиславівна – магістрант кафедри міського будівництва та господарства ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: проектування та реконструкція міст.

Selskaya Irina – Ph. D. (Chemical Sciences), Associate Professor, Head Automation and Power Supply in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: power supply, automation and environmental problems in construction.

Buryak Valeria – master's student, Municipal Building and Economy Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: design and reconstruction of cities.

Grigorieva Evgeniya – master's student, Municipal Building and Economy Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: design and reconstruction of cities.

EDN: ANTQUG

УДК 621.6.05

Ю. А. ГОЛОВАЧ, О. В. МИХАЙСКАЯ, Д. Э. РЫБАКФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕТАНДЕР-ГЕНЕРАТОРОВ ПРИ РЕДУЦИРОВАНИИ ГАЗА НА ГРС

Аннотация. На сегодняшний день получение электрической энергии с применением технологий ресурсосбережения приобретает все большую актуальность. Одним из способов экономии энергетических ресурсов является возможность использования потенциальной энергии избыточного давления природного газа в детандер-генераторных установках (ДГУ) при его редуцировании на газораспределительных станциях (ГРС) и в газорегуляторных пунктах (ГРП). ДГУ позволяют вырабатывать электроэнергию, которая вырабатывается генератором, устанавливаемым за детандером, а в некоторых случаях теплоту и холод. В статье рассматриваются перспективные направления и основные преимущества использования ДГУ. Приведена технологическая схема детандер-генераторной установки блочно-комплектного исполнения УТДУ-4000, описаны основные элементы и принцип ее работы. Уделено внимание вопросу экологической и экономической выгоды от внедрения детандер-генераторов. Использование ДГУ в системах газоснабжения дает возможность снижения затрат на электроэнергию для собственных нужд и улучшения экологических показателей.

Ключевые слова: газоснабжение, редуцирование, природный газ, детандер-генератор.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В условиях растущих цен на энергоносители и нестабильности их поставок актуальность применения альтернативных источников энергии становится все более важной. С развитием газотранспортной системы приобрела значимость проблема потери полезной энергии при понижении давления газа на газораспределительной станции, особенно на ГРС малой производительности, где происходит значительная потеря потенциала. Для решения данной проблемы необходим выбор новых технических решений и технических средств, которые позволят полезно использовать потенциальную энергию избыточного давления газового потока.

Газотранспортная система состоит из газопроводов и различных технологических сооружений, включая ГРС, которая осуществляет снижение и автоматическое поддержание давления на заданном уровне (процесс редуцирования). Редуцирование газа является необратимым процессом, при котором изменяются характеристики газовой смеси [1].

Одним из перспективных направлений является использование детандер-генераторных установок. ДГУ-устройство, в котором энергия газового потока сначала преобразуется в механическую энергию в детандере, а затем в электроэнергию в генераторе. Схема установки ДГУ представлена на рисунке 1.

Применение ДГУ имеет ряд преимуществ. Во-первых, это возможность создания независимой системы отопления и электрификации, что особенно актуально для удаленных и недоступных территорий [2]. Во-вторых, ДГУ позволяют снизить затраты на энергоносители и сократить зависимость от ценовых колебаний на рынке. В-третьих, использование ДГУ снижает нагрузку на газотранспортную систему, что повышает ее надежность и эффективность.

Одним из основных преимуществ экономии энергоресурсов является возможность снижения себестоимости производимой продукции, что является особенно актуальным на рынке.

Газ поступает к потребителям из магистральных газопроводов через ГРС, где происходит первая ступень дросселирования, а затем к газорегуляторным пунктам, где осуществляется вторая ступень



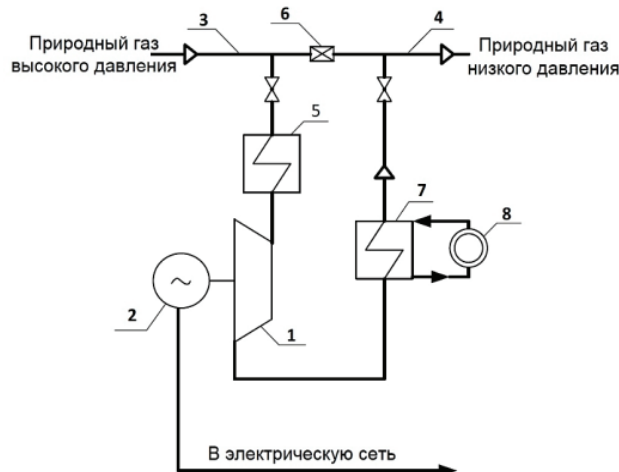


Рисунок 1 – Схема установки ДГА: 1 – детандер; 2 – генератор; 3, 4 – соответственно трубопроводы высокого и низкого давления; 5 – теплообменник; 6 – узел редуцирования газа; 7 – теплообменник; 8 – потребитель холода.

дросселирования и давление газа снижается. Если заменить обычное редуцирование природного газа на ГРС и ГРП процессом «срабатывания» существующего перепада давления в турбине детандер-генераторной установки (ДГУ), осуществляется возврат энергии, затраченной на сжатие газа [3].

Детандер-генераторы используются в промышленной теплоэнергетике, на тепловых электрических станциях, потребляющих большое количество топливного природного газа, металлургических и химических заводах и проч.

На рисунке 2 представлена принципиальная технологическая схема детандер-генераторной установки блочно-комплектного исполнения УТДУ-4000.

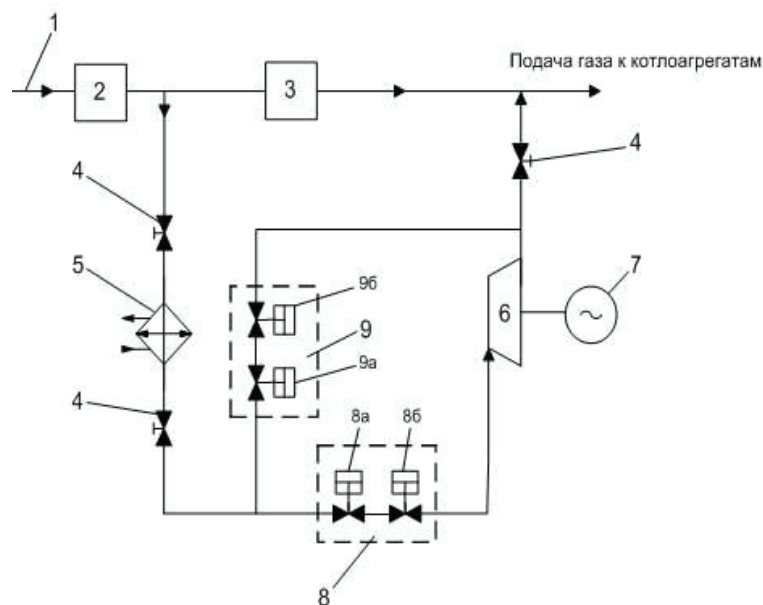


Рисунок 2 – Принципиальная технологическая схема: 1 – подвод газа к ГРС (ГРП); 2 – узел очистки газа; 3 – ГРС (ГРП); 4 – электрозадвижка; 5 – газоподогреватель (теплообменный аппарат); 6 – турбодетандер; 7 – электрогенератор; 8 – блокрегулирующего клапана, где: 8а – стопорный клапан (СК); 8б – дозирующий клапан (ДК); 9 – блок байпасный, где: 9а – клапан защиты (КЗ); 9б – регулятор давления газа (РДГ).

ДГА состоит из следующих блоков, входящих в комплект поставки: блок детандер-генераторный, блок системы маслоснабжения, блок маслоохлаждения, блок стопорно-дозировочный, блок байпасный, программно-технический комплекс автоматизированной системы управления технологическим

процессом (ПТК САУ), комплектное распределительное устройство (КРУ), распределительное устройство собственных нужд ДГА (РУСН).

Принцип работы УТДУ-4000 состоит в следующем: природный газ из входного коллектора, пройдя узел очистки, поступает в подогреватель газа, затем в турбодетандер. При расширении газа в детандере, жестко связанном при помощи зубчатой трансмиссии и редуктора с генератором, потенциальная энергия сжатого газа преобразуется в механическую, приводя в действие генератор, который производит электрическую энергию [4].

Далее электроэнергия через повышающий трансформатор направляется в электрическую сеть 110 кВ. После расширения в турбодетандере газ через отключающую задвижку направляется к котлоагрегатам ТЭЦ. Для обеспечения бесперебойной подачи газа потребителю УТДУ снабжена байпасной линией, в комплект поставки которой входят клапан защиты (КЗ) и регулятор давления газа (РДГ).

ВЫВОДЫ

Результаты расчетов и опыт эксплуатации детандер-генераторных установок в зарубежных и отечественных условиях подтверждают, что эти установки могут производить электроэнергию в объеме 30...50 кВт/тыс. м³ газа при определенной эффективности процесса расширения в турбине [5]. Применение ДГУ позволяет не только использовать вторичные энергоресурсы для производства электроэнергии, но и снизить уровень вредных выбросов по сравнению с традиционными технологиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулагина, О. В. Использование избыточной энергии давления природного газа на небольших газораспределительных станциях / О. В. Кулагина. – Текст : непосредственный // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность : материалы XIX Всероссийской научно-технической конференции, Томск, 2013. – Томск, 2013. – С. 263–264.
2. Данилов, А. А. Автоматизированные газораспределительные станции : справочник / А. А. Данилов. – Санкт-Петербург : Химиздат, 2004. – 542 с. – ISBN 5-93808-074-6. – Текст : непосредственный.
3. Белоусов, А. Е. Применение детандеров для повышения эффективности работы ГРП и малых ГРС / А. Е. Белоусов. – Текст : непосредственный // Проблемы недропользования – 2014 : сборник научных трудов Международного форума-конгресса молодых ученых, Санкт-Петербург, 23-25 апреля 2014 г. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2014. – С. 178.
4. Белоусов, А. Е. Повышение эффективности процесса редуцирования в системе транспорта и распределения природного газа при помощи детандер-генераторов объемного типа / А. Е. Белоусов, О. В. Кабанов. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы науки и техники – 2016 : сборник статей, докладов и выступлений IX Международной научно-практической конференции молодых ученых, Уфа, 2016 г. – 2016. – Том 1. – Уфа : Нефтегазовое дело. – С. 115–116.
5. Белоусов, А. Е. Моделирование газодинамических процессов, связанных с утилизацией энергии природного газа на малых пунктах редуцирования единой системы газоснабжения при помощи регулируемого детандер-генератора объемного типа / А. Е. Белоусов, О. В. Кабанов, Г. Х. Самигуллин. – Текст : непосредственный // Территория Нефтегаз. – 2017. – № 7–8. – С. 18–23.

Получена 04.05.2023

Принята 23.05.2023

Ю. О. ГОЛОВАЧ, О. В. МИХАЙСЬКА, Д. Е. РИБАК
ВИКОРИСТАННЯ ДЕТАНДЕР-ГЕНЕРАТОРІВ ПРИ РЕДУКУВАННІ
ГАЗУ НА ГРС
ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація

Анотація. На сьогодні отримання електричної енергії із застосуванням технологій ресурсозбереження набуває все більшої актуальності. Одним із способів економії енергетичних ресурсів є можливість використання потенційної енергії надлишкового тиску природного газу в детандер-генераторних установках (ДГУ) при його редукуванні на газорозподільних станціях (ГРС) і в газорегуляторних пунктах (ГРП). ДГУ дозволяють виробляти електроенергію, яка виробляється генератором, що встановлюється за детандером, а в деяких випадках теплоту і холод. У статті розглядаються перспективні напрямки та основні переваги використання ДГУ. Наведена технологічна схема детандер-генераторної установки блочно-комплектного виконання УТДУ-4000, описані основні елементи і принципи її роботи. Прیدілено увагу питанню екологічної та економічної вигоди від впровадження

детандер-генераторів. Використання ДГУ в системах газопостачання дає можливість зниження витрат на електроенергію для власних потреб і поліпшення екологічних показників.

Ключові слова: газопостачання, редукування, природний газ, детандер-генератор.

YULIA GOLOVACH, OKSANA MIKHAYSKAYA, DANIL RYBAK
THE USE OF EXPANDER GENERATORS WHEN REDUCING GAS AT THE GAS-DISTRIBUTING STATIONS

FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,
Makeyevka, DPR, Russian Federation

Abstract. To date, the production of electric energy using resource-saving technologies is becoming increasingly relevant. One of the ways to save energy resources is the possibility of using the potential energy of overpressure of natural gas in expander-generator sets (EGS) when it is reduced at gas distribution stations (GDS) and gas control points (GCP). EGS allow you to generate electricity, which is generated by a generator installed behind the expander, and in some cases heat and cold. The article discusses promising areas and the main advantages of using EGS. The technological scheme of the expander-generator unit of the block-complete UTDU-4000 design is given, the main elements and the principle of its operation are described. Attention is paid to the issue of environmental and economic benefits from the introduction of expander generators. The use of EGS in gas supply systems makes it possible to reduce energy costs for own needs and improve environmental performance.

Keywords: gas supply, reduction, natural gas, expander generator.

Головач Юлия Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: надежность распределительных сетей газоснабжения, рациональное использование газообразного топлива.

Михайская Оксана Валентиновна – ассистент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах теплоснабжения и газоснабжения.

Рыбак Данил Эдуардович – магистрант кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: рациональное использование газообразного топлива.

Головач Юлія Олександрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: надійність розподільних мереж газопостачання, раціональне використання газоподібного палива.

Михайська Оксана Валентинівна – ассистент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: енергоресурсозбереження в системах теплопостачання та газопостачання.

Рыбак Данило Эдуардович – магистрант кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: раціональне використання газоподібного палива.

Golovach Yulia – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: reliability of gas distribution networks, rational use of gaseous fuel.

Mikhayskaya Oksana – assistant, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: energy and resource saving in heat supply and gas supply systems.

Rybak Danil – master's student, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: rational use of gaseous fuel.

EDN: EZWSKO

УДК 577.323; 577.123.36

Е. Ю. СУХИНИНА, А. И. СЕРДЮКФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ СОЕДИНЕНИЯМИ УРАНА

Аннотация. Показано, что при использовании боеприпасов с обедненным ураном-238 происходит химическое и радиоактивное заражение почвы, произрастающей на ней растительности и людей триоксидом урана с физическим периодом полураспада 4,5 млрд лет и периодом полувыведения из организма человека 15 дней. Это химически токсичное для человека вещество с ПДК в воздухе равным 0,075 мг/м³, которое при вдыхании может вызывать одышку, кашель, острые поражения артерий и нарушение функции почек. Так как уран-238 является альфа – испускателем, то он наиболее опасен при попадании внутрь организма человека. Более активно он поглощается вегетационной массой растений по сравнению с репродуктивными органами. При этом степень перехода U-238 в хозяйственно-ценную часть урожая колеблется от 7 до 20 %.

