Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сборник научных трудов

Выпуск 42

БУДІВНИЦТВО ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Збірник наукових праць
Випуск 42

Зарегистрирован 21.11.2005 г. серия КВ № 10650 Государственным комитетом информационной политики, телевидения и радиовещания Украины.
Высшей Аттестационной Комиссией Украины включен в перечень научных диссертационных работ на соискание научных степеней доктора и кандидата наук (Постановление Президиума ВАК Украины от 11.10.2000 №1-03/8, перечень №6 - технические науки).

Симферополь
«Национальная академия природоохранного
и курортного строительства»
2012

УДК 69

Збірник наукових праць
«Будівництво та техногенна безпека»

Збірник включає статті науковців України, у яких висвітлені результати фундаментальних та прикладних наукових досліджень у галузі будівництва та техногенної безпеки.
Для наукових працівників, аспірантів та спеціалістів у галузі будівництва.

Редакційна колегія:

Ажермачов Г.А., канд. техн. наук, Бекіров Е.А., докт. техн. наук, Боровський Б.І., докт. техн. наук, Бугаєвський Г.М. докт. фіз.-мат. наук, Ветрова Н.М., докт. техн. наук, Дворецкий О.Т., докт. техн. наук, Зайцев О.М., докт. техн. наук, Захаров Р.Ю., канд. техн. наук (відповідальний секретар), Лінченко Ю.П., канд. техн. наук, Любомирський М.В., канд. техн. наук, (зам. головного редактора), Морозов О.Д., канд. техн. наук, Нагаєва З.С., докт. архітектури, Ніколенко І.В., докт. техн. наук, Пашенцев О.І., докт.екон. наук, Саломатін В.М., докт. геол.-мін. наук, Сапронова З.Д., канд. геол.-мін. наук , Сироджа І.Б., докт. техн. наук, Стоянов В.У., докт. техн. наук, Чемодуров В.Т., докт. техн. наук, Федоркін С.І., докт. техн. наук, (головний редактор), Шаленный В.Т., докт. техн. наук, (зам. головного редактора), Ячменьова В.М., докт.екон. наук

Затверджено до друку згідно протоколу засідання вченої ради НАПКБ № 2 від 27.09.2012 р.

Адреса редакції: *95006 м. Сімферополь, вул. Павленко, 5, НАПКБ, корпус 2, к 410,*
E-Mail: rio@napks.edu.ua.

©Национальна академія
природоохоронного
та курортного будівництва,
2012

Сборник научных трудов
«Строительство и техногенная безопасность»

Сборник включает статьи ученых Украины, в которых освещены результаты фундаментальных и прикладных научных исследований в области строительства и техногенной безопасности.
Для научных работников, аспирантов и специалистов в области строительства.

Редакционная коллегия:

Ажермачев Г.А., канд. техн. наук, Бекиров Э.А., док. техн. наук, Боровский Б.И., докт. техн. наук, Бугаевский Г.Н. докт. физ.-мат. наук, Ветрова Н.М., докт. техн. наук, Дворецкий А.Т., докт. техн. наук, Зайцев О.Н., докт. техн. наук, Захаров Р.Ю., канд. техн. наук (ответственный секретарь), Линченко Ю.П., канд. техн. наук, Любомирский Н.В., канд. техн. наук (зам. главного редактора), Морозов А.Д., канд. техн. наук, Нагаева З.С., докт. архитектуры, Николенко И.В., докт. техн. наук, Пашенцев А.И., докт. техн. наук Саломатин В.Н., докт. геол.-мин. наук, Сапронова З.Д., канд. геол.-мин. наук , Сироджа И.Б., докт. техн. наук, Стоянов В.У., докт. техн. наук, Чемодуров В.Т., докт. техн. наук, Федоркин С.И., докт. техн. наук, (главный редактор), Шаленный В.Т., докт. техн. наук, (зам. головного редактора), Ячменева В.М., докт. экон. наук

Утвержден к печати согласно протокола заседания ученого совета НАПКС № 2 от 27.09.2012 г.

Адрес редакции: *95006 г. Симферополь, ул. Павленко, 5, НАПКС, корпус 2, к 410,*
E-mail:rio@ napks.edu.ua.

© Национальная академия
природоохранного
и курортного строительства,
2012

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1.
АРХИТЕКТУРА

Рябова О.В., Друцкая Д.М. Архитектурное проектирование объектов с использованием звуковых волн 5

Шитикова В. Н. Крымский стиль в вертикальном озеленении в конце XIX-начале XX веков 10

РАЗДЕЛ 2.
СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Ажермачёв Г.А. Экспериментальные исследования при оценке напряженно-деформированного состояния строительных конструкций и сооружений 15

Чемодуров В.Т., Канцеров П.М. Расчет многослойной пластины с приведенной жесткостью 18

Чемодуров В.Т., Шинкарук В.И. Выбор параметров многослойной пластины методом планирования эксперимента 26

Чемодуров В.Т., Сейтжелилов М. С. Выбор параметров многослойной пластиныметодом случайного поиска 31

РАЗДЕЛ 3.
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Корохов В.Г., Бусарова Н.Я. К вопросу о конкурентоспособности заменителей металла 37

Мирошниченко К. К., Савицкий Н. В. Теоретические и практические аспекты совершенствования технологии получения высококачественного фибробетона для устройства полов и подливки под оборудование промышленных объектов 41

Федоркин С.И., Макарова Е.С., Елькина И.И. Влияние микрокремнезема на свойства и структуру прессованных материалов на основе мелкодисперсных отходов горных пород 47

РАЗДЕЛ 4.
ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, МЕХАНИКА И СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ

Дьяков И.М., Мравец Д.А. К вопросу применения геосинтетических материалов для повышения надежности работы подпорных стен в условиях Крыма 52

РАЗДЕЛ 5.
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Балакчина О.Л. Структурно-логическая схема организации монтажно-демонтажных работ с использованием вертолета при реконструкции покрытия промышленных зданий 58

Сеник И.С., Шаленный В.Т., Бицоева О.А. Обоснование и предложение по совершенствованию конструкции разборно-переставной опалубки для непрерывного бетонирования многоступенчатых ленточных фундаментов 63

Шаленний В.Т. Передумови підвищення ефективності будівництва на основі системотехнічних досліджень життєвого циклу об'єктів 68

Шаленный В.Т., Несевря П.И., Кислица Л.В. Поэтапное возрастание энергозатрат монтажников при подращивании стальных силосов разных размеров 75

Шаленний В. Т., Скокова А. О. Вибір та розвиток доцільної технології відновлення властивостей фасадних систем теплоізоляції будинків із опорядженням легкою штукатуркою 81

Шаленний В.Т., Скокова А.О. Результати кореляційно-регресійного аналізу впливу архітектурно-планувальних властивостей і ушкоджень фасадів на вартість та трудомісткість робіт з відновлення їх зовнішньої теплоізоляції і опорядження 90

РАЗДЕЛ 6.

ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Зелинская Н.Б. Оценка воздействия инфраструктуры ЖКХ на состояние атмосферного воздуха в г. Севастополь 98

Лущик А. В. , Павлюк В. И. Геологическая среда. Сейсмичность и экологическая безопасность 104

РАЗДЕЛ 7.

ВОДООБЕСПЕЧЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ, ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИКА

Ажермачев Г.А. Альтернативные запасы углеводородов на Азово-Черноморском шельфе Украины 112

Митрофанова С.А. Определение линии каустики для составной кривой с иррегулярной вершиной 115

Перминов И.А. Совершенствование работы систем с качественно-количественным регулированием в отопительном периоде на основе инжекционных терморегуляторов 120

Аннотации на украинском языке 125

Раздел 1.
АРХИТЕКТУРА

УДК 72.012

АРХИТЕКТУРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗВУКОВЫХ ВОЛН

Рябова О.В., Друцкая Д.М.

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

В статье приведены результаты архитекторов-новаторов в области проектирования с использованием музыкальных произведений и звуковых волн. Выявлена целесообразность распространения метода параметрики в сфере архитектурного проектирования. На основе примеров из зарубежной проектной практики выявлены основные особенности и методы проектирования дигитальной архитектуры, а также актуальность ее использования в сфере архитектурного проектирования в Украине. Полученные результаты могут быть основой совершенствования метода архитектурного проектирования.

Дигитальная архитектура, компьютерное моделирование, параметрика, семиология

Введение

Актуальность исследования определяется значимостью поиска смысла современных инновационных технологий, развивающих нестандартные концепции и методы формообразования в архитектуре. Экспериментальная цифровая архитектура набирает обороты. На помощь архитектору приходят программисты, микробиологи, физики, социологи. Таким образом, важной необходимостью является изучение опыта в области проектирования дигитальной архитектуры с применением музыкальных произведений и динамики звуковых волн, а также изучение существующих программ перевода звука в форму - инновационные решения в проектировании.

Анализ публикаций

Тему нелинейности в научном знании наиболее полно раскрывают работы Л. Черногора, И. Пригожина, Б. Мандельброта, труды таких авторов как В.Гринченко, Мацыпур, А. Снарский, Э. Лоренц, В. Гинзбург. В статьях Л. Черногора, наш мир описывается как открытые нелинейные системы. Философ-постмодернист Жиль Делез в своём исследовании «Складка. Лейбниц и барокко» описывает складчатость, как основное свойство топологических структур в современной архитектуре. Формированию теории нелинейного направления в архитектуре на Западе способствовали статьи и книги Чарльза Дженкса и Грега Линна. Архитектор и теоретик Чарльз Дженкс в статье «Новая парадигма в архитектуре» описал появление направления в архитектуре на фоне формирования научных трудов о сложных системах, включающих фрактальную геометрию и нелинейную динамику. Теоретик И. Добрицина в книге «От постмодернизма к нелинейной архитектуре» раскрыла суть нелинейного направления с точки зрения композиционного формообразования [11]. На этом список существующих трудов на тему нелинейной архитектуры не заканчивается.

Цель и постановка задач

Целью статьи является привлечение внимания к аспектам взаимодействия архитектуры и музыки, архитектуры и волновой природы, а также раскрытие актуальности использования звука в процессе проектирования.

Задачи статьи:

анализ опыта архитекторов, работавших с теорией взаимосвязи звука и архитектуры;

анализ и изучение существующих программ перевода звука и различных иных волн в форму;

выявление основных приемов и методов проектирования нелинейной архитектуры.

Методика исследования

В статье обобщаются существенные научные результаты.

Применяются методы - интеграция результатов научных исследований, проектных разработок; гипотетический метод.

Результаты и их анализ

Проектирование дигитальной архитектуры возникло прежде всего как экспериментальный метод, как своеобразная тяга к созданию гармоничных форм. В определении новой архитектуры до сих пор нет единства: термины " дигитальная ", " виртуальная ", " био - морфная ", " криволинейная ", " не - стандартная " (non - standard), " nurbs - архитектура " и т.д. В целом – это вид архитектуры, направленный на попытку подчинить хаотическую архитектуру метрическому ритму [1].

Говоря о дигитальной архитектуре невозможно опустить тот факт, насколько сильно она переплетена с мыслительными структурами и философскими концепциями современности, воплощая и даже порой визуализируя наиболее значительные понятия философии [1].

Методы формообразования нелинейной архитектуры по результатам исследований Карнаухова И. [11]:

1. Программный метод.
2. Метод параметрического моделирования.
3. Метод морфинга (адаптивный метод).
4. Топоаналитический метод [11].

В данной статье рассматривается отдельный вид дигитального проектирования – проектирование с использованием музыки и звука.

В 1829 году И. Гете в беседе с И. Эккерманом назвал архитектуру «застывшей музыкой».

Не одно поколение архитекторов волновало и вдохновляло это сравнение.

Наиболее известным экспериментатором в этой области является композитор и архитектор Янис Ксенакис (Iannis Xenakis) - грек по происхождению родился в Румынии. Становится профессиональным композитором и одновременно - теоретиком и открывателем новых направлений в музыке.

Из текста А. Дернова: «Ученик О. Мессиана и Ле Корбюзье, он создал оригинальные сооружения на базе тех же алгоритмов, что и собственную музык [12].

В 1975 году он изобретает получивший широкую известность музыкальный компьютер L^UPIC (Unite polyagogique informatiquedu CEMAMu). Компьютер позволяет сочинять музыку посредством рисунка, без специальных знаний в области музыки или информатики.

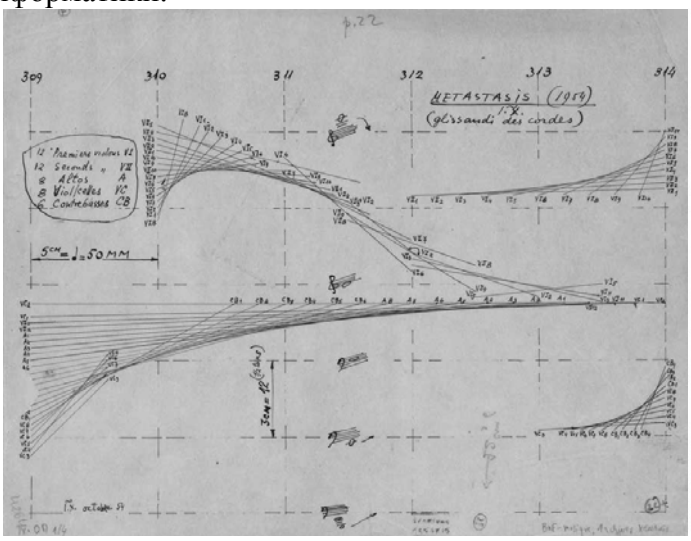


Рис. 1. Павильон "Филипс" на ЭКСПО-58

В 1956 году по предложению крупнейшей электротехнической фирмы "Филипс" известный архитектор Ле Корбюзье создал "Электронную поэму", превратившуюся в сенсацию и вызвавшую много споров на всемирной выставке ЭКСПО-58 , проходившей в Брюсселе под девизом "Человек и прогресс" (рис. 1). К моменту начала работы над проектом павильона "Филипс" у Я. Ксенакиса уже была своеобразная авторская гипотеза претворения музыки в пространство и форму, что-то вроде музыкальной формулы творческого синтеза. К этому времени Я. Ксенакис уже написал "Метастазис" - одно из наиболее известных произведений мастера, которое начинается скандально знаменитым глиссандо - медленно поднимающимся звуком струнных. На основе этого произведения был спроектирован павильон «Филипс» [12].

Опыт «проектирования музыки» Янисом Ксенакисом до сих пор вдохновляет. У Яниса существуют последователи, которые не бросили идею о «звучании» архитектуры.

Опыт архитекторов в изучении формообразования при помощи звука (рис. 2–9):

- Первые опыты на формирование трехмерной структуры с помощью звука проводил Ганса Дженни [4], (рис. 2).

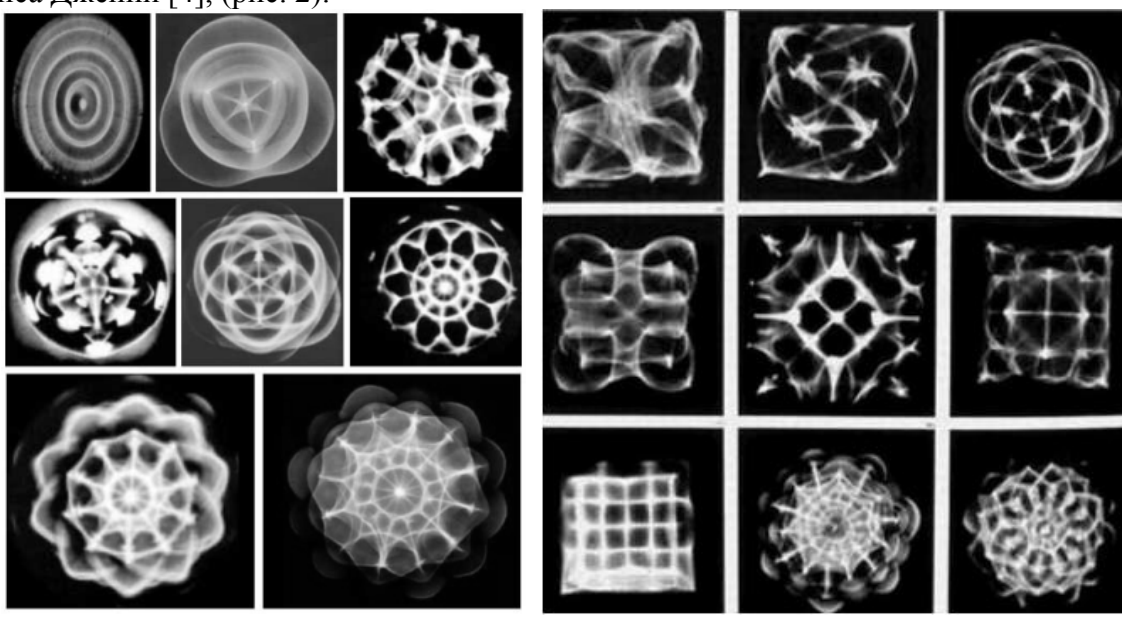


Рис.2. Низкочастотные звуки [4]

Anisotropia – проект нового оперного театра в Busan, основанный на «Klavierstück» - композиции для фортепиано композитора Кристофа Клемта [10], (рис. 3). Архитекторы: Orproject. DesignTeam: Хо-ПинСя, Кристоф Klemmt, Роландо Родригес Лил, РаджатSodhi, Наталья Wrzask, Кристин Ву.

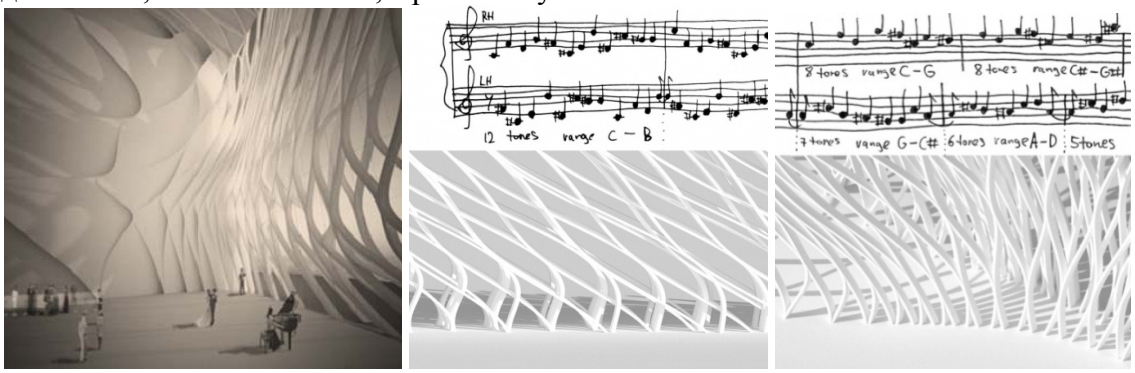


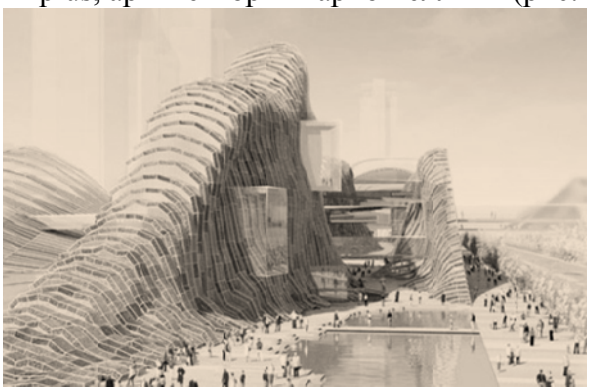
Рис.3. Anisotropia [10]

- Самый поразительный музей - Музей Звука (Son-O-Nox, архитектор Ларс Спейбрук). В «здании» находятся 20 датчиков, которые реагируя на движение посетителей генерируют звук, в итоге музей сам издает музыку. В зависимости от степени интенсивности движения, биения сердца, дыхания все гармонизуется программно [9], (рис. 4).

- Предложение архитектурной организации B + U для Тайбэй Центра искусств началось с изучения звуковых волн. Звук был проанализирован и превратился в трехмерную форму, которая сообщила общий вид здания [8], (рис. 5).

Рис.4. Son-O-Nox [9] **Рис.5. Центр исскуставTaipei [8]**

- Музыкальный центр представляет собой воплощение звучания музыки [7], (рис. 6), MIC plus, архитектор - Марио Беллини (рис. 7).



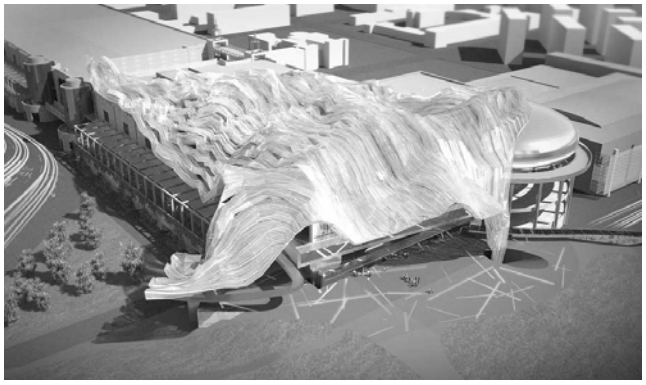


Рис.6. Green Covered Taipei Music Center [7] Рис.7. Mario Bellini architects: MIC plus [2]

- Дизайнеры парижской студии Nocc – адепты интуитивного подхода. Они верят в то, что ничего не происходит случайно, и позволяют это не случайности управлять ходом своей жизни, в том числе и профессиональной. Форма каждого объекта повторяет очертания звукового рисунка, который визуализируется в речевой программе с помощью простого проговаривания названий этих объектов [6], (рис. 8).

Рис.8. ObjectsofSound [6]

- Архитектор и программист Мишель Ансмейер (MichaelHansmeyer), который живет и работает в Цюрихе, разработал эти великолепные колонны, 2,7 м высотой. Они выполнены путем последовательного нанесения миллиметровых слоев. При создании этих колонн использовался специфический алгоритм и компьютерная программа, разработанная в сотрудничестве с CAAD Group отдела архитектуры ETH [5], (рис. 9).

Рис.9. Колонны [5]

Выводы

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что взаимосвязь архитектуры с природой прослеживалась давно и остается актуальной и сегодня. Это обуславливается гармоничным восприятием формы, спроектированной на основе природных законов. Из слов Мартина Тамке: « По мере вступления архитектуры в информационную эру приоритет в проектировании перешел от объекта к процессу его создания: важным стало не столько то, что проектируется, сколько как это происходит. Процесс проектирования и задействованные в нем технологии оказались не менее существенны, чем результат. И несмотря на то, что техника эта используется сравнительно недавно, дигитальные технологии уже изменили характер архитектуры и будут менять его в дальнейшем. Экспрессивные текучие формы, которые появились благодаря дигитальным технологиям, являются лишь «верхушкой айсберга» - материализованными знаками этого процесса» [3].

В статье проанализирован опыт архитекторов, работавших с теорией взаимосвязи звука и архитектуры; изучены и проанализированы существующие программы перевода звука и различных иных волн в форму; выявлены основные приемы и методы проектирования нелинейной архитектуры.

Список использованных источников

1. «Физика» и «Метафизика» дигитальной архитектуры: поиски формы и воплощение невозможного», Белорусский строительный портал (www.stroyby.com), 14-07-2007, [электронный ресурс] – режим доступа: http://www.stroyby.com/2007/07/14 /fizika_i_metafizika_digitalnojj_arkhitektury_poiski_formy_i_voploshhenie_nevozmozhnogo. html
2. «Хвост кометы», российский архитектурный портал (www.archi.ru), 15.12.2008, [электронный ресурс] – режим доступа:
3. http://archi.ru/foreign/news/news_present.html?nid=11968
4. «Мартин Тамке. Новые технологии и рождение формы», по материалам статьи: «Новые технологии и рождение формы» // Проект Россия. №44, перевод с немецкого Ирины Шиповой [электронный ресурс] – режим доступа: http://lab-na.taba.ru/blog/article/557_Martin_Tamke_Novye_tehnologii_i_ rozhdenie_formy.html
5. «Geometry of a uniform field» Valery P. Kondratov, july-august 2009 [электронный ресурс] – режим доступа: http://paleotehnolog.com/geom/
6. «Архитектор и программист Мишель Ансмейер», электронная газета «НОВОСТИ и ФОТОГРАФИИ», 24/05/2011[электронный ресурс] – режим доступа: http://graftio.com/2011/05/24/michael-hansmeyer/
7. «Objects of Sound by NOCC» 06.08.2009 [электронный ресурс] – режим доступа: http://www.dailytonic.com/objects-of-sound-by-nocc/
8. Aditi Justa «Italian firm proposes green design for Taipei Pop Music Center» Feb 26 2010 [электронный ресурс] – режим доступа: http://www. greendiary.com/entry/italian-firm-proposes-green-design-for-taipei-pop-music-center/

9. «Футуристический Центр исполнительских искусств Taipei» FiledUnder (Городской дизайн) 31-01-2011[электронный ресурс] – режим доступа: http://pixelbot.org.ua/futuristicheskij-centr-ispolnitelskix-iskusstv-taipei/
10. «Son-O-Nox - Музей Звука», 28.07.2010 [электронный ресурс] – режим доступа: http://jull-k.livejournal.com/7212.html
11. «A FROZEN PIECE OF MUSIC» David K./ August 17, 2011 [электронный ресурс] – режим доступа: http://plusmood.com/2011/08/anisotropia-orproject/
12. «НЕЛИНЕЙНЫЕ МЕТОДЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ», автор исследования: Карнаухов Игорь, 2009, [электронный ресурс] – режим доступа: http://www.adaptik-a.com/research/item/29-nonlinear-methods-of-morphogenesis
13. «Композитор архитектурных форм», Александр Дернов, www.forma.spb.ru - информационный портал, [электронный ресурс] – режим доступа: http://www.forma.spb.ru/magazine/articles/d_008/main.shtml

УДК 712.03(477.75)

КРЫМСКИЙ СТИЛЬ В ВЕРТИКАЛЬНОМ ОЗЕЛЕНЕНИИ В КОНЦЕ XIX- НАЧАЛЕ XX ВЕКОВ

Шитикова В. Н.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

К началу XX века сложилось единое художественное представление о садово-парковой архитектуре на Южном берегу Крыма. Характерной чертой декорирования архитектурных сооружений являлся прием озеленения лианами вертикальных плоскостей. На основе культурно - исторических традиций, подбора растений, природных условий, сформировался крымский стиль.

Крым, вертикальное озеленение, лианы, история

Введение.

К началу XX века на Южном берегу Крыма сложились определенные традиции вертикального озеленения, которые могут быть полезны для благоустройства других городов и парков. На примере лучших образцов садово-парковых композиций можно выделить совокупность характерных признаков ландшафтного оформления, который сложился как крымский стиль в вертикальном озеленении.

Анализ публикаций.

Обширен круг публикаций, посвященный рекомендациям и предложениям по формированию вертикального озеленения. Отметим основные направления исследований в этой области: работы А. И. Колесникова « Вертикальное озеленение», «Архитектура парков Кавказа и Крыма» посвящены анализу видового состава растений. [1,2]; в учебном пособии Лунц Л.Б. «Городское зеленое строительство» раскрывает комплекс архитектурно – планировочных и инженерно- технических мероприятий по созданию вертикального озеленения [3]; в книге Б.В.Давыдович «Вертикальное озеленение» делается акцент на региональные особенности по благоустройству городов и населенных мест [4]. Наиболее близки к исследуемой проблеме работы старшего научного сотрудника Алупкинского дворца-музея А.А.Галиченко «Старинные усадьбы Крыма» [5] и главного ландшафтного архитектора Алупкинского дворцово-паркового музея-заповедника Арбатской Ю.Я. «Лианы рода ROSA L. в старинных усадебных парках Южного берега Крыма» [6]. В целом информация о специфике вертикального озеленения как композиции, несущей в себе историческиее и культурные особенности, в публикациях четко не определена.

Цель и постановка задач состоит в разработке рекомендаций и предложений по созданию вертикального озеленения в крымских городах и населенных мест на основе наиболее типичных черт вертикальных композиций, с использованием историко-теоретического материала в области дендрологии. Это позволит обозначить изучаемую

тему под другим углом зрения, осознать значимость творческих находок в ландшафтном озеленении.

Методика исследований охватывает аналитический, системный, исторический методы. На основе информации по истории формирования садово – парковой архитектуры Крымского полуострова, основам инженерной дендрологии, систематизации высших растений Крыма - сформируем концепцию региональной специфики вертикального озеленения.

Результаты и анализ. Вертикальное озеленение - это прием декорирования растениями вертикальных плоскостей. Ценность этого вида озеленения заключается в том, что для посадки вьющихся растений нужна небольшая площадь. Вертикальное озеленение применяется для эстетического удовольствия, для снижения силы ветра, уровня шума, очистки воздуха от пыли и регуляции теплового режима. Многие города Украины с типовой застройкой традиционно используют лианы: Девичий виноград пятилисточковый (Parthenocissus quinquefolia Planch.), Девичий виноград прикрепленный (Parthenocissus inserta (Kern.) K. Fritsch), Жимолость вьющуюся (Lonicera periclymenum L.), Хмель обыкновенный (Humulus lupulus L.) и другие. Но запросы сегодняшнего времени не только экологические. В городах Крымского полуострова могут расти уникальные композиции лиан и полулиан, которые олицетворяют южную самобытность, потому что есть благоприятный климат, славная история, свое лицо, своя культура. Для чего необходим поиск «корней», ведь гораздо проще закладывать в проекты типовые стандарты. Все дело в том, что наше окружение, как писал британский архитектор Кристофер Дэй, является частью нашей биографии, это «место, где обитает душа». Что бы подпитывать душу, место проживания человека должно сохранять дух места, историю [7]. Дух места, история - это ключик для осознания своего лица в ландшафтном озеленении полуострова.

Много полезной информации об истоках зарождения зеленого строительства и развитии архитектуры с древнейших времен до наших дней дает краеведческая литература. Обратимся к наблюдениям, сделанным ученым Петр Симон Палласом во время путешествия по южным наместничествам Русского государства в 1773-1788г.г. Это первые подробные сведения о полуострове во время присоединения его к России, в которых достоверно изложены результаты наблюдений с использованием взглядов ученых предшественников. Благодаря тщательности описания виденного автором, можно определить, как выглядело вертикальное озеленение в мусульманской среде Крыма, в частности, Бахчисарайском дворце: «посередине обыкновенных ханских комнат устроен продолговатый сад из роз с беседками…нижняя терраса совершенно покрыта виноградными беседками, несколько далее …одиночная могила Менгли-Гирея, очень поэтичная, лучшего стиля окруженная каменными портиками; ее внутренность оттенена виноградом и иной растительностью…». Неоднократно упоминаются в описаниях греческие развалины и виды одичавших лиан винограда, роз, плюща. Зная греческую мифологию, не трудно представить, каким образом украшались храмы, нимфеи, террасы [8].

Эталоном ландшафтного озеленения полуострова в XIX веке стал Воронцовский садово - парковый комплекс. Волею судьбы и наличию глубокой духовной культуры основателя графа Михаила Семеновича Воронцова и садовника Карла Кебаха удалось талантливо обобщить западную и восточную цивилизации в архитектуре и ландшафтном озеленении, соединить романтический стиль с крымским. Родился наш, милый каждому сердцу образ, который поэтически описал крымовед XIX века Евгений Марков в «Очерках Крыма». Выделим из всего многообразия информации вертикальное озеленение: «…Тень, прохлада и тишина — вот господствующая идея постройки. Она вполне восточная и притом вполне крымская… Дворец является вам… затканный под самую крышу ползучими розами, виноградом и плющами разного рода. Это самый характерный фас дворца…

Все его здания… затканы, как и дворец, шпалерами зелени, а со стороны верхнего парка стена двора обращена в яркие, висячие цветники. Высокие стены не обросли, а просто

облиты сплошным ковром зелени. Тут и розы, и глициния, и плющ, и дикий виноград, и ипомея, не увидите вершка камня...

Эти террасы тканные ползучими розами и плющом…

Если у вас хорошая мечта в голове, останьтесь здесь, на этом глубоком балконе: сплошной навес рдеющего винограда, с кудрявыми листьями, с вьющимися усами, висит над вами будто в воздухе, едва колышась от собственного дыхания и пропуская к вам волшебный зелено-золотой свет. Этим зеленым золотом все теперь, кажется, наполнено в вашем безмолвном, висячем приюте» [9].

Основную декоративную роль в озеленении стен дворца, террас, арок, скальных образований, крупных камней занимают плющ, виноград. Для сказочного колорита в восточном стиле добавили розу, китайскую глицинию и «яркие, висячие цветники».