Ключевые слова: экологическая опасность, обедненный уран, триоксид урана, химическое отравление, радиоактивность, загрязнение растений и почвы.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

С 1980-х годов американские военные используют обедненный уран (Уран-238 с содержанием основного вещества более 99 %) в боеприпасах и в защитной броне танков. Сейчас бронебойные боеприпасы с обедненным ураном являются одним из основных боеприпасов для танковых и противотанковых пушек в армии стран НАТО. Во время войны против Югославии они активно применяли ракеты «Томагавк», в боевой части которых содержалось примерно три килограмма урана, который при взрыве превращался в облако мелких частиц, распространяющееся на несколько десятков метров от места взрыва. Во время «Бури в пустыне» потрачено на поражение наземных целей по меньшей мере, 750 тыс. боеприпасов, содержащих уран. По разным оценкам, такое количество сопоставимо с объемом в 270...300 тонн обедненного урана, закопанного в почве или сброшенного с воздуха в реки. Большим преимуществом урана для бронебойных боеприпасов является его свойство воспламеняться при ударе и пробивании брони. Следует уточнить, что все изотопы урана являются радиоактивными и будут отрицательно влиять на здоровье людей.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Уран-238, слабо радиоактивный, и остается таковым из-за длительного физического периода полураспада (4,468 миллиарда лет).

Биологический период полураспада (среднее время, необходимое человеческому организму, чтобы удалить половину его количества) для урана-238 составляет около 15 дней [1, 2]. В технологии применения урана используются три оксида урана UO_2 , U_3O_8 и UO_3 [3, 4]. Диоксид урана – UO_2 с ПДК равной 0,015 мг/м³. Темно-коричневые кристаллы. Триоксид урана – UO_3 с ПДК равной 0,075 мг/м³, то есть он менее токсичен, чем UO_2 . Кристаллическое или аморфное вещество ярко желтого цвета. Реагирует с водой. При взрыве боеприпасов происходит окисление урана с образованием U_3O_8 , который на воздухе доокисляется с образованием триоксида урана – UO_3 [3, 4].



Целью работы является установление экологической опасности обедненного урана-238 для здоровья человека и при продвижении по пищевой цепи как химически токсичного, так и радиоактивного вещества, одновременно.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Рассмотрим экологические характеристики триоксида урана-238, который образуется после взрыва и превращается в облако мелких частиц, висящих в воздухе в течение двух часов и распространяющихся на несколько десятков метров от места взрыва.

Рассчитано, что концентрация UO_3 , равная его ПДК в атмосфере, будет достигнута в приземном слое воздуха (высота до 2 м) при взрыве боеприпаса массой 3 кг (масса UO_3 будет составлять 3,6 кг) на площади равной 24 000 000 м², то есть 2 300 гектар. Показано, что для 300 кг сброшенного обедненного урана площадь заражения будет составлять 2,3·10⁶ га, то есть 24 км². В первый момент времени после взрыва в атмосфере наряду с UO_3 будет присутствовать и UO_2 , который в 5 раз более токсичен. Поэтому площадь заражения будет увеличена на 1/3, и составлять 32 км².

Как и все соединения шестивалентного урана, UO_3 опасен при вдыхании, проглатывании и при контакте с кожей. Это ядовитое, токсичное вещество, которое при вдыхании может вызывать одышку, кашель, острые поражения артерий и изменения хромосом лейкоцитов и гонад, приводящие к врожденным порокам развития.

Длительное поступление урана в организм человека, когда сказывается его радиобиологическое воздействие как альфа-излучателя, ведет к развитию хронической лучевой болезни. Физиологическое воздействие альфа-лучей на организм человека в 20 раз более сильное, чем бета и гамма [3]. Механизмы действия урана на организм человека разнообразны. Уран может вызвать не только функциональные, но и органические изменения как в результате непосредственного действия на организм, так и опосредованно через центральную нервную систему и железы внутренней секреции. При урановом отравлении наряду с обширной патологией различных внутренних органов и систем ведущим является нарушение функции почек.

Период развертывания основных симптомов – обычно 5–7 суток. Исход интоксикации – 15–30 суток. Отдаленные последствия поражений – от нескольких месяцев до нескольких лет. Скрытый период характеризуется вялостью, снижением аппетита. В период развертывания основных симптомов с 3–4 суток, появляется жажда, на 5–7-е сутки, рвота, гастрит, энтерит. При ингаляционном поступлении урана – хрипы в легких, начальные явления пневмонии. В последующие сутки развиваются симптомы поражения почек. Наиболее тяжелые изменения отмечаются на 8–10-е сутки, часть животных погибает. На 10–13-е сутки наблюдается мышечная слабость, у некоторых животных паралич мышц и конечностей [3].

Коэффициент накопления урана сельскохозяйственными растениями зависит от типа почвы, формы удобрений, вида растений и составляет примерно 0,0001...0,1 [1]. Вынос обедненного урана - 238 из почвы в надземную часть растений в условиях вегетационного опыта крайне незначительный и составляет менее 0,06 % от его количества в почве. Концентрация U-238 в хозяйственно-ценной части урожая была наибольшей в первый год вегетационных опытов, в последующие годы интенсивность поглощения U-238 растениями сокращается. Накопление растениями идет пропорционально увеличению концентрации этого элемента в почве. Более активно он поглощается вегетационной массой по сравнению с репродуктивными органами. При этом степень перехода U-238 в хозяйственно-ценную часть урожая колеблется от 7 до 20 % [4, 5].

ВЫВОДЫ

Таким образом, при применении обедненного урана в составе используемого вооружения будет наблюдаться его химическая и радиационная опасности для человека и выращиваемых сельскохозяйственных культур в течение длительного времени вследствие большого периода его полураспада. Степень перехода U-238 в хозяйственно-ценную часть урожая колеблется от 7 до 20 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Keith, Larry S. Handbook on the Toxicology of Metals / Larry S. Keith, Obaid M. Faroon ; Fourth Edition. – Chapter 59 – Uranium. – Volume 2. – 2015. – 1544 p. – Текст : непосредственный.
2. Alexander, C. A. Volatilization of uranium under strongly oxidizing conditions / C. A. Alexander. – Текст : непосредственный // Journal of Nuclear Materials. – 2005. – Volume 346 (2-3). – P. 312–318. – DOI:10.1016/j.jnucmat.2005.07.013.

3. Гудков, С. В. Химическая и радиационная токсичность соединений урана / С. В. Гудков, А. В. Черников, В. И. Бруско // Российский химический журнал. – 2014. – Том 58, № 3-4. – С. 103–110. – Текст : непосредственный. – EDN: UGSPBT.
4. Тураев, Н. С. Химия и технология урана : учебное пособие для вузов / Н. С. Тураев, И. И. Жерин. – Москва : ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2005. – 407 с. – ISBN 5-7262-0526-S. – Текст : непосредственный.
5. Савинкина, Е. В. Общая и неорганическая химия : в 2 т. / Е. В. Савинкина, В. А. Михайлов, Ю. М. Киселёв ; под редакцией академика РАН А. Ю. Цивадзе. – 2-е изд., электрон. – Москва : Лаборатория знаний, 2022. – 495 с. – (Учебник для высшей школы). – Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10. – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный. – ISBN 978-5-93208-576-9 (Т. 1) ISBN 978-5-93208-575 (Т. 2) (дата обращения: 12.04.2023).

Получена 03.05.2023

Принята 23.05.2023

О. Ю. СУХІНІНА, О. І. СЕРДЮК
ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЛЮДИНИ ПРИ ЗАБРУДНЕННІ
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА СПОЛУКАМИ УРАНУ
ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація

Анотація. Показано, що при використанні боеприпасів зі збідненим ураном-238 відбувається хімічне і радіоактивне зараження ґрунту, рослинності, що росте на ньому, і людей триоксидом урану з фізичним періодом напіврозпаду 4,5 млрд років і періодом напіввиведення з організму людини 15 днів. Це хімічно токсична для людини речовина з ГДК в повітрі рівним 0,075 мг/м³, яке при вдиханні може викликати задишку, кашель, гострі ураження артерій і порушення функції нирок. Так як уран-238 є альфа-випромінювачем, то він найбільш небезпечний при попаданні всередину організму людини. Більш активно він поглинається вегетаційною масою рослин в порівнянні з репродуктивними органами. При цьому ступінь переходу U-238 в господарсько-цінну частину врожаю коливається від 7 до 20 %.

Ключові слова: екологічна безпека, збіднений уран, триоксид урану, хімічне отруєння, радіоактивність, забруднення рослин та ґрунту.

ELENA SUHININA, ALEKSANDR SERDYUK
HUMAN ENVIRONMENTAL SAFETY IN CASE OF ENVIRONMENTAL
POLLUTION BY URANIUM COMPOUNDS
FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,
Makeyevka, DPR, Russian Federation

Abstract. It is shown that when using depleted uranium-238 ammunition, chemical and radioactive contamination of the soil, vegetation growing on it and people occurs with uranium trioxide with a physical half-life of 4.5 billion years and a half-life of 15 days from the human body. This is a chemically toxic substance for humans with a MAC in the air equal to 0.075 mg/m³, which, when inhaled, can cause shortness of breath, cough, acute arterial lesions and impaired kidney function. Since uranium-238 is an alpha emitter, it is most dangerous when ingested into the human body. It is more actively absorbed by the vegetative mass of plants in comparison with the reproductive organs. At the same time, the degree of transition of U-238 to the economically valuable part of the crop ranges from 7 to 20 %.

Keywords: environmental hazard, depleted uranium, uranium trioxide, chemical poisoning, radioactivity, pollution of plants and soil.

Сухина Елена Юрьевна – студентка ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: повышение экологической безопасности человека и окружающей среды.

Сердюк Александр Иванович – доктор химических наук, профессор кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: переработка промышленных отходов, повышение экологической безопасности человека и окружающей среды.

Сухиніна Олена Юрїївна – студентка ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: підвищення екологічної безпеки людини та навколишнього середовища.

Сердюк Олександр Іванович – доктор хімічних наук, професор кафедри техносферної безпеки ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: переробка промислових відходів, підвищення екологічної безпеки людини та навколишнього середовища.

Suhinina Elena – student, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: improving the environmental safety of humans and the environment.

Serdyuk Aleksandr – D. Sc. (Chemical Sciences), Professor, Technosphere Safety Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: processing of industrial waste, improving the environmental safety of humans and the environment.

EDN: DVNNDU

UDC 625.87

VASILYI ZHEVANOV, VALERY BRATCHUN, VIOLETTA POSTOENKOFSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,
Makeyevka, DPR, Russian Federation

INCREASING THE FATIGUE LIFE OF ASPHALT CONCRETE BY COMPLEX MODIFICATION OF THEIR STRUCTURE

Abstract. It has been experimentally proved that the complex modification of the structure of asphalt concrete, namely: surface activation of mineral components and bitumen of asphalt concrete with ethylene glycidylacrylate of the Elvaloy-AM brand allowed to increase the fatigue life of modified asphalt concrete (65,100 cycles compared with 22,000 cycles of traditional asphalt concrete (DSTU B V.2.7-119:2011) at a bending short-term stress of 0.4 MPa. It is shown that the fatigue dependences of modified asphalt concrete, constructed in logarithmic coordinates, have a more gentle slope angle, which indicates a lesser effect of repeated dynamic loads on the magnitude of residual deformations, compared with traditional and crushed-mastic asphalt concrete (CMAC). It is established that in order to ensure maximum fatigue durability in asphalt concrete of types A and B, the bitumen content should be 0.5 % higher in comparison with the optimal content of organic binder calculated by the Soyuzdornia method (N. N. Ivanov and V. V. Okhotina).

Keywords: bitumen, asphalt concrete, modifier, mechanical activation, strength, fatigue durability.

INTRODUCTION

During the operation of the highway, all structural layers of the road structure experience a complex of transport loads, that is the effect of temperature, water saturation-drying and other influences, as a result of which stresses of various magnitude and sign are formed. The most significant is the complex of impacts, consisting of weather and climatic factors and the dynamic loading from vehicles. The peculiarity of the load from vehicles is that the stresses arising in the pavement materials, which are mainly compressive stresses on the surface of the coating and tensile stresses in the lower layers of the coating, may not exceed critical values, however, with repeated application of dynamic mechanical loads in the asphalt concrete coating, fatigue processes are eventually developing. This leads to a gradual accumulation of defects in the structure of the material and the formation of various types of coating defects in the form of ruts, surges and fatigue cracks, followed by the destruction of the pavement [1–3].

The purpose of this work is an experimental study of the fatigue durability of asphalt concrete of various types and asphalt polymer concrete under the influence of short-term cyclic loads of various granulometric types with the establishment of the optimal content of the organic binder, providing the greatest strength of asphalt concrete.

PROBLEM STATEMENT

Based on the theories of the destruction of composite materials and works in the field of studying the stress-strain state of asphalt concrete [4, 5], it is assumed that under the influence of dynamic loads of various sizes in the weakest places of the structure of the material, namely in the pores and voids, stresses of various signs arise, a gradual increase in which further leads to a gradual bond rupture at the molecular level, followed by the formation of so-called hairline cracks or plastic shifts of microscopic particles. Further development of microscopic cracks and their fusion will capture macro-volumes of the material, while the crack propagation will take place along the most energetically advantageous paths, i.e. through layers of free bitumen, along the boundary of adsorption-solvate layers of organic binder, or along the contact zone of mineral material and binder (provided there are insufficient adhesive bonds) [4, 5].

© Vasily Zhevanov, Valery Bratchun, Violetta Postoenko, 2023



Thus, the scientific hypothesis of this study is that the production of asphalt concrete for the upper layer of the pavement, which has increased fatigue durability, is possible when creating such an asphalt concrete structure that rationally combines the densest packing of polydisperse particles of the mineral backbone (the microstructure smoothly transitions into a mesostructure, and then into a macrostructure) and a continuous spatial grid of elastic organic binder with high values of adhesion and cohesion at the lowest possible thickness of the asphalt binder. Due to the fact that the most important component of the structure of durable asphalt concrete is the contact zone – the zone of interaction of the organic binder with the surface of mineral materials, the regulation of volumetric and structured bitumen, as well as the intensification of interaction processes on the interface of phases «bitumen – mineral material» will significantly increase the deformation and strength properties of asphalt concrete [6–8].

SOLUTION METHODS

Currently, the most effective way to improve the basic physical and deformation-strength properties of asphalt concrete is the simultaneous modification of organic binders with additives such as: thermoplastics of the SBS type of the Kraton D 1101 brand, ethylene glycidylacrylate of the Elvaloy-AM brand, a combined additive based on butadiene rubber and technical sulfur, as well as modification of mineral materials (in particular, mechanical activation of the mineral powder by polymer additives) [4, 6–8].

Mechanical activation of the surface of mineral materials with these polymer additives provides fine regulation of the molecular properties of the surface of crushed stone, sand and a mineral powder. This leads to its maximum affinity with a bitumen polymer binder (BPV), which ensures its complete wetting with a modified organic binder. The maximum convergence of molecular properties occurs during the production of asphalt-polymer-concrete mixtures of modified petroleum road bitumen and oleophilic surface of mineral materials (distance less than $5 \cdot 10^{-10}$ m) on which all kinds of intermolecular interactions can manifest themselves [7].

Activation of the surface of the mineral powder (MP) of SCMS-30 (mechanical activation or from a gasoline solution) will lead to the formation of a structurally strengthened polymer layer on the surface, which increases the adhesion of the bitumen polymer binder to the surface of the mineral powder due to an increase in the number of contacts of segments of supramolecular formations of the SCMS-30 copolymer with active centers of the oleophilic surface, diffusion of macromolecules of butadiene methyl styrene rubber into the layer SCMS-30. This creates a strong and elastic spatial matrix of asphalt polymer concrete with high adhesion and cohesion [8, 9].

The structurally strengthened layer of ethylene glycidylacrylate on the surface of the mechanically activated mineral material provides high adhesion of the bitumen polymer binder as a result of an increase in the number of contacts of segments of supramolecular formations of ethylene glycidylacrylate structured PFC-105 with the oleophilic surface and diffusion of macromolecules of Elvaloy AM into the adsorption layers of terpolymer on the surface of mineral materials [8].

Objects of research: asphalt concrete of types A, B (compositions of V. A. Zolotarev); asphalt concrete of type B, complexly modified with ethylene glycidylacrylate (modified bitumen: 2 % by weight Elvaloy-AM + 0.5 % by weight of PFC-105 polyphosphoric acid and mechanoactivated mineral materials: 0.7 % by weight. Elvaloy-AM); crushed-mastic asphalt concrete (SHMA) with the addition of a granular stabilizing cellulose additive based on Antrocel-G bitumen, cast asphalt concrete with a complex modified structure (modified bitumen: 2 % SCMS-30 + 30 % tech. sulfur and mechanical activation of MP: 0.5 % wt. SCMS-30).

In accordance with the works of A. V. Rudensky, B. S. Radovsky, E. V. Ugolovaya, etc. [2–5, 9], it is most expedient to conduct studies of the fatigue durability of asphalt concrete on beam samples, subjecting them to stretching during bending from the effects of cyclic loads of the same magnitude, thereby ensuring the constancy of the stress state with the registration of the main criterion for assessing fatigue durability of asphalt concrete that is the number of cycles before destruction. Thus, the studies were carried out on a specially designed installation with the following test modes: cyclic loading modes: load – 0.1 s, rest – 0.9 s, i.e. cyclic loading with a frequency of 1 Hz; cyclic load value – 20 % of the destruction; temperature test mode: + 20 °C; load application scheme (2-points) in order to create a zone of constant bending moment in the beam, to ensure a clean bending of the sample [4].

Analysis of the results obtained. Tests of conventional asphalt concrete of types A and B showed that the optimal concentration of bitumen, providing the greatest fatigue life for asphalt concrete of type A was 5 % with the number of cycles before destruction of 19 800, for type B it was 5.5 % with 22 000 cycles. As it can be seen, the fatigue failure of coarse-grained asphalt concrete is somewhat lower than that of medium-grained concrete, which is characterized, apparently, by a greater intensity of destruction due to a higher number of

pores and voids inside the material due to a higher content of crushed stone. But at the same time, when testing asphalt concrete with a static load of the same magnitude, the time of destruction of asphalt concrete of type A is higher and lasts 13 800 seconds, and for type B it is 12 600 seconds with an optimal bitumen content of 4.8 % and 5 %, respectively. Therefore, the fatigue durability of asphalt concrete is characterized by a slightly higher bitumen content, which is caused by better filling of the pores with bitumen in the structure of the material and, consequently, fewer places of concentration of critical stresses.

To construct the dependences of fatigue durability of asphalt concrete of different types in logarithmic coordinates (fig. 1) and their comparison (fig. 2), the following stress values were selected: 0.25 MPa and 0.4 MPa (the value of short-term loads: 110 N and 180 N, respectively).

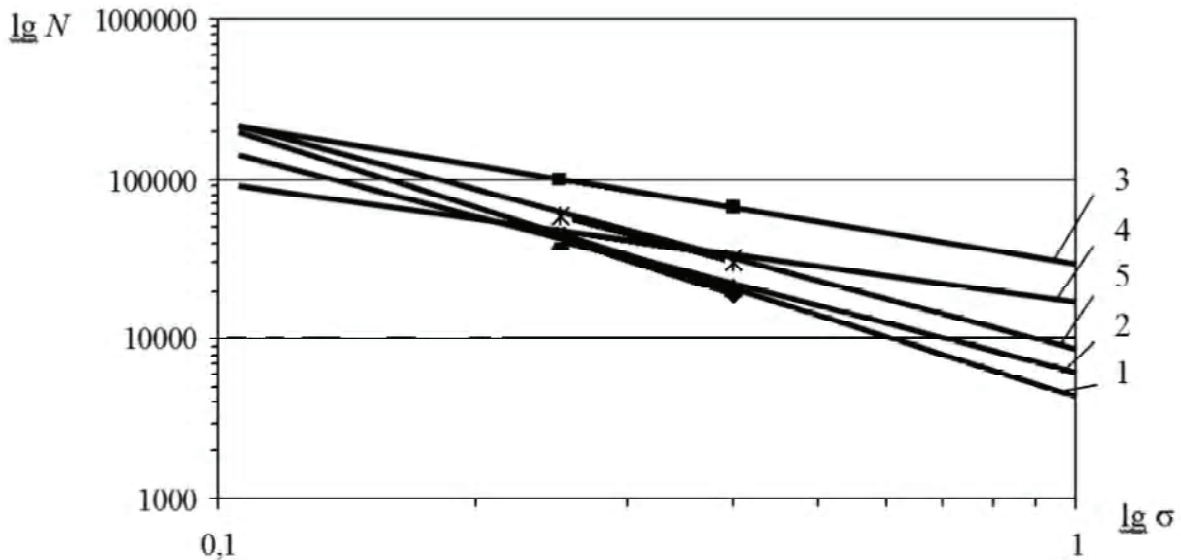


Figure 1 – Fatigue life of asphalt concrete: 1 – ordinary asphalt concrete on bitumen BND 60/90 (type A); 2 – ordinary asphalt concrete (type B); 3 – asphalt concrete (type B), with a complex structure modified by ethylene glycidylacrylate Elvaloy-AM; 4 – cast asphalt concrete with a complex modified structure SCMS-30. 5 – SHMA-10 with Antrocel-G additive.

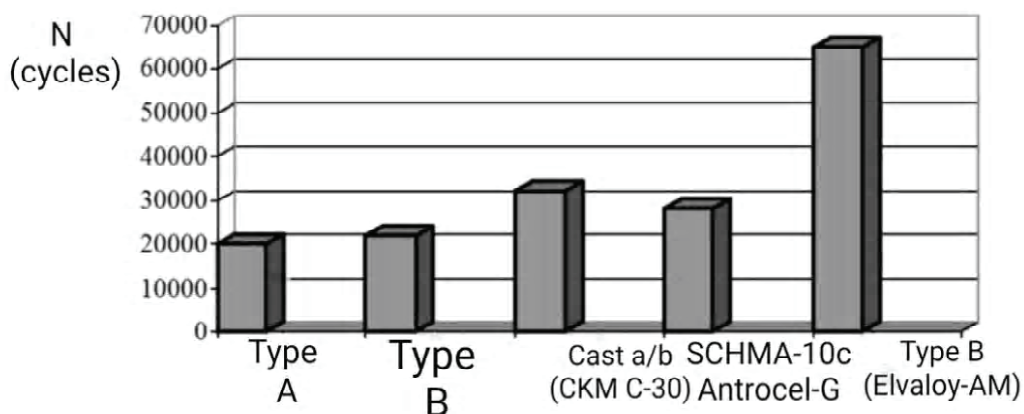


Figure 2 – Comparison of fatigue life values under short-term loading (0.1 s, 0.4 MPa) (+20 °C) of various types of asphalt concrete.

Comparison between fatigue durability of hot asphalt concrete with complex modification of micro-, meso- and macrostructure with ethylene glycidylacrylate and traditional (DSTU BV.2.7-119:2011) shows that

complex modified ethylene glycidylacrylate asphalt concrete is characterized by a higher fatigue life (65 100 cycles compared with 22,000 cycles of conventional asphalt concrete at a bending short-term stress of 0.4 MPa). At the same time, a more gentle angle of inclination of the fatigue dependencies of modified asphalt concrete and cast asphalt concrete is also visible, which indicates their higher fatigue life compared to conventional asphalt concrete and concrete blocks.

CONCLUSIONS

Thus, it has been experimentally proved that the complex modification of the structure of asphalt concrete with polymer additives with simultaneous effects on binders and a mineral material provides higher fatigue life, which is caused by a significant increase in the adhesive-cohesive properties and elasticity of asphalt binders, and consequently increased compaction and, as a consequence, a decrease in pores in the structure of modified asphalt concrete, which has a positive effect on their fatigue durability.

REFERENCES

1. Золотарев, В. А. Долговечность дорожных асфальтобетонов / В. А. Золотарев. – Харьков : Высшая школа, 1977. – 116 с. – Текст : непосредственный.
2. Дорожный асфальтобетон / [Л. Б. Гезенцевей, Н. В. Горелышев, А. М. Богуславский, И. В. Королев]. – Москва : Транспорт, 1985. – 350 с. – Текст : непосредственный.
3. Руденский, А. В. Исследование усталости асфальтобетона / А. В. Руденский, Т. Н. Калашникова. – Текст : непосредственный // Труды ГипродорНИИ. – 1973. – Том 7. – С. 3–13.
4. Углова, Е. В. Теоретико-методологические основы оценки эксплуатационного ресурса асфальтобетонных дорожных покрытий : специальность 05.23.11 «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Углова Евгения Владимировна ; Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет. – Ростов-на-Дону : РГГУ, 2009. – 350 с. – Текст : непосредственный.
5. Гончаренко, В. И. Термическая и высотная усталость асфальтобетонной дороги : специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гончаренко Валентин Иванович. – Макеевка : МИСИ, 1983. – 176 с. – Текст : непосредственный.
6. Физико-химическая механика строительных материалов / [В. И. Братчун, В. А. Золотарев, М. К. Пактер, В. Л. Беспалов]. – Харьков : ДонНАБА, 2011. – 366 с. – Текст : непосредственный.
7. Самойлова, Е. Э. Дорожный асфальтобетон с модифицированной микроструктурой с использованием реакционноспособного термопластика Elvalo : специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Самойлова Елена Эдуардовна. – Макеевка : ДонНАСА, 2007. – 171 с. – Текст : непосредственный.
8. Ахмед Талиб Мутташар Мутташар. Модифицированные асфальтобетонные ограждения M_i для устройства покрытий нежестких дорожных покрытий в климатических условиях Республики Иран : специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ахмед Талиб Мутташар Мутташар. – Макеевка : ДонНАСА, 2013. – 155 с. – Текст : непосредственный.
9. Братчун, В. И. Литой асфальтобетон повышенной прочности / В. И. Братчун, Н. А. Столярова, В. Л. Беспалов [и др.]. – Текст : непосредственный // Известия Автомобильно-дорожного института: научно-производственный сборник. – 2007. – № 1(4). – С. 143–146.

Получена 12.05.2023

Принята 23.05.2023

В. В. ЖЕВАНОВ, В. И. БРАТЧУН, В. А. ПОСТОЕНКО
ПОВЫШЕНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ
ПУТЕМ КОМПЛЕКСНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ИХ СТРУКТУРЫ
 ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
 г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

Аннотация. Экспериментально доказано, что комплексная модификация структуры асфальтобетона, а именно: поверхностная активация минеральных компонентов и битума асфальтового бетона этиленглицидилакрилатом марки Elvalo-AM позволила повысить усталостную долговечность модифицированных асфальтобетонов (65100 циклов по сравнению с 22 000 циклов традиционного асфальтобетона (ДСТУ Б В.2.7-119:2011) при изгибающем кратковременном напряжении 0,4 МПа. Показано, что усталостные зависимости модифицированных асфальтобетонов, построенные в логарифмических координатах, имеют более пологий угол наклона, что свидетельствует о меньшем влиянии повторных динамических нагружений на величину остаточных деформаций, по сравнению

с традиционными и щебеночно-мастичными асфальтобетонами (ЩМА). Установлено, что для обеспечения максимальной усталостной долговечности в асфальтобетонах типов А и Б содержание битума должно быть больше на 0,5 % в сравнении с оптимальным содержанием органического вяжущего, рассчитанному по методу СоюзДорНИИ (Н. Н. Иванова и В. В. Охотина).

Ключевые слова: битум, асфальтобетон, модификатор, механоактивация, прочность, усталостная долговечность.

В. В. ЖЕВАНОВ, В. І. БРАТЧУН, В. О. ПОСТОЄНКО
ПІДВИЩЕННЯ ВТОМНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОНІВ
ШЛЯХОМ КОМПЛЕКСНОЇ ЗМІНИ ЇХ СТРУКТУРИ
ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація

Анотація. Експериментально доведено, що комплексна модифікація структури асфальтобетону, а саме: поверхнева активація мінеральних компонентів та бітуму асфальтового бетону етиленгліцидилакрилатом марки Elvaloy-AM дозволила підвищити втомну довговічність модифікованих асфальтобетонів (65 100 циклів порівняно з 22 000 циклів традиційного асфальтобетону (ДСТУ Б В.2.7-119:2011) при згинальній короткочасній напрузі 0,4 МПа. Показано, що втомні залежності модифікованих асфальтобетонів, побудовані в логарифмічних координатах, мають більш пологий кут нахилу, що свідчить про менший вплив повторних динамічних навантажень на величину залишкових деформацій, порівняно з традиційними і щебенево-мастичними асфальтобетонами (ЩМА). Встановлено, що для забезпечення максимальної втомної довговічності в асфальтобетонах типів А і Б вміст бітуму має бути більше на 0,5 % в порівнянні з оптимальним вмістом органічного вяжучого, розрахованому за методом СоюзДорНИИ (М. М. Іванова і В. В. Охотіна).

Ключові слова: бітум, асфальтобетон, модифікатор, механоактивация, міцність, втомна довговічність.

Жеванов Василий Вячеславович – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: комплексно-модифицированные дорожные асфальтобетонные смеси для устройства покрытий нежестких дорожных одежд повышенной долговечности.

Братчун Валерий Иванович – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой автомобильных дорог и аэродромов ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: физико-химическая механика дорожных асфальтобетонных.

Постоечко Виолетта Александровна – старший преподаватель кафедры иностранных языков и педагогики высшей школы ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: педагогика, методика преподавания иностранных языков.

Жеванов Василь В'ячеславович – магистрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: комплексно-модифіковані дорожні асфальтобетонні суміші для влаштування покриттів нежорстких дорожніх одягів підвищеної довговічності.

Братчун Валерій Іванович – доктор технічних наук, професор; завідувач кафедри автомобільних доріг і аеродромів ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: фізико-хімічна механіка дорожніх асфальтобетонів.

Постоечко Віолетта Олександрівна – старший викладач кафедри іноземних мов і педагогіки вищої школи ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: педагогіка, методика викладання іноземних мов.