Представляют интерес на заданную тему воспоминания людей, живших в южнобережных поместьях в XIX веке. Например, в книге «Воспоминания о Крыме» (1883) княгиня Е. Горчакова пишет: «Передо мной былъ домъ Гг. Первушиныхъ, нынѣшнихъ владѣтелей Артека. Домъ не великъ, но весь обвитъ зеленью. Плющи, глициніи, колокольчики, розы, всѣхъ возможныхъ сортовъ, обвиваютъ его, лѣзутъ на крышу, спускаются разноцвѣтными гирляндами, на близь стоящую мимозу и перемѣшиваются с огромными кистями винограда. .. у подножия горы, в десяти шагах от дома, прелестная маленькая деревянная церковь, покрытая изумрудной сѣткой плюща и вьющихся розъ разныхъ сортовъ и колеровъ. Передъ церковью, клумбы штамбовыхъ розъ и другихъ растеній и большая магнолія; подъ ней стоитъ скамейка и вблизи, въ тѣни арбутуса и платана, окруженный плющами и розами, домикъ, гдѣ мнѣ была приготовлена комната»[10].

Для вертикального озеленения в старинных усадебных парках Южного берега Крыма наиболее характерны такие виды растений как: плющ, виноград, роза, глициния и «яркие, висячие цветники», составляющие сочную южную композицию, сочетающие в себе восточную и западную культуры, что соответствует исторической данности Крымского полуострова. Эти растения могут задавать тон и тонус всему, что растет и цветет на территории крымских городов. Зимой плющ оживляет фасады зданий, заборы, террасы, газоны и поддерживает гармонию с вечнозелеными растениями. Весной на фоне плюща пробиваются первоцветы, зеленеют арки с глицинией, беседки с виноградом, распускаются розы... Унылые тротуары, окна, балконы расцвечивают чаши с ампельными цветниками…и начинается бал цветов до первых заморозков. Зимой плющ…много и везде.

Над формированием видового состава растений работали многие поколения ученых и садовников. Крым стал садом, благодаря большой работе и великим целям «экономо-ботанического сада на южном берегу Тавриды под деревней Никитой». [11]. Например, Плетистые розы (Rosa L.) постоянно находятся в центре внимания садовников, научных сотрудников. Селекционные исследования с садовыми розами в Никитском ботаническом саду были начаты в 1824г. Н.А.Гартвисом, которым было получено более 100 отечественных сортов роз. Сегодня славная коллекция роз Никитского сада насчитывает около 2000 сортов отечественной и иностранной селекции. За прошедшее столетие селекционная наука продвинулась далеко вперед и предлагает огромное количество новых перспективных ремонтантных сортов, характеризующихся обильным и очень продолжительным цветением с мая до декабря.

Декоративные приемы использования плетистых роз в вертикальном озеленении усадебных садов и парков на Южном берегу Крыма поражает разнообразием. Как пишет Арбатская Ю.Я.в книге «Лианы рода ROSA L. в старинных усадебных парках Южного берега Крыма»: «…Они (розы) встречаются в виде высоких кустарников без опоры (одиночно или в группах), солитеров на опоре (с применением вертикальных линейных опор), декоративных пирамид (на вертикальных линейных опорах), декоративных арок и зелёных тоннелей, ампельных каскадов, ниспадающих с декоративных подпорных стен, а

также широко применяются для декорирования разнообразных широких опор экранного типа (стен зданий, беседок и пергол, разного рода подпорных стен и декоративных решеток). Наряду с вышеперечисленными, также применяются и другие, нестандартные приёмы - это использование в качестве опор для плетистых роз естественных элементов рельефа, скальных образований, крупных камней, высоких древесных растений пирамидальной формы, а также крон усохших деревьев, обладающих оригинальной архитектоникой» [6].

Глициния китайская (Wisteria sinensis Sweet.) появилась в Никитском ботаническом саду в 1826г. С тех пор эта лиана стала королевой ландшафтного озеленения Южного берега Крыма. Глициния - быстрорастущее листопадное растение. Весной и в начале лета на побегах распускаются очень ароматные лилово-синие цветы, собраные в ниспадающие, подобно каскаду, висящие кисти длиной около 40 см. Довольно мощное растение, требующее прочную опору. К почвам не требовательна. Выдерживает понижение температуры до – 20С. В лесостепной и степной зонах Крыма прекрасно выживает с южной стороны фасада здания. Тому пример - старая глициния в Симферопольском парке Салгирка или фасад здания Министерства сельского хазяйства Крыма. Имеет формы: f. alba (Lindl.) Read. et Wils. (var albiflora Lemaire) — с белыми цветками и f. plena hort. — с махровыми фиолетовыми цветками [12]. Как пишет Арбатская Ю.Я. «Совместное использование для вертикального озеленения… розы и глицинии как, например, в случае оформления колоннады - перголы в Верхнем парке арборетума Никитского ботанического сада, является классическим приёмом. Он встречается во многих исторических парках Южнобережья, причём в качестве опор используются и элементы рельефа, и высокие деревья. Предполагается, что этот приём распространился именно из опыта Никитского сада, так как использовался здесь неоднократно».

Виноград (Vitis L.- sylvestris C.C. Gvtl). появился с колонизацией греками крымского побережья. В 1783г. В.Х. Кондранаки , путешествуя по Крыму записал: «На склонах южнобережных гор часто встречается дикий виноград такой громадной величины и толщины, какой никогда не увидишь на равнинах. Такая лоза обвивает порой несколько дерев и покрывается гроздьями очень мелких ягод, которые обычно не вызревают в тени и вообще малогодны для еды…» [13]. Для вертикального озеленения рекомендуют использовать Виноград обыкновенный (Vitis vinifera L.). Распространен в культуре с древнейших времен и имеет огромное количество культурных сортов. Высота - 10м. Листья 3-5-лопастные, сердцевидные до 15см. Ягоды черные с сизым налетом. Растет быстро. Светолюбив. Засухоустойчив. Морозостоек. Газодымоустойчив. Рекомендуется для вертикального озеленения арок, ширм, трельяжей, навесов.

Плющ обыкновенный (Hedera helix L.) и Плющ крымский (H. tayrika Carr.) - вечнозеленая сильная лиана достигает до 10- 15 м. Тянется вверх при помощи придаточных корней. Листья кожистые, темно зеленого цвета. Лучше растет в тени или полутени. Выдерживает до – 22 С. Изображение плюща можно найти в многочисленных орнаментах. Плющ преображает пейзаж. Его густые заросли придают таинственный вид гротам и старым деревьям, свисающие побеги – классическую строгость вазонам с цветами.. Согласно информации из Бюллетеня НБС 2011 вып.: «культивары плющей различают формой роста, листовой пластинки, окраской, фактурой. Все возрастающее внутривидовое разнообразие плюща обыкновенного, которое по последним данным Королевского садоводческого общества (Великобритания) представлено 440 декоративными формами, свидетельствует о постоянном интересе к этой культуре, ее высоком рейтинге на мировом рынке» [14]. Плющ недооценен в ландшафтном озеленении Крыма. Именно это вечнозеленое растение выгодно подчеркивает крымскую архитектуру летом и зимой, может преобразить, облагородить, оживить любую форму, камни, газон. Растет в западной, восточной и центральной частях полуострова.

Ярким дополнением к лианам прилагались «сплошные цветники самых роскошных цветов, самых изящных клумб». Клумбы, цветущие рабатки требуют ежегодной сезонной

смены культур и затрат по уходу. Сегодня многочисленные питомники, в частности Никитский ботанический Сад, предлагают цветущие композиции из ампельных, полуампельных, кустовых форм растений, предназначенные для декора подвесных конструкций, наземных ваз и балконов. Для этого разработаны и внедрены специальные термочаши (контейнеры для цветов), которые могут быть закреплены как на неподвижном основании, корпусе столба, так и подвешиваются на декоративной цепи. Опоры с висящими на них кашпо могут быть стилизованы под деревья, фонтаны или иные самостоятельные формы, что позволяет рационально использовать земельные участки, придавать улицам и площадям праздничный вид. Вертикальные цветочные композиции при правильном уходе сохраняют декоративность на протяжении всего летнего сезона.

Выводы.

На основе анализа научной и краеведческой литературы можно выделить следующее: к началу XX века возникло единое художественное представление о садово – парковой архитектуре полуострова, в благоприятных климатических условиях, на богатом историческом фоне.

Для вертикального озеленения домов, изгородей, арок сформировался определенный видовой состав - вьющиеся розы, плющ, виноград, глициния, а террасы, партеры - «сплошные цветники самых роскошных цветов, самых изящных клумб». Вертикальная композиция гармонично сочеталась с древесными растениями, формируя художественные свойства окружающей среды. Все перечисленные растения в общей композиции это гармоничный крымский колорит, который воспринимался как «райский сад». При умелом подборе зимостойких и засухоустойчивых сортов лиан и ампельных цветов можно трансформировать цветущий южнобережный колорит на все крымские города вне зависимости от их географического положения. При планомерном внедрении вышеперечисленных растений сформируется единый южный колорит, который можно назвать крымским стилем в вертикальном озеленении.

Список использованных источнков

1. Колесников А. И. Вертикальное озеленение. М., Стройиздат 1964. - 72 с.
2. Колесников А. И. Архитектура парков Кавказа и Крыма. - М., 1949. - С. 22.
3. Лунц, Л.Б. Городское зеленое строительство: Учебник для вузов. - М.: Стройиздат, 1974. - 275 с.
4. Давыдович Б. В. Вертикальное озеленение. Киев, Будівельник, 1971- 102 с.
5. Галиченко А.А. Старинные усадьбы Крыма. – Симферополь: Бизнес-Информ, 2010.- 415с.
6. Арбатская Ю.Я. Лианы рода ROSA L. в старинных усадебных парках Южного берега Крыма. Сорта из группы Роз Кордеса в арборетуме Никитского ботанического сада. // Бюлл. Никит. Боттан. Сад- 2011.- Вып. 102.- с. 5-7.
7. Дэй К. Места, где обитает душа. – М.: Ладья, 2000.- 280 с.
8. Паллас П. С. Наблюдения, сделанные во время путешествия по южным наместничествам Русского государства / Пер. с нем.; Отв. ред. Б. В. Левшин; Сост. Н. К. Ткачёва. — М.: Наука, 1999. — 246 с.
9. Марков Е.Л. Очерки Крыма. Картины крымской жизни, истории и природы – Киев: Стилос, 2006.- 512с.
10. Горчакова Е. Воспоминанія о Крым□. – Москва: 1883.- 84с.
11. Голубева И.В., Кузнецов С.И. Никитский ботанический сад: путеводитель.- Симферополь: Таврия, 1985.-144с. 16л. ил.
12. Определитель высших растений Крыма //Под. Ред. Проф. Н.И.Рубцова–Л.: Наука,1972.- 550 с.
13. Кондараки В.Х. Новый, обстоятельный путеводитель по Крыму.- М.,1885.- 160 с.
14. Улейская Л.И. Новые для арборетума НБС культивары плющей и перспективы их использования в декоративном садоводстве // Бюлл. Никит. Ботан. сада.- 2011. – Вып. 100. - с. 106-108.

РАЗДЕЛ 2.
СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

УДК 624.014

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Ажермачёв Г.А., к.т.н., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Рассматриваются пути корректного проведения экспериментальных исследований, позволяющие получить наиболее объективное напряженно-деформированное состояние исследуемых конструкций и показать степень подтверждения принятых теоретических предпосылок, принятых при расчете объекта. Даются рекомендации по составлению программы экспериментальных исследований и анализу корректности экспериментальных данных.

напряженно-деформированное состояние, эксперимент, объект исследования, планирование

ВВЕДЕНИЕ И АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

При разработке новой конструкции, сооружения, машины и т. п. инженер сначала представляет их в уме, создает их образы в голове и разбирает «по косточкам», представляя себе, как они будут работать при тех или иных силовых воздействиях, хотя ни чертежей, ни объекта еще нет. Инженер должен иметь гибкое мышление, то есть способность изменять намеченный вначале путь решения задачи, если он не удовлетворяет тем условиям проблемы, которые постепенно вырисовываются в ходе ее решения и тем, которые не удалось учесть с самого начала.

Высокая квалификация и гибкость мышления обеспечивают достаточно полный учет специфических условий решения именно данной задачи, строгое подчинение логики всех рассуждений обоснованию и доказательству избранного пути решения. Именно благодаря гибкому мышлению инженеру удается найти новый подход, новые способы решения, наиболее полно отвечающие требованию задания.

После проработки образа новой конструкции инженер переходит к теоретическим расчетам, оперируя идеализированными моделями, расчет которых позволяет установить существующие связи и закономерности, недоступные при изучении реальных объектов. Конечно, объективность идеализированных расчетных моделей зависит от степени развития науки и квалификации инженера.

После этого создается конструкция или ее модель, и исследуется напряженно-деформированное состояние (НДС) элементов во взаимосвязи и всей конструкции, то есть проводятся экспериментальные исследования.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получение объективных показателей НДС конструкции.

Эксперимент – один из основных методов научного познания. От наблюдения он отличается тем, что позволяет исследователю активно вмешиваться в ситуацию исследования, манипулируя одним или несколькими факторами при изучении объекта. Правильно поставленный эксперимент позволяет проверить гипотезы о причинно-следственных отношениях, не ограничиваясь корреляцией между переменными. Различают однофакторные и многофакторные эксперименты. При однофакторном эксперименте исследователь имеет дело с одной переменной величиной, при многофакторном – с несколькими переменными величинами. Во втором случае имеется возможность оценки

взаимодействия факторов при изменении характера одной или даже нескольких величин на изменение других.

Если изучается область науки, о которой пока мало информации или вообще она отсутствует, то проводят «пилотный» эксперимент. В этом случае результаты «пилотного» эксперимента могут уточнить направления дальнейших исследований.

В строительной практике экспериментальные исследования проводятся уже несколько десятков веков: Архимед, Леонардо да Винчи, Гук Р., Кулибин И.П., Белелюбский Н.А., Патон Е.О., Шухов В.Г., Стрелецкий Н.С., Давиденков Н.Н. и многие другие.

По виду экспериментальные исследования разделяют, в основном, на лабораторные и натурные, это зависит от того, какая задача решается [1, 2, 3]. Иногда грань между одними и другими трудно установить. Натурные экспериментальные исследования проводятся довольно редко. В основном, это связано с большим расходом средств, однако влияют и другие условия, особенно связанные с фактическими нагружениями и т. п., в конечном итоге экспериментальные исследования сводятся к определению НДС и надежности конструкций и сооружений.

Обстоятельные экспериментальные исследования по проверке несущей способности конструкций и сооружений могут дать специалисту очень много, и в том числе определить действительную расчетную модель вновь проектируемого или существующего сооружения [4,5].

В настоящее время часто можно услышать, что физический эксперимент можно заменить численным, используя существующие программы. Иногда это оправдано, иногда неоправданно, так как при численном эксперименте используется опять же идеализированная расчетная модель, которая в большей или меньшей степени отличается от фактической.

План экспериментальных исследований

Планируя проведение экспериментальных исследований, необходимо изучить известные работы, в которых рассматривались вопросы, предполагаемые к изучению.

Необходимо иметь в виду, что каждый эксперимент следует оценивать только по его собственным достижениям. Нельзя оправдывать ту или иную слабость данного эксперимента на основании того, что она отсутствует в другом эксперименте, который в свою очередь может иметь какие-то слабости, если же он их не имеет, то первый эксперимент следует отбросить или делать заключения на основе второго.

Эксперимент нельзя считать окончательным доказательством, если в нем имеется дефект, позволяющий объяснить результат иными причинами.

Эксперимент следует оценивать по его слабейшему звену. Нехватку контроля в одном месте невозможно возместить избытком контроля в другом. Нельзя к тому же упускать из виду ни один фактор, могущий повлиять на результаты эксперимента.

Критика результатов экспериментальных исследований должна быть исчерпывающей точно так же, как исчерпывающими должны быть результаты эксперимента, стремящиеся установить истину.

Мало у кого найдется достаточно времени, чтобы проверить все когда-либо проведенные эксперименты, касающиеся исследуемой проблемы.

Необходимо прежде всего остановиться на тех экспериментальных исследованиях, которые проводились в авторитетных коллективах или известными специалистами. Сделать обзор источников и отбросить те эксперименты, планировка которых содержит слабые места, так и те, которые можно отметить как оригинальные. После анализа найденной информации должна составляться программа экспериментальных исследований для решения предстоящей задачи.

Здесь могут встретиться два случая.

Первый случай. По данной проблеме экспериментальных исследований не обнаружено и нет теоретических разработок, позволяющих определить НДС элементов,

конструкций и сооружений, то есть исследованию подлежит новое конструктивное решение.

Второй случай. Конструктивное решение довольно хорошо исследовано, однако некоторые вопросы предыдущими авторами не рассматривались. В этом случае при планировании эксперимента необходимо принять к сведению имеющиеся результаты и составить план, касающийся тех вопросов, которые стоят перед вами.

Что касается первого случая, то здесь необходимо планировать поисковые экспериментальные исследования. Основная характеристика этого экспериментального исследования состоит в том, что исследователю позволительно вести поиск в широком диапазоне, дерзко идти вперед, вглядываясь во все, что может оказаться для него важным, и не отягощать себя чрезмерными предосторожностями. Эта дерзкая, экстравагантная фаза исследований. Конечно, она представляет собой первую стадию исследований, но лишь в силу их естественного порядка.

Если верно, что без поисковой стадии науке было бы нечего или почти нечего устанавливать или проверять, но столь, же верно что, с одной лишь этой стадией ни единый результат не был бы твердо установлен.

При планировании окончательного эксперимента необходимо обеспечить некоторые обязательные требования.

Надежность результатов измерений. Это зависит от корректности нагружения, качества и возможности измерительной техники.

Тщательности записей показаний измерительной аппаратуры и состояния исследуемого объекта. Опыт исследований показывает, что лучше, если отсчеты показаний регистрирующих приборов и состояние объекта исследований фиксируют два человека независимо. Это позволяет более объективно оценить результаты эксперимента, так как при проведении эксперимента могут быть не зафиксированы какие-то факторы, которые могли повлиять на НДС объекта.

После анализа данных эксперимента необходимо увязать факты, если это возможно, друг с другом посредством единой теории, которая позволяет вывести отдельных факт из всех остальных, то такая теория (зависимость) будет иметь некую ценность и правдоподобность. Эта зависимость может подсказать ход последующих экспериментов и тем самым подвергать её дальнейшей проверке. Зато теория, которая не может объяснить значительную часть фактов и не дает возможность предсказывать ход дальнейших экспериментов, никакой ценности не имеет.

Анализ публикации по экспериментальным исследованиям показывает, что их можно для удобства разделить на верные и неверные. Верные выживают, ибо подтверждаются дальнейшими исследованиями. Неверные забываются, ибо не могут быть подтверждены.

Наука развивается путем естественного отбора. Новые результаты становятся мишенью для критики, новый результат должен быть подтвержден критиками в их собственных экспериментальных исследованиях, при этом очень скоро становится ясно, нужно его отвергать или нет.

Что может повлиять на качество проведения экспериментальных исследований?

Слабость плана экспериментальных исследований. Эксперимент должен удовлетворять критиков.

Отсутствие критики в процессе эксперимента.

Неадекватность отсчетов об эксперименте. Ход эксперимента должны описывать, как минимум, два человека. Многочисленные расхождения в разных описаниях эксперимента могут поставить под сомнение аутентичность завершающего отчета.

4. Чрезмерные претензии экспериментаторов.

5. Отсутствие в описании эксперимента существенных сторон его условий проведения (температура, ветер, влажность и т. п.).

6. Невозможность постоянно оценивать полученные данные.

7. Невозможность подтвердить полученный результат.

Невозможность предсказать (подтвердить) экспериментальный результат является лишь одним из аспектов более широкой проблемы – неспособность делать предсказания на основе экспериментальных исследованиях.

В науке на основании уже установленных фактов, как правило, удается представить, что произойдет в новых экспериментальных условиях или при эксплуатации конструкций (например, места с высокими концентраторами напряжений являются очагами хрупкого разрушения конструкций при понижении температуры, при ударных и циклических нагружениях и т. д.).

Экспериментальные исследования иногда проводят с целью определения действительной расчетной модели эксплуатируемого сооружения или отдельных конструкций. В этом случае по эпюрам усилий и перемещений можно построить действительную расчетную модель конструкции с учетом всех факторов, влияющих на НДС с учетом закреплений, наличия дефектов и других моментов, которые трудно установить в эксплуатируемом объекте.

Выводы

Эксперимент – это один из основных способов познания объекта.

Правильно постановленный эксперимент позволяет проверить гипотезы и причинно – следственные связи взаимодействия элементов в исследуемом объекте.

Планируя экспериментальные исследования необходимо ознакомиться с имеющей информацией, касающейся поставленной задачи.

Эксперимент следует оценивать по слабому звену.

Эксперимент заслуживает внимания только тогда, когда его можно повторить.

Список использованных источников

Давиденков Н. Н. Динамическая прочность и хрупкость металлов, Избранные труды. Т. Л. Киев. 1981. – 704 с.

Ажермачёв Г. А., Остриков Г. М. Результаты натурных замеров сейсмических колебаний большепролетного здания_-. Промышленное строительство.-№5.-1970. – С. 27-29.Ажермачёв Г. А. Экспериментальные исследования бокового давления на подкрановые конструкции при движении мостового крана с раздельным приводом / Исследование, проектирование и монтаж строительных металлических конструкций. 3 научно – техническая конференция. Казахское отделение ЦНИИПСК. Алма-Ата.- 1972. – С. 14-17.

Ажермачёв Г. А. Экспериментальное исследование стального каркаса – оболочки / Всесоюзное совещание 4 научной сессии советской национальной комиссии по пространственным конструкциям. Алма-Ата.-1973. – С.83-88.

Ажермачёв Г. А. Конструктивные решения сооружений и расчетные модели. /Строительство и техногенная безопасность. Алушта – Симферополь. 2011. Вып.35. – С. 193-197.

УДК 519.6

Расчет многослойной пластины с приведенной жесткостью

Чемодуров В.Т., Канцеров П.М.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Рассматривается один из вариантов расчета многослойной пластины с жестко закрепленными краями. Показана возможность приведения многослойной пластины к однородной с приведенным модулем упругости. Получено уравнения прогиба пластины в виде ряда с применением метода Леви.

Полоса-балка, жесткое крепление, прогиб пластины, приведенная жесткость, упругость ортотропного тела.

Введение

В последние годы многослойные панели находят все большее применение в строительстве. Благодаря целесообразному выбору и составу отдельных слоев могут быть созданы панели с заданными статическими и конструктивными свойствами.

Многослойная панель, используемая в качестве несущего элемента, как правило, состоит из трех слоев: двух внешних и одного внутреннего. Для достижения общей несущей способности этой многослойной конструкции слои соединены между собой для образования монолитной системы.

Анализ публикаций

Для расчета многослойной панели, на которую действует поперечная нагрузка, имеется много теорий различной точности и сложности. Точный расчет плоской однослойной панели вытекает из математической теории упругости ортотробного тела [1]. В работе [3] показаны подходы к расчету многослойных панелей с решением уравнений для каждого слоя в отдельности, приводящие к сложным математическим зависимостям. В статье предлагается новый подход к расчету многослойных пластин, путем специального подбора их параметров и объединяя решения, полученные в выше указанных исследованиях.

Цель и постановка задачи исследования

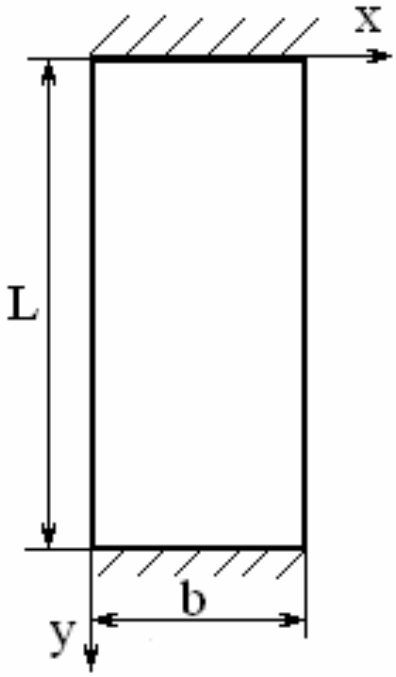


Рис. 1. Схема крепления пластины

В работе рассматривается трехслойная панель, внешние слои которой выполнены из бетона, а средний слой – из армированного полимерного материала. Представляется, что расчет многослойной панели можно упростить, ели реальную панель заменить однослойной с приведенной жесткостью. Таким образом, общую задачу расчета многослойной панели-пластины разобьем на два этапа. Вначале получим уравнения прогиба пластины как однородного ортотробного тела, используя законы классической теории упругости. На втором этапе построим модель трехслойной пластины с приведенной жесткостью.

Методика исследований

Рассмотрим задачу прогиба сплошной пластины с жестким креплением ее граней. Схема крепления пластины показана на рисунке 1.

Граничные условия на защемленных концах.

$$\left.\begin{array}{lll} При & y=0 \quad и & y=L \\ w=0 \quad и & & \dfrac{\partial w}{\partial y}=0 \end{array}\right\} \tag{1}$$

При исследовании вопроса об изгибе полосы-пластины воспользуемся решением М. Леви. Условия (1) будут удовлетворены, если примем в качестве частного решения уравнения прогиба

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4}+2\frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2}+\frac{\partial^4 w}{\partial y^4}=\frac{q}{D} \tag{2}$$

выражение вида

$$w_n = Y_n \mathrm{Sin}\frac{n\pi x}{a}$$

Здесь Yn – неизвестная функция y, которая должна удовлетворять уравнению (2) и условиям по сторонам полосы-пластины, параллельным оси x. Будем искать выражение для прогиба полосы-балки в форме бесконечного ряда.

$$w=\sum_{n=1}^{\infty} Y_n \mathrm{Sin}\frac{n\pi x}{b}. \tag{3}$$

Нагрузку q примем равномерной по площади полосы-балки. Подставив (3) в (2), найдем

$$\sum_{n=1}^{\infty}\left(Y_n''''-2\frac{n^2\pi^2}{b^2}Y_n''+\frac{n^4\pi^4}{b^4}Y_n\right)\mathrm{Sin}\frac{n\pi x}{b}=\frac{q}{D}.$$

Умножая обе части полученного уравнения на $\mathrm{Sin}\frac{n\pi x}{b}$ и интегрируя и интегрируя его в пределах от 0 до b, получим следующее линейное дифференциальное уравнение с постоянными коэффициентами для функции Yn.

$$Y_n''''-2\frac{n^2\pi^2}{b^2}Y_n''+\frac{n^4\pi^4}{b^4}Y_n=\frac{2}{bD}\int_0^b q\cdot \mathrm{Sin}\frac{n\pi x}{a}dx. \tag{4}$$

Обозначим $\frac{n\pi}{b}=\alpha$. Тогда, при q=Const, получим

$$Y_n''''-2\alpha^2 Y_n''+\alpha^4 Y_n=\frac{2q}{bD\alpha}\left(1-\mathrm{Cos}(n\pi)\right). \tag{5}$$

Пусть $\varphi_n(y)$ – частное решение уравнения (5). Общий интеграл его запишется в виде

$$Y_n=\varphi_n(y)+A_n sh(\alpha y)+B_n ch(\alpha y)+y\left(C_n sh(\alpha y)+D_n ch(\alpha y)\right). \tag{6}$$

Произвольные постоянные An, Bn, Cn, Dn определяются из условия крепления пластины по краям, параллельным оси x (1). Для этого дифференцируем (6) по y.

$$\begin{aligned}\frac{\partial Y_n}{\partial y}&=\alpha\left(A_n ch(\alpha y)+B_n sh(\alpha y)\right)+\left(C_n sh(\alpha y)+D_n ch(\alpha y)\right)+\\ &+\alpha y\left(C_n ch(\alpha y)+D_n sh(\alpha y)\right)\end{aligned} \tag{7}$$

При y=0:

$$\left.\begin{array}{l}\varphi_n(y)+B_n=0,\\ \alpha A_n+D_n=0.\end{array}\right\} \tag{8}$$

При y=b:
$$\left.\begin{aligned}&\varphi_n(y)+A_n sh(\alpha b)+B_n ch(\alpha b)+C_n b\cdot sh(\alpha b)+D_n b\cdot ch(\alpha b)=0,\\&\alpha(A_n ch(\alpha b)+B_n sh(\alpha b))+C_n sh(\alpha b)+D_n ch(\alpha b)+\\&+\alpha b(C_n ch(\alpha b)+D_n sh(\alpha b)=0.)\end{aligned}\right\} \quad (9)$$

Решая совместно уравнения (8) и (9), получим

$$\left.\begin{aligned}&A_n=\varphi_n(y)\frac{ch(\alpha b)-1}{sh(\alpha b)+\alpha b}, \qquad B_n=-\varphi_n(y),\\&C_n=\varphi_n(y)\frac{sh(\alpha b)}{sh(\alpha b)+\alpha b}, \quad D_n=-\varphi_n(y)\alpha\frac{ch(\alpha b)-1}{sh(\alpha b)+\alpha b}.\end{aligned}\right\} \quad (10)$$

Частное решение $\varphi_n(y)$ найдем путем подстановки его в уравнение (5), правая часть которого отлична от нуля при нечетных значениях n.

$$\alpha^4\varphi_n(y)=\frac{4q}{bD\alpha}, \qquad \text{откуда} \qquad \varphi_n(y)=\frac{4q}{bD\alpha^5}.$$

Обозначим $K=\frac{4q}{bD}$, тогда $\varphi_n(y)=\frac{K}{\alpha^5}$. Выражения (10) можно переписать так:

$$\left.\begin{aligned}&A_n=\frac{K}{\alpha^5}\frac{ch(\alpha b)-1}{sh(\alpha b)+\alpha b}, \qquad B_n=-\frac{K}{\alpha^5},\\&C_n=\frac{K}{\alpha^5}\alpha\frac{sh(\alpha b)}{sh(\alpha b)+\alpha b}, \quad C_n=-\frac{K}{\alpha^5}\alpha\frac{ch(\alpha b)-1}{sh(\alpha b)+\alpha b}.\end{aligned}\right\} \quad (11)$$

Выражение для Yn запишется следующим образом

$$Y_n=\frac{K}{\alpha^5}\times$$
$$\times\left[1+\frac{ch(\alpha b)-1}{sh(\alpha b)+\alpha b}sh(\alpha y)-ch(\alpha y)+\alpha y\frac{sh(\alpha b)}{sh(\alpha b)+\alpha b}sh(\alpha y)-\alpha y\frac{ch(\alpha b)-1}{sh(\alpha b)+\alpha b}ch(\alpha y)\right]$$

Для краткости записи введем обозначения для постоянных величин

$$\left.F_1=\frac{ch(\alpha b)-1}{sh(\alpha b)+\alpha b}, \quad F_2=\frac{sh(\alpha b)}{sh(\alpha b)+\alpha b}.\right\}$$

Прогиб пластины на основании (3) представляется в таком виде

$$w=\sum_{n=1,3,5,...}^{\infty}\frac{K}{\alpha^5}[1+F_1 sh(\alpha y)-ch(\alpha y)+F_2\alpha y\cdot sh(\alpha y)-F_1\alpha y\cdot ch(\alpha y)]\cdot Sin\frac{n\pi x}{a}. \quad (12)$$

Проанализируем уравнение (12). Наибольший прогиб пластины приходится на ее середину. При y=L/b и x=b/2 и подстановки в (12) значений K и α будем иметь:

$$w_{max}=\frac{4b^4}{D\pi^5}q\sum_{n=1,3,5...}\left(\frac{1}{n}\right)^5\left[1+F_1 sh\left(\frac{\alpha L}{2}\right)-ch\left(\frac{\alpha L}{2}\right)+F_2\frac{\alpha L}{2}sh\left(\frac{\alpha L}{2}\right)-F_1\frac{\alpha L}{2}ch\left(\frac{\alpha L}{2}\right)\right]$$

Данный ряд быстро сходится. Так как первый его член при n=1 равен 0,15. Этим членом в принципе достаточно ограничиться, так как уже при n=3 выражение в скобках на два порядка меньше предыдущего. Поэтому приближенно можно принять

$$w_{max}=\frac{0{,}6b^4}{D\pi^5}q. \quad (13)$$

Определим изгибающий момент по оси y.

$$M_y = -D\left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \mu\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right) =$$

$$= -D\sum_{n=1,3,...}^{\infty}\frac{K}{\alpha^3}\left[F_2\psi(\alpha y) - F_1\zeta(\alpha y) - ch(\alpha y) - \mu\vartheta(\alpha y)\right]\sin\frac{n\pi x}{a}. \qquad (14)$$

В выражении (14) введены следующие функции:

$$\left.\begin{aligned} \psi(\alpha y) &= 2\cdot ch(\alpha y) + \alpha y\cdot sh(\alpha y),\\ \zeta(\alpha y) &= sh(\alpha y) + \alpha y\cdot ch(\alpha y),\\ \vartheta(\alpha y) &= 1 + F_1 sh(\alpha y) - ch(\alpha y) + F_2\alpha y\cdot sh(\alpha y) - F_1\alpha y\cdot ch(\alpha y). \end{aligned}\right\}$$

Ряд (14) так же как и ряд (12) сходится довольно быстро. Наибольший изгибающий момент наблюдается в закреплении пластин. В точке x=b/2 и y=0 или y=b.

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} &= \sum_{n=1,3,5,...}\frac{K}{\alpha^3}\frac{sh(\alpha L) - \alpha L}{sh(\alpha L) + \alpha L},\\ \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} &= 0. \end{aligned}\right\} \qquad (15)$$

Согласно формуле (14)

$$\left|M_y\right|_{max} = \frac{4b^2}{\pi^3}q\sum_{n=1,3,5...}\left(\frac{1}{n}\right)^3\frac{sh(\alpha L) - \alpha L}{sh(\alpha l) + \alpha L}. \qquad (16)$$

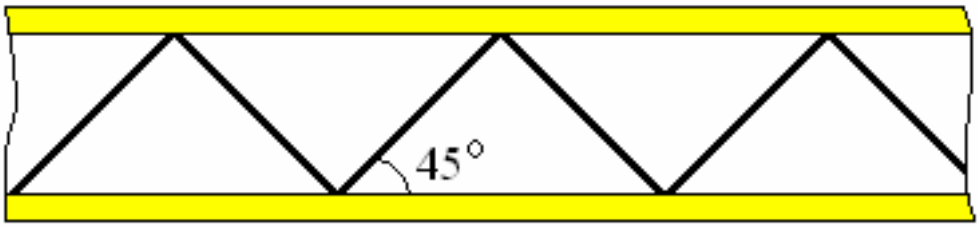


Рис. 2. Схема трехслойной пластины-панели

Для квадратной пластины значение суммы бесконечного ряда равно $\approx 0{,}6$. Поэтому получим для данного случая

$$\left|M_y\right|_{max} = \frac{2{,}4b^2}{\pi^3}q \qquad (17)$$

Далее рассмотрим возможность представления реальной многослойной пластины, показанной на рисунке 2, в виде однослойной со специально подобранными параметрами, соответствующими параметрам оригинала. Представим приведенную жесткость пластины в следующем виде

$$(EJ)_{пр} = \frac{\sum(EJ)_i A_i}{\sum A_i}. \qquad (18)$$

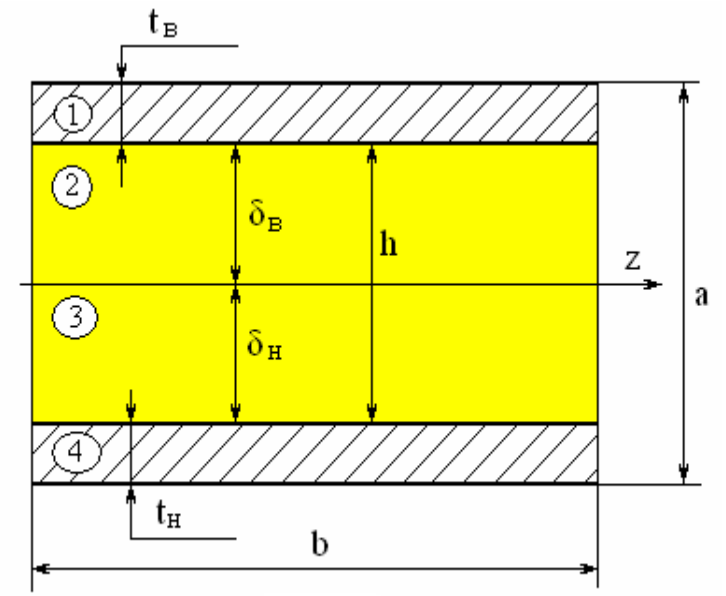


Рис. 3. Геометрические параметры пластины

Здесь Ai – площадь поперечного сечения i-го слоя (рис. 3). Определим жесткость каждого слоя пластины.

$$\left.\begin{aligned}(EJ)_1 A_1 &= E\left(\frac{1}{3}t_в^4 + t_в^3\delta_в + t_в^2\delta_в^2\right)b,\\ (E_1J)_2 A_2 &= E_1\frac{1}{3}\delta_в^4 b,\\ (E_1J)_3 A_3 &= E_1\frac{1}{3}\delta_н^4 b,\\ (EJ)_4 A_4 &= E\left(\frac{1}{3}t_н^4 + t_н^3\delta_н + t_н^2\delta_н^2\right)b.\end{aligned}\right\} \quad (19)$$

Здесь E – модуль упругости внешних слоев, E1 – модуль упругости среднего слоя.

$$\sum A_i = (t_в + t_н + \delta_в + \delta_н)b \quad (20)$$

Приведенный модуль упругости трехслойной пластины

$$E_{пр} = \frac{(EJ)_{пр}}{J}, \quad (21)$$

Где момент ее инерции

$$J = \sum J_i = \left[\left(\frac{1}{3}t_в^3 + t_в^2\delta_в + t_в\delta_в^2\right) + \left(\frac{1}{3}t_н^3 + t_н^2\delta_н + t_н\delta_н^2\right) + \frac{1}{3}\delta_в^3 + \frac{1}{3}\delta_н^3\right]b. \quad (22)$$

Окончательное выражение для приведенного модуля упругости имеет вид

$$E_{пр} = \frac{E\left[\left(\frac{1}{3}t_в^4 + t_в^3\delta_в + t_в^2\delta_в^2\right) + \left(\frac{1}{3}t_н^4 + t_н^3\delta_н + t_н^2\delta_н^2\right) + E_1\left(\frac{1}{3}\delta_в^4 + \frac{1}{3}\delta_н^4\right)\right]}{(t_в + t_н + \delta_в + \delta_н)\left[\left(\frac{1}{3}t_в^3 + t_в^2\delta_в + t_в\delta_в^2\right) + \left(\frac{1}{3}t_н^3 + t_н^2\delta_н + t_н\delta_н^2\right) + \frac{1}{3}\left(\delta_в^3 + \delta_н^3\right)\right]}. \quad (23)$$

Выражение (23) значительно упроститься, если трехслойная пластина симметрична по толщине, то есть $t_в = t_н = t$ и $\delta_в = \delta_н = \delta$

$$E_{пр} = \frac{E\left(\frac{1}{3}t^4 + t^3\delta + t^2\delta^2\right) + E_1\frac{1}{3}\delta^4}{(t+\delta)\left(\frac{1}{3}t^3 + t^2\delta + t\delta^2 + \frac{1}{3}\delta^3\right)} = KE + K_1E_1. \quad (24)$$

Значения коэффициентов K и K1 зависят от соотношения толщин t и δ (таблица 1).

Таблица 1.

δ/t	K	K1
1	0,438	0,0625
2	0,234	0,198
3	0,144	0,316
4	0,0976	0,410

Определим модуль упругости среднего слоя, который препятствует сдвиговым деформациям (рис. 4).

Согласно закону Гука

$$\gamma = \frac{\tau}{G} \approx tg(\gamma) = \frac{\Delta}{h}, \quad (25)$$

Где $\Delta = 2 \cdot \Delta L \cdot Cos45^o = 1{,}4 \cdot \Delta L$. Здесь ΔL – деформация растяжения (сжатия) армирующего металлического стержня, у которого модуль упругости Ес, и площадь сечения Ас.

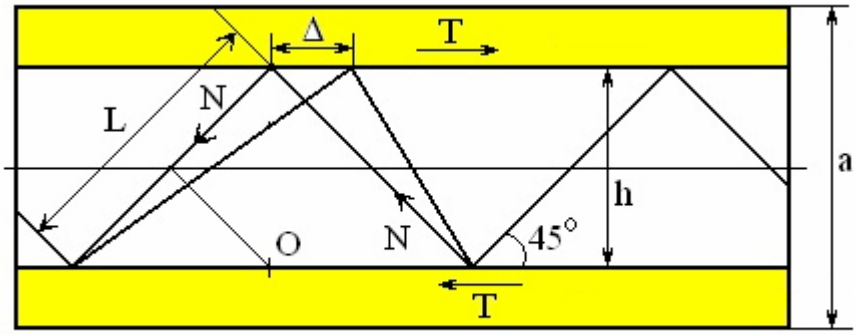


Рис. 4. Определение сдвиговых деформаций

$$\Delta L = \frac{NL}{E_c A_c}. \quad (26)$$

Для определения продольного усилия N составим уравнение равновесия относительно точки O.

$$\sum M_o = Th - 2N\frac{L}{2} = 0. \text{ Отсюда}$$

$$N = T\frac{h}{L}. \quad (27)$$

Где T – сдвиговое усилие.

Выразим L через толщину среднего слоя h.

$$L = \frac{h}{Cos45^0} = 1{,}4h. \quad (28)$$

В этом случае

$$N = T\frac{h}{1{,}4h} = 0{,}7T. \quad (29)$$

После подстановки (28) и (29) в (26) будем иметь $\Delta L = \frac{0,7T \cdot 1,4h}{E_c A_c} = \frac{Th}{E_c A_c}$.

Отсюда, деформация сдвига $\Delta = 1,4 \cdot \Delta L = 1,4 \frac{Th}{E_c A_c}$.

Угловая относительная деформация $\gamma = \frac{\Delta}{h} = 1,4 \frac{T}{E_c A_c} = \frac{\tau}{G}$.

Усилие T выразим через касательное напряжение и площадь поперечного сечения среднего слоя. $T = \tau A_h = \tau bh$. При b=1 $T = \tau h$. Следовательно

$\gamma = 1,4 \frac{\tau h}{E_c A_c} = \frac{\tau}{G}$. Отсюда

$$G = \frac{E_c A_c}{1,4h} = E_1. \tag{30}$$

Если принять диаметр стального стержня d=5мм, с модулем упругости $E_c = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па, то модуль упругости одного узла будет равен $12,3 \cdot 10^6$ Па. При наличии n узлов модуль упругости среднего слоя полосы-балки

$$E_1 = n \frac{E_c A_c}{1,4h}. \tag{31}$$

Далее, по формуле (18) находим приведенный модуль упругости полосы-балки и ее цилиндрическую жесткость.

$$D = \frac{E_{пр} a^3}{12(1-\mu)}. \tag{32}$$

Продольная сила воспринимается бетонными частями. Ее можно определить через прогиб пластины

$$T = -\frac{E}{1-\mu^2}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right)\int_0^t z dz.$$

С учетом двух слоев бетона и выражений (15) и (16) получим

$$N = T \cdot Cos45^0 = \frac{0,8E\left(t_в^2 + t_н^2\right)b^2}{\left(1-\mu^2\right)D\pi^3} q. \tag{33}$$

Половина стержней работает на растяжение, половина на сжатие – на устойчивость. Проверку будем осуществлять по условию устойчивости.

Выводы

В данной работе представлена методика определения прогиба трехслойной пластины и внутренних усилий, возникающих в ее поперечном сечении при равномерной поперечной нагрузке. Расчет внутренних усилий при известной нагрузке дает возможность обоснованно определить параметры многослойной пластины.

Список использованных источников

1. Тимошенко С.П. – Теория упругости. /Тимошенко С.П. «Наука», М., 1975г., 620 с.
2. Чемодуров В.Т. – Моделирование систем. /Чемодуров В.Т. ВМА, Л., 1981г., 180 с.
3. Штамм К., Витте Х. – /[Штамм К., Витте Х.] Многослойные конструкции. «Стройиздат», М., 1983г., 176 с.

УДК 519.6

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ МНОГОСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ МЕТОДОМ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Чемодуров В.Т., Шинкарук В.И.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В статье приводится один из множества методов выбора оптимальных параметров многослойной пластины. А именно – градиентный метод. Вектор градиента целевой функции ищется с помощью метода планирования эксперимента. Эксперимент осуществляется с помощью ЭВТ на разработанной математической модели объекта, оценивающий задачу прочности пластины и задачу её жесткости.

Математическая модель, статистическая модель, целевая функция, функции ограничений, градиент, уравнение регрессии.

Введение

Решение большого числа проблем на практике связанно с проведением сложных и дорогостоящих экспериментов с натурой или с физически подобными моделями. Применение методов планирования экспериментов позволяет в ряде случаев существенно сократить затраты времени и материальных средств на выполнение исследовательских работ. Несомненно, что подготовка к проведению фактических физических экспериментов приводит к тщательным теоретическим исследованием физической природы объекта, условиям его функционирования в будущем, а так же по расходам ресурсов. Кроме того, предварительные теоретические исследования позволяют с достаточной степенью достоверности определиться как с условиями проведения физического эксперимента, так и с первоначальным выбором параметров исследуемого объекта. Область параметров объекта с целью проведения физического эксперимента с наименьшими затратами легко определяется при исследовании функционирования математической модели с помощью ЭВМ.

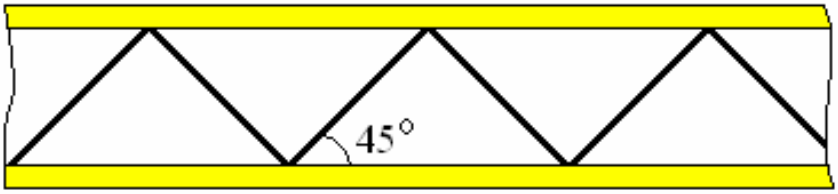


Рис. 1. Схема трехслойной пластины-панели

Математическое моделирование позволяет без особых ресурсных затрат провести глубокое исследование поведения объекта при самом широком диапазоне как его параметров, так и внешнего воздействия. Покажем это на примере анализа напряженно-деформированного состояния многослойной пластины, объект исследования представлен на рисунке 1.

Цель и постановка задачи исследования

Задача исследования любой системы состоит из двух этапов. На первом этапе осуществляется построение математической модели исследуемой системы. На втором этапе подбирается метод исследования разработанной модели с целью определения оптимальных параметров поставленной задачи.

Детальный анализ математической модели напряженно-деформированного состояния пластины-панели приводится в работе [5].

Что касается метода исследования построенной модели, то в настоящее время имеется достаточно большой объем литературы, в котором изложены многочисленные методы нелинейного программирования. Их системный анализ приводится, например, в работах [2, 4].

В качестве метода исследования выберем градиентный метод определения оптимальных параметров построенной модели. Причем сам градиент целевой функции будем искать с помощью метода планирования эксперимента [1], рассмотренный в работе [4]. Данный метод оптимизации параметров не всегда удобен с точки зрения достаточной точности решения задачи, если модель представляет собой математическое описание системы. Но, если модель системы имеет физическую природу, то данный метод в ряде случаев является достаточно эффективным. Имея в виду, что в дальнейшем предполагается провести ряд физических экспериментов с целью уточнения теоретических выводов и экспериментального подтверждения параметров многослойной панели, примем в качестве исследования метод экспериментальной оптимизации.

Постановка задачи имеет вид: минимизировать целевую функцию

$$f^0(x) = m \to \min \tag{1}$$

при условиях:

$$\left.\begin{aligned} f^1(x) &= w - w_{max} \le 0, \\ f^2(x) &= \sigma_в - [\sigma_c] \le 0, \\ f^3(x) &= \sigma_н - [\sigma_p] \le 0, \\ f^4(x) &= N_c - P_{kp} \le 0. \end{aligned}\right\} \tag{2}$$

$$x \in X = \left\{\begin{matrix} t_{в\,min} \div t_{в\,max} \\ t_{н\,min} \div t_{н\,max} \\ \delta_{в\,min} \div \delta_{в\,max} \\ \delta_{н\,min} \div \delta_{н\,max} \\ d_{min} \div d_{max} \end{matrix}\right\} \tag{3}$$

Здесь: m – общая масса пластины-панели, включающая массу бетона, массу внутреннего наполнителя и массу арматуры; $f^1(x)$ – ограничение по жесткости пластины; $f^2(x)$ – ограничение по прочности бетона на сжатие; $f^3(x)$ – ограничение по прочности бетона на растяжение; $f^4(x)$ – ограничение по устойчивости элементов армирования.

Методика исследований

Ограничения на область варьируемых параметров (3) выбираются из разумных размеров объекта, хотя это и не является строгим ограничением.

Для решения задачи (1) – (3) применяем метод планирования эксперимента. В современной математической теории планирования эксперимента представляют интерес следующие 2 направления:

– планирование эксперимента для изучения механизмов сложных процессов и свойств многокомпонентных систем;

– планирование эксперимента для оптимизации параметров систем.

Для заданной темы исследования представляет интерес второе направление.

С этой целью настроим статистическую модель, используя уже разработанную аналитическую, причем ограничимся построением лишь ее линейной составляющей ввиду того, что коэффициенты при варьируемых параметрах являются оценками градиента целевой функции. Найдя их, мы можем использовать простейший градиентный метод оптимизации задачи 1-3. Итак, построим модель вида:

$$f^0(x) = a_0 + a_1 x_1 + \ldots a_n x_n. \tag{4}$$

Для ее построения используют метод полного факторного эксперимента (ПФЭ). ПФЭ предполагает такую организацию проведения опытов (экспериментов), в которой

реализуются все возможные неповторяющиеся сочетания уровней факторов. Будем наши пять параметров вектора X варьировать на двух уровнях каждый. Тогда общее число решения математической модели N=25=32.

Это минимальное число решений для построения линейной модели целевой функции.

Для упрощения записи условий ПФЭ и обработки его результатов удобно перейти от натуральных значений факторов к кодированным (переход к безразмерному виду).

$$z_i = \frac{x_i - x_{i0}}{\Delta x_i}, \quad i = \overline{1,n}, \tag{5}$$

где: x_{i0} – значение фактора в центре плана; Δx_i – интервал варьирования фактора относительно центра плана.

В этом случае будем иметь:

$$z_{i\,max} = +1, \quad z_{i0} = 0, \quad z_{i\,min} = -1. \tag{6}$$

Итак, примем следующее значение входных параметров:

– толщины слоев бетона $t_{в\min} = t_{н\min} = 3.0см, \quad t_{в\max} = t_{н\max} = 5.0см$;

– толщины слоев пенопласта $\delta_{в\min} = \delta_{н\min} = 3{,}0см, \quad \delta_{в\max} = \delta_{н\max} = 7{,}0см$;

– диаметр арматуры $d_{\min} = 0{,}2см, \quad d_{\max} = 0{,}6см.$

Для численного примера решения задачи примем следующие значения постоянных параметров: длина пластины L=400 см, ее ширина b=400 см; плотности: бетона ρб=0,002 кг/см3, внутреннего наполнителя ρп=0,00022 кг/см3, арматуры ρс=0,0079 кг/см3; модули упругости: бетона Еб=300000 кг/см2, материала арматуры Ес=2*106 кг/см2; допускаемые напряжения: бетона на сжатие [σс]=430 кг/см2, на растяжение [σр]=25 кг/см2, нагрузка на пластину q=0,01 кг/см2.

План проведения 32-х решений задачи и их результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1.

ПФЭ и его результаты

N	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	$f^0(x)$
1	+	+	+	+	+	3720
2	-	+	+	+	+	3080
3	+	-	+	+	+	3080
4	-	-	+	+	+	2440
5	+	+	-	+	+	3580
6	-	+	-	+	+	2940
7	+	-	-	+	+	2940
8	-	-	-	+	+	2300
9	+	+	+	-	+	3580
10	-	+	+	-	+	2940
11	+	-	+	-	+	2940
12	-	-	+	-	+	2300
13	+	+	-	-	+	3440
14	-	+	-	-	+	2800
15	+	-	-	-	+	2800
16	-	-	-	-	+	2160
17	+	+	+	+	-	3700
18	-	+	+	+	-	3060
19	+	-	+	+	-	3060
20	-	-	+	+	-	2420
21	+	+	-	+	-	3550
22	-	+	-	+	-	2910
23	+	-	-	+	-	2910
24	-	-	-	+	-	2270
25	+	+	+	-	-	3550
26	-	+	+	-	-	2910

Продолжение табл.1.

27	+	-	+	-	-	2910
28	-	-	+	-	-	2270
29	+	+	-	-	-	3410
30	-	+	-	-	-	2770
31	+	-	-	-	-	2770
32	-	-	-	-	-	2130

Последняя колонка таблицы заполнена значениями целевой функции, полученными при решении математической модели с параметрами, соответствующими каждой строке плана.

Коэффициенты регрессии вычисляются по следующим формулам:

$$a_0 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} f_i^0(x), \quad a_i = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} f_i^0(x)\cdot z_i. \tag{7}$$

В результате получим следующее уравнение регрессии:

$$\bar{f}^0(z) = 2926 + 320z_1 + 320z_2 + 71{,}2z_3 + 71{,}2z_4 + 13{,}8z_5. \tag{8}$$

Как было сказано выше, коэффициенты линейного полинома является оценкой градиента целевой функции. Это свойство используем, для построения процедуры экспериментальной оптимизации. С этой целью один из факторов (как правило, максимальный) принимается за базовый и для него выбирают шаг движения ρ1. После вычисляют нормированный множитель, определяющий шаг движения для других факторов.

Таблица 2.

План и результаты экспериментальной оптимизации

Факторы	x1	x2	x3	x4	x5	f^0	f^1	f^2	f^3
Центр плана	4,0	4,0	5,0	5,0	0,4				
Δxi	1,0	1,0	2,0	2,0	0,2				
Верхний уровень	5,0	5,0	7,0	7,0	0,6				
Нижний уровень	3,0	3,0	3,0	3,0	0,2				
ai	320	320	71,25	71,25	13,8				
ai*Δxi	320	320	142	142	2,76				
ρi	0,2	0,2	0,089	0,089	0,0017				
N									
1	4,0	4,0	5,0	5,0	0,4	2920	-4,5	-421	-15,8
2	3,8	3,8	4,911	4,911	0,3983	2790	-4,35	-420	-15,2
3	3,6	3,6	4,822	4,822	0,3966	2650	-4,21	-420	-14,5
4	3,4	3,4	4,733	4,733	0,3949	2520	-4,06	-419	-13,7
5	3,2	3,2	4,644	4,644	0,3932	2380	-3,92	-418	-12,9
6	3,0	3,0	4,555	4,555	0,3915	2250	-3,77	-417	-12,0
7	2,8	2,8	4,466	4,466	0,3898	2120	-3,63	-416	-10,9
8	2,6	2,6	4,377	4,377	0,3881	1980	-3,49	-415	-9,70
9	2,4	2,4	4,288	4,288	0,3864	1850	-3,42	-414	-8,35
10	2,2	2,2	4,199	4,199	0,3847	1710	-3,20	-412	-6,81
11	2,0	2,0	4,11	4,11	0,3830	1580	-3,05	-410	-5,05
12	1,8	1,8	4,021	4,021	0,3813	1440	-2,91	-408	-3,02
13	1,6	1,6	3,932	3,932	0,3796	1310	-2,76	-406	-0,66
14	1,4	1,4	3,843	3,843	0,3779	1180	-2,62	-403	2,10

$$\gamma = \frac{\rho_1}{a_1 \cdot \Delta x_1}. \tag{9}$$

Шаги движения к оптимуму для остальных факторов рассчитывается по формуле:

$$\rho_i = \gamma a_i \Delta x_i. \tag{10}$$

Движение к оптимуму начинаем из центра плана. Для данной задачи (поиск минимума целевой функции) все шаги будут иметь знак противоположный знакам полученных коэффициентов уравнения регрессии. То есть, все знаки будут отрицательными, так как очевидно, что увеличение размеров элементов пластины ведет к росту массы конструкции.

План экспериментальной оптимизации приведен в таблице 2. В нем, кроме значения целевой функции приводятся значения и функциональных ограничений. Движение к оптимуму прекращается при изменении знака одного из ограничений на положительный.

Результаты и их анализ

На четырнадцатом опыте одно из ограничений стало больше нуля. Это есть признак окончания процесса движения к оптимуму, который носит название метода наискорейшего спуска. Предложенное решение – есть вектор оптимальных параметров данной задачи.

Итак, получены следующие значения параметров, отвечающих минимуму выбранной целевой функции:

– толщины слоев бетона $t_в = t_н = 1{,}6 см$;

– толщины слоев пенопласта $\delta_в = \delta_н = 3{,}93 см$;

– диаметр арматуры $d = 0{,}38 см$.

При полученных результатах выполнены все ограничения по условиям прочности элементов трехслойной пластины и устойчивости стержней внутренней арматуры для заданной внешней нагрузки, а общая масса пластины-панели составляет 1310 кг.

Выводы

Приведенный метод оптимизации наиболее эффективен для тех задач, для которых в силу различных причин не получены строгие математические зависимости между входными и выходными параметрами, а их взаимосвязь находится путем проведения физических экспериментов. Но, если при существующем математическом описании функционирования объекта математическая модель является громоздкой, то такой метод оптимизации при экспериментах на ЭВМ вполне применим.

И еще одно замечание. Метод наискорейшего спуска приводит к оптимальному решению, лежащего вблизи одного функционального ограничения. В данной задаче это ограничение связано с напряженным состоянием нижнего пояса бетона, работающего на растяжение. В то время, как верхний пояс бетона, работающий на сжатие, имеет переизбыток в толщине, а, следовательно, массу пластины можно было бы еще уменьшить. Поэтому полученную область оптимального решения следует при необходимости детально изучить, используя другие математические методы оптимизации целевой функции.

Список исользуемыз источников

1. Адлер Ю.П. – Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М., /Адлер Ю.П. «Наука», 1971г., 324 с.
2. Ермольев Ю.М. – Математические методы исследования операций. /Ермольев Ю.М. К., «Вища школа», 1979г., 312 с.
3. Тимошенко С.П. – Теория упругости. /Тимошенко С.П. «Наука», М., 1975г., 620 с.
4. Чемодуров В.Т. – Моделирование систем. /Чемодуров В.Т. ВМА, Л., 1981г., 180 с.
5. Чемодуров В.Т., Канцеров П.М. – Расчет многослойной пластины с приведенной жесткостью. /[Чемодуров В.Т., Канцеров П.М.] // Строительство и техногенная безопасность, НАПКС, г.Симферополь, 2012г., 8 с.
6. Штамм К., Витте Х. – Многослойные конструкции. /Штамм К., Витте Х. «Стройиздат», М.,1983г., 176 с.

УДК 519.6

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ МНОГОСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ МЕТОДОМ СЛУЧАЙНОГО ПОИСКА

Чемодуров В.Т., Сейтжелилов М. С.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В статье приводится методика оптимизации параметров многослойной пластины одним из методов нелинейного программирования (случайный поиск), который успешно может быть использован для анализа математически описанных систем любой сложности. Данный метод основан на значениях только целевой функции при различных комбинациях варьируемых параметров, поэтому движение к оптимуму осуществляется только в направлении её «улучшения», хотя сами шаги по факторному пространству осуществляются случайно. В статье также дается краткое описание процедуры метода случайного поиска.

Нелинейное программирование, случайный поиск, оптимальное решение, область допустимых решений, локальный оптимум.

Введение

Сущность нелинейных методов программирования заключается в том, что функция цели и функции ограничений, в общем случае, зависят от вектора варьируемых параметров нелинейно. В программировании сложных задач оптимальный вектор $\bar{x}$ найти можно только приближенно (с заданной точностью), используя численные методы поиска. В работах [1] и [3] рассматривается достаточно большой перечень методов нелинейного программирования и их сходимость.

Стратегия численных методов нелинейного программирования заключается в том, чтобы из выбранного начального решения $x^0 \in D_x$ (Dx – область допустимых решений), за некоторое количество шагов найти оптимальное значение критерия $f^0(x)$ с заданной точностью ε > 0. Характер стратегии поиска меняется по мере его развития. В начале, когда о функции вообще ничего неизвестно, мы допускаем вести исследование в некоторой небольшой, случайным образом выбранной области с тем, чтобы расположить пробные воздействия там, где значения критерия ниже. В середине процесса поиска, когда накапливается информация о характере отклика, поиск ведется быстрее. В конце поиска (вблизи оптимума) необходимо интенсивно проводить исследования с целью достижения заданной точности решения задачи ε.

Стратегия численных методов основывается на рекуррентной зависимости:

$$x^{s+1} = \pi(x)\left[x^s + \rho^s \gamma^s \xi^s\right]. \qquad (1)$$

Здесь: xs – приближение вектора варьируемых параметров после s-ой итерации; ρs – величина шага в s-ой итерации (шаговый множитель); γs – ненормированный множитель (применяется не всегда); ξs – вектор направления; π(x) – операция проектирования вектора x на его множество X, которая учитывает ограничение на пределы варьирования входных параметров.

Если множество X есть n – мерный параллелепипед, то есть

$$x = (x_1,...,x_n), \quad x_{j\min} \le x_j \le x_{j\max}, \quad j = \overline{1,n}, \text{ то } \pi(x)\{\pi_1(x),...,\pi_n(x)\}, \text{ а}$$

$$\pi(x) = \begin{cases} x_{j\min} & при \quad x_j < x_{j\min}, \\ x_{j\max} & при \quad x_j > x_{j\max}, \\ x_j \quad при & x_{j\min} \le x_j \le x_{j\max}. \end{cases} \qquad (2)$$

Формула поиска оптимального решения (1) удовлетворяет большей части существующего многообразия методов нелинейного программирования, которое можно разделить на два класса:

− детерминированные (на каждом шаге поиска происходит улучшение целевой функции);

− стохастические (случайный поиск)

По способу добывания информации о целевой функции и определения вектора направления ξs методы поиска делятся на:

− методы нулевого порядка (используют информацию только о значении целевой функции);

− методы первого порядка или градиентные (используют информацию о значении целевой функции и скорости ее изменения по каждому фактору);

− методы второго порядка (используют информацию о значении целевой функции, скорости и ускорении ее изменения по каждому фактору).

Чем выше порядок метода поиска, тем ближе определяемое направление ξ^s к источнику оптимума задачи, однако, при этом, значительно увеличиваются затраты на добавление необходимой информации для каждой итерации.

Цель и постановка задачи исследования

Рассмотрим предмет исследования представленный на рисунке 1

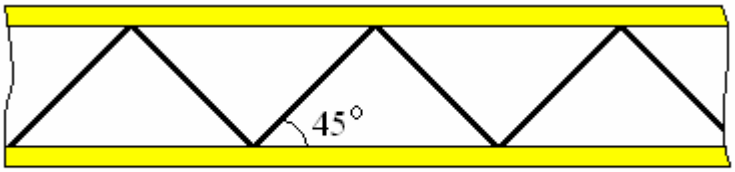


Рис. 1. Схема трехслойной пластины-панели

Пластина-панель, представленная на этом рисунке и нагруженная нагрузкой q должна иметь надлежащую прочность и жесткость. Математическая модель расчета прочностных показателей представлена в работе [4]. Разумеется, указанная многослойная пластина-панель должна быть изготовлена в разумных габаритах. В качестве метода исследования выберем метод случайного поиска параметров, изложенный в работе [3].

В связи с этим, поставим задачу оптимизации параметров пластины следующим образом:

Минимизировать целевую функцию:

$$f^0(x) = m \to \min \tag{3}$$

при условиях:

$$\left.\begin{aligned} f^1(x) &= w - w_{max} \le 0, \\ f^2(x) &= \sigma_в - [\sigma_c] \le 0, \\ f^3(x) &= \sigma_н - [\sigma_p] \le 0, \\ f^4(x) &= N_c - P_{kp} \le 0. \end{aligned}\right\} \tag{4}$$

$$x \in X = \left\{\begin{matrix} t_{в\min} \div t_{в\max} \\ t_{н\min} \div t_{н\max} \\ \delta_{в\min} \div \delta_{в\max} \\ \delta_{н\min} \div \delta_{н\max} \\ d_{\min} \div d_{\max} \end{matrix}\right\} \tag{5}$$

Здесь: m – общая масса пластины-панели, включающая массу бетона, массу внутреннего наполнителя и массу арматуры; $f^1(x)$ – ограничение по жесткости пластины;

$f^2(x)$ –ограничение по прочности бетона на сжатие; $f^3(x)$ –ограничение по прочности бетона на растяжение; $f^4(x)$ –ограничение по устойчивости элементов армирования; w – прогиб пластины; σ_B, σ_H − напряжения в верхнем и нижнем слоях бетона соответственно; N − внутренние усилия в стальной арматуре; $P_{кр}$ – критическое усилие.
Ограничения на область варьируемых параметров (5) выбираются из разумных размеров объекта, хотя это и не является строгим ограничением.

Методика исследований

После постановки задачи оптимизации вернемся к выбору метода ее оптимизации. Наиболее приемлемым для решения поставленной задачи является метод нулевого порядка, так как первые и вторые производные разработанной модели можно получить, только используя разносторонние методы, что требует число решений в каждой точке (комбинации варьируемых параметров) (n+1) решений для метода первого порядка и $(n \cdot n + 1)$ решений для метода второго порядка. Поэтому метод нулевого порядка, требующий всего одного решения в каждой точке, является наиболее привлекательным. Однако о направлении движения ничего не известно. Поэтому выберем случайное направление при каждом шаге итерации. Неудачные шаги (которые не улучшают целевую функцию) просто будем отбрасывать, и сохранять только удачные шаги. Такой метод итерации называется наискорейшим спуском.