Zhevanov Vasily – master's student, Highways and Air Fields Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: complex-modified asphalt-concrete road mixes for the device of coatings of non-rigid road clothes of increased durability.

Bratchun Valery – D. Sc. (Eng.), Professor; Head of the Highways and Air Fields Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: physico-chemical mechanics of road asphalt concrete.

Postoyenko Violetta – a senior lectures, Foreign Languages and Higher School Pedagogy Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: pedagogy, methods of teaching foreign languages.

EDN: [IRGXHQ](#)

УДК 65.012.23:332.21

Н. В. ШОЛУХ, А. В. ВОВКФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ МАЛОГО БИЗНЕСА НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА: ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ И ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

Аннотация. В статье рассматриваются особенности и проблемы размещения объектов малого бизнеса на территории города. Авторами проанализированы факторы, влияющие на выбор места для открытия бизнеса, такие как наличие транспортной инфраструктуры, уровень конкуренции, наличие целевой аудитории и др. Вместе с тем в статье рассматривается экономическая эффективность и социальная значимость размещения объектов малого бизнеса на земельных участках. Кроме того, обсуждаются преимущества и недостатки размещения бизнеса в различных зонах города, таких как центральная часть, спальные районы и т.д. В заключении авторы делают вывод, что при размещении объектов малого бизнеса на территории города необходимо тщательно соблюдать правила и требования, прописанные в действующем законодательстве, а также учитывать особенности выбранных мест локализации таких объектов для того, чтобы избежать последующих нарушений и штрафов.

Ключевые слова: объекты малого бизнеса, недвижимое имущество, градостроительные условия размещения и функционирования, влияющие условия и факторы, удобство и доступность обслуживания, требования действующего законодательства.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В данной статье рассматриваются проблемы, которые чаще всего возникают при размещении объектов малого бизнеса на территории города и требуют учета функционально-пространственных и землеустроительных аспектов. В связи с этим актуальность работы заключается в разработке комплексной схемы размещения объектов малого бизнеса, которая будет учитывать все вышеуказанные требования и позволит обеспечить успешное функционирование бизнеса. Эта работа связана с важными научными и практическими заданиями, такими как развитие малого бизнеса, повышение уровня жизни населения, создание новых рабочих мест и развитие экономики региона.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Исследования на тему: «Особенности размещения объектов малого бизнеса на территории города: функционально – пространственные и землеустроительные аспекты» в той или иной степени отражены в публикациях таких авторов как: Е. Ю. Афендикова, А. А. Попова, М. В. Тимко, Л. Д. Утюшева, Т. В. Бутова, М. К. Кривцова, А. И. Широкова, Ю. Г. Кузменко, И. Ю. Окольнишникова, И. П. Савельева, А. А. Назаров, Ф. В. Ахмедов, Ю. В. Макогон, В. И. Ляшенко, Х. Ф. Бережная, А. Н. Асаула [1–9 и др.]. Их выводы и рекомендации в области размещения объектов малого бизнеса на территории города оказали непосредственное влияние и стали базой для создания данной статьи.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования данной статьи заключается в изучении особенностей размещения объектов малого бизнеса на территории города с учетом функционально-пространственных и землеустроительных аспектов. В рамках исследования анализируются факторы, влияющие на выбор места размещения предприятий малого бизнеса, такие как доступность транспортной инфраструктуры,



наличие пешеходных зон, наличие парков и зеленых зон, а также регулирование землепользования и землеустройства. Результаты исследования могут быть использованы для разработки рекомендаций по улучшению условий для размещения малого бизнеса в городе.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В современных условиях малый бизнес является одним из основных двигателей экономического развития городов. Размещение объектов малого бизнеса на территории города имеет свои особенности, которые связаны с функционально-пространственными и землеустроительными аспектами.

Функционально-пространственные аспекты размещения объектов малого бизнеса на территории города связаны с выбором места для открытия предприятия или магазина. При этом необходимо учитывать такие факторы, как наличие потенциальных клиентов, уровень конкуренции, транспортная доступность и т.д. Кроме того, необходимо учитывать функциональное назначение зданий и соответствующее использование земельных участков.

Землеустроительные аспекты размещения объектов малого бизнеса на территории города связаны с выбором участка земли для строительства. При этом необходимо учитывать такие факторы, как категория земель, наличие инженерной инфраструктуры, возможность подключения к коммуникациям и т.д. Кроме того, необходимо учитывать требования к охране окружающей среды и соблюдение нормативов по благоустройству территории.

Одним из основных принципов размещения объектов малого бизнеса на территории города является принцип компактности. Это означает, что объекты малого бизнеса должны располагаться вблизи друг от друга, что способствует формированию центров бизнес-активности и повышению их эффективности. Кроме того, компактное размещение объектов малого бизнеса позволяет сократить транспортные расходы и уменьшить нагрузку на городскую инфраструктуру.

Важным аспектом размещения объектов малого бизнеса на территории города является также их интеграция в городскую среду. Это означает, что объекты малого бизнеса должны быть архитектурно и стилистически соответствующими окружающей среде и не нарушать ее эстетический облик.

Кроме того, объекты малого бизнеса должны учитывать требования по охране окружающей среды и соблюдать нормативы по благоустройству территории. Тем не менее достаточно сложно определить, какие именно факторы влияют на успешность размещения малого бизнеса в городе, поэтому существуют некоторые особенности, которые стоит тоже учитывать при расположении бизнеса на территории города [1].

Первое – это их специализация и вид деятельности. Например, рестораны и кафе лучше размещать в центральных районах города, где больше потенциальных клиентов. А магазины продуктового ассортимента – в жилых районах, где живут люди их целевой аудитории [2].

Второй важный фактор – это наличие конкурентов. Не стоит открывать магазин одежды или обуви в том же здании, где уже есть такой же магазин. Это может негативно сказаться на продажах и привести к финансовым потерям. Лучше искать места, где конкуренция не такая высокая или вовсе отсутствует [3].

Третий фактор – это доступность для клиентов и обслуживания. Объекты малого бизнеса должны быть легкодоступны для потенциальных клиентов, а также обеспечивать удобство и комфорт при посещении. Например, ресторан должен быть расположен в зоне удобной транспортной доступности, а магазин – иметь большую парковку для автомобилей [4].

Четвертый фактор – это стоимость аренды или покупки помещения. Объекты малого бизнеса должны выбирать места, которые соответствуют их бюджету. Не стоит переплачивать за аренду или покупку помещения, если оно не приносит достаточного дохода.

И, наконец, пятый фактор – это соответствие требованиям законодательства и возможность получения необходимых разрешений. При выборе места для размещения объектов малого бизнеса нужно учитывать соответствие зонированию города, а также требованиям пожарной безопасности и санитарных норм.

Вместе с тем существует и немалое количество проблем при размещении объектов малого бизнеса. Рассмотрим их на примере Ворошиловского, Киевского и Калининского районов города Донецка [5].

Наиболее острыми из них являются:

По данным Министерства экономики и развития Донецкой Народной Республики в 2023 году количество малых и средних предприятий составляет 41 % от общего количества предприятий. Наиболее

весомая доля в общем объеме реализованной продукции товаров и услуг малых и средних предприятий приходилась на оптовую и розничную торговлю – 54,4 %. Доля промышленной продукции – 34,6 % от общего объема реализации. Услуги, связанные с недвижимым имуществом – 2,2 % [8].

Что дает нам понимание насколько высокий уровень конкуренции в ДНР. Это связано с тем, что количество потребителей ограничено, а количество предприятий растет, что приводит к размещению объектов малого бизнеса «на голове» друг у друга и огромному количеству «ларьков» с похожей продукцией, которые находятся на расстоянии 2...5 метрах. Конкуренция за требовательных клиентов влечет за собой снижение цен на товары и услуги, как следствие, снижая прибыльность бизнеса.

Большая стоимость аренды помещений [6]. В центре города аренда помещений стоит значительно дороже, чем в спальных районах. Это может стать серьезным ограничением для малого бизнеса, который не может себе позволить арендовать дорогое помещение.

Наличие районов и зон на территории города, которые могут отличаться повышенным риском [7]. Так, например, в условиях сложной военно-политической ситуации в городе Донецке есть районы, которые периодически подвергаются обстрелам. Такими районами являются Калининский, Киевский, Кировский и Петровский. Размещение бизнеса в таких зонах может привести к угрозе безопасности сотрудников и клиентов, а также к потере имущества.

Еще одной серьезной проблемой при размещении объектов малого бизнеса в городе является систематическое нарушение законодательства. Например, предприниматель может нарушить правила пожарной безопасности, несоблюдение которых может привести к возгоранию и угрозе жизни и здоровью людей. Также предприниматель может нарушить правила зонирования города, размещая свой бизнес в непредназначенных для этого зонах, хорошим примером которого является район «Золотого кольца», где огромное количество стихийных рынков осложняют перемещения граждан. Нарушения могут быть связаны с правилами благоустройства территории, несоблюдением правил хранения и утилизации отходов и т. д.

ВЫВОДЫ

Вывод из данного исследования показывает, что размещение объектов малого бизнеса на территории города является сложным и многогранным процессом, который требует учета многих влияющих факторов. Необходимо учитывать не только специализацию бизнеса, конкуренцию, доступность для клиентов, стоимость аренды или покупки помещения, но также соответствие действующему законодательству в данной сфере, особенностям выбранных мест локализации таких объектов на территории города, которые могут существенно отличаться между собой по стоимости аренды площадей и некоторым другим не менее значимым условиям. К числу таких условий, как было сказано выше, могут быть отнесены определенные районы и зоны на территории города, отличающиеся повышенным риском ведения бизнеса. Кроме того, недооценка важности учета перечисленных условий и факторов при размещении бизнеса может привести к серьезным нарушениям и штрафам. Поэтому очень важно тщательно подходить к выбору места для размещения бизнеса и соблюдать все правила и требования, прописанные в действующем законодательстве и тщательно учитывать особенности конкретной градостроительной ситуации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закономерности и тенденции развития современного предпринимательства / А. Н. Асаул, Е. А. Владимирский, Д. А. Гордеев [и др.] ; под редакцией д. э. н., проф. А. Н. Асаула. – Санкт-Петербург : АНО ИПЭВ, 2008. – 280 с. – Текст : непосредственный.
2. Ворожбит, О. Ю. Структура предпринимательской среды: определяющие факторы / О. Ю. Ворожбит. – Текст : электронный // Вестник ТОГУ. – 2010. – № 4. – С. 121–128. – URL: <https://vestnik.pnu.edu.ru/media/vestnik/articles/478.pdf> (дата обращения: 05.03.2023).
3. Экономика города: малый бизнес как двигатель развития. – Текст : электронный // Город и бизнес : [сайт]. – URL: <https://www.cityandbusiness.ru/articles/ekonomika-goroda-malyj-biznes-kak-dvigatel-razvitiya/> (дата обращения: 08.03.2023).
4. Как выбрать место для бизнеса в городе. – Текст : электронный // Бизнес-лайфхакер : [сайт]. – URL: <https://business-hacker.ru/kak-vybrat-mesto-dlya-biznesa-v-gorode/> (дата обращения: 10.03.2023).
5. Малый бизнес в Москве: особенности размещения и проблемы. – Текст : электронный // Бизнес-пространство : [сайт]. – URL: <https://business-space.ru/analitika/malyj-biznes-v-moskve-osobennosti-razmesheniya-i-problemy/> (дата обращения: 03.03.2023).
6. Московский городской портал. – Текст : электронный // mos : официальный сайт. – URL: <https://www.mos.ru/> (дата обращения: 12.03.2023).

7. Особенности аренды помещений для малого бизнеса в городе. – Текст : электронный // Недвижимость.ру : [сайт]. – URL: <https://www.nedvizhimost.ru/articles/osobennosti-arenda-pomeshcheniy-dlya-malogo-biznesa-v-gorode/> (дата обращения: 20.03.2023).
8. Проблемы малого бизнеса в условиях высокой конкуренции. – Текст : электронный // РБК-Недвижимость : [сайт]. – URL: <https://realty.rbc.ru/articles/19/04/2019/5cb16fde9a7947c1b8d7f69> (дата обращения: 20.03.2023).
9. Рискованные зоны в городе: как обезопасить бизнес. – Текст : электронный // Бизнес Online : [сайт]. – URL: <https://www.business-gazeta.ru/article/355575> (дата обращения: 01.04.2023).

Получена 23.04.2023

Принята 23.05.2023

М. В. ШОЛУХ, А. В. ВОВК
ОСОБЛИВОСТІ РОЗМІЩЕННЯ ОБ'ЄКТІВ МАЛОГО БІЗНЕСУ НА
ТЕРИТОРІЇ МІСТА: ФУНКЦІОНАЛЬНО-ПРОСТОРОВІ ТА
ЗЕМЛЕВПОРЯДНІ АСПЕКТИ
ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація

Анотація. У статті розглядаються особливості та проблеми розміщення об'єктів малого бізнесу на території міста. Авторами проаналізовано фактори, що впливають на вибір місця для відкриття бізнесу, такі як наявність транспортної інфраструктури, рівень конкуренції, наявність цільової аудиторії та ін. Разом з тим у статті розглядається економічна ефективність та соціальна значимість розміщення об'єктів малого бізнесу на земельних ділянках. Крім того, обговорюються переваги і недоліки розміщення бізнесу в різних зонах міста, таких як центральна частина, спальні райони тощо. У висновку автори роблять підсумок, що при розміщенні об'єктів малого бізнесу на території міста необхідно ретельно дотримуватися правил і вимог, прописаних в чинному законодавстві, а також враховувати особливості обраних місць локалізації таких об'єктів для того, щоб уникнути подальших порушень і штрафів.

Ключові слова: об'єкти малого бізнесу, нерухоме майно, містобудівні умови розміщення та функціонування, умови і фактори впливу, зручність і доступність обслуговування, вимоги чинного законодавства.

NICKOLAY SHOLUKH, ALINA VOVK
FEATURES OF PLACEMENT OF SMALL BUSINESS OBJECTS ON THE
TERRITORY OF THE CITY: FUNCTIONAL – SPATIAL AND LAND
MANAGEMENT ASPECTS
FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,
Makeyevka, DPR, Russian Federation

Abstract. The article discusses the features and problems of the placement of small business facilities in the city. The authors analyzed the factors influencing the choice of a place to open a business, such as the availability of transport infrastructure, the level of competition, the presence of a target audience, etc. At the same time, the article examines the economic efficiency and social significance of the placement of small business objects on land plots. In addition, the advantages and disadvantages of placing a business in various areas of the city, such as the central part, residential areas, etc., are discussed. In conclusion, the authors conclude that when placing small business objects on the territory of the city, it is necessary to carefully observe the rules and requirements prescribed in the current legislation, as well as take into account the specifics of the selected locations of such objects in order to avoid subsequent violations and fines.

Keywords: small business objects, real estate, urban planning conditions of placement and functioning, influencing conditions and factors, convenience and availability of service, requirements of current legislation.