Случайный поиск предполагает намеренное введение элемента случайности в алгоритм поиска. Эта случайность служит целям сбора информации о поведении объекта исследования. В ряде случаев введение такого случайного поведения в поиск дает возможность построить весьма простые и эффективные алгоритмы случайного поиска, которые в определенных случаях превосходят регулярные (в частности градиентные) алгоритмы поиска. Основные положительные свойства этих алгоритмов:

− простота программирования и реализации на ЭВМ;
− большое быстродействие;
− высокая надежность и помехоустойчивость, слабая восприимчивость к различного рода «ловушкам».

Особенно эффективно применение случайного поиска при оптимизации объектов с большим числом параметров и ограничений, то есть в задачах оптимального проектирования.

Один из простейших методов случайного поиска – метод случайной выборки. Его цель заключается в том, что направление перехода из точки x^s в новую x^{s+1} выбирается из условия

$$\xi^s = \begin{cases} \beta^s & при \quad f^0\left(x^s + \rho^s \xi^s\right) < f^0\left(x^s\right), \\ 0 & при \quad f^0\left(x^s + \rho^s \xi^s\right) \geq f^o\left(x^s\right). \end{cases} \tag{6}$$

Метод случайной выборки можно представить как случайное обследование в окрестности последней удачной точки и переход к последующей при первом удачном выборе шага. Геометрически траектория поиска представляет собой некоторую случайную траекторию (рис.2). Очевидно что, если последняя удачная точка оказалась оптимальной, то никакое число случайных выборок $x^s + \rho^s \xi^s$ не даст положительного результата.

Важным вопросом в алгоритмах случайного поиска является выбор шага на каждой итерации. Наибольшее распространение получили алгоритмы, в которых выбор шага осуществляется с учетом результативности случайных шагов.

$$\rho^s = \exp\left(-10^{-3}\left(N^2 + \sup N^2 + n^2\right)\right) \tag{7}$$

где N – число неудачных шагов из последней опорной точки поиска; supN – наибольшее число неудачных шагов, совершенных из какой-либо опорной точки поиска за весь предшествующий процесс оптимизации; n – число варьируемых параметров.

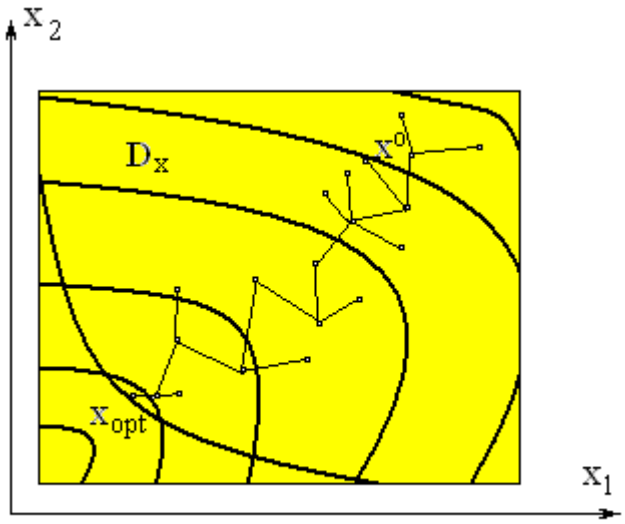


Рис. 2. Стратегия случайного поиска

При таком задании случайного шага значение модуля последнего зависит от качественной характеристики приращения целевой функции. При положительном значении перехода в новую точку происходит увеличение N, благодаря чему в последующем повышается вероятность удачного шага. По мере приближения к точке оптимума вероятность удачного шага имеет тенденцию к уменьшению. С целью повышения вероятности удачного шага по мере приближения к оптимуму в масштаб шага вводят зависимость от значения наибольшего числа неудачных шагов из опорных точек supN, которая позволяет уменьшить среднюю длину шага и повысить точность определения оптимального значения параметров.

Косвенным признаком окончания процесса оптимизации может служить достаточно длинная последовательность неудачных шагов, например:

$$N_{max} = 40 + 5\sqrt{n}\,. \qquad (8)$$

Обобщим выше сказанное следующим алгоритмом.

Шаг 1. Выбрать $x^0 \in D_x$, $N_{max} = 40 + 5\sqrt{n}$

Шаг 2. Положить $s = 0$, $\sup N = 0$, $N = 0$.

Шаг 3. Вычислить $f^0\left(x^s\right)$

Шаг 4. Если N > Nmax, то остановиться.

Шаг 5. Вычислить $\xi^s = \beta^s$, $\rho^s = \exp\left(-10^{-3}\left(N^2 + \sup N^2 + n^2\right)\right)$.

Шаг 6. Вычислить $x^{s+1} = \pi(x)\left(x^s + \rho^s \xi^s\right)$

Шаг 7. Если $f^i\left(x^{s+1}\right) > 0$, $i = \overline{1,m}$, то положить N=N + 1 и перейти к шагу 4, иначе перейти к шагу 8.

Шаг 8. Если $f^0\left(x^{s+1}\right) \geq f^0\left(x^s\right)$, то положить N=N + 1 и перейти к шагу 4, иначе положить $x^{s+1} = \pi(x)\left(x^s + \rho^s \xi^s\right)$, $s = s + 1$, $\sup N = N$, $N = 0$ и перейти к шагу 4.

В данном алгоритме при нарушении одного из функциональных ограничений шаг считается неудачным (шаг 7). Начальная точка x^0 должна принадлежать области допустимых решений Dx.

Результаты и их анализ

Приведем численный пример. Выберем пластину квадратной формы L=b=400см; плотности: бетона ρб=0,002кг/см3, внутреннего слоя ρп=0,00022кг/см3, арматуры ρс=0,0079кг/см3; модуль упругости материала арматуры Ес=2000000кг/см2; допускаемые

напряжения: материала арматуры [σс]=2000кг/см2, бетона на растяжение [σбр]=25кг/см2, на сжатие [σбс]=430кг/см2.

Определим пределы изменения варьируемых параметров. Толщина слоев бетона tвmin=tнmin=1см, tвmax=tнmax=4см, δвmin=δнmin=2см, δвmax=δнmax=5см, dmin=0,1см, dmax=0,5см.

Так как в процессе оптимизации как слои бетона, так и слои внутреннего наполнителя не будут одинаковыми, то, в отличие от работ [4] и [5] изменим алгоритм расчета приведенной жесткости пластины. С этой целью изменим систему координат (рисунок 3). После простых преобразований получим такое же выражение для определения приведенного модуля упругости условно сплошной изотропной пластины.

$$E_{пр} = K_1 E_1 + K_2 E_2, \tag{9}$$

где
$$K_1 = \frac{J_1 A_1 + J_4 A_4}{J_\Sigma A_\Sigma}, \quad K_2 = \frac{J_2 A_2 + J_3 A_3}{J_\Sigma A_\Sigma}. \tag{10}$$

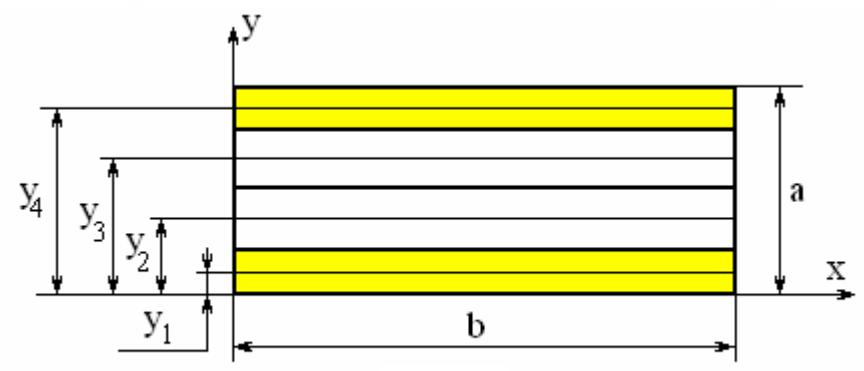


Рис. 3 Геометрия панели-пластины

Ji – момент инерции i-го слоя, Ai – его площадь сечения.

В функциональные ограничения входят следующие параметры. Погиб пластины в ее центре $w = \frac{0{,}6b^4}{D\pi^5} q$, напряжения в бетонных слоях $\sigma_в = \frac{6M}{t_в^2}$, $\sigma_н = \frac{6M}{t_н^2}$, изгибающий момент определяется для защемленных сечений $M = \frac{2{,}4b^2}{\pi^3} q$. Все формулы взяты из работы [4]

Результаты решения задачи следующие.

$t_в = 1{,}0см, \quad t_н = 1{,}2см, \quad \delta_в = 1{,}0см, \quad \delta_н = 4{,}46см, \quad d = 0{,}24см.$

При этом общая масса исследуемой пластины составляет 836кг. Резерв в уменьшении массы пластины, рассчитанный методом случайного поиска (по сравнению с расчетом ее градиентным методом [5]), составляет 36% при сохранении всех выше описанных ограничений по прогибу и прочности панели-пластины.

Выводы

Рассмотренный метод оптимизации параметров многослойной пластины является универсальным и может быть применен для решения проектных задач любой сложности. Недостаток метода связан с тем, что он приводит к одному из локальных оптимумов целевой функции. Этот недостаток устранить можно лишь решением заданной задачи многократно, начиная процесс оптимизации из различных начальных точек допустимой области решений. Однако, при наличии ряда функциональных ограничений, оптимальное решение, как правило, единственное.

Список использованных источников

1. Ермольев Ю.М. – Математические методы исследования операций. /Ермольев Ю.М. К., «Вища школа», 1979г., 312 с.
2. Тимошенко С.П. – Теория упругости. /Тимошенко С.П. «Наука», М., 1975г., 620 с.
3. Чемодуров В.Т. – Моделирование систем. /Чемодуров В.Т. ВМА, Л., 1981г., 180 с.
4. Чемодуров В.Т., Канцеров П.М. – Расчет многослойной пластины с приведенной жесткостью. /[Чемодуров В.Т., Канцеров П.М.] // Строительство и техногенная безопасность, Напкс, г.Симферополь, 2012г., 8 с.
5. Чемодуров В.Т., Шинкарук В.И. – Выбор параметров многослойной пластины методом планирования эксперимента. /[Чемодуров В.Т., Шинкарук В.И.] // Строительство и техногенная безопасность, НАПКС, г. Симферополь, 2012г., 7 с.
6. Штамм К., Витте Х. – Многослойные конструкции. /Штамм К., Витте Х. «Стройиздат», М.,1983г., 176 с.

Раздел 3.
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 669.018.29

К ВОПРОСУ О КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ЗАМЕНИТЕЛЕЙ МЕТАЛЛА

Корохов В.Г., к.т.н., профессор НАПКС, Бусарова Н.Я., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Приводится анализ и сопоставление внутреннего строения, определяющего физические, механические и другие ценные свойства, применяемых металлических конструкционных материалов и класса новых материалов. Широко применяемые в различных отраслях техники металлические сплавы на основе железа, меди, алюминия, титана постепенно исчерпывают свои возможности в удовлетворении постоянно возрастающих требований техники к свойствам металлических конструкционных материалов. Выгодно отличаются и значительно превосходят по этим свойствам вновь получаемые материалы на основе углерода, такие как наноалмазы, графен, фуллерен, нанотрубки, таунит, позволяющие повысить не только надежность и долговечность конструкции, но и обеспечить их миниатюризацию и значительно больший диапазон возможностей.

Металл, сплавы, прочность, износостойкость, графен, нанотрубки.

Введение

Для получения конструкционных материалов с требуемыми свойствами металловеды и металлурги тысячелетиями трудились над поиском состава и способа преобразования внутреннего строения металлических сплавов. С развитием техники и науки требования к конструкционным материалам непрерывно возрастали. Соединением различных металлов между собой, и с неметаллическими химическими элементами, удалось получить, казалось бы, невероятные результаты: высокопрочные арматурные стали, сверхпрочные стали, теплостойкие сверхтвердые и износостойкие инструментальные материалы, легкие и прочные алюминиевые и титановые сплавы для авиации, жаростойкие сплавы для двигателей реактивной авиации и космических ракет, магнитофрикционные и электрофрикционные материалы, сплавы с памятью геометрической формы. И эти результаты получены в значительной мере благодаря возможности перестраивать кристаллические решетки металлов.

Анализ публикаций

Вместе с тем, стремительно возрастающие требования техники ставят новые задачи к материалам и их свойствам. Поэтому представилось актуальным, дальнейшее изучение и преобразование внутреннего атомно-молекулярного строения металлов и элементов, входящих в состав сплавов. Казалось бы, что от металлов взято так много, что это уже практически вершина результатов их преобразования и полученных свойств. Все указанное во многом относится к сталям, одной из вспомогательных составляющих которой является углерод. Сам он до недавнего времени занимал скромное место в конструкциях, скользящих контактов и подшипников, в грифелях карандашей. А когда путем аллотропического изменения его кристаллической решетки – перестройке его атомов получили искусственные алмазы с известными всем свойствами – эталона твердости, то это ознаменовало вершину достижений науки и техники в плане преобразования строения и свойств углерода. Куда выше этого эталона и великолепия свойств – вершина как бы достигнута, предел очевиден!

Цель и постановка задачи исследований

Ознакомить инженерно-технических специалистов проектных организаций с систематизированной информацией о строении и свойствах новых неметаллических конструкционных материалов на основе углеродных соединений, обладающих более высокими механическими свойствами и комплексом физических свойств, которые успешно заменяют ряд

дефицитных металлических сплавов. Это позволит создавать конструкции меньшей материалоемкости, вместе с тем, обладающие требуемой надежностью и долговечностью в различных условиях эксплуатации, при воздействии статических, динамических нагрузок, а также различном температурном и химическом воздействии внешней среды.

Информация об этих конструкционных материалах позволит дифференцированно подойти к анализу и отбору приемлемых их признаков для оптимального использования в новых направлениях техники, определяемых назначением конструкции и особыми условиями их эксплуатации, развитие которых сдерживалось недостаточной информацией о создаваемых новых материалах.

Методика исследований

Долговечность и надежность деталей изделий зависит от материала, его конструктивной прочности и комплекса других свойств, которые влияют на эксплуатационное качество изделия [1]. Поскольку, расположение и ориентация атомов в кристаллической решетке, а также форма, величина и ориентация кристаллов, существенно влияют на механические и другие свойства материалов, то изменение этих параметров позволяет получить материалы с новыми свойствами[2].

Свойства вещества определяются не только его составом - набором входящих в него химических элементов, но и тем, в каком порядке они связаны друг с другом, т.е. какова структура этой молекулы – эту мысль еще в 1861 году высказал русский ученый Александр Михайлович Бутлеров.

Углерод, 6-й элемент таблицы Д.И. Менделеева [3], выполняющий до недавнего времени в металловедении только вспомогательную функцию, изменяя структуру и свойства стали и содержание которого не превышало 2%, выдвинулся в современных исследованиях на первый план, т.к. обладает особой способностью давать соединения разного состава и строения, как с другими атомами углерода, так и с атомами многих элементов. В связи с тем, что расположение атомов в кристаллической решетке существенно влияет на многие свойства материалов, то изменением этого расположения и числа связей между атомами, возможно, достигнуть и требуемых изменений свойств.

Результаты и их анализ

Алмаз и графит – это разные модификации углерода [4].

Алмаз обладает высочайшей твердостью, за счет того, что каждый атом углерода соединен с большим числом атомов – даже с четырьмя соседними атомами сильными ковалентными связями, образующими жесткий каркас. В алмазы превращается свободный углерод, содержащийся в газах, которые образуются в результате взрыва.

Удалением из алмазов неуглеродных примесей (состоящих из оксидов железа, никеля, кремния) и дальнейшим разделением их на фракции создают металлоалмазные композиты. Благодаря их очень высокой износостойкости они конкурируют даже с очень твердыми и износостойкими хромистыми подшипниковыми сталями ШХ6, ШХ15. Поэтому достаточно эффективно применять металлоалмазные композиты для изготовления деталей подшипников качения, которые широко используются практически во всех отраслях техники.

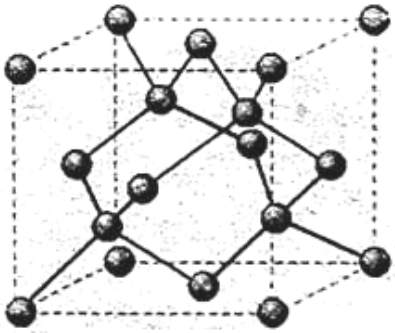


Рис. 1. Ячейка алмаза

Другой областью эффективного применения металлоалмазных композитов является изготовление полировальных кругов для инструментального производства [5].

Еще одна аллотропическая форма углерода, у которой атом углерода связан лишь с тремя соседними атомами – это графен. В нем все атомы кристалла располагаются в углах, заполняющих плоскость правильных шестиугольников. Роль четвертого валентного электрона каждого атома существенно иная. С одной стороны – он как бы лишний и свободный, с другой – усиливает три основные связи в кристаллической решетке. Его электроны имеют высокую подвижность, благодаря таким особенностям кристаллического строения. Это – двумерный материал, имеющий нанометровую толщину (10-9м), он полупроводник, обладающий проводимостью превосходящей проводимость меди [6].

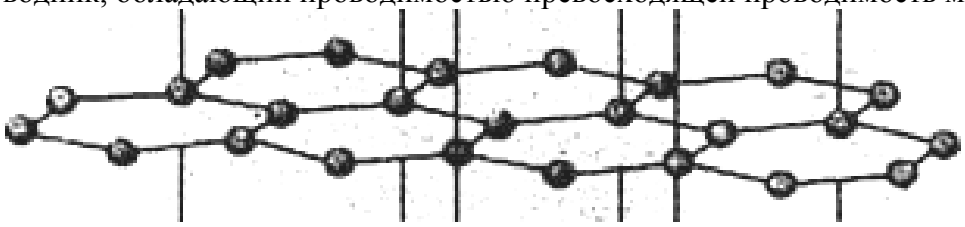


Рис. 2. Молекула графена

Это второй конкурентоспособный материал, но уже по отношению к электропроводной меди. Его используют также для создания различных композиционных материалов, в том числе сверхлегких и высокопрочных, применяемых в авиации и для изготовления космических аппаратов.

Дальнейшее преобразование взаимного расположения атомов углерода позволило получить новый по своему атомно-молекулярному строению материал в виде объемных шарообразных или несколько вытянутых молекул, состоящих из 60 и более атомов углерода. Этот материал получил название фуллерен и послужил основой для получения молекул еще более сложного строения, отличающихся цилиндрической формой, как бы свернутой из углеродной сетки, толщиной в один или несколько атомов - нанотрубки. Причем длина одной нанотрубки превосходит в сотни раз ее диаметр.

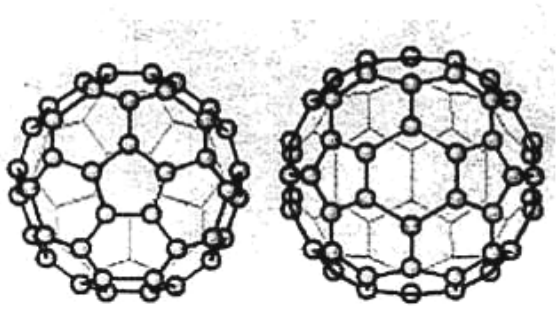


Рис. 3. Молекулы фуллеренов шарообразной формы (С60)

Многослойные нанотрубки, различной каркасной формы имеют вид уже нановолокон, получают их из недорогого углеводородного сырья. Молекулами такого сложного строения, естественно, порождено разнообразие новых свойств материалов: прочность в десятки раз превышающая прочность даже сложнолегированных сталей, при более высоком пределе упругости и термической стабильности свойств. Вместе с тем они обладают и высокой электропроводимостью. На базе таких углеродных нанотрубок создан новый класс композитных материалов с высокопрочными волокнами. Такие композитные материалы применяют в авиационной и космической технике, заменяя широко используемые сплавы на основе алюминия и титана [4]. Из этих материалов изготавливают некоторые ответственные детали и в автомобилестроении, работающие при высоких нагрузках, для которых использовали, качественные конструкционные стали.

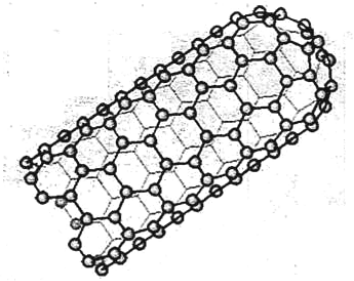


Рис. 4. Молекула однослойной нанотрубки

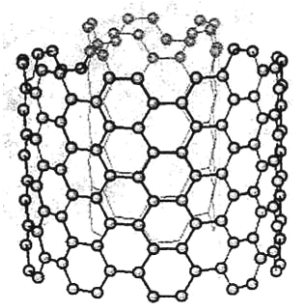


Рис. 5. Молекула многослойной нанотрубки

Другой разновидностью материала на основе нанотрубок является таунит – легкий поликристаллический мелкодисперсный графит, насыпная плотность которого 0,5 г/см3, а удельная геометрическая поверхность одного грамма превышает 100 м2, он термостабилен до 600 0С.

Модифицирование таунитом полимерных конструкционных материалов на основе эпоксидных смол повышает их прочность на 20-50% [7]. При модифицировании этим материалом, имеющим большую удельную геометрическую поверхность, выгодно контактирующей с бетоном [8] и пенобетоном специального назначения, прочность такого бетона на сжатие и изгиб возрастает на 20%. Для этого, в одну тонну бетона вводится от 0,1 кг до 1 кг таунита. Этот бетон рационально использовать для гражданського, промышленного строительства, а также для объектов специального назначения.

Уместно отметить, что в таких строительных объектах, как дорожное, с целью профилактики обледенения и повышения безопасности движения автотранспорта, в состав дорожного покрытия [9] вводять углеродные нанотрубки, которые используют, как нагревательные элементы.

Выводы

На основе анализа и систематизации рассмотренных материалов, определяется следующее:

Свойства конструкционных материалов в большой мере зависят от особенностей атомно-молекулярного строения, т.е. набора, взаимного расположения и характером связей атомов в единичной молекулярной ячейке. Воздействие на эту структуру представляет собой путь целенаправленного изменения свойств материалов.

Углерод, выполняющий вспомогательную функцию в металловедении, благодаря способности к сложным межатомным соединениям, выдвинулся на первый план, образуя новые материалы, с новыми свойствами, конкурентоспособными по отношению к применяемым металлическим сплавам. К таким сложным соединениям атомов углерода относятся графен, фуллерен, нанотрубки, таунит, по отношению к металлическим конструкционным материалам, применяемым в технике.

Металлоалмазные композиты, обладающие высокой твердостью и износостойкостью успешно заменяют подшипниковые стали ШХ6, ШХ15 и др., а также материалами для инструментальных полировальных кругов.

Двумерный материал графен, нанометровой толщины, обладающий высокой электропроводностью, превосходящей медь, заменяет её.

Нановолокна, получаемые из недорогого углеводородного сырья, обладающие прочностью, превосходящей в десятки раз прочность сложнолегированных сталей, применяют как волокнистый, высокопрочный, композиционный, конструкционный материал для изготовления высоконагружаемых деталей в авиастроении, автомобилестроении и космической технике.

Повысить прочность незаменимых в строительстве бетона и пенобетона на 20%, оказывается, возможно, путем модифицирования его поликристаллическим, мелкодисперсионным таунитом в малом количестве – от 0,1кг до 1 кг на одну тонну бетона.

Список использованных источников

1. А.С. Тимонин. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: Справочник. Т.1. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002. – 852 с.
2. Металловедение в схемах-конспектах: Учебное пособие. Под ред. И.Ю. Ульяниной. Ч.1. – М.: МГИУ, 1999. – 245 с.
3. Т. Браун, Г.Ю. Лемей. Химия – в центре наук: в 2 ч. Пер. с англ. -М.: Мир, 1983. - 520с.: ил.-ч2.
4. И.С. Стерин. Машиностроительные материалы. Основы металловедения и термической обработки / Учебное пособие. – СПб.: Политехника, 2003. – 344 с.
5. Металловедение / Под ред. Г.П. Фетисова. - М.: Высш. шк., 2000. – 420 с.
6. Электротехнические материалы: Справочник /Э45 /В.Б. Березин, Н.С. Прохоров, Г.А. Рыков, А.М. Хайкин. – 3-е изд., доп. и перераб. – М.: Энергоиздат, 1983. – 504 с.
7. Гарнець В.М. Матеріалознавство. Підручник. - К.: Кондор. 2009. - 386 с.: іл.
8. Ю.Н. Баженов Технология бетона. Учебник. 3-е издание – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 500 с.: ил.
9. Наназашвили И. Х. Строительные материалы, изделия и конструкции: Справочник. - М.: Высш. шк., 1990. - 495 с.: ил.
10. М. Каганов. Из чего все состоит. М.: Изд. «Наука и жизнь» №12, 2003. – 38-46 с.
11. А. Гурьянов. Трубки завтрашнего мира. М.: Изд. «Наука и жизнь» №2, 2010. – 16 – 21 с.
12. Т. Зимина. Новое лицо углерода. М.: Изд. «Наука и жизнь» №11, 2010. – 2 - 5 с.

УДК 691.54:691.327

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО ФИБРОБЕТОНА ДЛЯ УСТРОЙСТВА ПОЛОВ И ПОДЛИВКИ ПОД ОБОРУДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Мирошниченко К. К., к. т. н., доц., Савицкий Н. В., д. т. н., проф.

ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

В статье приведены некоторые результаты исследований по обоснованию влияния формы лопасти смесителя на энергетическую эффективность технологических приемов приготовления высококачественного фибробетона. Установлено, что коэффициент полезного действия лопасти в виде плоского элемента зависит от угла подъема линии скольжения компонентов фибробетонной смеси по лопасти по отношению к вектору скорости, а также от угла установки лопасти. При выборе угла наклона лопасти необходимо учитывать и соотношение ее размеров. Были получены значения коэффициентов внутреннего трения для фибробетонов. Данные эксперименты были базовыми при проектировании лопастей более сложной геометрической формы, использование которых, при соблюдении определенных технологических операций, обеспечивает получение однородных фиброармированных композиций с высокими характеристиками.

технология, фибробетон, дисперсно-армированные составы, энергоемкость, лопасть, коэффициент полезного действия, коэффициент трения.

Введение

Для получения фибробетона в условиях строительной площадки в настоящее время используют различные технологические схемы. Однако практически ни одна из них не обеспечивает получение однородного, качественного материала со стабильными свойствами в течение длительного времени. Особенно эта проблема встает при строительстве металлургических предприятий, при установке высокотехнологического

оборудования. Так для устройства под такое оборудование подливки, а также получения конструкций полов, необходимо использовать технологические приемы, обеспечивающие получение подвижных строительных композиций высокой прочности, деформативности, маслостойкости, а иногда и безусадочности.

Мы на протяжении многих лет проводим исследования по изучению влияния технологии получения дисперсно-армированных составов на их свойства.

В данной работе приведены некоторые теоретические и практические аспекты совершенствования технологии приготовления фибробетона с целью получения высокоэффективных смесительных устройств с низкой энергоемкостью.

Анализ публикаций

С этой целью было проработано множество литературных и патентных источников в т. ч. [1–6]. Их анализ показал, что для того, чтобы провести определенную процедуру по смешиванию, надо выполнить определенный объем работы. Работа, затраченная на перемешивание, определяется удельной энергией смешивания и временем приготовления. Удельная энергия смешивания определяется эффективной нагрузкой двигателя и массой смеси. Какой объем работы необходимо выполнить для перемешивания, надо рассчитать эмпирическим путем.

Качество смеси или ее однородность напрямую зависит от способа перемешивания или вида рабочего органа-лопасти. Анализ конструкций смешивающих агрегатов показывает, что влияние вида геометрической формы рабочего органа (особенно сложной) на качество перемешивания практически не изучено.

Теория наклонной плоскости положена авторами [2] в основу расчетов удельного сопротивления грунта, бетона движению проникающего тела (грунта - плугу, бетона - лопасти). Мы предполагаем, что сжимающие контактные напряжения между поверхностью лопасти и компонентами фибробетона, перпендикулярные к направлению движения и лежащие в плоскости угла вхождения в смесь (угла резания), будут определять силу сопротивления смеси движению лопасти.

Анализ значений удельного сопротивления движению лопасти, которые предлагают авторы работ [1–3] показали, что величина удельного давления струи на лопасть $K_{дин}$ смесителя в их расчетах, учитывается лишь 1-й степенью скорости, тогда как в действительности - 3-й. Поэтому давление набегающих потоков на лопасть необходимо учитывать согласно основам технической механики:

$$K_{дин} = \frac{P_{дин}}{F_{\sin\alpha}}, \tag{1}$$

$$\text{где } P_{дин} = F_{\sin\alpha}\frac{v^2\gamma}{g} \tag{2}$$

v – средняя скорость движения лопастей, g – ускорение свободного падения, γ – объемная масса смеси.

На сопротивление движению лопасти существенное влияние оказывает и высота слоя композиции в емкости. Следовательно, в расчетах необходимо учитывать глубину погружения рабочего органа в смесь.

Чтобы повысить полный коэффициент полезного действия любого смешивающего устройства необходимо уменьшить отношение используемой мощности к объему приготовленной фибробетонной или другой смеси. Полную использованную энергию (производственную энергоемкость) можно определить по формуле (3):

$$\varepsilon_n = \frac{\xi' t}{\eta_n}, \tag{3}$$

где t – время перемешивания, η_n - полный коэффициент полезного действия механизма, ξ' - отношение используемой мощности к объему произведенной продукции:

$$\xi' = \frac{N_{дв}}{V} \tag{4}$$

где $N_{дв}$ - использованная мощность;

V - вместимость смесительного барабана.

Цель и постановка задачи исследования

Целью данного этапа исследований является обоснование влияния формы лопасти смесителя на энергетическую эффективность технологических приемов приготовления однородного высококачественного фибробетона.

Методика исследования

В практике конструирования рабочих органов смесителей иногда используют эффект «косого резания», с целью уменьшения силы сопротивления в заданном направлении движения [2].

Нами было рассмотрено вначале влияние эффекта «косого резания» при движении фибробетонной смеси по лопасти смесителя с горизонтально движущимися лопастями в виде наклонных плоскостей.

Если движение фибробетонной или другой строительной смеси происходит по линии (АС), которая перпендикулярна к основанию лопасти (см. рис. 1 и 2), то силы, действующие на нее, и ее коэффициент полезного действия, можно определить также как и для любого тела, движущегося вверх по наклонной плоскости [1, 2].

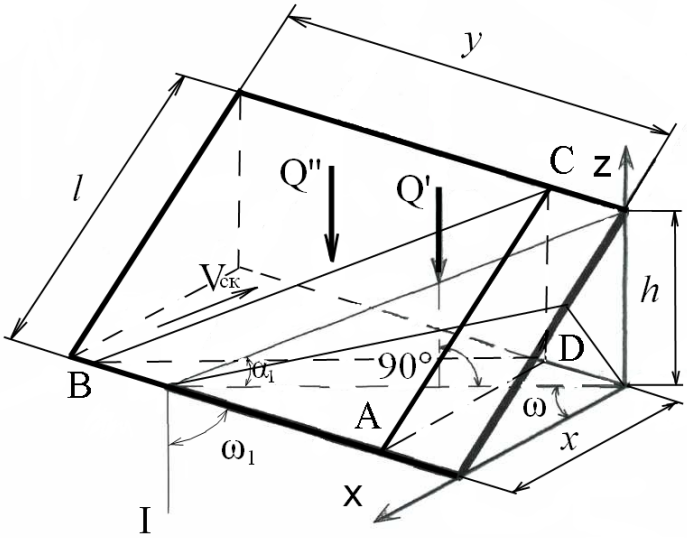


Рис.1. Расположение сил действующих на лопасть в виде пластины

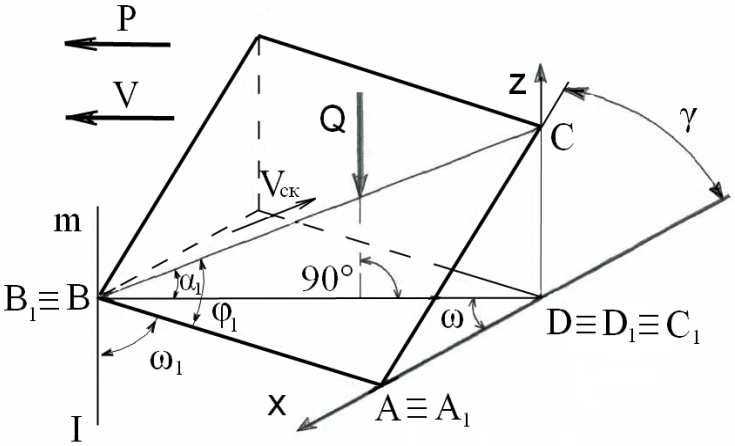


Рис. 2. Расчетная схема для определения энергетических характеристик при движении фибробетонной смеси по лопасти

Когда лопасть расположена под каким-то углом (например, ω) к направлению движения и находится в непосредственной близости к массе бетона, ее частица может двигаться вверх, например, по линии B1C, лежащей в плоскости движения.

Проведем отрезок B1D1 параллельно скорости движения лопасти (v), т.е. B1D1 || v, отрезки CD1 и B1D1 взаимно перпендикулярны, а отрезок B1D1 расположен перпендикулярно к линии m, которая перпендикулярна V. Из этих построений видно, что:

$$tg\alpha_1 = \frac{h}{B_1 D_1} \quad (5),$$

где α_1 – угол между направлением скольжения фибробетонной смеси и горизонтальной плоскостью;

h – проекция лини (направления) скольжения смеси по лопасти на вертикальную плоскость.

На основании вычислений было установлено, что коэффициент полезного действия данной лопасти равен:

$$\eta_л = \frac{Qv\sin\alpha}{Pv\cos\alpha} = \frac{tg(\cos\alpha - f\sin\alpha)}{\sin\alpha + f\cos\gamma}, \quad (6)$$

где v – скорость движения (скольжения) бетонной смеси по лопасти.

Математическое описание процесса смешивания бетонных смесей лопастями, вращающимися в горизонтальной плоскости, можно составить на основе баланса относительной используемой мощности. В результате было получено условие равновесия сил:

$$P_{дв}\cos\alpha = P_{дв} f\sin\alpha + P_z f\cos\alpha + P_z\sin\alpha \quad (7).$$

При большом заглублении лопасти в фибробетонную смесь и произвольном расположении ее в пространстве во время перемешивания, смесь перемещается по плоскости лопасти в сторону наименьшего сопротивления, и сила давления Q_2' будет направлена перпендикулярно к основанию BD треугольника CBD, у которого линия BC - линия скольжения частицы смеси.

Установим зависимость между углами в этом случае. Из треугольника CBD было получено, что коэффициент полезного действия данной лопасти равен:

$$\eta = \frac{tg\alpha}{tg(\alpha + \rho)}, \quad (8)$$

где ρ – угол внутреннего трения бетонной смеси.

Заметим, что вид формулы (8) совпадает с принятым ранее [2, 5], однако угол α здесь не равен углу наклона γ, используемого при расчетах коэффициента полезного действия наклонной плоскости.

Если просмотреть формулы (7) и (8), то можно сказать, что линия скольжения BC является линией наименьшего сопротивления.

При выборе угла наклона лопасти необходимо учитывать и соотношение ее размеров так, чтобы движение фибробетонной смеси по лопасти происходило в нужном направлении, которое можно определить из условия, чтобы сила P была наименьшей при движении смеси по лопасти в желательном направлении.

С целью определения коэффициентов трения дисперсно-армированных мелкозернистых бетонных смесей была изготовлена установка (рис.3).

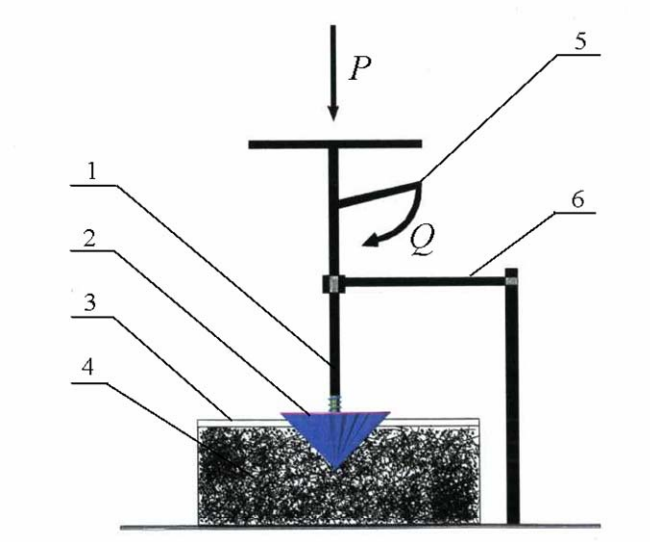


Рис. 3. Экспериментальная установка (схема) для определения коэффициента трения: 1 - направляющий вал (рычаг); 2 - конус; 3 - емкость; 4 - смесь; 5 - усилие; 6 - рама установки

При определении коэффициента трения фибробетонной смеси по стали необходимо применять конус с гладкой поверхностью, а коэффициента внутреннего трения фибробетонной смеси-конус с рифленной поверхностью.

Усилия, действующие на конус, внедренный в фибробетонную смесь, показаны на рис. 3.

После проведения вычислений можно определить момент, необходимый для преодоления сил трения:

$$M'_{mp}(z) = f(z)\sigma_N(z)z^2 tg^2\alpha \frac{2\pi}{\cos\alpha} \quad (9);$$

Внедрение конуса в фибробетонную смесь приводит к тому, что часть усилия Р расходуется на преодоление сил трения конуса о бетонную смесь, а часть – на преодоление лобового сопротивления.

В результате дальнейших вычислений было получено выражение для определения коэффициента трения:

$$f(z) = \frac{M'(z)\sin\alpha}{P'(z)tg\alpha z - M'(z)\cos\alpha} \quad (10);$$

Для исследования процесса взаимодействия поверхности лопасти с компонентами фибробетонной смеси была изготовлена установка (рис. 4).

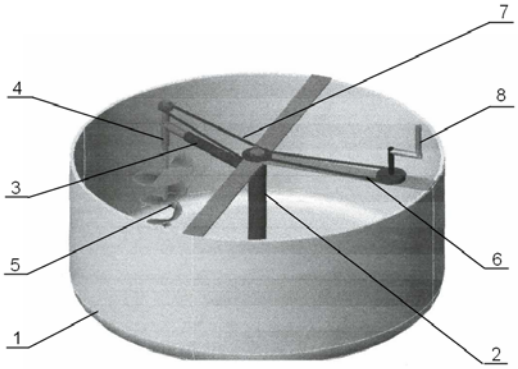


Рис. 4. Экспериментальная установка для исследования траектории движения смеси после воздействия лопасти: 1 - емкость; 2 - центральный вал; 3 - штанга; 4 - вал лопасти; 5 - лопасть; 6 и 7 - клиноременные передачи; 8 - рукоятка (водило)

Результаты и их анализ

Было установлено, что:

- линия скольжения смеси по лопасти является линией наименьшего сопротивления; ее выбор обеспечивает снижение энергоемкости процесса;

- при движении лопасти, которая расположена перпендикулярно к направлению ее движения, образуется так называемое ядро уплотнения, расположенное перед ней. Это ядро вызывает в фибробетонной смеси сдвиговые явления, характер одного из которых показан на рис. 5. Из него видно направление средних нормальных давлений на смесь от ядра уплотнения.

Рис. 5. Образование ядра уплотнения из подвижного фибробетона перед лопастью и явления сдвига перед ней

На основании данных экспериментальных исследований и вычислений были получены значения коэффициентов внутреннего трения для различных фибробетонов:

- фибробетона с фиброй Щ 15-ЖТ - 0,75 – 0,8;
- фибробетона с полипропиленовой фиброй – 0,72 – 0,77;
- фибробетона с анидной фиброй – 0,7 – 0,75;
- фибробетона с полипропиленовой, анидной и стеклянной фиброй по стали – 0,35 – 0,4.

Выводы

Исследования показали, что коэффициент полезного действия лопасти в виде плоского элемента зависит от угла подъема линии скольжения компонентов фибробетонной смеси по лопасти по отношению к вектору скорости, а также от угла установки лопасти. Угол подъема зависит от угла установки лопасти.

При выборе угла наклона лопасти необходимо учитывать и соотношение ее размеров так, чтобы движение фибробетонной смеси по лопасти происходило в нужном направлении, которое можно определить из условия, чтобы сила Р была наименьшей при движении смеси по лопасти в желательном направлении.

Данные эксперименты позволили нам выявить те факторы, которые являются базовыми при проектировании лопастей более сложной геометрической формы, использование которых, при соблюдении определенных технологических операций, обеспечивает получение однородных фиброармированных композиций с высокими характеристиками.

Список использованных источников

1. Королев К. М. Эффективность приготовления бетонных смесей // Механизация строительства. – 2003. – № 6. – С. 7 – 8.
2. Пулин В. П. Повышение энергетической эффективности бетоносмесителей цикличного действия / Дисс. канд. техн. наук. - Днепропетровск: ДИСИ, - 1984. – 176 с.

3. Пухаренко Ю. В. Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов / Дисс.докт.техн. наук, - Санкт-Петербург: С-ПГА-СУ, - 2004. – 315 с.
4. Коротышевский О.В. Полы из сталефибробетона и пенобетона // Строительные материалы. – 2000. – № 3. – С. 17 - 18.
5. Кромская Н.Ф. Исследование смесителя для приготовления дисперсно армированных бетонных смесей / Автореф. дисс. канд. техн. наук. - Ленинград: ЛПИ. - 1981. – 18 с.
6. Дирк Хойер. Смешивание бетона и состояние техники // Сборник трудов конференции Строительство, материаловедение, машиностроение. - Ялта, 2010. - С. 38 – 43.

УДК 666.9.022.3

ВЛИЯНИЕ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА НА СВОЙСТВА И СТРУКТУРУ ПРЕССОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ОТХОДОВ ГОРНЫХ ПОРОД

Федоркин С.И., д.т.н., профессор, Макарова Е.С., к.т.н., доцент, Елькина И.И., аспирант

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Исследованы свойства и структура образцов на основе мелкодисперсных отходов горных пород с добавлением микрокремнезема и его влияние на прочность прессованных материалов. Изучено влияние микрокремнезема на физико-механические свойства шлакопортландцемента. Проведены электромикроскопические исследования образцов.

Шлам, шлакопортландцемент, микрокремнезем, полусухое прессование, электромикроскопические исследования

Введение

С каждым годом все острее встает проблема исчерпания качественных сырьевых ресурсов и опасность загрязнения окружающей среды отходами различных производств. Наиболее перспективное направление снижение уровня загрязнения окружающей среды – создание безотходных производств, включающих замкнутые системы переработки отходов и организацию безотходных территориально-промышленных комплексов с замкнутой структурой потоков сырья и отходов внутри комплекса.

В этом случае отходы производства рассматриваются как вторичные ресурсы, а одним из самых эффективных способов использования многотоннажных вторичных ресурсов является их переработка в строительные материалы различного назначения [1].

Первоначальный интерес к применению микрокремнезема в бетонах отмечен в 1971 г. на металлургическом заводе «Фиско» в Норвегии. Новые возможности использования тесно связаны с прогрессом в области создания суперпластификаторов. Их сочетание дало толчок к созданию бетонов нового поколения, обладающих высокой прочностью (от 60 до 150 МПа), повышенной удобоукладываемостью и долговечностью.

Анализ публикаций

В середине 80-х годов в мировой строительной практике появились бетоны с высокими эксплутационными свойствами. Для них характерно то, что высокая (55–80 МПа) и сверхвысокая (выше 80 МПа) прочность при сжатии, низкая проницаемость, повышенная коррозионная стойкость и долговечность достигаются при применении высокоподвижных бетонных смесей. Ключевым фактором технологии производства таких бетонов являлось комплексное использование высокоактивной минеральной добавки – микрокремнезема.

Микрокремнезем является отходом производства. Поэтому изготовление строительных материалов, имеющих в своем составе микрокремнезем, связано с утилизацией техногенного продукта.

Аналитический обзор современных исследований по использованию микрокремнезема [2-4] показывает, что он является ценным минеральным сырьем, используемым в строительной индустрии для изготовления различных строительных материалов.

В работе [2] рассматривается применение активных минеральных добавок, позволяющих управлять формированием структуры и свойствами цементного камня с целью полной реализации потенциальных возможностей цемента. Введение микрокремнезема в строительные смеси способствует повышению: прочности на сжатие и изгиб, морозостойкости, коррозионной стойкости бетонов и строительных растворов. Все это увеличивает долговечность материалов и увеличивает срок службы зданий и сооружений [2,3].

Автором [4] исследован процесс твердения и формирования кристаллических фаз в композициях рядового цемента с микрокремнеземистой добавкой, исследован цементный камень. Установлено, что микрокремнеземистая добавка в количестве до 20% от массы вяжущего в составе бетонной смеси обеспечивает образование активного монослоя на поверхности заполнителя, что приводит к формированию низкоосновных гидросиликатов в контактной зоне заполнитель - цементный камень и увеличивает прочность на 50-75%.

Анализируя вышесказанное, можно сделать вывод о положительном влиянии микрокремнезема на свойства обычного бетона. Однако его роль в формировании структуры прессованных материалов на основе техногенных продуктов производства изучена недостаточно.

Цель и постановка задачи исследований

Отходы производства сравнительно редко обладают необходимыми физико-химическими, технологическими и другими свойствами, позволяющими производить из них качественные строительные материалы. В этих условиях большое значение имеет разработка технологии, включающей обоснованную компоновку сырьевых смесей, выбор эффективных структурообразующих добавок и создание необходимых условий для формирования оптимальной структуры материалов.

Исследование влияния микрокремнезема на формирование структуры и свойств исследуемых мелкодисперсных отходов горных пород в условиях полусухого прессования при высоких давлениях (до 30МПа) представляет научный и практический интерес.

Целью настоящей работы является исследование влияния добавки микрокремнезема к сырьевым смесям на основе мелкодисперсных отходов горных пород при полусухом прессовании изделий.

Методика исследований

В качестве мелкодисперсных горных пород нами изучены шламовые продукты промывки грандиоритовых отсевов Шархинского карьера и известняковые отходы камнепиления Бештерекского месторождения. Выбор этих отходов основан необходимостью их утилизации для улучшения экологического состояния окружающей среды в Крыму.

В качестве других компонентов использованы шлакопортландцемент М400 Краматорского цементного завода и микрокремнезем ОАО "Запорожского завода ферросплавов".

Микрокремнезем получают при высокотемпературной обработке кремнеземсодержащих исходных материалов, связанной с процессом возгонки оксидов кремния. При конденсации возгона в процессе охлаждения образуется мелкодисперсный коллоидообразный, большей частью аморфный материал. Преобладающий размер частиц микрокремнезема от 1 до 0,01 мкм и менее. Рентгеноструктурным анализом установлено наличие в микрокремнеземе оксида кремния в виде коусита – SiO, что придает ему высокую химическую активность в водных средах.

Микрокремнезем представляет собой очень мелкие шарообразные частички аморфного кремнезема со средней удельной поверхностью около 20 м2/г. По

гранулометрическому составу средний размер частиц МК составляет около 0,1 микрона, то есть в 100 меньше среднего размера зерна цемента.

Лабораторные исследования проводили на образцах-цилиндрах диаметром и высотой 3 см. Сырьевую смесь заданного состава готовили перемешиванием микрокремнезема, шлакопортландцемента, шлама и отходов камнепиления в лабораторном смесителе. Относительная формовочная влажность смеси 10% (мас.). Образцы-цилиндры прессовали на прессе П-10 при заданном удельном давлении. После прессования образцы выдерживали в течение 28 суток во влажных условиях, а затем определяли их предел прочности при сжатии по стандартной методике.

Структуру образцов изучали с помощью электронной сканирующей микроскопии на микроскопе РЕМ-106, SELMI.

Результаты и их анализ

На первом этапе исследований нами изучено влияние микрокремнезема на физико-механические свойства шлакопортландцемента. Микрокремнезем добавляли к цементу в количестве 0, 5, 10, 15, 20%, смесь увлажняли до 10% относительной влажности и прессовали образцы-цилиндры при удельном давлении 30МПа. Отпрессованные образцы выдерживали во влажных условиях в течение 28 суток и определяли их физико-механические свойства в соответствии с ДСТУ Б В.2.7-7:2008. Результаты испытаний приведены в табл.1.

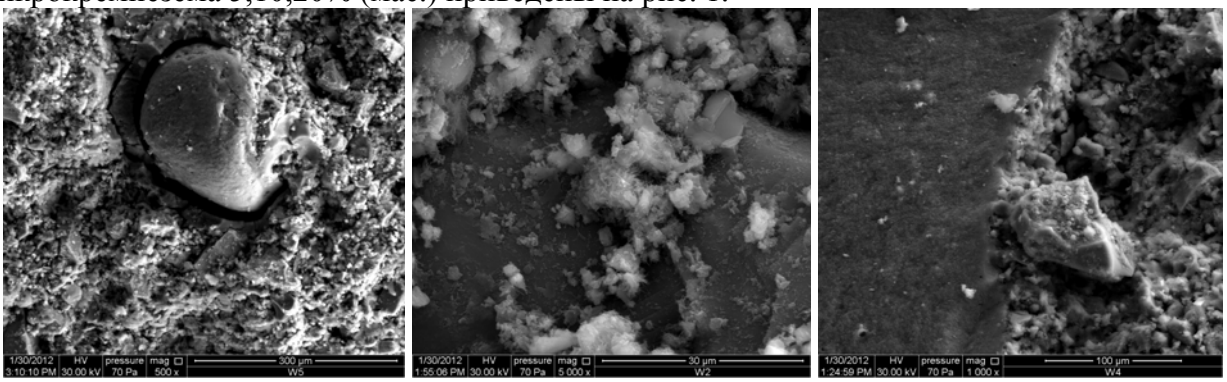
Таблица 1

Влияние добавки микрокремнезема на физико-механические свойства отпрессованных образцов из шлакопортландцемента

Показатели	Состав смеси				
	ШПЦ-100%	ШПЦ-80%, МК -20%	ШПЦ -85%, МК -15%	ШПЦ -90%, МК -10%	ШПЦ -95%, МК -5%
Средняя плотность, кг/см3	2170	2150	2158	2164	2169
Предел прочности при сжатии, МПа	58,31	63,78	65,29	70,67	69,16

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее рациональным является состав с добавленим к шлакопортландцементу 10% микрокремнезема. При этом прочность образцов оптимального состава возрастает на 21,2% по сравнению с прочностью образцов без добавки микрокремнезема.

Электромикроскопические исследования структуры цементного камня с содержанием микрокремнезема 5,10,20% (мас.) приведены на рис. 1.

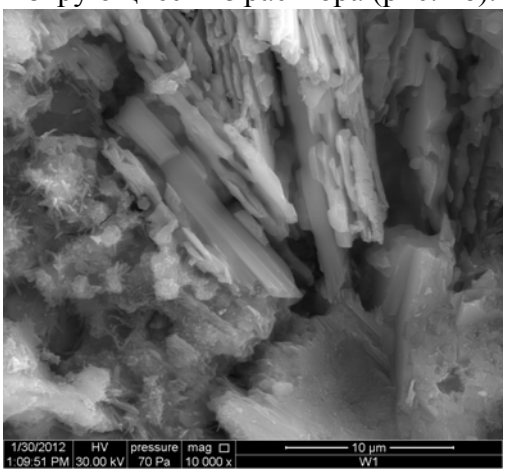


а **б** **в**

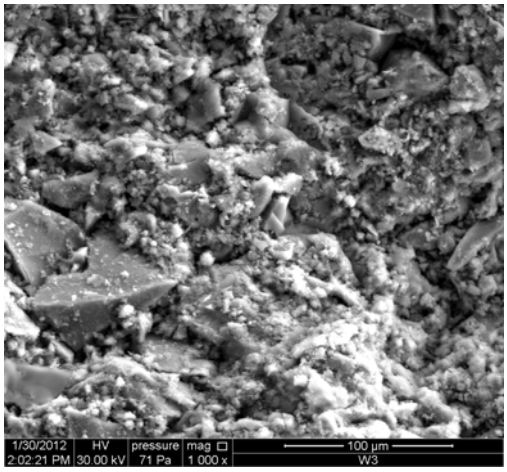
Рис. 1. Структура цементного камня с содержанием микрокремнезема 5% (а), 10% (б), 20% (в) в возрасте 7суток

Благодаря высокой удельной поверхности микрокремнезема интенсифицируется процесс гидратации с формированием C-S-H геля на его поверхности. Микрокремнезем заполняет пространство между зернами цемента и по мере гидратации вовлекается в этот процесс. Участие микрокремнезема в образовании продуктов гидратации приводит к увеличению качества мелких гелевых пор, входящих в состав кальциевосиликатного гидрогеля, а также снижает капиллярную пористость. Это приводит к увеличению плотности и прочности цементного камня.

В бетоне без микрокремнезема (рис. 2а). зона между цементным гелем и частицей заполнителя (переходная зона) из-за неплотной укладки частиц цемента у поверхности заполнителя представляет собой пространство, заполненное перенасыщенным раствором Ca(OH)2. В процессе твердения это пространство заполняют кристаллы извести, кристаллизирующиеся из раствора (рис. 2б).



а



б

Рис. 2. Переходная зона в бетоне без микрокремнезема (а) и структура бетона с содержанием микрокремнезема (б)

Вследствие этого, зона между цементным гелем и частицей заполнителя отличается от основного объема цементного геля пониженной плотностью, когезионной и адгезионной прочностью, что подтверждают данные, полученные в работе [6].

В бетоне с добавкой микрокремнезема частицы последнего заполняют межзерновое пространство более плотно по сравнению с частицами цемента, что приводит к формированию плотной и однородной структуры, в которой отсутствуют массивные кристаллы Ca(OH)2.

На втором этапе исследований изучено влияние полученного вяжущего, состоящего из 90% шлакопортландцемента и 10% микрокремнезема, на физико-механические характеристики и структуру образцов на основе мелкодисперсных отходов шлама и известняка. Вяжущее в количестве 10, 20, 30% добавляли к горной породе, смесь увлажняли до 10%-ной влажности, и прессовали образцы-цилиндры при удельном давлении прессования 30МПа.

Результаты испытаний образцов приведены в табл. 2.

Для сравнения в табл. 2 приведены результаты определения прочности образцов на чистом шлакопортландцементе.

Таблица 2

Прочность образцов в зависимости от вида и количества вяжущего

Вид мелкодисперсного отхода	Предел прочности образцов при сжатии (МПа), состав (%, мас.)					
	Отход-90%, ШПЦ-10%	Отход-90%, ШПЦ+МК-10%	Отход -80%, ШПЦ-20%	Отход-80%, ШПЦ+МК-20%	Отход -70%, ШПЦ-30%	Отход-80%, ШПЦ+МК-20%
Шлам	13,01	13,80	18,51	20,74	29,14	32,40
Известняковый отход	14,1	15,02	23,35	26,85	34,61	38,35

Результаты табл. 2 показывают, что ввод в состав вяжущего микрокремнезема в количестве 10% приводит к росту прочности образцов на 6,1-11,2% (шлам) и на 6,5-10,8% (известняковые отходы камнепиления).

Таким образом, проведенные исследования показали, что использование микрокремнезема, дает дополнительный ресурс повышения прочности прессованных образцов на основе мелкодисперсных отходов горных пород при снижении расхода цемента на 10%.

Выводы

Исследовано влияние добавки микрокремнезема на прочность прессованных образцов из шлакопортандцемента. Показано, что оптимальное количество добавки микрокремнезема в вяжущее составляет 10% (мас.), что привело к росту прочности образцов на 21,2%. Изучена микроструктура образцов и показана положительная роль микрокремнезема в формировании плотной и прочной структуры цементного камня.

Исследовано влияние вяжущего с добавкой микрокремнезема на прочность прессованных образцов на основе дисперсных отходов шлама промывки грандиоритовых отсевов и известняковых отходов камнепиления. Установлено, что ввод в состав вяжущего 10% микрокремнезема приводит к росту прочности образцов на 6-11%.

Показано, что использование микрокремнезема в сырьевой смеси дает дополнительный ресурс повышения прочности образцов при снижении расхода цемента, а также позволяет вовлечь в многотоннажное производство строительных материалов значительное количество вторичного сырья.

Список использованных источников

1. Федоркин С.И. Механоактивация вторичного сырья в производстве строительных материалов / Федоркин С.И. — Симферополь : Таврия, 1997. — 180с.
2. Гамалий Е.А. Комплексные модификаторы на основе эфиров поликарбоксилатов и активных минеральных добавок для тяжелого конструкционного бетона : дис. ... кандидата технических наук: 05.23.05 / Гамалий Елена Александровна. – Челябинск, 2009. – 217 с.
3. Эмралиева С.А. Ультрадисперсные пуццолановые добавки для гидроизоляционных растворов : дис. ... кандидата технических наук: 05.23.05 / Эмралиева Светлана Анатольевна. – Омск, 2009. – 153 с.
4. Баранова Г.П. Смешанные вяжущие на основе композиций цементов с сульфобелитоалюминатными и микрокремнеземистыми добавками : дис. ... кандидата технических наук: 05.17.11 / Баранова Галина Павловна. – Красноярск, 2004. – 157 с.
5. Теория цемента / [Мясникова Е.А., Гумен В.С., Евсютин Ю.Р. и др.] ; под ред. А.А. Пащенко. — К. : «Будівельник», 1991. — 168 с.
6. Брыков А.С. Гидратация портландцемента : [учебное пособие] / Брыков А.С. — Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2008. — 32 с.

Раздел 4.
ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, МЕХАНИКА И СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ

УДК 624.137

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ПОДПОРНЫХ СТЕН В УСЛОВИЯХ КРЫМА

Дьяков И.М. к.т.н., доцент, Мравец Д.А. аспирантка

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Рассматриваются вопросы повышения надежности работы подпорных стен в сложных инженерно-геологических условиях Крыма за счет улучшения свойств взаимодействующего с ним грунта армированием геосинтетическими материалами. Определены направления исследования.

Геосинтетические материалы, геосетки, георешетки, армирование грунта, надежность подпорных стен

Введение.

Территория Крыма обладает сложными инженерно-геологическими условиями и рельефом местности. Ее строительное освоение связано с инженерным оборудованием территорий и, прежде всего, с закреплением откосов грунта. Традиционно в качестве откосоудерживающих конструкций используются массивные, уголковые, тонкие, контрфорсные подпорные стены. В современной практике появились и начинают активно внедряться более новые методы закрепления грунтового массива и откосоудерживающие конструкции, основанные на применении геосинтетических материалов.

Геосинтетики могут использоваться как для самостоятельного закрепления откосов, так и для повышения надежности работы существующих подпорных стен. Этому способствует большое разнообразие геосинтетических материалов и возможность их применения в целях улучшения строительных свойств грунта. Наибольшее распространение геосинтетики получили в области дорожного строительства, а именно армирования основания дорожного полотна.

Существенное значение в сложных инженерно-геологических условиях Крыма играет обеспечение надежности работы подпорных стен. Большое количество аварий с подпорными стенами в условиях Южного Крыма свидетельствует о том, что не все факторы работы подпорных стен в условиях многофакторности природных и техногенных воздействия изучены. Значительную неопределенность в работе подпорных стен создают взаимодействующие с ними грунты, изменяющие свои физико-механические характеристики под воздействием воды и других факторов, склонные к сдвижению, уплотнению и т.д.

Одним из путей повышения надежности работы подпорных стен в сложных условиях Крыма может стать улучшение свойств грунтов, взаимодействующих с подпорными стенами. В качестве способов такого улучшения можно рассматривать армирование грунта геосинтетическими материалами и, прежде всего, геосетками и георешетками.

Большой вклад во внедрение геотекстиля сделан учеными институтов СоюздорНИИ профессором д.т.н. Казарновским В.Д., инженером Львовичем Ю.М., к.т.н. Полуновским А.Г., д.т.н. Рувинским В.И., РосдорНИИ к.т.н. Перковым Ю.Р., к.т.н. Фоминым А.П., ЦНИИС к.т.н. Бирюковой Л.М., Пермского политехнического института профессором д.т.н. Темофеевой Л.М., институтом "Гипротюменнефтегаз" к.т.н. Табаковым Н.В. В Европе с участием геотехнических национальных обществ ведется разработка национальных и общеевропейских строительных норм и правил по применению геосинтетических материалов (геотекстиль и георешетка).

В 2003 году в Российском обществе по механике грунтов, геотехнике и фундаментостроению (РОМГ-ГиФ) организован технический комитет по геосинтетическим материалам, который возглавляет профессор д.т.н. В.Д Казарновский. В Европе действует международное общество по геосинтетическим материалам (International Geosynthetics Societi IGS), издаются специализированные издания.

В отечественной практике акцент сделан на использование геосинтетиков, а именно геотекстиля, в дорожном строительстве, где армирование грунта основания под дорожное полотно позволяет уменьшить толщину асфальтобетонного покрытия, повысить устойчивость земляного полотна на слабых грунтах, повысить устойчивость земляного полотна на слабых грунтах и т.д.

Применение геосинтетических материалов для улучшения надежности работы подпорных стен в сложных инженерно-геологических условиях Крыма сдерживается из-за отсутствия исследований взаимодействия этих материалов с характерными для Крыма грунтами. Не изученным является и вопрос влияния армирования грунта на характер работы подпорных стен. Результаты исследования позволили бы выявить эффективность применения геосеток и георешеток с целью повышения надежности работы подпорных стен, унифицировать геосинтетические материалы с точки зрения их использования в тех или иных инженерно-геологических условиях, разработать рекомендации по расчету подпорных стен в условиях взаимодействия с армированным геосинтетиками грунтом. Немаловажным было бы и изучение вопросов экологической безопасности использования геосеток в инженерно-геологических условиях Крыма.

Цель статьи:

Рассмотреть особенности геосинтетических материалов, определить возможные пути и круг проблем их применения в сложных инженерно-геологических условиях Крыма для повышения надежности работы подпорных стен посредствам улучшения свойств окружающего грунта.

Задачи:

- проанализировать свойства геосинтетиков и опыт их использования для улучшения свойств грунтов;
- исходя из анализа опыта применения геосинтетических материалов, определить методы повышения надежности работы подпорных стен за счет армирования грунта у конструкций геосетками и георешетками;
- выявить возможные проблемы и направления исследования применения геосеток с целью повышения надежности работы подпорных стен.

Методика исследования: научный анализ и систематизация полученных данных.

Результаты исследования и их анализ

Геосинтетические материалы применяются в строительстве несколько десятков лет. Первые из них использовались как дренирующие и разделяющие прослойки. 60-е годы отмечены выпуском иглопробивных нетканых полотен, компанией "Роун-Пуленик Текстиль" во Франции. Последующие десять лет прошлого века активно развивалась геотекстильная промышленность. В Америке и Европе начали расширяться существующие и появляться новые предприятия, выпускающие геотекстиль. В этот период георешетки и геосетки впервые были использованы для повышения несущей способности грунтов при помощи армирования массива полосами геосинтетиков. С развитием химической промышленности для армирования массива грунта стали применять нетканые геотекстили, а в последующем и высокопрочные синтетические геоткани и геосетки.

Для сопротивления эрозионным процессам почв первоначально использовались сотовые конструкции из полиэтилена, геотекстили и георешетки. Позже появились специальные противоэрозионные маты, моделирующие корневую систему растений и защищающие поверхности откосов грунта.

В строительной практике применение геосинтетических материалов стремительно растет. Они используются в дорожном, гидротехническом, экологическом, подземном

строительстве, а так же для стабилизации эрозионных процессов грунтов. Это связано с увеличением уровня сложности и ответственности архитектурных и строительных решений в особых инженерно-геологических условиях, нарастающим процессом урбанизацией регионов и повышением плотности застройки. В этих условиях возникает необходимость применения новых технологий, материалов и конструкций, обеспечивающих повышение надежности и безопасности строительства [1].

Геосинтетические материалы все чаще применяются при строительстве в сложных инженерно-геологических условиях Крыма для повышения несущей способности оснований путем его армирования. В ряде случаев они позволяют отказаться от замены грунтов или устройства свайных фундаментов в пользу фундаментов мелкого заложения.

При строительстве на техногенных грунтах, характеризующихся значительной неоднородностью физико-механических свойств, возможным наличием пустот, использование геосинтетиков дает возможность предотвратить суффозионные процессы и повысить надежность конструкций. Эффект армирования геосинтетиками также широко используется при строительстве грунтовых подпорных сооружений и закреплении откосов грунта с углом заложения выше нормативного, что в ряде случаев служит альтернативой бетонным и каменным подпорным стенам. Такие решения имеют существенные технические преимущества и являются экономически выгодным при производстве работ в стесненных условиях городской застройки.

Армирование грунта геосинтетическими материалами позволяет повысить его несущую способность за счет восприятия растягивающих усилий, возникающих в грунтовом массиве. Геосинтетики обладают хорошей способностью к удлинению и сокращению длины после снятия растягивающих напряжений, высокой разрывной нагрузкой, большой гибкостью и способностью выдерживать точечные нагрузки с сохранением исходных размеров. Передача усилий на армирующие элементы достигается через касательные напряжения в геосинтетике, возникающие на контакте геосинтетического материала и грунта. Чем выше значения предельных касательных напряжений контакта (контактная прочность), тем более полно проявляется эффект армирования [2].