Шолух Николай Владимирович – доктор архитектуры, профессор; заведующий кафедрой землеустройства и кадастров ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Член диссертационного совета Д 01.006.02 (ДонНАСА), член экспертного совета по техническим наукам ВАК при МОН ДНР. Научные интересы: исследование особенностей формирования среды жизнедеятельности и реабилитации маломобильных групп населения; разработка научно-практических рекомендаций по проектированию и реконструкции объектов социальной и инженерно-транспортной инфраструктуры города с учетом потребностей людей с ограниченными физическими возможностями.

Вовк Алина Владимировна – магистрант кафедры землеустройства и кадастров ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: исследование развития и оценка объектов малого бизнеса на территории города.

Шолух Микола Володимирович – доктор архитектуры, профессор; завідувач кафедри землевпорядкування та кадастрів ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Член спеціалізованої вченої ради Д 01.006.02 (ДонНАБА), член Експертної ради з технічних наук ВАК при МОН ДНР. Наукові інтереси: дослідження особливостей формування середовища життєдіяльності та реабілітації маломобільних груп населення; розробка науково-практичних рекомендацій щодо проектування та реконструкції об'єктів соціальної та інженерно-транспортної інфраструктури міста з урахуванням потреб людей з обмеженими фізичними можливостями.

Вовк Аліна Володимирівна – магистрант кафедри землеустрою та кадастрів ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: дослідження розвитку та оцінка об'єктів малого бізнесу на території міста.

Sholukh Nickolay – Doctor of Architecture, Associate Professor; Head of the Department of Land Management and Cadastres, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Member of the Dissertation Council D 01.006.02 (DONNASА), member of the Expert Council on Technical Sciences of the Higher Attestation Commission at the Ministry of Education and Science of the DPR. Scientific interests: research of the peculiarities of the formation of the living environment and rehabilitation of low-mobility groups of the population; development of scientific and practical recommendations for the design and reconstruction of social and engineering and transport infrastructure of the city, taking into account the needs of people with disabilities.

Vovk Alina – master's student, Land Management and Cadastre Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture» Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: research of development and evaluation of small business facilities in the city.

EDN: MVIYEM

УДК 62-146.2

С. А. ГОРОЖАНКИН, В. Р. СТЕПАКИНФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ КОМПАУНДНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Аннотация. В работе проведен анализ существующих методов повышения топливной экономичности поршневых двигателей внутреннего сгорания. совершенствования их рабочего цикла путем использования энергии продуктов сгорания. Рассматриваются турбокомпаундные схемы двигателей, турбоэлектрогенераторы, работающие на отработавших газах и передающие энергию тяговым электродвигателям, а также дополнительные двигатели, использующие теплоту этих газов. Предложена возможность совершенствования рабочего цикла комбинированных ДВС с применением расширительной машины роторно-пластинчатого типа. Представлена возможная схема двигателя с расширительной машиной, предназначенной для повышения топливной эффективности бензинового двигателя транспортного средства категории М1. Показаны преимущества предложенного метода рекуперации энергии отработанных газов. Приведены результаты расчетов и графики, демонстрирующие увеличение коэффициента полезного действия силовой установки автомобиля, схема совместной работы компаундной расширительной машины и базового двигателя.

Ключевые слова: комбинированный цикл, компаунд, отработанные газы, теплота, утилизация.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Поршневые двигатели постоянно совершенствуются в первую очередь по экологическим и экономическим показателям. Однако в последние годы наметилась тенденция к снижению темпов улучшения этих показателей. Совершенствование традиционных циклов уже оказывается недостаточно эффективным и могут быть востребованы нетрадиционные комбинированные рабочие циклы ДВС.

ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Увеличение мощности и крутящего момента поршневого двигателя, снижение относительных выбросов (в расчете на единицу эффективной мощности) вредных газов за счёт передачи на вал двигателя дополнительного крутящего момента без увеличения расхода топлива.

СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

Проблема утилизации энергии, теряемой с выхлопными газами, решается различными способами. Наиболее широкое применение получили турбокомпаундные двигатели большой мощности. Для поршневых двигателей в настоящее время могут применяться три типа принципиальных компаундных схем:

- схема с механической связью газовой турбины с коленчатым валом ДВС через дополнительный редуктор;
- схема с турбоэлектрогенератором, энергия которого передаётся тяговым электродвигателям транспортного средства;
- дополнительный тепловой двигатель (паровой, двигатель Стирлинга и др.).

Помимо этого, теплота отработавших газов может быть использована для вспомогательных устройств – различного рода нагревателей, отопителей и др. с соответствующими теплообменниками.

© С. А. Горожанкин, В. Р. Степакин, 2023



Все перечисленные способы можно разделить на внешнюю утилизацию энергии, к которой относится использование турбокомпрессора или утилизирующей турбины (турбокомпаунд). Под внутренней утилизацией подразумевается использование энергии выхлопных газов внутри цилиндров двигателя, например, циклы полного расширения.

КОМБИНИРОВАННЫЙ ЦИКЛ ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ

В предлагаемом комбинированном цикле осуществляется двойное расширение рабочего тела с целью более полного использования теплоты, подведенной к рабочему телу в процессе сгорания. На рис. 1 представлены теоретические индикаторные диаграммы и расчетные параметры теоретического цикла с подводом теплоты при постоянном объеме (цикл Отто) «abzса» (рис. 1, а), и комбинированного цикла «асzbb'a'a» (рис. 1, б) для двигателя ВАЗ-21127. Расчеты показывают, что становится возможным увеличение индикаторной работы цикла в 1,13 раза. В результате вычислений установлено, что номинальная мощность двигателя с 78 кВт может быть увеличена до 85,7 кВт благодаря установке компаундной расширительной машины.

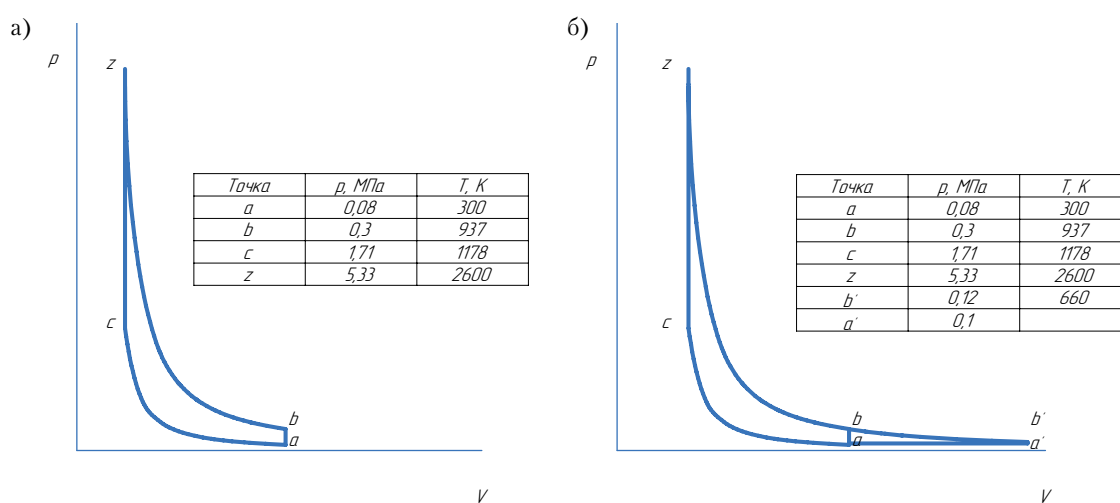


Рисунок 1 – Индикаторные диаграммы: а) цикл Отто; б) цикл ДВС расширительной машиной (комбинированный цикл).

Это дает возможность снизить удельный эффективный расход топлива 0,232 кг/(кВт·ч) до 0,211 кг/(кВт·ч). Результат получен при условии, что КПД компаундной машины составляет 0,7, что примерно соответствует КПД центробежных турбин, применяемых в турбокомпрессорах.

РЕАЛИЗАЦИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ЦИКЛА

Известные конструкции двигателей с применением компаундной турбины достаточно сложны в связи необходимостью установки дорогостоящей зубчатой передачи с гидромuftой от вала турбины к коленчатому валу ДВС, применяемой в двигателях грузовых автомобилей. В данном случае предлагается в качестве компаунда применить одновальный пластинчатый (шиберный) двигатель, который обладает следующими преимуществами: небольшие габариты, простота конструкции и технологии изготовления.

Компаундный двигатель устанавливается на место штатного выхлопного коллектора, как это представлено на рис. 2, подключается к системам смазки и охлаждения двигателя. Механической передачей осуществляется связь вала компаунда и коленчатого вала ДВС. Передача вращения от ротора к коленчатому валу ДВС может быть обеспечена зубчатой либо ременной передачей.

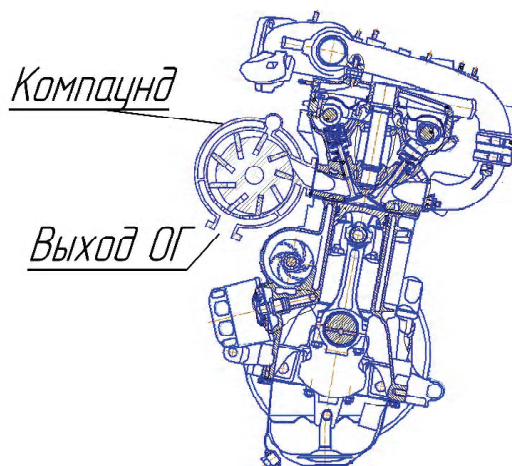


Рисунок 2 – Поперечный разрез компаундного двигателя.

ВЫВОД

Данная конструкция, помимо повышения мощности и снижения расхода топлива ДВС, выполняет также функцию выпускного коллектора и предварительного глушителя шума. Компаундный двигатель не создаёт значительного противодействия при выходе отработанных газов из цилиндра в конце процесса выпуска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артамонов, М. Д. Основы теории и конструкции автомобиля. Учебник для техникумов / М. Д. Артамонов, В. А. Иларионов, М. М. Морин ; 2-е изд., исп. и перераб. – Москва : «Машиностроение», 1974. – 288 с. – Текст : непосредственный.
2. Касьянов, В. М. Гидромашины и компрессоры / В. М. Касьянов – Москва : Изд-во «Недра», 1970. – 232 с. – Текст : непосредственный.
3. Егорушкин, В. Е. Основы гидравлики и теплотехники : учебное пособие для машиностроительных техникумов / В. Е. Егорушкин, Б. И. Цеплович. – Москва : Изд-во «Машиностроение», 1981. – 268 с. – Текст : непосредственный.
4. Руководство по эксплуатации автомобиля LADA Granta и его модификаций (состояние на 02.02.2023 г.). – Тольятти : издательство ООО «Двор печатный АВТОВАЗ», 2023 – 204 с. – Текст : непосредственный.
5. Тер-Мкртчян, Г. Г. Двигатели внутреннего сгорания с нетрадиционными рабочими циклами : учебное пособие / Г. Г. Тер-Мкртчян. – Москва : МАДИ, 2015. – 80 с. – Текст : непосредственный.
6. Хейвуд, Р. В. Анализ циклов в технической термодинамике / Р. В. Хейвуд ; перевод с английского. – Москва : Изд-во «Энергия», 1979. – 280 с. – Текст : непосредственный.

Получена 19.04.2023

Принята 23.05.2023

С. А. ГОРОЖАНКІН, В. Р. СТЕПАКІН
 ПРИНЦИПОВІ СХЕМИ ПОБУДОВИ КОМПАУНДНИХ ДВИГУНІВ
 ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ
 ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
 м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація

Анотація. У роботі проведено аналіз існуючих методів підвищення паливної економічності поршневих двигунів внутрішнього згоряння, вдосконалення їхнього робочого циклу шляхом використання енергії продуктів згоряння. Розглядаються турбокомпаундні схеми двигунів, турбоелектрогенератори, що працюють на газах, що відпрацьовали і передають енергію тяговим електродвигунам, а також додаткові двигуни, що використовують теплоту цих газів. Запропоновано можливість удосконалення робочого циклу комбінованих ДВЗ із застосуванням розширювальної машини роторно-пластинчастого типу. Представлено можливу схему двигуна з розширювальною машиною, призначеною для підвищення паливної ефективності бензинового двигуна транспортного засобу категорії М1. Показано переваги запропонованого методу рекуперації енергії відпрацьованих газів. Наведено результати розрахунків та

графіки, що демонструють збільшення коефіцієнта корисної дії силової установки автомобіля, схема спільної роботи компаундної розширювальної машини та базового двигуна.

Ключові слова: комбінований цикл, компаунд, відпрацьовані гази, теплота, утилізація.

SERGEY GOROZHANKIN, VIACHESLAV STEPAKIN
SCHEMATIC DIAGRAMS OF THE CONSTRUCTION OF COMPOUND
INTERNAL COMBUSTION ENGINES

FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,
Makeyevka, DPR, Russian Federation

Abstract. The paper analyzes the existing methods for improving the fuel efficiency of reciprocating internal combustion engines, improving their operating cycle by using the energy of combustion products. Turbo-compound schemes of engines, turboelectric generators operating on exhaust gases and transmitting energy to traction motors, as well as additional engines using the heat of these gases are considered. The possibility of improving the working cycle of combined internal combustion engines with the use of an expansion machine of a rotary-lamellar type is proposed. A possible scheme of an engine with an expansion machine designed to improve the fuel efficiency of a gasoline engine of a M1 category vehicle is presented. The advantages of the proposed method of waste gas energy recovery are shown. The results of calculations and graphs demonstrating the increase in the efficiency of the power plant of the car, the scheme of joint operation of the compound expansion machine and the base engine are presented.

Keywords: combined cycle, compound, exhaust gases, heat, utilization.

Горожанкин Сергей Андреевич – доктор технических наук, профессор кафедры автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Член диссертационных советов Д 01.005.01 (ДонНАСА) и Д 01.025.02 (ДонНУЭТ). Член редколлегии научных журналов «Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки»; «Строитель Донбасса»; «Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры»; «Современное промышленное и гражданское строительство»; «Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта». Научные интересы: теплонасосные установки, работа автомобилей и их двигателей на неустановившихся режимах.

Степакин Вячеслав Романович – магистрант кафедры автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: теплонасосные установки, работа автомобилей и их двигателей на неустановившихся режимах.

Горожанкін Сергій Андрійович – доктор технічних наук, професор кафедри автомобільного транспорту, сервісу та експлуатації ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Член дисертаційних рад Д 01.005.01 (ДонНАБА) і Д 01.025.02 (ДонНУЕТ). Член редколегії наукових журналів «Вісник Донецького національного університету. Серія Г: Технічні науки»; «Будівельник Донбасу»; «Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури»; «Сучасне промислове та цивільне будівництво»; «Вісник Донецької академії автомобільного транспорту». Наукові інтереси: теплонасосні установки, робота автомобілів і їх двигунів на невстановлених режимах.

Степакін В'ячеслав Романович – магистрант кафедри автомобільного транспорту, сервісу та експлуатації ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: теплонасосні установки, робота автомобілів і їх двигунів на невстановлених режимах.

Gorozhankin Sergey – Sc. D. (Eng.), Professor; Automobile Transport, Service and Operation Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation, Makeyevka, DPR, Russian Federation. Member of the dissertation Councils D 01.005.01 (DonNASA) and D 01.025.02 (DonNUET). Member of the editorial board of scientific journals «Bulletin of Donetsk National University. Series G: Technical Sciences»; «The Donbas Contractor»; «Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»; «Modern Industrial and Civil Construction»; «Bulletin of the Donetsk Academy of Motor Transport». Scientific interests: heat pump installations, operation of cars and their engines in unsteady modes.

Stepakin Viacheslav – master's student, Automobile Transport, Service and Operation Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: heat pump installations, operation of cars and their engines in unsteady modes.

EDN: NCNORU

УДК 502.171

Н. В. ШОЛУХ, Н. И. РУБЦОВАФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

УРОЧИЩЕ ГРАБОВО КАК ПРИРОДООХРАННЫЙ ОБЪЕКТ ОБЩЕГОСУДАРСТВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ В СТРУКТУРЕ ЛЕСНОГО ФОНДА ДОНЕЦКОГО РЕГИОНА: ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНЫЕ И НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ

Аннотация. Статья посвящена проблеме выявления, сохранения и бережного использования лесных ресурсов на территориях уникальных природоохранных заповедных зон Донецкого региона. С землеустроительной, нормативно-правовой и законодательной позиций авторами рассматриваются некоторые важные вопросы учёта, сохранения и восстановления лесных насаждений «Урочища Грабово», являющегося одним из наиболее значительных природоохранных объектов общегосударственного значения на территории данного региона. На основе выполненных исследований делается заключение, что для решения рассматриваемой проблемы необходимо будет полностью отказаться от сложившейся практики утилитарно-потребительского подхода к использованию лесных ресурсов, а также потребуются определенная доработка некоторых ныне действующих нормативных положений и инструкций в отношении охраны уникальных природных объектов.

Ключевые слова: ценные породы деревьев, природоохранные территории, «Урочища Грабово», лесной фонд, Донецкий регион, землеустроительные и нормативно-правовые вопросы, восстановление и приумножение ценных лесных ресурсов, социальный и экологический эффект.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ, ЕЁ СВЯЗЬ С ВАЖНЫМИ СОЦИАЛЬНЫМИ И НАУЧНЫМИ ЗАДАЧАМИ

Сохранить первозданную красоту природных памятников – есть, возможно, одна из главных и очень актуальных проблем нашего времени. Ведь утрата таких ценностей зачастую необратима и невозможна. К землям особо охраняемых территорий относятся земли, имеющие особое природоохранное, историко-культурное, научное, эстетическое, а также рекреационное, оздоровительное и иное немаловажное значение, и использование в соответствии с постановлениями федеральных органов государственной власти, органов власти субъектов РФ или решениями органов местного самоуправления полностью или частично изъяты из хозяйственного использования и оборота и для которых установлен особый правовой режим. Выделение данной категории земель на нормативно-правовом и законодательном уровнях обуславливаются важностью учёта, восстановления и последующего приумножения уникальных природных объектов и комплексов, которые могут находиться в границах их территорий.

«Урочища Грабово», или (Грабовая балка), является большим лесным массивом, который впадает в долину реки Миус. Если рассматривать структуру и историю формирования данного лесного массива, то необходимо отметить, что он имеет важное рекреационное и одновременно историко-культурное значение. «Урочищу Грабово» (или, как уже было сказано, Грабовой балке) статус памятника природы был присвоен ещё в 1972 году на основании результатов ранее выполнявшихся многолетних историко-краеведческих и непосредственно дендрологических исследований. Произрастающие на склонах этой балки деревья представляют собой дубово-ясеневые насаждения с примесью естественного произрастания граба. В урочище встречается до 400 экземпляров граба на гектар. Наиболее крупные

© Н. В. Шолух, Н. И. Рубцова, 2023



дерева толщиной до 30 сантиметров. В Донецком регионе стали появляться сообщения о произрастании граба обыкновенного, и упоминаться об этом в ботанической литературе уже с конца XIX века. На основании этого можно говорить о том, что в «Урочища Грабово» граб существенно превосходит дуб по плотности произрастания на данной территории.

Хотя российское природоохранительное законодательство декларирует сохранение биоразнообразия, а Россия является участником Конвенции по биологическому разнообразию, система практических мер по охране редких и исчезающих видов животных и растений разработана не в полной мере и нуждается в соответствующей доработке. Органы лесного хозяйства и лесопромышленные компании, как правило, не имеют программ по инвентаризации и сохранению биоразнообразия лесного фонда. В них работает крайне мало специалистов, способных оценить негативные последствия хозяйственной деятельности на биоразнообразии имеющихся лесных насаждений.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проблемы рационального использования и правовой охраны лесов исследовались в той или иной степени в работах Г. А. Аксененка, А. Б. Брониной, В. Ф. Горбового, Р. К. Гусева, Л. А. Заславской, И. А. Иконицкой, О. М. Колбасова, Н. И. Краснова, О. И. Красова, Е. В. Лаевской, Е. И. Немировского, В. В. Петрова, Г. Н. Полянской, Е. Н. Пугач, Б. Н. Цветкова, Р. Хайитова, Ю. С. Шемшученко [1–6 и др.]. Их выводы и рекомендации оказали бесспорно позитивное влияние на процессы законодательства и правоприменения в области лесопользования и лесоохраны и, в свою очередь, стали достаточно весомой информационной и методической базой для выполнения многих последующих научных исследований и разработке в данной сфере.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данного исследования является выявление ценных природоохранных объектов общегосударственного значения в структуре лесного фонда Донецкого региона и разработка соответствующих рекомендаций и предложений по их надлежащему учёту, сохранению и использованию в современных условиях.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ «УРОЧИЩА ГРАБОВО» И НЕКОТОРЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЕГО СОХРАНЕНИЮ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Ученые и специалисты, занимающиеся исследованием истории в основном сходятся на том, что Донецкий кряж был местом, где в межледниковый период могли сохраниться фрагменты бывших лесов, в том числе и грабовых. Академик П. С. Погребняк писал по этому поводу: «Леса в Грабовой балке и Маяцком лесничестве в Донбассе являются реликтами Рисс-Вюрмского межледниковья, когда ареал граба простирался на восток гораздо дальше, чем современный. Это было около 70–100 тысяч лет назад» [4].

Вблизи урочища находятся станция Рассыпное на железнодорожной линии Торез-Дебальцево, а чуть дальше – село Грабово. Граб растет, однако, не на всей площади массива, а сосредоточен в двух местах. Поэтому памятником природы объявлены только эти островки в зеленом море лесного урочища.

Проанализировав достаточно большое количество научных работ и публикаций в данной области, нами сформулирован ряд рекомендаций и предложений, которые могут способствовать решению проблемы сохранения памятников природы и в целом лесного фонда рассматриваемого региона:

1) повышение осведомленности населения о важности лесов и их влиянии на окружающую среду; это может быть достигнуто через проведение образовательных курсов, мероприятий и кампаний;

2) защита лесов от незаконной вырубki и переработки; это может быть достигнуто через проведение регулярных патрулирований лесов, установление более жестких наказаний за незаконную вырубку лесов и создание механизмов для контроля и учета древесины;

3) создание новых лесных насаждений; это может быть выполнено через реализацию программы посадки деревьев вместо тех, что были вырублены, включая кампании по посадке деревьев в городах и на территориях, проведённых близких к природоохранным зонам;

4) регулирование промышленной деятельности на лесной территории; это может быть достигнуто через создание законодательных механизмов, которые будут регулировать использование лесных

ресурсов, определение максимальных норм заготовки древесины, обязательную возобновляемую рубку для промышленных целей и т. д.;

5) инвестиции в исследования и разработку новых технологий для улучшения управления лесными ресурсами; это может быть достигнуто через инвестиции в научные исследования и разработку новых технологий, которые могут помочь в улучшении и управлении лесным фондом, например, новые способы мониторинга лесов, использование более эффективных методов рубки и т. д.

Это лишь несколько идей, которые могут помочь в сохранении лесного фонда. Однако решение этой проблемы требует участия правительства, бизнеса и населения в целом.

Урочище Грабово является природоохранным объектом общегосударственного значения в структуре лесного фонда Донецкого региона. Его статус определен соответствующими землеустроительными проектами, нормами и правами.

Основными задачами природоохранного объекта являются сохранение и рациональное использование природных ресурсов, а также защита биологического разнообразия и экосистем. Для обеспечения этих целей урочище Грабово подлежит особому режиму использования земель и лесов, установленному законодательством.

В соответствии с землеустроительными проектами земли урочища Грабово отнесены к землям лесного фонда, что означает, что они используются преимущественно для лесного хозяйства и защиты лесов. При этом ведется строгий контроль за агролесомелиоративными мероприятиями, которые могут привести к негативным последствиям для лесного фонда.

Для обеспечения сохранения объекта природоохранного значения установлены также правовые акты, регулирующие использование земель и ресурсов.

Эти акты определяют порядок использования земель, запрещенные виды хозяйственной деятельности и установленные ограничения на эксплуатацию лесных ресурсов.

Таким образом, урочище Грабово является важным природоохранным объектом общегосударственного значения, который подлежит особому режиму использования земель и ресурсов для обеспечения сохранения биологического разнообразия и экосистем.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И ОБОБЩЕНИЯ

На основании результатов выполненных исследований делается заключение о том, что проблема сохранения и бережного использования лесных ресурсов «Урочища Грабово» может эффективно решаться только на основе консолидации усилий ответственно уполномоченных органов государственной власти, представителей городской и районных администраций, а также широкого круга специалистов, в том числе в области дендрологии, землеустройства, градостроительства, экологии и прочих значимых сфер деятельности. Пока ещё достаточно распространённая практика утилитарно-потребительского подхода к использованию лесных ресурсов должна быть признана однозначно пагубной по своим последствиям и совершенно недопустимой по отношению к таким уникальным природным объектам, как рассмотренное нами «Урочище Грабово».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Веденин, Ю. А. Современные проблемы сохранения наследия / Ю. А. Веденин. – Текст : непосредственный // Культурное и природное наследие в региональной политике : тезисы докладов республиканской научно-практической конференции, Ставрополь. – Ставрополь, 1997. – С. 49.
2. Востряков, Л. Е. Культурная политика в современном мире (взгляд из России) / Л. Е. Востряков. – Текст : непосредственный // Материальная база сферы культуры : научно-информационный сборник / РГБ; НИО Информкультура. 2000. – Выпуск 1. – С. 40–72.
3. Максаковский, Н. В. Всемирное природное наследие / Н. В. Максаковский. – Москва : Изд-во Просвещение, 2005. – 396 с. – Текст : непосредственный.
4. Урочище Грабово // Заповедная природа Донбасса : путеводитель / составитель А. З. Дидова ; издание 2-е дополненное. – Донецк : «Донбасс», 1987. – С. 115–117. – Текст : непосредственный.
5. Золотова, О. А. Тенденции развития лесного законодательства / О. А. Золотова. – Текст : непосредственный // Журнал российского права. – 2013. – № 1. – С. 115–117.
6. Кичигин, Н. В. Городские леса: режим охраны и использования / Н. В. Кичигин // Журнал российского права. – 2013. – № 6. – С. 28–30.

Получена 15.05.2023

Принята 23.05.2023

М. В. ШОЛУХ, Н. І. РУБЦОВА
УРОЧИЩЕ ГРАБОВЕ ЯК ПРИРОДООХОРОННИЙ ОБ'ЄКТ
ЗАГАЛЬНОДЕРЖАВНОГО ЗНАЧЕННЯ В СТРУКТУРІ ЛІСОВОГО ФОНДУ
ДОНЕЦЬКОГО РЕГІОНУ: ЗЕМЛЕВПОРЯДНІ ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ
АСПЕКТИ

ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація

Анотація. Стаття присвячена проблемі виявлення, збереження та дбайливого використання лісових ресурсів на територіях унікальних природоохоронних заповідних зон Донецького регіону. Із землепорядної, нормативно-правової та законодавчої позиції авторами розглядаються деякі важливі питання обліку, збереження та відновлення лісових насаджень «Урочища Грабове», що є одним з найбільш значущих природоохоронних об'єктів загальнодержавного значення на території даного регіону. На основі виконаних досліджень зроблено висновок, що для вирішення даної проблеми необхідно буде повністю відмовитися від сформованої практики утилітарно-споживчого підходу до використання лісових ресурсів, а також потрібне певне доопрацювання деяких нині діючих нормативних положень та інструкцій щодо охорони унікальних природних об'єктів.

Ключові слова: цінні породи дерев, природоохоронні території, «Урочище Грабове», лісовий фонд, Донецький регіон, землепорядні та нормативно-правові питання, відновлення та примноження цінних лісових ресурсів, соціальний та екологічний ефект.

NICKOLAY SHOLUKH, NIKA RUBTSOVA
GRABOVO TRACT AS A NATURE PROTECTION OBJECT OF NATIONAL
IMPORTANCE IN THE STRUCTURE OF THE FOREST FUND OF THE
DONETSK REGION: LAND MANAGEMENT AND REGULATORY ASPECTS
FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,
Makeyevka, DPR, Russian Federation

Abstract. The article is devoted to the problem of identification, conservation and careful use of forest resources in the territories of unique nature conservation areas of the Donetsk region. From the land management, regulatory and legislative points of view, the authors consider some important issues of accounting, conservation and restoration of forest plantations of the Grabovo Tract, which is one of the most significant environmental objects of national importance in the territory of this region. Based on the research carried out, it is concluded that in order to solve the problem under consideration, it will be necessary to completely abandon the established practice of a utilitarian-consumer approach to the use of forest resources, and some revision of some current regulations and instructions regarding the protection of unique natural objects will also be required.

Keywords: valuable tree species, nature conservation areas, Grabovo tract, forest fund, Donetsk region, land management and regulatory issues, restoration and enhancement of valuable forest resources, social and environmental effect.

Шолух Николай Владимирович – доктор архитектуры, доцент; профессор кафедры архитектурного проектирования и дизайна архитектурной среды; заведующий кафедрой землеустройства и кадастров ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование особенностей формирования среды жизнедеятельности и реабилитации маломобильных групп населения в городах промышленного типа. Разработка научно-практических рекомендаций по проектированию и реконструкции объектов социальной и инженерно-транспортной инфраструктуры города с учетом потребностей людей с ограниченными физическими возможностями. Подготовка научно-методических и справочных пособий по вопросам проектирования безбарьерной архитектурной среды.

Рубцова Ника Игоревна – магистрант кафедры землеустройства и кадастров ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование проблем лесного фонда, исторически ценных объектов на территории Донецкого региона. Разработка практических рекомендаций для промышленной деятельности на лесной территории, а также сохранение их природного потенциала.