В геотехнике наибольшее распространение геосинтерические материалы получили в дорожном строительстве и гидротехнических сооружениях. Преимущественно они используются для армирования грунта под дорожным полотном и армирования самого полотна. Среди основных преимуществ армирования, разработчики данного решения отмечают эффекты повышения надежности работы основания и дорожного полотна при динамических воздействиях, воздействии воды, локальных деформаций грунта и действия сосредоточенных нагрузок.

В связи с тем, что геосинтетические материалы применяются в геотехнике и являются составными элементами природных или техногенных грунтовых массивов, важна их классификация по водопроницаемости. От водопроницаемости геосинтетиков, укладываемых в грунт, могут зависеть гидравлические свойства сооружения, гидравлический режим основания и грунтового массива. Изменение гидравлического режима, неизбежно приводит к изменению прочностных и деформационных характеристик грунтов, что, в свою очередь, определяет надежность сооружения. Выделяют три класса геосинтетиков: водопроницаемые, водонепроницаемые и геокомпозиционные.

Первый класс водопроницаемых геосинтетических материалов разделен на две группы. Это геотекстили и геотекстильподобные материалы. Геотекстили - материалы, изготавливаемые с использованием текстильных технологий с применением ткацких, вязальных, швейных станков. Группа геотекстилей разделяется на виды в зависимости от способа текстильного производства, например, геотекстили нетканые, вязаные, тканые. Геотекстильподобные материалы - это материалы, которые не могут быть классифицированы, как геотекстили. При их производстве применяются не только способы текстильной промышленности, но и другие методы обработки пластических масс.

Скрепление отдельных элементов, образующих геосинтетический материал, достигается путем привязывания, сварки (термической, лазерной), или они являются цельными элементами. К ним относятся георешетки, геосетки, геоматы.

Второй класс - водонепроницаемые геосинтетики представлен двумя группами - геомембранами и глиноматами. Такое разделение на группы обусловлено технологией производства геосинтетических материалов, которая определяет их качественные особенности. Геомембраны - это рулонные материалы, изготовленные из синтетических полимеров или битумов, вид которых определяется в зависимости от способа производства и состава сырья. Глиноматы – материалы заводского производства, состоящие из природных глин. Они делятся на виды в зависимости от используемого сырья и способа изготовления.

Третий класс – геокомпозитные материалы. Геокомпозиты – это комбинация нескольких геосинтетических продуктов, соединенных друг с другом в заводских условиях. Состав такого композита зависит от цели его применения [3].

Разнообразие классов, групп и типов геосинтетических материалов обусловлено применением их для определенных инженерно-геологических условий и целей использования. Из всего разнообразия геосинтетических материалов для целей армирования грунта, взаимодействующего с подпорными стенами, наибольший интерес по нашему мнению представляют геосетки и георешетки, как материалы, имеющие максимальную водопроницаемость. Геосетки и георешетки, как правило, классифицируются по способу производства, материалу, размерам ячеек, сечению нитей, физико-механическим характеристикам.

В инженерно-геологических условиях Крыма, в связи со сложным строением грунтовой толщи, в каждом конкретном случае возникает вопрос о возможности и целесообразности применения геосинтетиков в целом и определенного их вида – в частности. Это обусловлено значительным разбросом физико-механических, прочностных и других характеристик слоев грунта в грунтовой толщи.

В районах Южного Крыма для средней части склона нередко характерен двух - или трехслойный разрез толщи, в составе которой сверху вниз выделяются: желто-бурые известковистые суглинки с включением обломков карбонатных и флишевых пород.

В толще суглинков и глин на разных уровнях прослеживаются прослои и линзы грубообломочного материала. На контакте с этими прослоями, в пределах которых породы, как правило, водонасыщены, вмещающие их глинисто-суглинистые породы обычно имеют мягко- или текучепластичную консистенцию. Они представляют собой зоны ослабления склона - фактические или потенциально возможные зоны оползневого смещения.

Пестрый литологический состав толщи и, в частности, наличие в них обогащенных грубообломочным материалом прослоев, обусловливает неоднородность фильтрационных свойств и своеобразный характер обводнения этой толщи, когда основное количество воды движется по прослоям грубообломочных пород. Но поскольку эти прослои, как правило, связаны между собой, то фильтрующиеся сквозь оползневую толщу подземные воды нередко образуют единую гидравлически связанную систему и оказывают на оползневую толщу гидродинамическое и гидростатическое давление, существенно снижающее коэффициент устойчивости оползневых склонов.

Многоуровневый литологический состав толщи склоновых накоплений, обводнение и оползневое смещение затрудняет выбор геосинтетического материала для защиты склона от обрушения и снижения неопределенности работы подпорных стен. Крупнообломочный материал, заполняя ячейки геосинтетиков, способствует нарушению их фильтрационной способности. Различная степень обводненности территории на небольшом участке местности усложняет процесс подбора армирующего материала, а наличие оползневого давления требует проведение дополнительных исследований геосинтетических материалов на восприимчивость к действию растягивающих усилий.

В связи с этим, появляется необходимость в:

определении возможности геосинтетических материалов сопротивляться большому сдвиговому и оползневому давлению;

унификации применения определенного вида геосинтетических материалов для конкретных типа грунтового напластования в условиях Крыма;

исследовании возможности применения геосинтетиков при наличии на территории суффозионных и карстовых процессов;

выявлении степени негативного влияния геосинтетиков на окружающую среду;

исследовании возможности использования геосинтетиков в агрессивных средах и воде, которые характерны для инженерно-геологических условий Крыма;

разработке методики расчета геосинтетиков для применения в инженерно-геологических условиях Крыма.

Из анализа использования геосинтетиков в дорожном и гидротехническом строительстве можно предположить, что, для повышения надежности работы подпорных стен, можно использовать следующие схемы армирования грунта геосинтетическими материалами:

армирование грунта засыпки (рис.1,а);

армирование грунта основания в зонах пластических деформаций (рис.1,б).

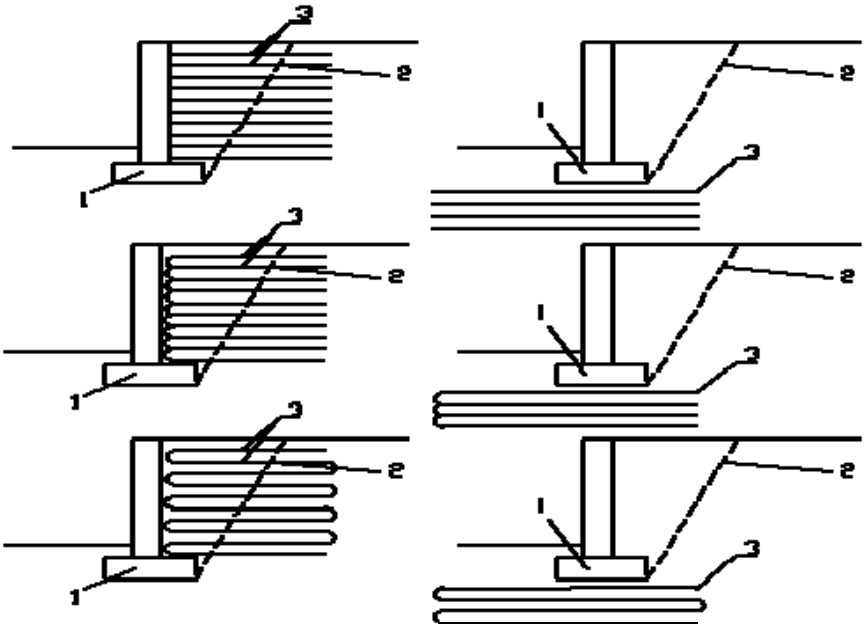


Рис.1. Возможные схемы армирования грунта геосинтетическими материалами: а) - армирование грунта засыпки; б) - армирование грунтового основания: 1- подпорная стена; 2 – граница призмы обрушения; 3 – геосинтетики

Армирование грунта засыпки должно создать эффект связного грунта, изменив нагрузки на подпорную стену. При этом должно снизиться влияние на давление на подпорную стену увлажнения грунта, сдвижения наклонных пластов грунта.

Армирование грунта основания в зонах пластических деформаций позволит увеличить несущую способность грунта под краевыми зонами подошвы фундаментов подпорных стен, снизить ее зависимость от увлажнения, повысив, таким образом, надежность работы сооружения на опрокидывание. Попутно снизится неравномерность осадок и деформации подпорной стены по ее длине. Вместе с тем армирование должно быть выполнено материалами, не снижающими устойчивость подпорной стены на сдвиг.

Возможны следующие виды армирования грунта засыпки:

Горизонтальное армирование (рис.1, а);

Армирование по типу устройства подпорных стен из геотекстиля

Безразрывное армирование, повышающее качество анкеровки геосеток;

Варьироваться в данных видах армирования могут:

Характеристики самой геосетки или георешетки (прочностные и деформационные характеристики, размер ячейки);

Вертикальный шаг сеток;

Длина анкеровки сеток;

В планируемых экспериментальных исследованиях предполагается выявить следующие факторы:

Влияние армирования грунта геосетками и георешетками на работу подпорных стен на сдвиг и опрокидывание при различных видах армирования и параметрах геосинтетиков;

Степень обеспечения надежности работы подпорных стен с армированным грунтом при увлажнении грунта и других воздействиях на него;

Влияние вида грунта на эффект повышения надежности работы подпорных стен посредствам армирования геосетками и георешетками и др.

В экспериментальной части исследований предполагается использовать модели массивных и уголковых подпорных стен. Первоначально исследования будут проводиться на песчаных грунтах средней крупности.

Выводы:

Крымский регион обладает особыми инженерно-геологическими условиями, сложным рельефом местности, наличием деструктивных процессов, что обусловливает использование большого количества подпорных стен при строительном освоении территорий. В современной практике появились и активно используются более новые способы закрепления грунтового массива с применением геосинтетических материалов. Геосинтетики могут использоваться как для самостоятельного закрепления откосов, так и для повышения надежности работы существующих подпорных стен.

Большое количество аварий подпорных стен в сложных инженерно-геологических условиях Крыма повышает актуальность разработок по обеспечению надежности работы откосоудерживающих сооружений. Значительную неопределенность в работе подпорных стен создают взаимодействующие с ними грунты, изменяющие свои физико-механические характеристики под воздействием воды и других факторов, склонные к сдвижению, уплотнению и т.д. Одним из перспективных направлений повышения надежности работы подпорных стен может стать улучшение свойств грунта, взаимодействующего с конструкцией, путем его армирования геосинтетическими материалами – геосетками и георешетками. Для этого необходимо проведение исследований взаимодействия геосинтетических материалов с грунтом в инженерно-геологических условиях Крыма и определение эффективности их использования для улучшения свойств грунта.

Из опыта применения геосинтетических материалов в дорожном строительстве можно сделать вывод о возможности повышения надежности работы подпорных стен путем армирования, взаимодействующего с ними грунта. Вместе с тем эффективность такого армирования можно установить только экспериментальным путем. В процессе экспериментальных исследований должны быть выявлены такие факторы, как целесообразные схемы армирования грунта, влияние шага и типа, устанавливаемых геосеток или георешеток на надежность работы подпорных стен и др. Так же необходима разработка метода расчета подпорных стен с учетом армирования грунта геосетками.

Список использованных источников

1. Щербина Е.В. Геосинтетические материалы в строительстве: Монография. – М.: Издательство АСВ, 2004.- 112с., ил.
2. Добров Э.М. Механика грунтов: учебник для студ. Высш. Учеб. Заведений/ Э.М. Добров. - М.: Издательский центр «Академия»,2008. – 272с.
3. Тимофеева Л.М. Армирование грунтов, теория и практика применения. – Пермь.: Перм. Политехн. Ин-т, 1991. – 478 с.

Раздел 5.
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 656.7.025:53

СТРУКТУРНО-ЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ОРГАНИЗАЦИИ МОНТАЖНО-ДЕМОНТАЖНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕРТОЛЕТА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Балакчина О.Л., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Статья посвящена вопросам повышения эффективности монтажно-демонтажных работ с использованием вертолета при реконструкции промышленных зданий. Проведен анализ производственного процесса монтажно-демонтажных работ для поиска резервов сокращения времени выполнения этих работ. Предложена структурно-логическая модель возможных вариантов протекания монтажно-демонтажных работ с применением вертолета, установлена структура и взаимосвязь отдельных элементов организации технологического и изученного процесса. Статья заинтересует научных, инженерно-технических работников, и студентов технических вузов.

реконструкция, строительство, замена плит покрытия, монтаж, демонтаж, вертолет

Введение.

При реконструкции предприятий металлургической промышленности большой объем работ приходится на монтаж и демонтаж конструкций покрытия. Реконструкция может производиться без остановки, с частичной остановкой или полной остановкой основного производства. По возможности реконструкция предприятия должна быть организована без остановки основного производства. В следствие чего приходится совмещать строительно-монтажные работы с технологической деятельностью реконструируемого предприятия, что нарушает нормальную организацию строительно-монтажных работ и зачастую затрудняет применение средств механизации. Демонтажно-монтажные работы довольно сложно механизировать, это связано с параметрами внешней и внутренней стесненности реконструируемого объекта. Поэтому на небольших участках цеха, в местах плотной застройки и недоступных для подхода и установки традиционных грузоподъемных средств, реконструкцию действующих предприятий целесообразно производить вертолетами. Однако из-за высокой стоимости летного часа сдерживается применение вертолетных технологий.

Анализ публикаций.

Проблемы повышение эффективности производства монтажно-демонтажных работ в условиях реконструкции отражены в таких фундаментальных работах, как справочник «Реконструкция промышленных предприятий» [8] под редакцией В.Д. Топчия. Дальнейшее развитие этой теории, применительно к вертолетному монтажу, получило в трудах известных ученых: Белякова Ю.И., Снежко А.П. [2], Гончаренко Д.Ф., Торкатюк В.И. [3], Давыдова В.А. [4], Несеври П.И. [5], Березюк А.Н., Шаленный В.Т., Дикарев К.Б [7], Шагин А.Л., Бондаренко Ю.В. [9]. Большой вклад в продвижение вертолетных технологий внесла научно-исследовательская вертолетная фирма «Аэроспецмонтаж» во главе с директором Козловским Л.К [10]. Также в разработку современных методов выполнения монтажно-демонтажных работ (МДР) с использованием вертолета внесли известные

российские ученые, такие как Козловский В.Б., Паршенцев С.А., Ефимов В.В. [6], Барон Р.И. [1]. Работа этих специалистов и коллективов направлена на поиск новых конструктивных решений по созданию технических средств и технологий для проведения работ с использованием вертолетов.

Однако на Украине широкого применения вертолетные технологии, из-за высокой себестоимости работ, не нашли. Себестоимость работ, выполняемых вертолетом, является общепризнанным критерием эффективности его применения. Снижение себестоимости работ можно добиться путем сокращения времени выполнения работ с использованием вертолета.

Цель и постановка задачи исследований.

Целью данной работы является повышение эффективности монтажно-демонтажных работ с использованием вертолета путем сокращения времени его использования.

Достижения поставленной цели можно добиться за счет анализа и моделирования производственного процесса монтажно-демонтажных работ для поиска резервов сокращения времени выполнения этих работ.

Отсюда вытекает задача создания структурно-логической модели возможных вариантов протекания цикла, что и является основным содержанием данной работы.

Методикой исследования является анализ, декомпиляция и синтез, а затем - моделирование монтажно-демонтажного процесса с использованием вертолета при реконструкции покрытия промышленных зданий.

Результаты и их анализ.

На основе выше представленного анализа и производственного опыта проектирования технологических процессов, полученного в фирме «Аэроспецмонтаж», в 1996 – 2003 годах, сформирована структурно-логическая схема возможных вариантов протекания монтажно-демонтажных работ, представленная на Рис. 1.

Как видно из рисунка, производственный процесс всегда можно разделить на шесть основных этапов: подготовительный, демонтажный, подготовительно-заключительный, монтажный, заключительный и устройство собственно кровельного покрытия. На схеме (Рис. 1) под аббревиатурой НПП подразумевается – несущая панель покрытия, которую в технологическом процессе заменяют на СЩП – стальной щит покрытия.

Особое внимание должно уделяться организационно-техническому проектированию и детальной проработке всех вопросов проекта производства работ (ППР). При разработке ППР особое внимание следует уделить подготовительным работам. Как показывает опыт, практически все подготовительные работы, направлены на снижение затрат летного времени вертолета и повышение его загрузки. Само собой разумеется, что все работы первого этапа должны, завершиться полностью (или частично) до момента взлета вертолета.

В подготовительный период должны быть выполнены работы по:

- подготовке проектной документации (1.1);
- устройству взлетно-посадочной и грузовой площадок, либо посадочно-грузовой площадки (1.2);
- разработке и изготовлению специальной оснастки (1.3);
- размещению пункта заправки вертолета и организации доставки топлива в этот пункт (1.4, 1.5);
- комплектование и обучение наземных бригад (1.6);
- доставке и подготовке монтируемых конструкций вертолетом (1.7);
- подготовительные работы на самом реконструируемом объекте (1.8 – 1.14).

Выбор размеров взлетно-посадочной и грузовой площадок, место размещения пункта заправки производится одновременно с выбором транспортной схемы

монтажа и демонтажа конструкций объекта реконструкции, марки вертолета, технологии и организации производства работ.

Также для сокращения летного времени на втором этапе следует заранее подготовить максимально возможное количество НПП к демонтажу и транспортировке к месту складирования. При разборке покрытий из железобетонных плит предварительно по их периметру разрезается слой кровельного материала (1.7), вырубаются стяжки (1.8), утеплитель (1.9) и заделка в швах (1.10). У закладных частей места стыков расчищаются для последующего срезания сварных швов (1.11). После разъединения плит от ферм или балок они снимаются вместе с утепляющим и кровельным слоями. Стропуют через пробиваемые отверстия, в обхват (1.13).

Второй этап – демонтажный цикл состоит из следующие основных операций: взлет (2.1 – 2.3); полет к месту демонтажа (2.4, 2.5); снижение до высоты выполнения работ и контрольное зависание (2.6), строповка (2.7), отрыв демонтируемой НПП (2.8); полет с места демонтажа к месту складирования конструкции (2.9 – 2.13) и ее расстроповка (2.14 – 2.15); полет за следующей демонтируемой НПП (2.16, 2.17 и 2.6).

Усложняет демонтажный процесс то, что перед началом работ часто отсутствуют достоверные данные о весе демонтируемой НПП, неизвестно ее техническое состояние и способность дополнительно выдержать воздушный поток от несущего винта вертолета. Поэтому до строповки наиболее поврежденные НПП усиливают. А это иногда существенно корректирует весь технологический процесс.

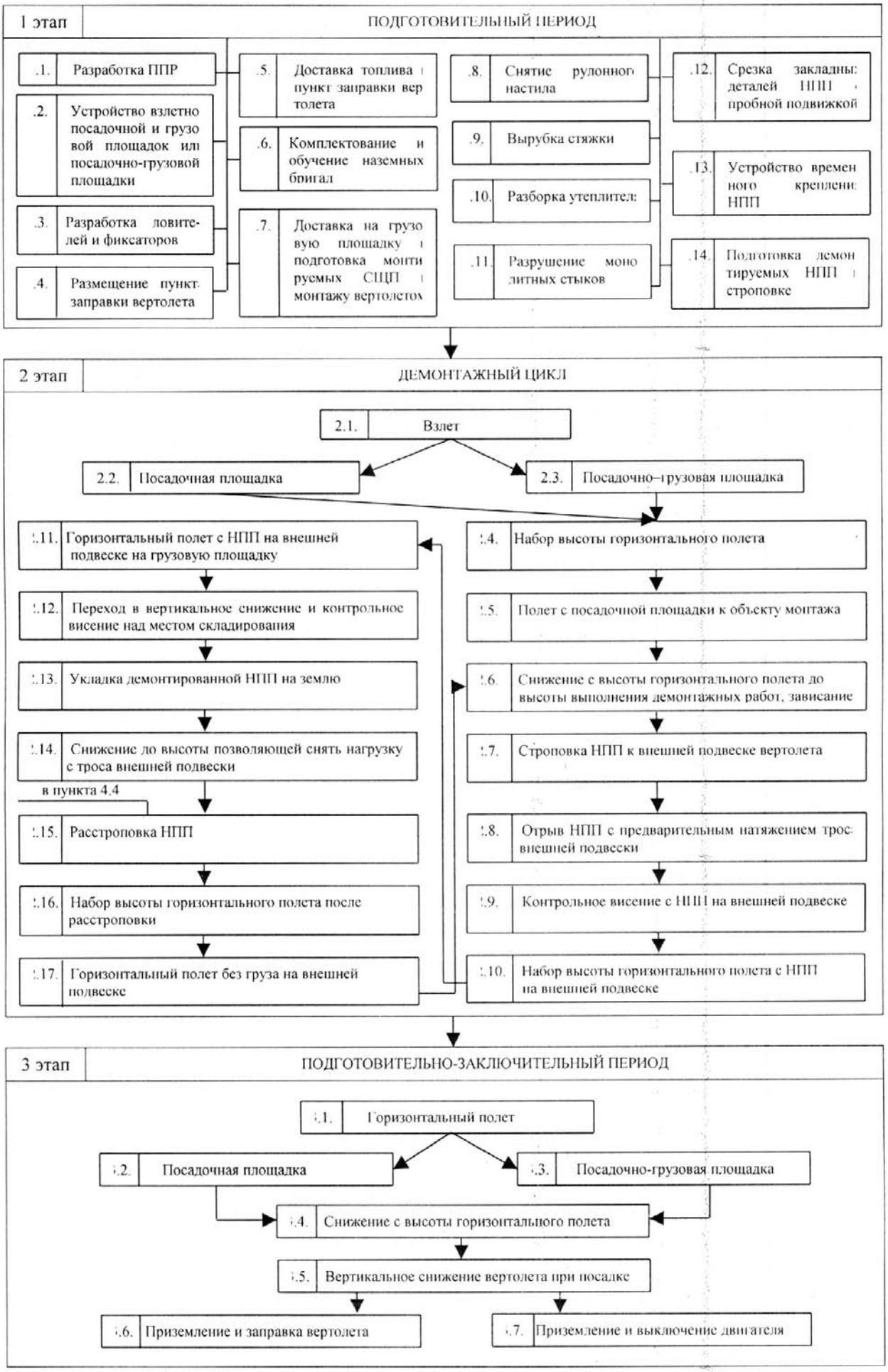
Подготовительно-заключительный – этап включает в себя полет на посадочную площадку для завершения демонтажного цикла, либо на заправочную площадку для дозаправки топливом и продолжения этого цикла (3.6 и 3.7).

Четвертый этап - это монтаж новых конструкций на место ранее демонтированных. Его последовательность аналогична работам демонтажного цикла. Только вместо НПП монтируют СЩП, чаще всего имеющие намного меньшийсобственный вес. На этом этапе сокращение летного времени можно достигнуть, если на грузовой площадке произвести строповку сразу нескольких СЩП (4.7) с доставкой их на объект реконструкции (4.17) с целью складирования на готовой части покрытия. Тогда при монтаже СЩП вертолет не тратит время для полетов на грузовую площадку для строповки нового СЩП, а работает над объектом.

После четвертого этапа, аналогично как и после второго, определенное время тратится на непроизводственные потери, связанные с эксплуатацией вертолета. Вертолет производит посадку для дозаправки(5.6) или посадка (5.7) после окончания полного монтажного цикла, вследствие чего он вынужденно покидает объект реконструкции (5.8).

Последним этапом является устройство кровельного покрытия, при котором присутствие вертолета не требуется.

Представленная структурно-логическая схема в общем виде показывает организацию демонтажно-монтажного цикла с использованием вертолета при реконструкции с заменой элементов покрытия. Она необходима для того, чтобы выяснить структуру и взаимосвязь отдельных элементов организации технологического процесса и поиска на этой основе резервов сокращения как общего цикла, так и его отдельных составляющих. Наличие такой модели позволяет приступить к исследованию и рационализации составляющих этого цикла. Такая работа предполагается в будущем и, в итоге, позволит создать технологический регламент демонтажно-монтажного процесса с улучшенными технико-экономическими показателями.


1 этап
ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД
.1. Разработка ППР
.2. Устройство взлетно посадочной и грузовой площадок или посадочно-грузовой площадки
.3. Разработка ловителей и фиксаторов
.4. Размещение пункта заправки вертолета
.5. Доставка топлива в пункт заправки вертолета
.6. Комплектование и обучение наземных бригад
.7. Доставка на грузовую площадку и подготовка монтируемых СЦП к монтажу вертолетом
.8. Снятие рулонного настила
.9. Вырубка стяжки
.10. Разборка утеплителя
.11. Разрушение монолитных стыков
.12. Срезка закладных деталей НПП с пробной подвижкой
.13. Устройство временного крепления НПП
.14. Подготовка демонтируемых НПП к строповке
2 этап
ДЕМОНТАЖНЫЙ ЦИКЛ
2.1. Взлет
2.2. Посадочная площадка
2.3. Посадочно–грузовая площадка
2.4. Набор высоты горизонтального полета
2.5. Полет с посадочной площадки к объекту монтажа
2.6. Снижение с высоты горизонтального полета до высоты выполнения демонтажных работ, зависание
2.7. Строповка НПП к внешней подвеске вертолета
2.8. Отрыв НПП с предварительным натяжением тросов внешней подвески
2.9. Контрольное висение с НПП на внешней подвеске
2.10. Набор высоты горизонтального полета с НПП на внешней подвеске
2.11. Горизонтальный полет с НПП на внешней подвеске на грузовую площадку
2.12. Переход в вертикальное снижение и контрольное висение над местом складирования
2.13. Укладка демонтированной НПП на землю
2.14. Снижение до высоты позволяющей снять нагрузку с троса внешней подвески
в пункта 4.4
2.15. Расстроповка НПП
2.16. Набор высоты горизонтального полета после расстроповки
2.17. Горизонтальный полет без груза на внешней подвеске
3 этап
ПОДГОТОВИТЕЛЬНО-ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД
3.1. Горизонтальный полет
3.2. Посадочная площадка
3.3. Посадочно-грузовая площадка
3.4. Снижение с высоты горизонтального полета
3.5. Вертикальное снижение вертолета при посадке
3.6. Приземление и заправка вертолета
3.7. Приземление и выключение двигателя

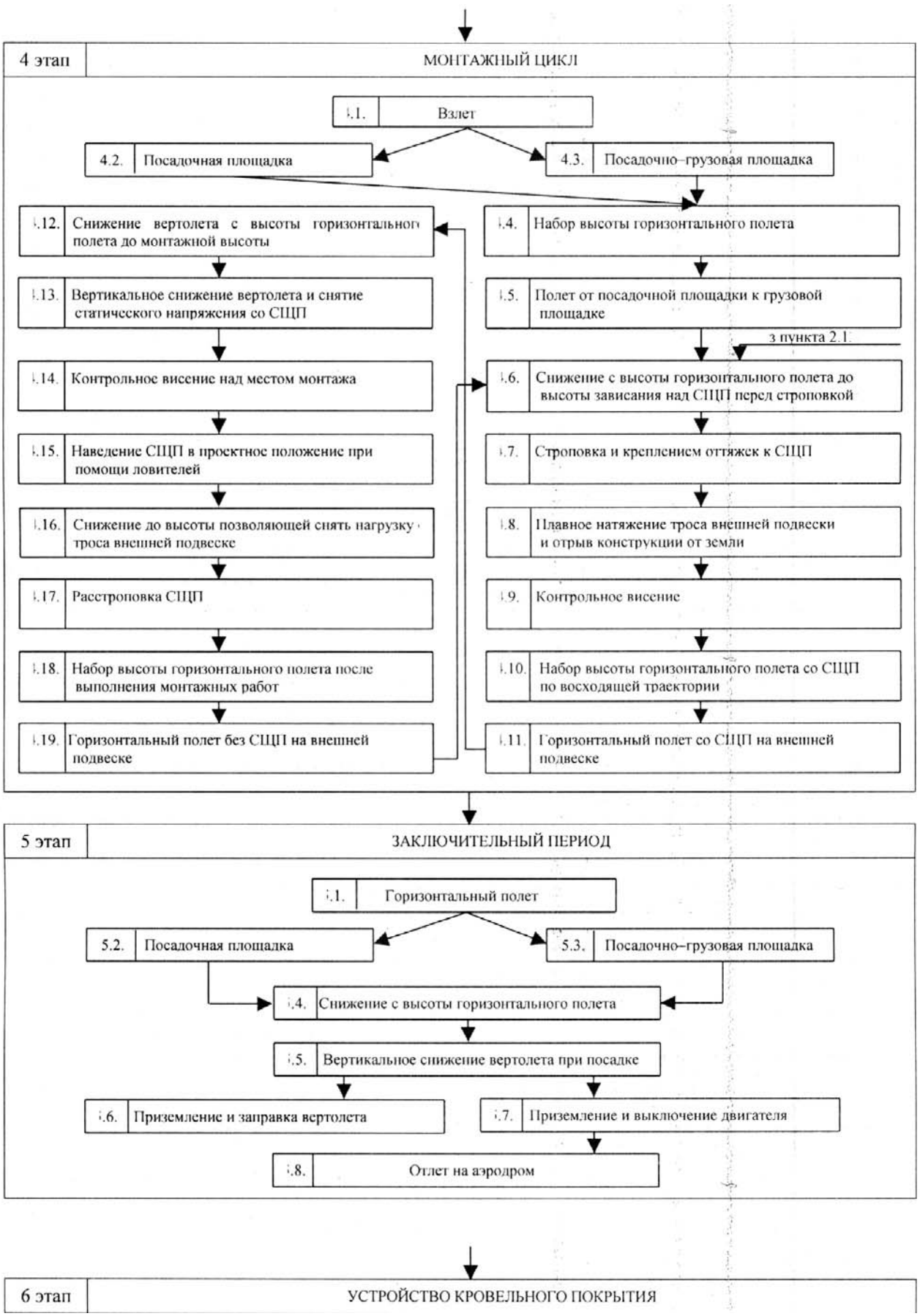


Рис. 1. Структурно-логическая схема исследования технологического процесса монтажно-демонтажного цикла

Выводы

1. При использовании вертолета для достижения эффективности выполнения демонтажно-монтажных работ целесообразно уделить больше внимания организационно-технологическому проектированию и подготовительным работам.

2. Все площадки должны находится на минимальном расстоянии от объекта реконструкции и по-возможности объединены. При этом снижение стоимости вертолетного монтажа достигается за счет сокращения числа его холостых перелетов

3. До взлета вертолета должно быть выполнено максимально большое количество операций в подготовительный период.

4. Для обеспечения бесперебойной работы вертолета следует иметь в наличие запас подготовленных конструкций к демонтажно-монтажному циклу.

5. Результативность применения вертолета достигается увязкой наземных и воздушных операций.

Список используемых источников

1. Барон Р.М., Макаров К.Н. Производство монтажных работ с помощью вертолетов. - М.: Стройиздат, 1984. – 124 с.
2. Беляков Ю.И., Снежко А.П. Реконструкция промышленных предприятий. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1988. – 256 с.
3. Гончаренко Д.Ф., Торкатюк В.И., Кобзев И.М. Реконструкция промышленного здания с использованием вертолета МИ-10К// Пром. стр-во, 1984. - №8. – С.40-41.
4. Давыдов В.А. и др. Монтаж конструкций реконструируемых промышленных предприятий / В.А. Давыдов, А.Я. Конторчик, В.А. Шевченко. – М.: Стройиздат, 1987. – 208 с.
5. Несевря П.И. «Обоснование выбора метода замены плит покрытия при реконструкции одноэтажных промышленных зданий»: Дисс. на соискание уч. степ. канд. техн. наук. – Днепропетровск, 1991. - 125 с
6. Козловский В.Б., Паршенцев С.А., Ефимов В.В. Вертолет с грузом на внешней подвеске. Научное издание. – М.: Машиностроение / Машиностроение – Полет, 2008. – 304 с.
7. Реконструкція промислових та цивільних будівель. Навчальний посібник / А.М. Березюк, В.Т. Шаленний, К.Б. Дікарев, О.О. Кириченко. ПДАБА, 2010. – м. Дніпропетровськ, ТОВ «ЕНЕМ», 2010. – 184 с.
8. Реконструкция промышленных предприятий. В 2т. Т2 / В.Д. Топчий, Р.А. Гребенник, В.Г. Клименко и др.; Под ред. В.Д. Топчия, Р.А. Гребенника. – М.: Стройиздат, 1990. – 623 с. – (Справочник строителя).
9. Реконструкция зданий сооружений / А.Л. Шагин, Ю.В. Бондаренко, Д.Ф. Гончаренко, В.Б. Гончаров: Под ред. А.Л. Шагина: Учеб. пособие для строит. спец. вузов. – М.: Высш. школа, 1991. – 352 с.
10. 1Скоков А.М., Козловский Л.Н., Гринюк О.Л. Опыт использования вертолета Ми-8мт для монтажа и демонтажа плит покрытия //Будівництво України, 1998, №1, С.31-32.