Шолух Микола Володимирович – доктор архітектури, доцент; професор кафедри архітектурного проектування та дизайну архітектурного середовища; завідувач кафедри землеустрою та кадастрів ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження особливостей формування середовища життєдіяльності та реабілітації маломобільних груп населення в містах промислового типу. Розробка науково-

практичних рекомендацій з проектування та реконструкції об'єктів соціальної та інженерно-транспортної інфраструктури міста з урахуванням потреб людей з обмеженими фізичними можливостями. Підготовка науково-методичних та довідкових посібників з питань проектування безбар'єрного архітектурного середовища.

Рубцова Ніка Ігорівна – магістрант кафедри землеустрою та кадастрів ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження проблем лісового фонду, історично цінних об'єктів на території Донецького регіону. Розробка практичних рекомендацій для промислової діяльності на лісовій території, а також збереження їх природного потенціалу.

Sholukh Nickolay – D. Sc. (Architecture), Associate Professor; Architectural Planning and Design of Architectural Environment Department; Head of the Land Management and Inventory Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: research of peculiarities of forming of the environment of vital activity and rehabilitation of not mobile groups of population in towns of industrial type. Working out of science practical recommendations about planning and reconstruction of the objects of social and engineering transport infrastructure of town with taking into account the needs of physically handicapped people. Writing of the science methodical and reference books about planning of barrierless architectural environment.

Rubtsova Nika – master's student, Land Management and Inventory Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: research of problems of the forest fund, historically valuable objects on the territory of the Donetsk region. Development of practical recommendations for industrial activities in the forest area, as well as the preservation of their natural potential.

EDN: NIRXMG

УДК 62-835

Н. И. МОИСЕЕВ, Д. В. ПОПОВФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

ВЫБОР КОМПОНОВОЧНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Аннотация. Выбор рациональной компоновочной схемы трансмиссии транспортного средства требует детального анализа возможных вариантов ее компонентов с учетом влияния на эксплуатационные свойства автомобиля. В работе разработана методика расчета и выбора рациональных параметров трансмиссии электромобиля, отличающаяся моделированием движения в городском цикле с учетом особенностей работы электродвигателя и процесса разряда батареи. В качестве исходного ездового цикла выбран Европейский ездовой цикл NEDC (New European Driving Cycle). При выборе рациональных параметров в качестве критерия оптимизации принят запас хода электромобиля. С целью увеличения запаса хода были рассмотрены компоновочные схемы автомобиля с ступенчатой и бесступенчатой трансмиссиями. В условиях ездового цикла механическая трансмиссия обеспечивает большее увеличение запаса хода электромобиля.

Ключевые слова: электромобиль, трансмиссия, энергия, запас хода, компоновочная схема.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Решение проблемы загрязнения окружающей среды автотранспортом.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Полученные результаты позволяют дополнить положения теории автомобиля в отношении расчета и проектирования электромобилей и в дальнейшем применить полученные результаты с целью совершенствования конструкции агрегатов подобного типа, а также для согласования параметров системы электродвигатель трансмиссия.

ЦЕЛИ

На основе технических характеристик и теоретико-экспериментальных исследований разработать методику выбора рациональных конструктивных параметров трансмиссии электромобиля с целью увеличения запаса хода.

ВВЕДЕНИЕ

С каждым годом экологическая ситуация ухудшается за счет стремительного роста количества автомобилей и, соответственно, пробок. К проблеме загрязнения окружающей среды добавляется проблема истощения нефтяных запасов и, как следствие, повышение цен на топливо. Все это заставляет ученых, конструкторов и инженеров искать нетрадиционные способы решения проблемы. Единственный рациональный выход – создание экологически чистого городского транспорта [1].

Согласно данным Мирового энергетического агентства, число электромобилей, находившихся в эксплуатации, в конце 2020 г. достигло 7 миллионов (рисунок 1). В настоящее время наибольшая их доля в общем количестве используемых машин наблюдается в Норвегии, Голландии, США, Великобритании, Японии и Китае [2, 3].



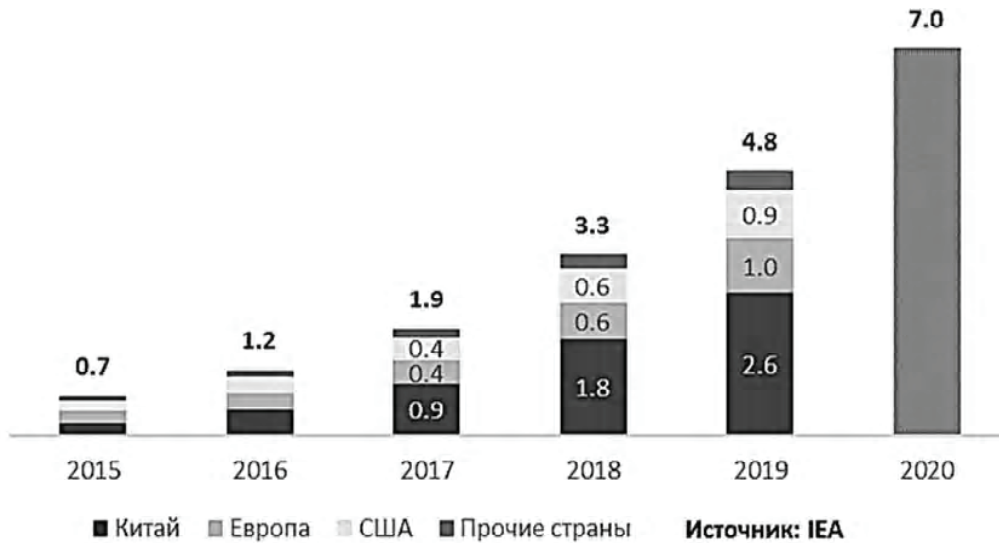


Рисунок 1 – Количество используемых электромобилей в мире (2015–2020 гг.), млн [3].

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Выбор рациональной компоновочной схемы требует детального анализа возможных вариантов, учитывая влияние на эксплуатационные свойства автомобиля. Компоновочное решение автомобиля подразумевает пространственное расположение узлов и агрегатов. Разрабатывая перспективный городской электромобиль, следует рассматривать разные компоновочные схемы [4].

Внедрение ступенчатой (рисунок 2) или бесступенчатой трансмиссии (рисунок 3) в конструкцию дает возможность снизить расход энергии затрачиваемой силовой установки при движении электромобиля в условиях городской эксплуатации при частых ускорениях и замедлениях [5, 6].

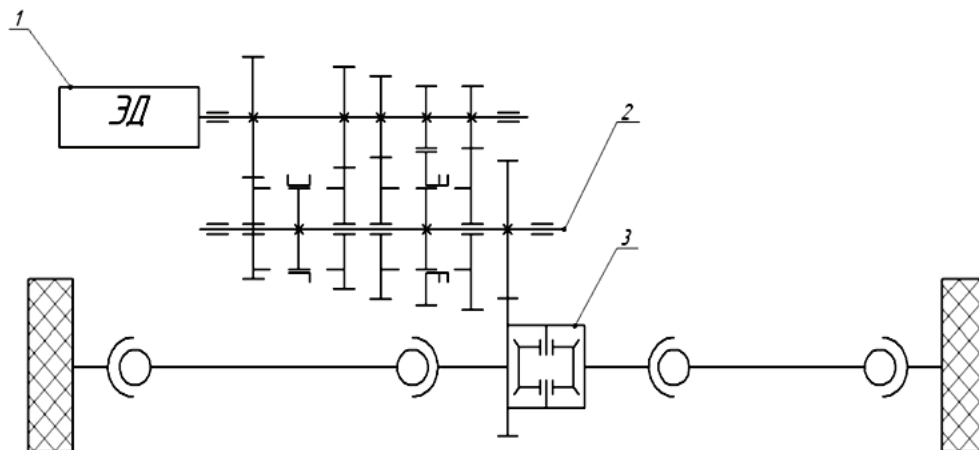


Рисунок 2 – Ступенчатая механическая КПП: 1 – электродвигатель; 2 – коробка переключения передач; 3 – дифференциал [5, 6].

В качестве исходного ездового цикла выбран Европейский ездовой цикл NEDC (New European Driving Cycle), в силе с 1 января 2000 года. Цикл состоит из двух частей. Первые 4 км тестовый автомобиль «проезжает» за 780 с, имитируя городской режим движения (UDC, Urban Driving Cycle). За это время он успевает остановиться и тронуться 12 раз, набирая скорость не выше 50 км/ч. Загородный 7-километровый отрезок занимает 400 с (EUDC, Extra Urban Driving Cycle), а стрелка спидометра доходит до отметки 120. В итоге средняя скорость за 11 км «пути» составляет 33,6 км/ч. Режимы Европейского городского ездового цикла приведены на рисунке 4.

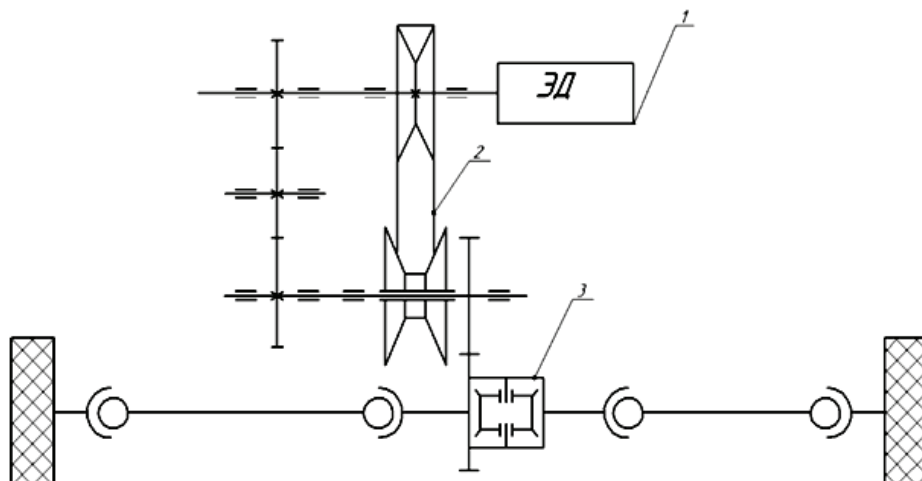


Рисунок 3 – Бесступенчатая трансмиссия (вариатор): 1 – электродвигатель; 2 – вариатор; 3 – дифференциал [5, 6].

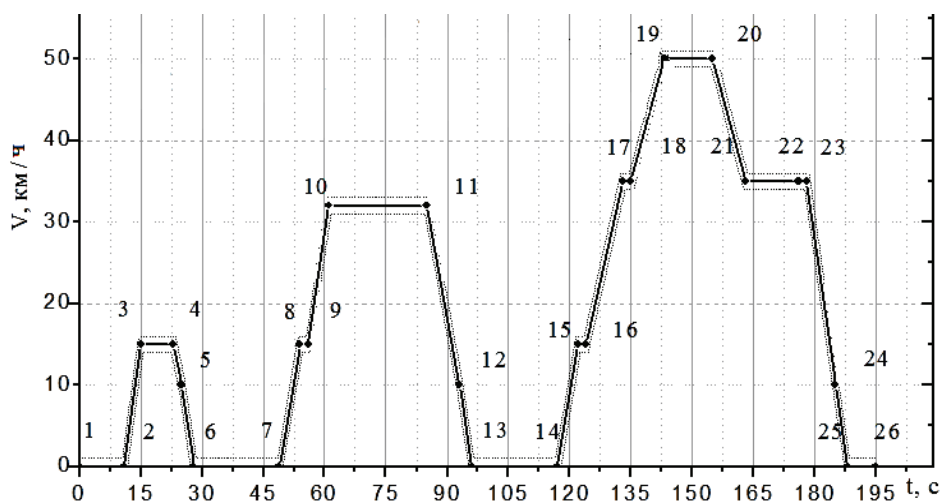


Рисунок 4 – Фрагмент элементарного Европейского городского ездового цикла движения, регламентированного ГОСТ Р 41.101-99 [7, 8].

Рассмотрим основные расчеты применения бесступенчатой трансмиссии в ездовом цикле NEDC. Энергия, необходимая на ездовой цикл:

$$A_{q, \text{var}} = h_1 \cdot \left(\frac{P_{\text{var}}(a_{910}) + P_{\text{var}}(b_{910})}{2} + \sum_{i=1}^{n_{910}-1} P_{\text{var}}(a_{910} + i \cdot h_1) \right) = 4,723 \cdot 10^3 \frac{\text{кДж}}{\text{цикл}} \quad (1)$$

Рассчитаем запас хода в условиях ездового цикла для АТС с бесступенчатой трансмиссией:

$$S_{1, \text{var}} = \frac{A_6 \cdot D_{\text{nedc}}}{A_{q, \text{var}}} = 2,061 \cdot 10^5 \text{ м}. \quad (2)$$

$$\frac{S_{1, \text{var}}}{1000} = 206,12 \text{ км}. \quad (3)$$

Расчет коэффициента эффективности:

$$\frac{S_{1, \text{var}}}{S_1} = 1,111. \quad (4)$$

Применение бесступенчатой трансмиссии позволяет увеличить запас хода на 11,1 %.
А теперь рассмотрим основные расчеты применения ступенчатой механической трансмиссии.

Применяемые параметры:

- $U_b = 0,3$ – высшее передаточное число,
- $U_n = 2,2$ – низшее передаточное число,
- $n_m = 5$ – количество передач.

Расчет передаточных чисел промежуточных передач выбранного ряда:

$$U_2 = \frac{U_n \cdot (n_m - 1)}{\frac{U_n}{U_b} \cdot (2 - 1) + n_m - 2} = 0,852. \quad (5)$$

$$U_3 = \frac{U_n \cdot (n_m - 1)}{\frac{U_n}{U_b} \cdot (3 - 1) + n_m - 3} = 0,528. \quad (6)$$

$$U_4 = \frac{U_n \cdot (n_m - 1)}{\frac{U_n}{U_b} \cdot (4 - 1) + n_m - 4} = 0,383. \quad (7)$$

Аналогично, для интегрирования применяем численный метод – метод трапеции.

$$A_4s = h_1 \cdot \left(\frac{P_s(a_{910}) + P_s(b_{910})}{2} + \sum_{i=1}^{n_{910}-1} P_s(a_{910} + i \cdot h_1) \right) = 4,698 \cdot 10^3 \frac{\text{кДж}}{\text{цикл}}. \quad (8)$$

Рассчитаем запас хода в условиях ездового цикла для АТС со ступенчатой трансмиссией:

$$S_{1s} = \frac{A_b \cdot Dnedc}{A_4s} = 2,072 \cdot 10^5 \text{ м}. \quad (9)$$

$$\frac{S_{1s}}{1000} = 207,238 \text{ км}. \quad (10)$$

Расчет коэффициента эффективности:

$$\frac{S_{1s}}{S_1} = 1,117. \quad (11)$$

Применение ступенчатой трансмиссии позволяет увеличить запас хода на 11,7 %

ВЫВОДЫ

1. Определены оптимальные значения передаточных чисел в ступенчатой трансмиссии: $U_1 = 2,2$; $U_2 = 0,852$; $U_3 = 0,528$; $U_4 = 0,383$; $U_5 = 0,3$.
2. Определены оптимальные значения передаточных чисел в бесступенчатой трансмиссии.
3. Предлагаемая методика позволила определить, что ступенчатая трансмиссия дает увеличение запаса хода на 11,7 %, а бесступенчатая – на 11,1 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гид по электромобилям: ответы на все ваши вопросы. – Текст : электронный // HEVCars – информационный портал об электрических и гибридных автомобилях в Украине и мире : [сайт]. – 2023. – URL: <https://hevCars.com.ua/electric-car-guide> (дата обращения 10.04.2023).
2. Shaikh, Samreen N. Vehicle to Vehicle Communication System for Smart Cities / Samreen N. Shaikh, Dr. S. R. Patil. – Текст : непосредственный // International Journal of Advanced Engineering, Management and Science. – 2016. – Volume 2, issue 9. – P. 1574–1578. – ISSN 2454-1311.
3. Рынок электрокаров в цифрах и в последних сделках. – Текст : электронный // vc.ru : [сайт]. – 2021. – URL: <https://vc.ru/transport/199864-rynok-elektrokarov-v-cifrah-i-v-poslednih-sdelkah> (дата обращения 12.04.2023).