УДК 691.3(075)

ОБОСНОВАНИЕ И ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ КОНСТРУКЦИИ РАЗБОРНО-ПЕРЕСТАВНОЙ ОПАЛУБКИ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО БЕТОНИРОВАНИЯ МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

Сеник И.С., Шаленный В.Т., Бицоева О.А.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства,

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

В данной работе рассмотрены вопросы бетонирования многоступенчатых ленточных фундаментов в процессе реконструкции, предложены пути повышения эффективности производства работ за счет применения новой конструкции мелкощитовой разборно-

переставной опалубки, произведена ее сравнительная оценка по продолжительности и трудоемкости производства железобетонных работ.

опалубка, технология, последовательность, продолжительность, трудоемкость.

Введение

Повышение эффективности железобетонных работ в настоящее время остается достаточно актуальной задачей. Такое повышение эффективности возможно, в том числе, и за счет совершенствования конструкции опалубок, что и рассматривается в данной работе.

Анализ публикаций

В настоящее время на рынке Украины предлагается большое количество опалубок ведущих фирм, таких как: Peri, Doka, Будмайстер и другие [1]. Они отличаются конструктивными решениями, материалами, элементами крепления. Эти опалубки подрядные организации используют как для нового строительства, так и для реконструкции при возведении стен, фундаментов и других конструкций. Нормативные трудозатраты, а через них и сроки возведения конструкций с использованием этих опалубок, на сегодня, в Украине, можно определить с помощью РЭСН (Ресурсные элементные сметные нормы) [2], а затем ДСТУ [3].

Реконструкция объектов очень часто характеризуется относительно небольшими объемами работ, сосредоточенными в определенных местах, что оценивается показателями стесненности. К примеру, в нашей работе рассматривается 4-х этажное здание торгового назначения, расположенное по адресу г. Симферополь, ул. Кирова, 78. Проектом его реконструкции предполагалось увеличение торговых площадей путем пристройки фасадной и дворовой частей здания, а также увеличение этажности здания. При этом необходимо было выполнить устройство новых ленточных фундаментов под каркас этих пристроек [4].

Если осуществлять бетонирование запроектированных фундаментов с использованием известных опалубочных систем, то необходима поэтапная установка опалубки на каждую ступень с последующей укладкой бетонной смеси, и только после достижения необходимой прочности бетона – установка опалубки следующей ступени фундамента. В связи с относительно небольшим количеством таких фундаментов, использование стандартной опалубки предполагало ее установку на все фундаменты с последующим бетонированием и выдержкой бетона в каждой ступени. Таким образом, технологически необходимые перерывы в производстве работ на набор прочности составляли бы существенную часть общего срока производства работ, что ухудшает все технико-экономические показатели (ТЭП) технологии реконструкции объекта.

Цель и задачи исследований

Цель работы – повышение эффективности производства железобетонных работ по бетонированию запроектированных ленточных фундаментов из нескольких ступеней при реконструкции путем совершенствования конструкции опалубки таким образом, чтобы можно было полностью установить всю опалубку, а затем забетонировать её на всю высоту и после выдержки – произвести распалубку. За счет чего предполагалось сократить общий срок устройства многоступенчатых монолитных фундаментов.

Исходя из поставленной таким образом цели, необходимо решить следующие задачи:

Проанализировать состояние вопроса применения современных опалубок. Определиться с направлением их совершенствования для условий реконструкции ступенчатых фундаментов;

Разработать и запатентовать новую конструкцию опалубки для бетонирования всех ступеней фундамента без перерывов на твердение;

Произвести вычислительные эксперименты для оценки эффективности предложенной конструкции опалубки на конкретном объекте реконструкции.

Методика исследований

Для формирования предложений по разработке и использованию новой конструкции опалубки применялись следующие методы исследований:

Анализ существующих конструкций опалубки по научно-технической и патентной литературе [5], [6], с учетом сведений из интернета [7], [8], [9];

Декомпозиция и синтез при разработке новой конструкции опалубки;

Моделирование комплекса технологических процессов железобетонных работ для определения технико-экономических показателей по возможным вариантам реализации новой технологии реконструкции.

Вычислительные эксперименты выполнялись на примере реконструкции здания торгового центра с двусторонней многоэтажной пристройкой и надстройкой по упомянутому выше адресу в г. Симферополь. Учитывая стесненность и объемы реконструкционных работ по устройству новых фундаментов пристройки, принята разбивка пристроек на три захватки и технология укладки бетона по схеме «автобетоновоз – поворотный бункер (V=1 м3) - автомобильный кран – опалубка» (Рис.1).

Запроектированные ленточные фундаменты из двух ступеней и подколонной части мы предложили бетонировать при помощи оригинальной конструкции опалубки, позволяющей осуществить его без остановки для набора прочности. Сущность конструкции предложенной опалубки поясняется схемами на Рис.2.

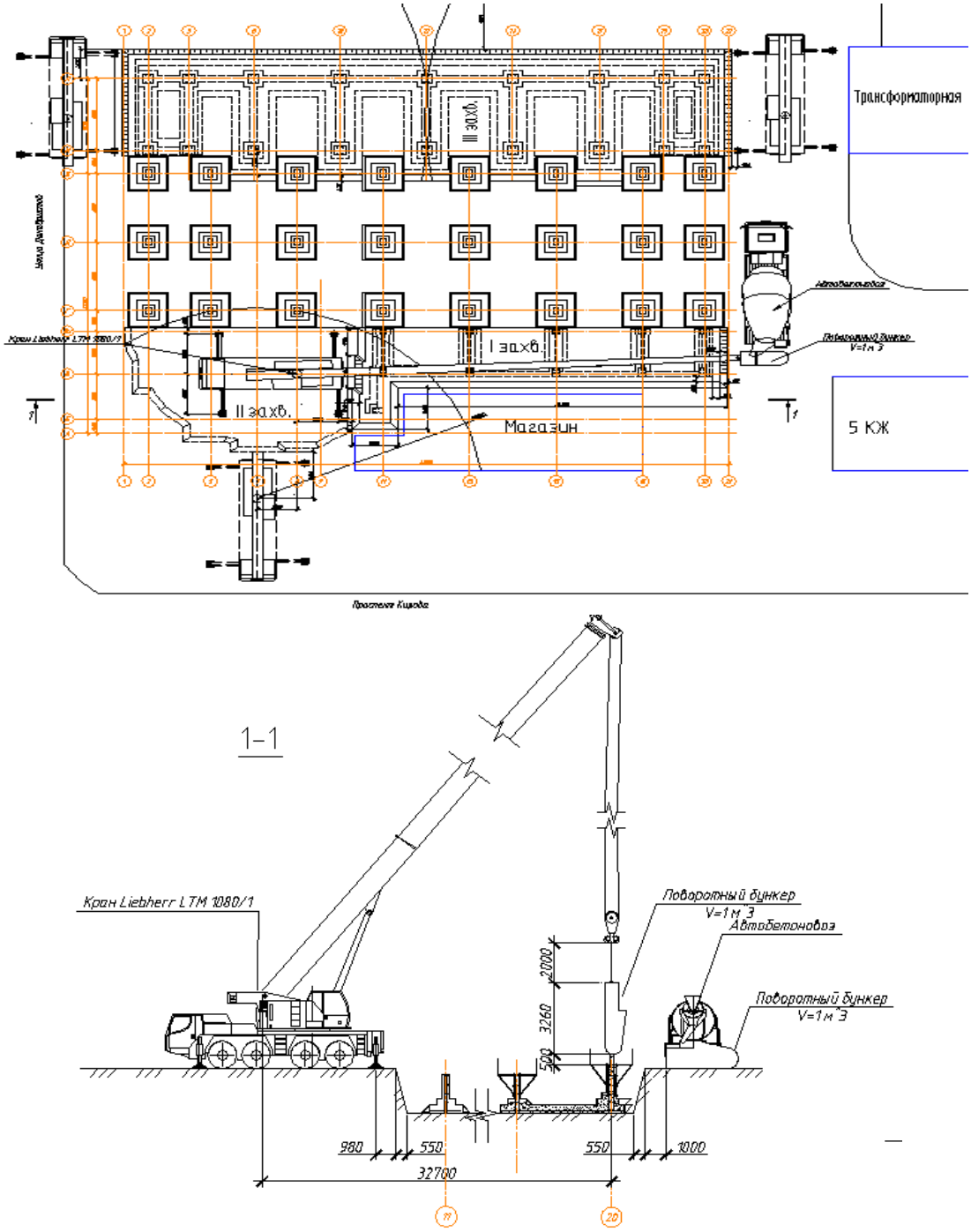


Рис.1. Организационно-технологическая схема производства железобетонных работ по устройству фундаментов пристроек:
а) – план с разбивкой на захватки и привязкой крана; б) – разрез 1-1

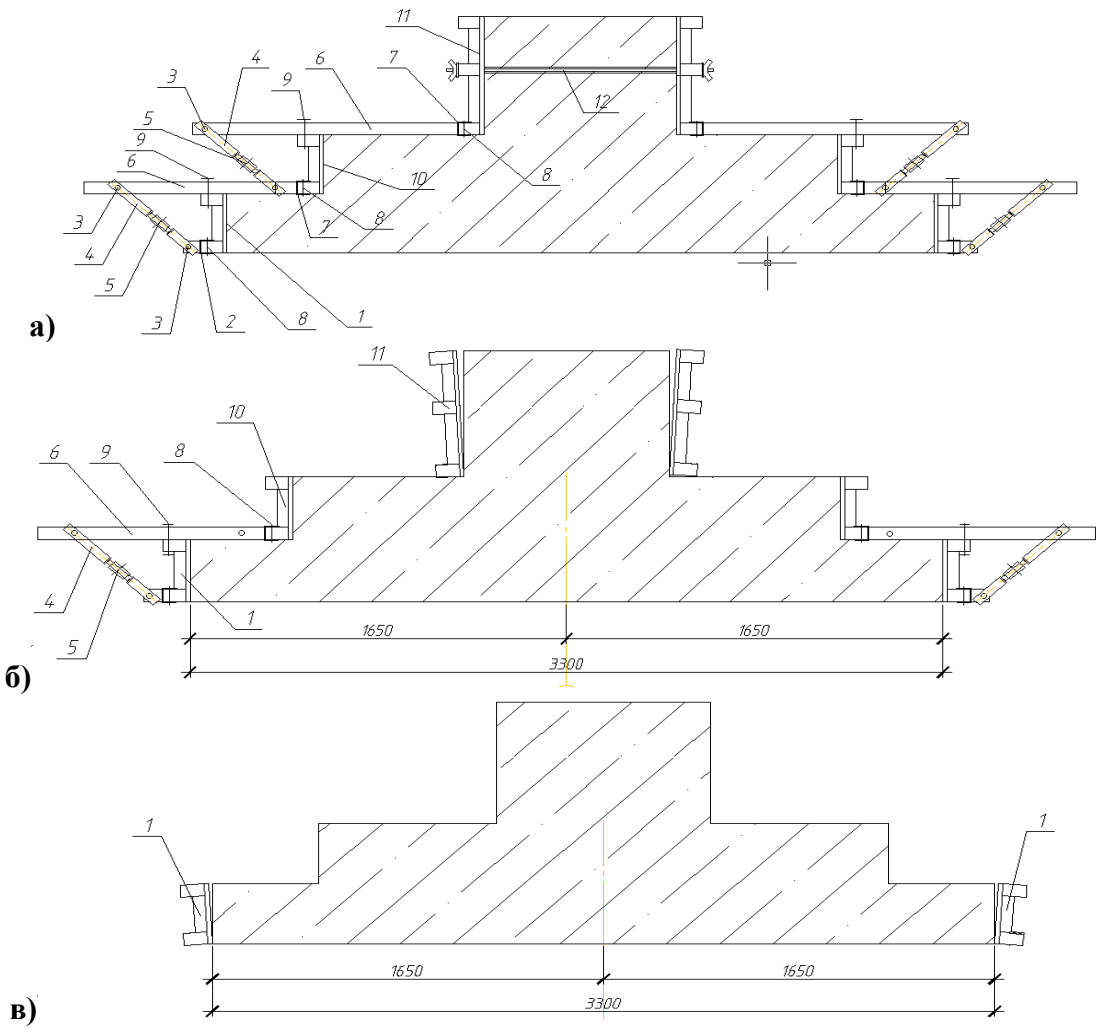


Рис. 2 Схема конструкции мелкощитовой опалубки для бетонирования фундамента из нескольких ступеней: а) – опалубка в сборе после бетонирования; б) – промежуточный этап распалубки; в) – окончание процесса распалубливания

Опалубка состоит из инвентарных щитов, например, фирмы Peri, системы подкосов и ригелей. Сначала устанавливают щиты опалубки 1 нижней ступени. По низу щиты стягивают перфолентой, натяжение которой производят с помощью зажимов для перфоленты TRIO. По верху эти щиты фиксируются инвентарными подкосами, упертыми нижним концом в грунт, а верхним – в каркас щита опалубки. На ребро верха щита 1 опалубки устанавливается ригель 6. Он фиксируется на каркасе щита с помощью болта 9. Горизонтальность ригеля обеспечивается натяжением подкоса 4 муфтой 5. Низ подкоса крепится к каркасу щита 1 опалубки с помощью концевого П-образного элемента и клина (пальца) 8. Ригель соединен с подкосом 4 болтом 3. Фиксация щита второй ступени 10 в ригеле осуществляется с помощью П – образного профиля 7, приваренного к ригелю 6. Крепление третьей ступени или опалубки подколонника осуществляется аналогично креплению щитов опалубки второй ступени. Щиты 11 стягиваются между собой стяжками 12.

Используя предложенную опалубку, можно бетонировать фундаменты как на всю высоту сразу, так и поэтапно, начиная с нижней ступени, затем промежуточная и подколонная часть (как один из возможных вариантов организации строительного процесса). С учетом этого, конкретное моделирование процесса производства железобетонных работ выполнялось по трем технологическим схемам, представленным ниже.

Первая схема предусматривает поочередную сборку опалубки на высоту каждой ступени с последующей укладкой бетонной смеси. Первоначально устанавливаются щиты опалубки первой ступени, затем производят укладку бетона. По истечении двух дней после

укладки бетона снимают опалубку с первой ступени и устанавливают на вторую ступень и укладывают бетон. Через два дня снимают опалубку второй ступени и монтируют опалубку подколонников с последующей укладкой в них бетонной смеси. Опалубку последней ступени фундамента устанавливают через два дня после бетонирования подколонников и укладывают бетонную смесь. Согласно построенному графику производства работ, продолжительность работ на объекте, включая гидроизоляцию, обратную засыпку пазух котлована и уплотнение грунта, составляет 62 дня.

По второй схеме предусматривалась установка опалубки на две ступени с последующей укладкой в нее бетонной смеси. Проектное положение опалубки обеспечивается закреплением второй ступени ригелями 6 по всей длине ленты. Горизонтальность этих ригелей обеспечивается благодаря стяжным муфтам 5 на подкосах 4. Ригель 6 и подкос 4 крепятся к каркасу щитовой опалубки с помощью П-образных скоб 7 на концах, которые фиксируются в каркасе опалубки клиньями (пальцами) 8.

Установка арматуры производится параллельно опалубочным работам. Через два дня после укладки бетона производят демонтаж опалубки в порядке, обратном установке. Затем устанавливают щиты опалубки третьей ступени (подколонников), скрепленных между собой выравнивающими замками BFD и укладывают бетонную смесь. Продолжительность работ по данной схеме составляет 56 рабочих дней.

По третьей схеме предусматривалась установка щитов опалубки PERI на всю конструкцию фундамента и последующее его бетонирование на всю высоту (Рис.2а, предпочтительный предложенный вариант). Согласно построенного графика, продолжительность работ по данной схеме составила 35 рабочих дней.

Результаты и их анализ

В результате моделирования по трем возможным технологическим схемам, были построены графики производства работ и по ним рассчитаны технико-экономические показатели, которые приведены в табл.1. Трудоемкость, полученная по калькуляции, отличается от расчетной фактической тем, что в ней учитываются перерывы в производстве железобетонных работ. Но при этом минимально необходимое количество рабочих должно находиться на площадке (осуществлять уход за бетоном).

Таблица 1

Технико-экономические показатели производства железобетонных работ по возможным вариантам реализации технологии

№ п/п	Наименование показателя, ед. измерения	Схемы организации работ		
		поэтапное бетонирование	бетонируются одновременно две ступени	бетонирование на всю высоту одновременно
1	Объем железобетонных работ, м3	457,03	457,03	457,03
2	Трудоемкость по калькуляции, чел.-ч.	1025,114	1025,114	1025,114
3	Продолжительность производства работ по графику, раб. дни	62	56	35
4	Трудоемкость производства работ по графику, чел.-ч.	1409	1313	1089
5	Удельная трудоемкость на 1 м3, чел.-ч./м3	3,083	2,873	2,383

Анализ результатов показывает, что, для конкретного объекта реконструкции, применение предложенной опалубки для одновременного бетонирования всей конструкции ступенчатого фундамента сокращает сроки его возведения в 1,75 раза за счет уменьшения

количества технологически необходимых перерывов. Что влечет за собой улучшение и других ТЭП проекта реконструкции.

Выводы

Обоснованно предложена новая конструкция опалубки, позволяющая одновременно бетонировать конструкции многоступенчатых фундаментов сразу на всю высоту.

Вычислительные эксперименты подтвердили, что применение предложенной конструкции многоступенчатой опалубки по сравнению с поэтапным бетонированием каждой ступени позволит сократить сроки реконструкции подземной части в 1,75 раза и трудоемкость работ на 22,7%, что существенно улучшает и другие ТЭП проекта реконструкции рассмотренного объекта.

Список оспользованных источников

1. Анпилов С.М. Опалубочные системы для монолитного строительства: Учебное издание. – М.: Издательство АСВ, 2005. – 280с.
2. ДБН Д.2.2-6-99. Ресурсные элементные сметные нормы на строительные работы. Бетонные и железобетонные конструкции монолитные. – Киев: Минрегионстрой Украины. – 48с.
3. ДСТУ Б Д.2.2 – 1:2008. Сборник 6. Сборка и разборка опалубки. – Киев: Минрегионстрой Украины. – 35с.
4. Рабочий проект. «Реконструкция магазина «Палас» по пр. Кирова, 78 в г. Симферополе». Книга 2408 КЖ ч.1, ч.2. – «Стальпроект». – Симферополь, 2004. – 37с.
5. Пат. 20784 Украина, МПК7 Е 04 G 11/06. Щитовая опалубка /Куксенко В.А., Кореневский А.М.; заявитель и патентообладатель Куксенко В.А., Кореневский А.М.; заявл. 31.07.2006; опубл. 15.02.2007, Бюл. №2, 2007.
6. Пат. 36045 Украина, МПК7 Е 04 G 11/06, Е 04 G 5/00. Щитовая опалубка для бетонирования стен /Шуфани С.Т., Алексеев Ю.А., Билянский М.Ф., Смирнов С.А.; заявитель и патентообладатель ООО Производственная компания «Индастри», UA; заявл. 14.05.2008; опубл. 15.10.2008, Бюл. №19, 2008 г.
7. Український інститут промислової власності / Укрпатент / Спеціалізована БД «Винаходи (корисні моделі) в Україні». Режим доступу: http://base.ukrpatent.org/searchINV.
8. Федеральная служба по интеллектуальной собственности /Роспатент. Режим доступа: www.rupto.ru/index.htm.
9. European Patent Office /Европатент. Режим доступа: ep.espacenet.com.

УДК 69.059.7

ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВНИЦТВА НА ОСНОВІ СИСТЕМОТЕХНІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ОБ'ЄКТІВ

Шаленний В.Т.

Національна академія природоохоронного і курортного будівництва

На основі аналізу публікацій, світового досвіду, а також соціально-економічної ситуації в Україні, обґрунтовано розвиток методології оцінки ефективності будівельного виробництва на системотехнічних засадах та з урахуванням енерговитрат на протязі всього життєвого циклу будівельних проектів. Розглянута графічна модель протікання життєвого циклу будівельного об'єкту, яка пояснює і дозволяє здійснювати пошук більш ефективних проектних рішень, способів виробництва робіт, експлуатації, реконструкції та ліквідації будівель і споруд.

будівельне виробництво, життєвий цикл, ресурси, ефективність, доцільність.

Вступ

В українській державі, на протязі останніх десятиріч, як найважливіші, проявляються дві протилежно спрямовані соціально-економічні проблеми – ресурсо-, перш за все, енергозбереження та зайнятість населення. Враховуючи це, науковцям, з однієї сторони, слід вибирати, розробляти і використовувати ті будівельні технології та матеріали, які забезпечують зменшення витрат ресурсів на різних, перш за все, визначальних етапах життєвого циклу будівельного об'єкту – від виробництва матеріалів і конструкцій, їх транспортування та спорудження до експлуатації, реконструкції, а потім і ліквідації.

З іншого боку, Україна має обирати такі технології і обладнання, які передбачають використання висококваліфікованих фахівців будівельного профілю, може навіть їх більшої кількості, але відмовлятися від технологій, що використовують важку фізичну працю, яка завжди і менш безпечна. Адже праця будівельників поки що дуже часто є мало привабливою, важкою та небезпечною, навіть із використанням прогресивних закордонних технологій. А тому розробляти і порівнювати їх (окрім зазвичай прийнятих показників технологічності, таких як трудомісткість, собівартість та тривалість виконання будівельно-монтажних робіт) слід також і за енергетичними витратами робітників, що присутні в цьому процесі. З цієї точки зору, нам здається доцільним подальший розвиток теорії оцінки ефективності сучасних будівельно-монтажних робіт та її використання для пошуку напрямків удосконалення найбільш перспективних. Виділене доцільно вважати актуальним науково-практичним завданням для будівельної галузі в межах загальної науково-прикладної проблеми енерго- і ресурсозбереження, а також зайнятості населення України.

Аналіз публікацій

До теперішнього часу оцінка ефективності будівельно-монтажного виробництва ґрунтується на відомих положеннях системотехніки, започаткованих у будівельній галузі докт. техн. наук, професором О.А. Гусаковим [1] - знаним українським вченим, який останні десятиріччя плідно працював завідувачем кафедри системотехніки Московського державного будівельного університету ім. В. Куйбишева. Створена ним наукова школа, послідовником якої вважає себе і автор цієї статті, розробила і впровадила методичні основи визначення, розробки та впровадження кращих із можливих варіантів організаційно-технологічних вирішень будівельних проектів за системою технічних і економічних показників. Найчастіше до їх переліку включають собівартість, трудомісткість та тривалість виконання комплексу будівельно-монтажних робіт [2].

Пізніше до системи цих показників додали і показники питомих енергетичних витрат, включаючи оцінку витрат електричної, теплової та інших різновидів енергії. Спочатку лише при виготовленні найбільш енергоємних будівельних матеріалів, виробів та конструкцій (докт. техн. наук, професори Б.В. Прикін [3] та Ю.Б. Монфред (колишній завідувач кафедри технології будівельного виробництва згаданого університету). Потім ці ж автори додали до системи оціночних показників вже й енергетичні витрати самих робітників, що виконували ті чи інші технологічні операції із заводського виготовлення переважно залізобетонних конструкцій [4].

В цілому для будівельної галузі колишньому СРСР вперше такий підхід запропонували поширювати докт. техн. та економ. наук, проф. Р.Б. Тян та В.Р. Млодецький при раціоналізації робочих місць будівельників [5]. Ця монографія була підготовлена у розвиток наукових досліджень та створених на їх основі вказівок [6], що були започатковані разом із співробітниками колишнього Всесоюзного науково-дослідного та проектного інституту праці у будівництві.

Приклад використання аналогічного підходу стосовно виробництва дрібних стінових блоків спочатку опубліковано в монографії [7], а потім і в моїй докторській дисертації. Там запропоновано раціоналізацію конструкції станків-«несучок» із врахуванням питомих витрат електричної, механічної та теплової енергії в технологічному циклі виготовлення готових виробів. Однак, цей позитивний досвід на інші, більш складні для опису та моделювання будівельні технології, поширення не отримав, що обумовлювалось

відсутністю на той час спочатку чіткого методологічного, а потім і необхідного програмного забезпечення.

Окрім того, спроби покращення техніко-економічних показників будівельного виробництва на окремих, хай навіть найважливіших етапах життєвого циклу будівельного об'єкту, не завжди передбачає ефективне використання ресурсів на всій його тривалості. З'явились фундаментальні теоретичні праці, що розвивають дослідження соціально-економічної ефективності на весь життєвий цикл окремого будівельного об'єкту [8] та навіть всього житлового фонду великого міста [9]. На цій же базі виконана і затверджена у 2011 році докторська дисертація Т.С. Кравчуновської, де розглядається вибір технології реконструкції не окремої будівлі, а цілого комплексу будинків мікрорайону, включаючи його та навколишню інфраструктуру [10].

Підсумовуючи вищезгадане, можна зробити висновок, що, на теперішній час, існують достатні передумови для створення та розвитку власної концепції оцінки ефективності сучасних будівельно-монтажних технологій, а потім і її використання для пошуку напрямків удосконалення найбільш перспективних на загально визнаних засадах системотехніки будівельного виробництва.

Мета та постановка задач досліджень

Мета подальшої науково-дослідної роботи – суттєве покращення техніко-економічних показників при будівництві та експлуатації цивільних та промислових об'єктів за рахунок розробки і впровадження принципових засад розвитку науково обґрунтованої методології оцінки ефективності протікання їх життєвого циклу, включаючи всі різновиди енергетичних витрат на визначальних етапах.

Задачі, що витікають із поставленої таким чином мети, та на вирішення яких спрямовано нашу подальшу роботу:

Обґрунтування актуальності, оцінка сучасного стану та формулювання можливих напрямків вирішення проблеми підвищення ефективності функціонування досить складної системи будівельного комплексу;

Теоретичні дослідження згаданої системи із конкретизацією її меж, складових елементів, зовнішніх та внутрішніх взаємозв'язків, показників ефективності функціонування, створенням загальної моделі ефективності протікання повного життєвого циклу будівельних об'єктів;

Імітаційне моделювання енергетичних і інших витрат ресурсів в технологічних процесах, їх комплексах, окремих етапах життєвого циклу та в цілому, на всьому протязі життєвого циклу запроектованих будівель та споруд;

Дослідження на отриманих моделях ресурсоспоживання за можливими варіантами плину життєвого циклу будівельних об'єктів для визначення „вузьких місць " та резервів покращення техніко-економічних показників проектів з метою економії всіх різновидів ресурсів, перш за все, енергетичних;

Детальна розробка технології і організації виробництва робіт за обґрунтовано вибраними напрямками удосконалень, впровадження результатів в учбовий процес, практику проектування, а деяких із них – і у будівельне виробництво з оцінкою соціально-економічної ефективності.

Методика досліджень

Маючи згадані методологічні напрацювання, позитивний досвід їх реалізації для конкретних найпростіших для логіко-математичного опису технологій, передбачається створення наукових основ імітаційного моделювання енергетичних витрат під час протікання комплексу технологічних операцій, що входять до відповідних будівельних процесів. Як кінцевий результат, нам цікаві не згадані складові, а максимум будівельної продукції за мінімально можливих витрат ресурсів, включаючи і енергетичні. І власне, не лише в самому будівельному виробництві, а й під час подальшої експлуатації об'єкту, його реконструкції, а потім і ліквідації. В цьому і полягає основна ідея даної розробки – розгляд і моделювання складних систем життєвого циклу будівельних об'єктів не лише на окремих

етапах цього циклу, а й в цілому; сподіваючись таким чином не лише на мінімізацію витрат на окремих етапах виробництва, а головним чином, за рахунок визначення загального екстремуму цільової функції енергоспоживання.

Спираючись на згадані засади, розробивши відповідну методичну базу, можна провести аналіз і удосконалення як відомих організаційно-технологічних рішень для впровадження кращих за розробленою багатокритеріальною системою, так і передбачення та розробку нових, значно ефективніших. Таких напрацювань, зроблених найчастіше на інтуїтивному рівні, накопичується значна кількість. Пропагувати їх впровадження на розроблених науково-технічних засадах, досягаючи задекларовану мету – мінімізацію витрат ресурсів, включаючи енергетичні, - це те соціально-економічне і організаційно-технічне завдання, яке має вирішуватись при розробці даного завдання.

Результати і їх аналіз

Підходячи до розгляду проблеми з суто економічної сторони, складну систему протікання життєвого циклу будівельного об’єкту графічно можна зобразити у вигляді нескінченого кругообігу його етапів, кожен з яких пов’язується зі споживанням ресурсів та отриманням прибутків (Рис.1). Як результат функціонування, формуються економічні показники ефективності як щодо окремих етапів, так і загальних результуючих. Нескінченим кругообіг є ще й тому, що ліквідація однієї споруди найчастіше передбачає за собою задум і проектування наступної. В умовах ринкової економіки загально прийнятними стають показники економічної ефективності з обов’язковим урахуванням фактору часу, тобто продисконтовані (приведені до одного і того ж часового інтервалу).

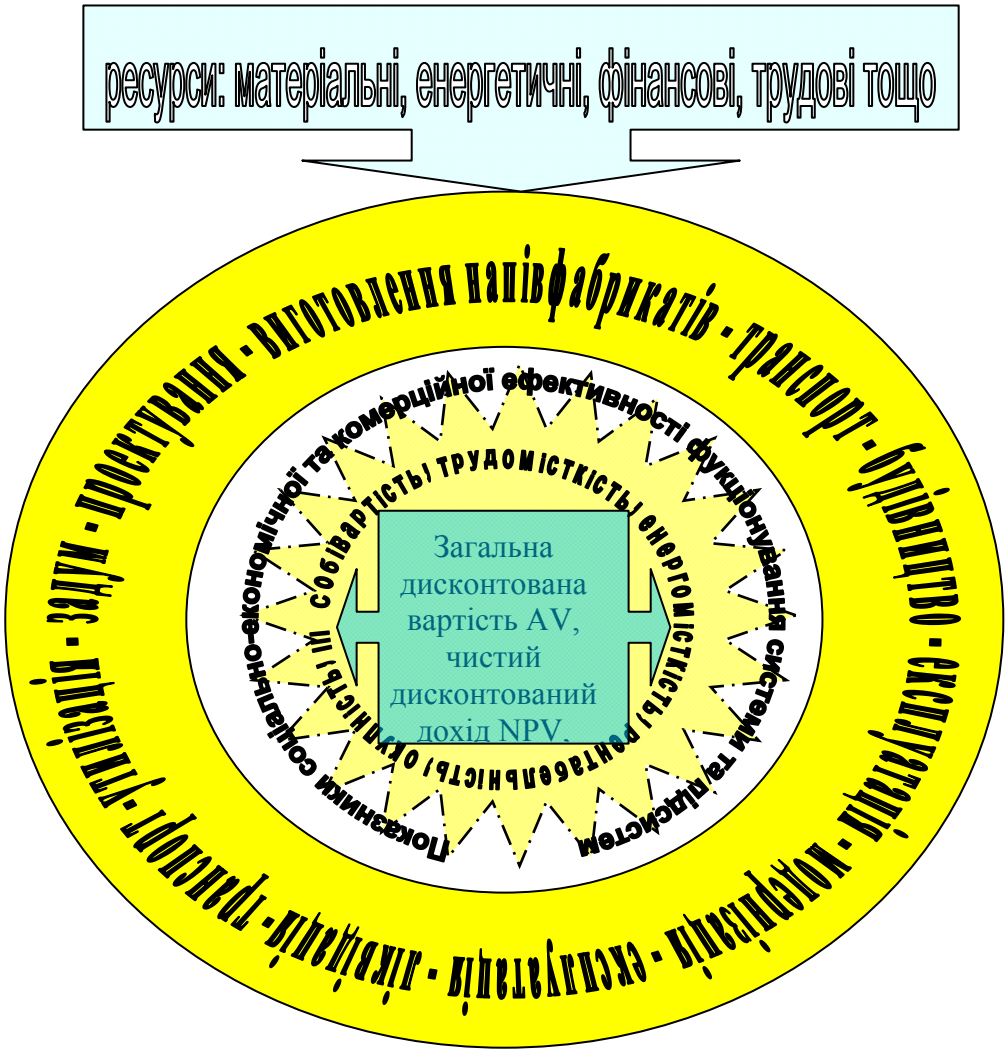


Рис. 1. Схема функціонування складної системи життєвого циклу будівель з формуванням показників порівняльної техніко-економічної ефективності

Можливі варіанти протікання життєвого циклу з досягненням при цьому відповідних результатів на площині зображено у вигляді множини ліній, кожна з яких має точки згину і може перетинатися з іншими (Рис. 2). Така лінія показує взаємозв'язок у часі витрат ресурсів та можливих доходів від реалізації проекту.