4. Liu, C. Electric Vehicle Transmission Parameters / C. Liu, K. T. Chau, J. Z. Jiang. – Текст : непосредственный // Proceedings of IEEE Vehicle Power and Propulsion Convergence. – 2019. – Harbin China, Paper No. H08368. – P. 1–6.
5. Garcia-Valle, R. Letter to the Editor: Electric Vehicle Demand Model for Load Flow Studies / R. Garcia-Valle, J. Vlachogiannis. – Текст : непосредственный // Electric Power Components And Systems. – 2018. – Volume 37, issue 5. – P. 577–582. – DOI: 10.1080/15325000802599411.
6. Смирнов, О. П. Тенденция создания экологически чистого транспортного средства / О. П. Смирнов. – Текст : непосредственный // Автомобильный транспорт : сборник научных трудов, Харьков, 2005. – Выпуск 17. – Харьков : РИО ХНАДУ. – 2005. – С. 103–105.
7. Blog: Tesla Europe. – Текст : электронный // tesla.com : [сайт]. – 2018. – URL: https://www.tesla.com/en_EU/blog/induction-versus (дата обращения 11.04.2023).
8. ГОСТ Р 41.101-99. Единые предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей, оборудованных двигателем внутреннего сгорания, в отношении измерения объема выбросов двуокиси углерода и расхода топлива, а также транспортных средств категорий M1 и N1, оборудованных электроприводом в отношении измерения расхода электроэнергии и запаса хода : государственный стандарт Российской Федерации : издания официальное : принят и введен в действие Постановлением Госстанарта России от 26 мая 1999 года № 184 : введен впервые : дата введения 1999-26-05. – Москва : Издательство стандартов, 2000. – 41 с. – Текст : непосредственный.

Получена 03.04.2023

Принята 23.05.2023

Н. І. МОІСЕЄВ, Д. В. ПОПОВ
ВИБІР КОМПОНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ
ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація

Анотація. Вибір раціональної компоувальної схеми трансмісії транспортного засобу вимагає детального аналізу можливих варіантів її компонентів з урахуванням впливу на експлуатаційні властивості автомобіля. У роботі розроблена методика розрахунку і вибору раціональних параметрів трансмісії електромобіля, що відрізняється моделюванням руху в міському циклі з урахуванням особливостей роботи електродвигуна і процесу розряду батареї. В якості вихідного їздового циклу обраний Європейський їздовий цикл NEDC (New European Driving Cycle). При виборі раціональних параметрів в якості критерію оптимізації прийнятий запас ходу електромобіля. З метою збільшення запасу ходу були розглянуті компоувальні схеми автомобіля зі ступінчастою і безступінчастою трансмісіями. В умовах їздового циклу механічна трансмісія забезпечує більше збільшення запасу ходу електромобіля.

Ключові слова: електромобіль, трансмісія, енергія, запас ходу, схема компоування.

NIKITA MOISEEV, DMITRY POPOV
SELECTION OF THE LAYOUT DIAGRAM OF THE ELECTRIC VEHICLE
FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,
Makeyevka, DPR, Russian Federation

Abstract. The choice of a rational layout scheme of the vehicle transmission requires a detailed analysis of the possible options for its components, taking into account the impact on the operational properties of the vehicle. The paper develops a method for calculating and selecting rational parameters of an electric vehicle transmission, characterized by modeling traffic in the urban cycle, taking into account the characteristics of the electric motor and the battery discharge process. The European driving Cycle NEDC (New European Driving Cycle) is selected as the initial driving cycle. When choosing rational parameters, the power reserve of an electric vehicle is used as an optimization criterion. In order to increase the power reserve, the layout schemes of the car with stepped and continuously variable transmissions were considered. In the conditions of the driving cycle, the mechanical transmission provides a greater increase in the power reserve of the electric vehicle.

Keywords: electric car, transmission, energy, power reserve, layout diagram.

Моисеев Никита Игоревич – магистрант кафедры автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: повышение топливной экономичности и экологичности транспортных средств в условиях эксплуатации.

Попов Дмитрий Владимирович – кандидат технических наук, доцент, декан механического факультета ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: повышение топливной экономичности и экологичности транспортных средств в условиях эксплуатации.

Моисеев Микита Ігорович – магістрант кафедри автомобільного транспорту, сервісу та експлуатації ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: підвищення паливної економічності та екологічності транспортних засобів в умовах експлуатації.

Попов Дмитро Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, декан механічного факультету ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: підвищення паливної економічності та екологічності транспортних засобів в умовах експлуатації.

Moiseev Nikita – master's student, Motor Transport, Service and Operation Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: improving the fuel efficiency and environmental friendliness of vehicles under operating conditions.

Popov Dmitry – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Dean of the Faculty of Mechanics, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: improving the fuel efficiency and environmental friendliness of vehicles under operating conditions.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРИЩЕНКО Н. Г., ЧЕРНЫШЕВА Т. А., ТРУСКАЛОВА А. А., БЕССЧАСТНЫЙ С. С., ГИМАТУТДИНОВА Ю. А. Оценка звукоизоляции типовых конструкций окон	5
ВОРОНЕНКО М. Э., ЗАЙЧЕНКО Н. М., МИКЛАШЕВИЧ Н. В. Самоуплотняющийся бетон в зимний период	14
БАЛАШОВ А. А., ФРОЛОВ О. С., КОШЕЛЕВА Т. В., ДАНИЛЕВСКИЙ И. А., ЛОЗАК Д. И. Уникальная отечественная геотехнология изготовления буроинъекционных свай с применением электроразрядных технологий и электрохимического взрыва	20
ПАНТЕЛЕЕНКО Л. Д., СУВОРОВА М. О. Технология строительной 3д-печати ресурсо-эффективного формообразования внутренней топологии печатной конструкции	24
КАЛМЫКОВА Е. П., ЛАПИНА О. А. Соблюдение правил разрезки кирпичной кладки при возведении старинных современных зданий	31
КАЛМЫКОВА Е. П., ТРУШ П. Н. Исторический опыт применения деревянных конструкций в строительстве	35
КОРШИКОВА К. С., НАУМОВ А. Е. Исследование отдельных алгоритмов энергоэффективного формообразования при рационализации топологии строительных печатных конструкций	39
РОЖКОВ В. С., ДОРЦЕВА М. Н., ДЕМИНОВ П. Е. Основные принципы и закономерности третичного отстаивания в системах биологической очистки	45
КУЧЕРЕНКО А. С., НАУМОВ А. Е. Параметрическое информационное моделирование как эффективный инструмент проектирования полносборных модульных зданий	50
СЕЛЬСКАЯ И. В., БУРЯК В. С., ГРИГОРЬЕВА Е. В. Идеальная система электроснабжения городов	58
ГОЛОВАЧ Ю. А., МИХАЙСКАЯ О. В., РЫБАК Д. Э. Использование детандер-генераторов при редуцировании газа на ГРС	62
СУХИНИНА Е. Ю., СЕРДЮК А. И. Экологическая безопасность человека при загрязнении окружающей среды соединениями урана	66
ЖЕВАНОВ В. В., БРАТЧУН В. И., ПОСТОЕНКО В. А. Повышение усталостной долговечности асфальтобетонов путем комплексного изменения их структуры	70
ШОЛУХ Н. В., ВОВК А. В. Особенности размещения объектов малого бизнеса на территории города: функционально-пространственные и землеустроительные аспекты	76
ГОРОЖАНКИН С. А., СТЕПАКИН В. Р. Принципиальные схемы построения компаундных двигателей внутреннего сгорания	81
ШОЛУХ Н. В., РУБЦОВА Н. И. Урочище Грабово как природоохранный объект общегосударственного значения в структуре лесного фонда донецкого региона: землеустроительные и нормативно-правовые аспекты	85
МОИСЕЕВ Н. И., ПОПОВ Д. В. Выбор компоновочной схемы электромобиля	90

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

ПРИЩЕНКО М. Г., ЧЕРНИШЕВА Т. О., ТРУСКАЛОВА А. А., БЕССЧАСТНИЙ С. С., ГІМАТУТДІНОВА Ю. А. Оцінка звукоізоляції типових конструкцій вікон	5
ВОРОНЕНКО М. Е., ЗАЙЧЕНКО М. М., МІКЛАШЕВИЧ Н. В. Самоущільнювальний бетон у зимовий період	14
БАЛАШОВ А. А., ФРОЛОВ О. С., КОШЕЛЄВА Т. В., ДАНИЛЕВСЬКИЙ І. А., ЛОЗАК Д. І. Унікальна вітчизняна геотехнологія виготовлення буроін'єкційних паль із застосуванням електророзрядних технологій та електрохімічного вибуху	20
ПАНТЕЛЕСНКО Л. Д., СУВОРОВА М. О. Технологія будівельного 3д-друку ресурсо-ефективного формоутворення внутрішньої топології друківаної конструкції	24
КАЛМИКОВА О. П., ЛАПІНА О. О. Дотримання правил розрізання цегляної кладки при зведенні старовинних і сучасних будівель	31
КАЛМИКОВА О. П., ТРУШ П. М. Історичний досвід застосування дерев'яних конструкцій в будівництві	35
КОРШИКОВА К. С., НАУМОВ А. Є. Дослідження окремих алгоритмів енергоефективного формоутворення під час раціоналізації топології будівельних друкарських конструкцій	39
РОЖКОВ В. С., ДОРЦЕВА М. М., ДЬОМІНОВ П. Е. Основні принципи та закономірності третинного відстоювання в системах біологічного очищення	45
КУЧЕРЕНКО О. С., НАУМОВ А. Є. Параметричне інформаційне моделювання як ефективний інструмент проектування повнозбірних модульних будівель	50
СЕЛЬСЬКА І. В., БУРЯК В. С., ГРИГОР'ЄВА Є. В. Ідеальна система електропостачання міст	58
ГОЛОВАЧ Ю. О., МИХАЙСЬКА О. В., РИБАК Д. Е. Використання детандер-генераторів при редукуванні газу на ГРС	62
СУХІНІНА О. Ю., СЕРДЮК О. І. Екологічна безпека людини при забрудненні навколишнього середовища сполуками урану	66
ЖЕВАНОВ В. В., БРАТЧУН В. І., ПОСТОЄНКО В. О. Підвищення втомної довговічності асфальтобетонів шляхом комплексної зміни їх структури	70
ШОЛУХ М. В., ВОВК А. В. Особливості розміщення об'єктів малого бізнесу на території міста: функціонально-просторові та землевпорядні аспекти	76
ГОРОЖАНКІН С. А., СТЕПАКІН В. Р. Принципові схеми побудови компаундних двигунів внутрішнього згорання	81
ШОЛУХ М. В., РУБЦОВА Н. І. Урочище Грабове як природоохоронний об'єкт загальнодержавного значення в структурі лісового фонду донецького регіону: землевпорядні та нормативно-правові аспекти	85
МОІСЕЄВ Н. І., ПОПОВ Д. В. Вибір компоновальної схеми електромобіля	90

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

PRISHCHENKO NIKOLAI, CHERNYSHEVA TAMARA, TRUSKALOVA ANTONINA, BESSCHASTNYJ STANISLAV, GIMATUTDINOVA JULIA. Assessment of Sound Insulation of Typical Window Designs	5
VORONENKO MAXIM, ZAICHENKO NIKOLAI, MIKLASHEVICH NINA. Self-Compacting Concrete in Winter Conditions	14
BALASHOV ARTEM, FROLOV OLEG, KOSHELEVA TATYANA, DANILEVSKY IGOR, LOZAK DENIS. Unique Domestic Geotechnology for the Manufacture of Bored-Injection Piles Using Electro-Discharge Technologies and Electro-Chemical Explosion	20
PANTELEENKO LILIA, SUVOROVA MARIA. Technology of Construction 3D Printing of Resource-Efficient Shaping of the Internal Topology of the Printed Structure	24
KALMIKOVA ELENA, LAPINA OLGA. Compliance with the Rules of Brickwork Cutting in the Construction of Ancient and Modern Buildings	31
KALMIKOVA ELENA, TRUSH PAVEL. Historical Experience of Application Wooden Structures in Construction	35
KORSHIKOVA KSENIA, NAUMOV ANDREY. The Study of Individual Algorithms of Energy-Efficient Shaping in the Rationalization of the Topology of Building Printed Structures	39
ROZHKOV VITALII, DORTSEVA MARIA, DEMINOV PAVEL. The Main Principles and Regularities of Tertiary Settling in Biological Wastewater Treatment Systems	45
KUCHERENKO ALEXANDRA, NAUMOV ANDREY. Parametric Information Modeling as an Effective Tool for Designing Fully Assembled Modular Buildings	50
SELSKAYA IRINA, BURYAK VALERIA, GRIGORIEVA EVGENIYA. An Ideal City Power Supply System	58
GOLOVACH YULIA, MIKHAYSKAYA OKSANA, RYBAK DANIL. The Use of Expander Generators when Reducing Gas at the Gas-Distributing Stations	62
SUHININA ELENA, SERDYUK ALEKSANDR. Human Environmental Safety in Case of Environmental Pollution by Uranium Compounds	66
ZHEVANOV VASILIIY, BRATCHUN VALERY, POSTOENKO VIOLETTA. Increasing the Fatigue Life of Asphalt Concrete by Complex Modification of Their Structure	70
SHOLUKH NICKOLAY, VOVK ALINA. Features of Placement of Small Business Objects on the Territory of the City: Functional – Spatial and Land Management Aspects	76
GOROZHANKIN SERGEY, STEPAKIN VIACHESLAV. Schematic diagrams of the construction of compound internal combustion engines	81
SHOLUKH NICKOLAY, RUBTSOVA NIKA. Grabovo Tract as a Nature Protection Object of National Importance in the Structure of the Forest Fund of the Donetsk Region: Land Management and Regulatory Aspects	85
MOISEEV NIKITA, POPOV DMITRY. Selection of the Layout Diagram of the Electric Vehicle	90

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.