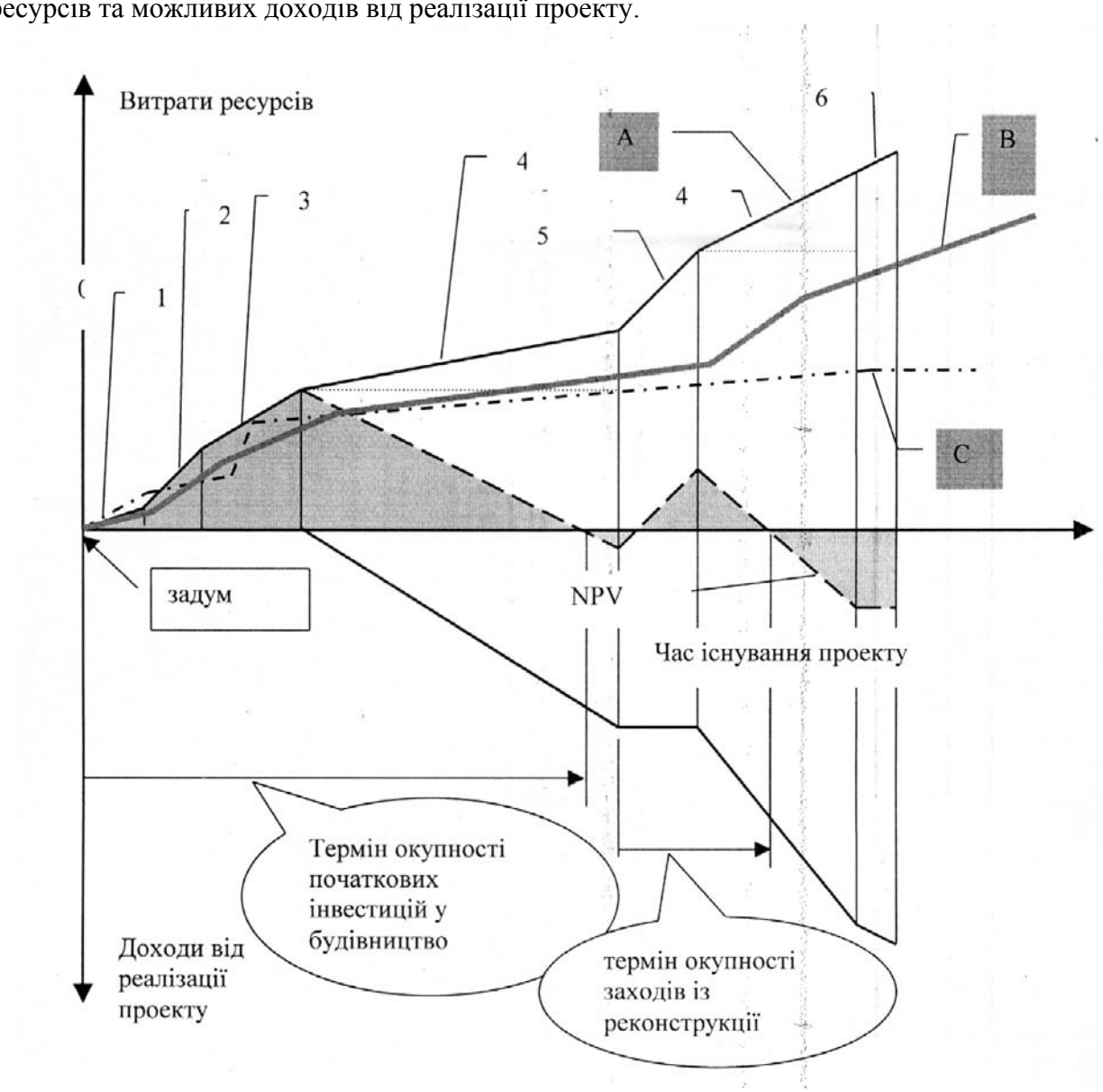


Рис. 2. Можливі варіанти плину життєвого циклу будівлі: А – відносно менш технологічний варіант, В – один із проміжних, С – відносно більш ефективний без застосування заходів із реконструкції: 1 – проектування, 2 – виготовлення конструкцій, оснащення та напівфабрикатів, 3 – будівництво об'єкту, 4 – його експлуатація, 5 – реконструкція, 6 - ліквідація

На цій графічній моделі для варіанту А умовно, без урахування дисконтування фінансових витрат у часі, які відбуваються на різних етапах життєвого циклу об'єкта, показано взаємозалежності позитивно та негативно спрямованих грошових потоків за весь термін існування проекту – від задуму аж до ліквідації об'єкту. Із урахуванням дисконтних ставок відрізки прямих перетворяться в криволінійні ділянки з вигинами в зонах точок перетину прямолінійних відрізків.

До введення об'єкта в експлуатацію інвестор лише витрачає ресурси (верхня безперервна лінія). З моменту ж введення будівлі в експлуатацію, паралельно із вже меншими ніж на будівництво експлуатаційними витратами, з'являються вже й давно очікувані прибутки (нижня суцільна лінія). Задум проекту передбачав, що настане такий момент часу, коли сумарні витрати, що понесені інвестором чи власником, стануть

меншими ніж вже отримані ними ж прибутки. Різницю між витратами та прибутками для варіанту А відображає штрихова лінія, а її перетин з нульовою горизонтальною лінією – це фактичний термін окупності понесених інвестором та власником витрат. Інакше проект виявиться наперед (як раніше казали «планово») збитковим.

Гіпотетично, відносно більш економічно доцільний варіант С передбачає менші питомі витрати майже на всіх етапах життєвого циклу будівельного об'єкту з більш швидкими темпами введення в експлуатацію та відсутністю необхідності здійснення заходів з його реконструкції у майбутньому. Але такий «ідеальний» варіант малоймовірний, тому частіше необхідні більші початкові інвестиції для зменшення майбутніх витрат, наприклад, додатковий шар теплоізоляції звичайно потребує відповідних витрат, які будуть (або й не будуть) компенсовані зменшенням витрат на опалення приміщень. Або виявиться необхідність у проведенні модернізаційних заходів після деякого періоду малоефективної та й навіть збиткової експлуатації.

Проведення реконструкції, без сумніву, додає витрат власнику об'єкта (відрізок 5 на лінії А). Заштрихована зона сумарної вартості знову на якийсь період повертається у неприємну для нього верхню частину графіка, але після завершення процесу реконструкції об'єкт набуває нових позитивних властивостей: експлуатаційні витрати зменшуються, а лінія доходів відносно стрімкіше спускається вниз. Прибутки від експлуатації об'єкта зростуть, наприклад, тому, що власник отримає додаткові площі, які можна продати, здати в оренду тощо. Та й навіть без збільшення корисних площ, споживчі властивості реконструйованої будівлі мають покращитись, що об'єктивно має відобразитись у вартості її можливої реалізації.

Таким чином, наведена графічна модель можливих варіантів плину життєвого циклу будівельного об'єкта розкриває сутність цього складного і тривалого процесу з точки зору соціально-економічної доцільності заходів із його реконструкції, дозволяє прогнозувати ефективність та спрямування таких заходів із урахуванням технічного стану, місця розташування об'єкту та інших факторів.

Спираючись на такі теоретичні результати, уже можна уявити основні етапи розвитку та впровадження методології імітаційного моделювання енергетичних і інших витрат ресурсів в технологічних процесах, їх комплексах, окремих етапах життєвого циклу та в цілому, на всьому протязі життєвого циклу запроектованих будівель та споруд. Дослідження на отриманих та запрограмованих моделях енергоспоживання за можливими варіантами плину життєвого циклу будівельних об'єктів для визначення „ вузьких місць " та резервів покращення техніко-економічних показників проектів для економії всіх різновидів ресурсів, перш за все, енергетичних – це той науково-практичний результат, що, напевно, має бути отриманим.

А коли вибрані найбільш ефективні напрямки ресурсозберігаючих удосконалень, то далі можлива детальна розробка технології і організації виробництва робіт за обґрунтовано вибраними напрямками, впровадження результатів в учбовий процес, практику проектування, а деяких із них – у будівельне виробництво з оцінкою соціально-економічної ефективності. Частина з таких напрямків нам уже відома [11-14], продовжуються роботи з їх розробки, патентування та впровадження. Інша має бути передбачена результатами обчислювальних експериментів на розроблених моделях, а надалі пройти ті ж стадії інноваційного циклу. Тут ми пропонуємо співпрацю зі знаними спеціалістами кафедри економічної кібернетики нашої академії та інших вузів.

Таким чином, на даному етапі розвитку розглянутої науково-прикладної проблеми, для успішного продовження, вважаємо за можливе пропонувати її для участі у вузівському та міжвузівському конкурсі фундаментальних науково-дослідних робіт, які фінансуються за рахунок державного бюджету України.

Висновки

На основі аналізу публікацій, світового досвіду, а також соціально-економічної ситуації в Україні, обґрунтовано розвиток методології оцінки ефективності будівельного

виробництва на системотехнічних засадах та з урахуванням енерговитрат на протязі всього життєвого циклу будівельних проектів.

Розглянута графічна модель протікання життєвого циклу будівельного об'єкту за теоретично можливими варіантами, які відрізняються поетапним та загальним споживанням питомих ресурсів. Така модель пояснює і дозволяє здійснювати пошук більш ефективних проектних вирішень, способів виробництва робіт, експлуатації, реконструкції та ліквідації будівель і споруд.

Пропонується продовжити представлену роботу за результатами участі у вузівському та міжвузівському конкурсі фундаментальних науково-дослідних робіт, які фінансуються за рахунок державного бюджету України.

Список выкористанных джерел

1. Гусаков А.А. Организационно-технологическая надежность строительного производства. - М.: Стройиздат, - 1974.- 252с.
2. Гусаков А.А. Системотехника строительства и проблемы строительного образования на пороге нового века //Промышленное и гражданское строительство. - 2000. - №12. - С.46-48.
3. Прыкин Б.В. Технологическая подготовка производства железобетонных конструкций. - К.: Будівельник, - 1970. - 239с.
4. Монфред Ю.Б., Прыкин Б.В. Организация, планирование и управление предприятиями стройиндустрии. - М.: Стройиздат,- 1989. - 508с.
5. Тян Р.Б., Млодецкий В.Р., Юнаев Б.А. Рационализация рабочих мест в строительстве. – М.: Стройиздат, - 1990. – 86с.
6. Руководство по проектированию высокопроизводительных трудовых процессов строительного производства. Вып.3. Проектирование приемов труда /ВНИПИтруда в строительстве. - М.: Стройиздат, - 1981. - 40с.
7. Шаленный В.Т. Организационно-технологические аспекты энергосбережения при модернизации производства конструкций и зданий из бетона: - Днепропетровск: Наука и образование, 2002. - 200с.
8. Гусакова Е.А. Системотехника организации жизненного цикла объекта строительства. – М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2004. – 350с.
9. Шутенко Л.Н. Технологические основы формирования и оптимизации жизненного цикла городского жилого фонда (теория, практика, перспективы) – Харьков: Майдан, - 2002. - 1058с.
10. Кравчуновська Т.С. Розвиток наукових основ організаційно-технологічного проектування комплексної реконструкції житлової забудови: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.08. - Дніпропетровськ, 2011. - 33с.
11. Шаленный В.Т., Папирнык Р.Б. Развитие теории технологичности проектних решений на полный жизненный цикл строительных объектов на примере монолитных и сборно-монолитных зданий и сооружений //Будівництво України, 2009, №1-2. - С.40-43.
12. Шаленный В.Т., Папирнык Р.Б. Повышение технологичности проектних решений монолитных и сборно-монолитных зданий и сооружений //Промышленное и гражданское строительство, 2010, №2. - С.19-21.
13. Шаленний В.Т., Біцоєва О.А., Кислиця Л.В. Розвиток методики оцінки енергозатрат для удосконалення деяких прогресивних технологій будівельно-монтажних робіт //Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури, Вип. 2010-5(85) – Макіївка. – 2010. – С.298-302.
14. Березюк А.Н., Папирнык Р.Б., Шаленный В.Т. Совершенствование организационно-технологических решений строительства и реконструкции с учетом ресурсосбережения //Вісник Придніпровської державної академії будівництва і архітектури, – Дніпропетровськ: ПДАБА, – 2011. - №3. – С.22-28.

УДК 69.059.7:624.012.35

ПОЭТАПНОЕ ВОЗРАСТАНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ МОНТАЖНИКОВ ПРИ ПОДРАЩИВАНИИ СТАЛЬНЫХ СИЛОСОВ РАЗНЫХ РАЗМЕРОВ

Шаленный В.Т. д.т.н., проф.,

Национальная академия природоохранного и курортного строительства,

Несевря П.И. к.т.н., доц., Кислица Л.В. асп.

Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

На основе ранее опубликованных экспериментальных данных проведен многомерный корреляционно-регрессионный анализ, в результате чего получена форма, установлена статистическая значимость тесноты связи и представлена математическая модель поэтапного возрастания энергетических затрат монтажников на подъем стальных силосов. Эта модель количественно подтверждают увеличение энергозатрат на подъем каждого последующего монтажного яруса от размеров силосного корпуса, выраженных через площадь его сектора, приходящегося на один подъемный механизм.

металлические зернохранилища, энергетические затраты, корреляционно-регрессионный анализ, монтаж, этап, размер.

Введение

К 2007 году сельскохозяйственные предприятия в Украине располагали только складскими помещениями, предназначенными для временного хранения семенного фонда, зернофуража и зерна для последующей реализации. Для длительного хранения зерна, в том числе для отгрузки на железнодорожный и водный транспорт, склады были не приспособлены, основное их назначение - перевалочное. Таким образом, и на сегодня, достаточно актуально строительство дополнительных мощностей по приемке и хранению урожая зерновых и масляных культур.

Анализ публикаций

Анализ и классификация основных способов устройства металлических зернохранилищ с мотивацией целесообразности выполнения монтажных работ подращиванием представлено в сборнике [4]. В руководстве [2] приводятся методики и рекомендации по исследованию энергетических затрат работников, а также количественные показатели этих затрат при выполнении определенных технологичных операций. В публикациях [1, 6] проанализированы составляющие энергозатрат рабочих, осуществляющих монтажный процесс и раскрыто содержание суммарных затрат энергии.

Расчет энергетических затрат рабочих, выраженных через затраченное монтажниками усилие при устройстве силосных корпусов из оцинкованной стали методом подращивания представлено в [5]. Там подтверждается выдвинутая гипотеза о том, что усилие, затраченное рабочим на подготовительные работы и на подъем силоса, с использованием обычно принятых ручных цепных талей, увеличивается с нарастанием высоты поднимаемой конструкции. Что позволило первоначально определиться с категориями работ по степени тяжести на основе общих энергозатрат организма при выполнении аналогичных строительно-монтажных работ.

Цель и постановка задач исследования

С целью обработки ранее опубликованных результатов натурных и вычислительных экспериментов, было принято решение о проведении корреляционно-регрессионного анализа [7], для установления зависимости между результирующей переменной (энергетическими затратами монтажников, ккал/мин.) и независимыми факторными признаками, описывающими конструкцию поднимаемой части силоса. В результате, решается задача получить уравнение регрессии как математическую модель, на основании

которой можно будет прогнозировать такие затраты для других силосов с учетом их габаритных размеров и этапа возведения силосного корпуса.

Методика исследований

Изучив проектную документацию, предварительно нами были выполнены расчеты энергетических затрат рабочих-монтажников для силосов разных диаметров и производителей (были рассмотрены стальные силосы 6 самых распространенных производителей среди отечественных заказчиков и подрядных организаций). Были получены весовые характеристики, а через них рассчитаны усилия, приходящиеся в среднем на один подъемный механизм. Далее, используя упомянутые в обзоре, результаты производственных и вычислительных экспериментов, получили матрицу поминутного изменения энергетических затрат монтажников для разных геометрических характеристик поднимаемой части силосов.

Полученная таким образом исходная информация подверглась математической обработке по программам статистического анализа в среде электронных таблиц Excel [7]. Предварительно была выдвинута гипотеза о возможном влиянии следующих независимых факторов (X1 – количество смонтированных ярусов, шт.; X2 – высота поднимаемой конструкции, м; X3 – длина изогнутого монтажного элемента (листа, из которых собирается цилиндр), м; X4 – радиус силоса, м; X5 – количество рабочих, участвующих в подъеме, чел; X6 – площадь сектора, приходящаяся на один подъемный механизм, м2) на результативный признак У - рост энергетических затрат робочих-монтажников, ккал/мин.

Поскольку некоторые из переменных взаимосвязаны между собой, сначала нужно было отобрать наиболее информативные и максимально коректно отражающие исследуемое явление. Корреляционная матрица, получена с помощью инструмента «Корреляция» пакета анализа, приведена в табл. 1.

Таблица 1

Матрица коэффициентов парной корреляции независимой и зависимых переменных, характеризующих геометрию силосного корпуса из оцинкованной стали

	X1	*X2*	*X3*	*X4*	*X5*	*X6*	*У*
X1	1						
X2	0,969271	1					
X3	-0,12068	-0,17832	1				
X4	0,066507	0,011318	0,352963	1			
X5	0,067219	0,008187	0,360112	0,999819	1		
X6	0,617734	0,543135	0,154219	0,765543	0,767014	1	
У	0,806607	0,724296	0,184806	0,569427	0,572947	0,940832	1

Ориентируясь на матрицу коэффициентов парной корреляции, выбираем из этих признаков тот, связь которого с результативным признаком теснее, но при этом, так как между факторными признаками X1 и X2, X4 и X5 наблюдается «сильная» связь, то их нельзя вместе вводить в математическую модель многомерной регрессии. Из этого следует, что между энергозатратами (У) и номером яруса (X1), а также площадью сектора (X6) наблюдается заметная положительная корреляционная связь. На этом основании их стоит включить в математическую модель регрессии как наиболее значимые по тесноте связи с результативным признаком.

В результате, пройдя процедуры регрессионного анализа, было получено рабочее поле со статистической сводкой соответствующей модели. Графически отобразим зависимости сравниваемых показателей изученных вариационных рядов, и опишем их математически. Отдельно представим линейную (табл. 2, Рис. 1) и нелинейную (табл. 3, Рис. 2) многомерную регрессии.

Исходная информация инструмента многомерной линейной регрессии, анализ качества модели представлены в табл. 2 с графическим отображением на Рис. 2.

Таблица 2

Многомерная линейная регрессия

Исходная информация

ВЫВОД ИТОГОВ

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,952297611
R-квадрат	0,90687074
Нормированный R-квадрат	0,90486796
Стандартная ошибка	0,924166058
Наблюдения	96

Fкрит	tкрит
3,094337433	1,985801768

Дисперсионный анализ

	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	773,4677572	386,7338786	452,8060187	1,1548E-48
Остаток	93	79,42970991	0,854082902		
Итого	95	852,8974671			

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
Y-пересечение	-6,639372125	0,582171516	-11,40449498	2,30717E-19	-7,79544935	-5,4832949	-7,79544935	-5,4832949
X1	0,466420223	0,019069153	24,45940988	2,74315E-42	0,428552665	0,50428778	0,428552665	0,50428778
X6	0,737228557	0,046411598	15,88457603	3,09142E-28	0,645064324	0,829392791	0,645064324	0,829392791

Модель линейной регрессии	$Y_X = -6{,}6394 + 0{,}4664 \cdot X_1 + 0{,}7372 \cdot X_6$	
Коэф. парн. корреляции	$R = 0{,}9523$ – значение коэффициента является близким к единице, следовательно качество модели очень высокое	
Коэффициент детерминации	$R^2 = 0{,}9069$, значит, что 90% дисперсии энергозатрат обясняется влиянием факторов X1 и X6	
Критерий Фишера	$F = 452{,}81$, $F_{КРИТИЧ.} = 3{,}09$ – с вероятностью 95% уравнение регрессии в целом статистически значим, а значит может использоваться	
Статистика Стьюдента	$\lvert t - статистика\ X1 \rvert = 24{,}459$, $t_{КРИТИЧ.} = 1{,}986$; $\lvert t - статистика\ X6 \rvert = 15{,}885$, $t_{КРИТИЧ.} = 1{,}986$	все параметры уравнения регрессии есть статистически значимы и не могут принимать нулевых значений

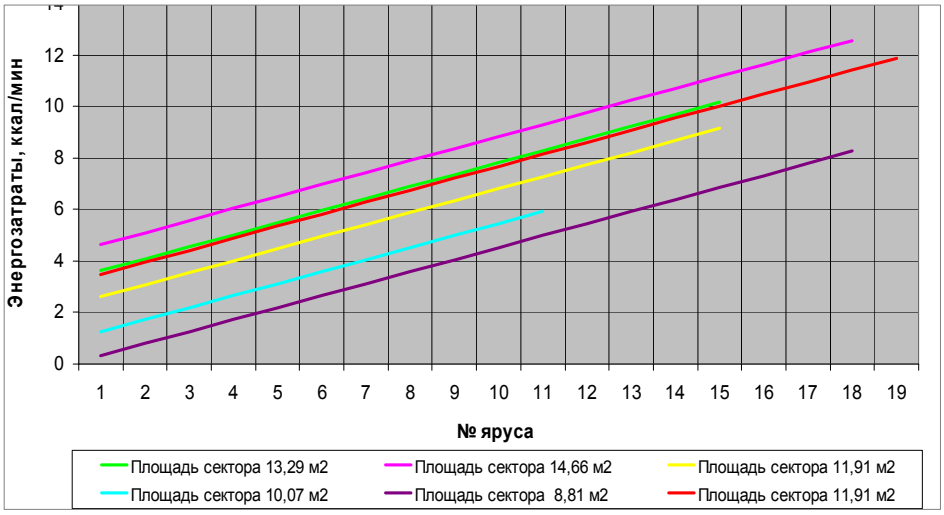


Рис. 1. Результаты предсказания энергетических затрат рабочих-монтажников по линейной множественной регрессионной модели для исследованных силосных корпусов

Определим значения параметров нелинейной модели регрессии с помощью инструмента «Регрессия» пакета анализа. Результаты оценки качества модели представлены в табл. 3. В нашем случае критическое значение t-статистики равно 1,987. Для параметра модели нелинейной регрессии при факторном признаке X1 расчетное значение t-статистики меньше критического и P-значение равно 0,5599, что больше допустимого 0,05, т.е. этот параметр статистически не есть значимым и он может принимать нулевые значения. Вследствие чего, данную модель нельзя использовать для прогнозирования, но можно применить только для расчетов внутри выборки.

Таблица 3

Двофакторная полиномиальная нелинейная регрессия

Исходная информация

ВЫВОД ИТОГОВ

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,975451757
R-квадрат	0,951506131
Нормированный R-квад	0,948812027
Стандартная ошибка	0,677907716
Наблюдения	96

Fкрит	*tкрит*
2,315689236	1,986674497

Дисперсионный анализ

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Значимость F*
Регрессия	5	811,5371687	162,3074337	353,1809395	1,57856E-57
Остаток	90	41,36029837	0,459558871		
Итого	95	852,8974671			

	Коэффициенты	*Стандартная ошибка*	*t-статистика*	*P-Значение*	*Нижние 95%*	*Верхние 95%*	*Нижние 95,0%*	*Верхние 95,0%*
Y-пересечение	-13,03155647	2,870228942	-4,54024983	1,73493E-05	-18,73376711	-7,329345826	-18,73376711	-7,329345826
X1	0,055999113	0,095714982	0,585061102	0,559970632	-0,134155401	0,246153627	-0,134155401	0,246153627
X6	2,265641005	0,488787114	4,63523064	1,20037E-05	1,294580112	3,236701899	1,294580112	3,236701899
X1^2	-0,009455206	0,002916661	-3,241790866	0,001666303	-0,015249663	-0,003660749	-0,015249663	-0,003660749
X1*X6	0,048609463	0,006695347	7,260185532	1,32615E-10	0,035307988	0,061910939	0,035307988	0,061910939
X6^2	-0,0845792	0,020692107	-4,087510239	9,45832E-05	-0,125687682	-0,043470718	-0,125687682	-0,043470718

Модель нелинейной регрессии	$Y = -13,03155647 + 0,055999113\,X_1 + 2,265641005\,X_6 - 0,009455206\,X_{1^2} + 0,048609463\,X_1 X_6 - 0,0845792\,X_{6^2}$
Коэф. парн. кореляции	$R = 0,9755$ – значение коэффициента является близким к единице, следовательно качество модели очень высокое
Коэффициент детерминации	$R^2 = 0,9515$, значит, что 95% дисперсии энергозатрат обясняется влиянием факторов X1 и X6
Критерий Фишера	$F = 353,18$, $F_{КРИТИЧ.} = 2,32$ – с вероятностью 95% уравнение регрессии в целом статистически значим, а значит может использоваться
Статистика Стьюдента	$\lvert t - статистика\ X1 \rvert = 0,585$, $t_{КРИТИЧ.} = 1,987$; $\lvert t - статистика\ X6 \rvert = 4,635$, $t_{КРИТИЧ.} = 1,987$; $\lvert t - статистика\ X1^2 \rvert = 3,243$, $t_{КРИТИЧ.} = 1,987$; $\lvert t - статистика\ X1 \square X6 \rvert = 7,26$, $t_{КРИТИЧ.} = 1,987$; $\lvert t - статистика\ X6^2 \rvert = 4,088$, $t_{КРИТИЧ.} = 1,987$ — все параметры, кроме признака X1, уравнения регрессии есть статистически значимым и не могут принимать нулевых значений

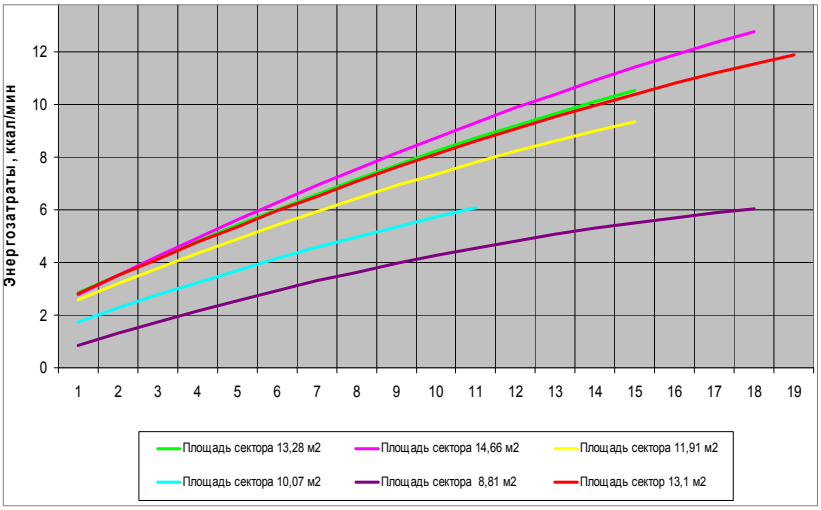


Рис. 2. Графическое отображение предсказанных энергетических затрат для нелинейной многомерной регрессионной модели

Результаты и их анализ

Обе математические модели, полученные по результатам корреляционно-регрессионного анализа теоретически являются адекватными. Для обоснования целесообразности перехода от линейной к нелинейной модели сравним результаты по каждой из них.

Оценив качества каждой из моделей регрессии можно сделать вывод, что расхождения не существенные (статистическая погрешность нелинейной модели ниже 0,68<0,92 линейной, а коэффициент детерминации несколько выше 0,9515>0,9069 и свидетельствует, что 95% колебаний зависимой переменной У (энергетические затраты монтажника) следует увязывать с изменениями двух отобранных независимых переменных X1 и X6 по нелинейной модели. Однако, учитывая простоту двухфакторной линейной модели, а также возрастание коэффициента детерминации менее чем на 5% при переходе к нелинейной форме связи, в данном случае можно обойтись линейной моделью множественной регрессии.

Анализируя сущность коэффициентов при факторных признаках в полученном уравнении регрессии полинома первого порядка, можно сделать вывод, что изменение факторного признака X6 (площадь сектора, м2) больше влияет на изменение энергетических затрат, а именно: изменение площади сектора (X6) на 1% ведет к увеличению энергетических затрат в расчете на одного монтажника на 0,74 ккал/мин., тогда как изменение номера монтируемого яруса X1 на следующий – увеличивает те же энергозатраты в среднем только на 0,47 ккал/мин.

Для наглядности, полученную и отобранную зависимость представим в виде диаграммы на Рис. 3.

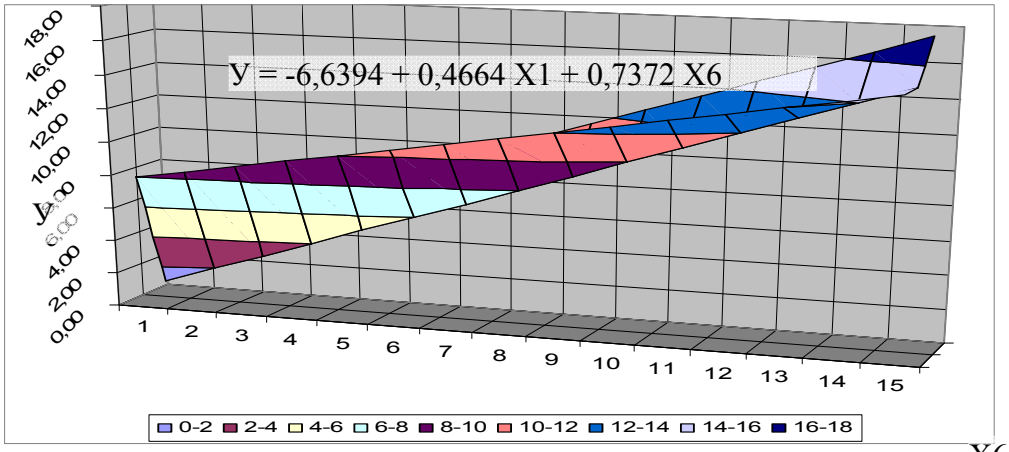


Рис. 3. Графическое отображение взаимосвязи усредненных энергетических затрат монтажников на подъем силоса от количества смонтированных ярусов и площади его сектора, приходящнгося на один грузоподъемный механизм

Выводы

В результате проведения корреляционно-регрессионного анализа экспериментальных наблюдений получено уравнение для линейной регрессионной модели, которая имеет вид:

$$\overline{Y}_X = -6{,}6394 + 0{,}4664 \cdot X_1 + 0{,}7372 \cdot X_6$$

Уравнение обладает необходимой достоверностью и может быть использовано для дальнейшего прогнозирования технико-экономических показателей монтажных процессов, факторные параметры которых будут отличаться от параметров, которые вошли в модель регрессии, не более чем на 15% [7]. Расчеты по полученному уравнению регрессии дают возможность получить с достаточной степенью точности уникальные прогнозируемые энергетические затраты труда рабочих при монтаже зернохранилищ, соответственно факторным признакам. Следовательно, появляется возможность спрогнозировать ожидаемые результаты и найти рациональные решения в соответствии с проектными особенностями выбранного силоса.

Полученную зависимость можно использовать при разработке методики обоснования разновидности и количества грузоподъемных механизмов при возведении металлических зернохранилищ методом подращивания. Или же, как альтернатива, необходим учет возрастания напряженности труда монтажников с увеличением габаритов поднимаемой части силосного корпуса с соответствующим вознаграждением за такой более тяжелый труд.

Список используемых источников

1. Розвиток методики оцінки енергозатрат для удосконалення деяких прогресивних технологій будівельно-монтажних робіт /Шаленний В. Т., Біцоєва О. А., Кислиця Л. В. //Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2010. – Т.2, № 5(85). – С.298-302.
2. Руководство по проектированию высокопроизводительных трудовых процессов строительного производства. Вып.1 Основные положения /Всесоюз. научн. – исслед. и проектный институт труда в строительстве Госстроя СССР. – М.: Строиздат, 1978. – 32с.
3. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: ДСН 3.3.6.042-99. - [Чинний від 1999-12-01]. – К. : МОЗ України, 1999. – № 42, - 10с.
4. Кислиця Л. В. Будівництво зернопереробних підприємств. Існуючі методи, доцільність і шляхи вдосконалювання методу підрощування сталевих силосів //Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2009. - № 6-7. – С. 25-29.
5. Шаленний В.Т., Ковальов А.А., Кислиця Л.В., Біцоєва О.А., Козак О.А. Теоретико-експериментальні дослідження напруги праці будівельників силосних корпусів із оцинкованої сталі //Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. научн. трудов. - Днепропетровск: ПГАСА. - 2011. - Вып.62.- С.376-380.
6. Развитие методики расчета энергетических затрат при выполении строительных процессов /П.И. Несевря, Р.Б Папирнык., К.Б Дикарев и др..// Зб. наукових праць: Теоретичні основи будівництва. Вип. 19. – Варшава: Офіційне видавництво Варшавської Політехніки. – 2011. – С. 411-416.
7. Ершова Н.М. Экономико-математические методы и модели принятия решений в условия определенности, неопределенности и риска: Монография /Н.М. Ершова, В.П. Скрипник. – Днепропетровск: ПГАСА, 2011. – 350 с.

УДК 69.059:699.86

ВИБІР ТА РОЗВИТОК ДОЦІЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФАСАДНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ БУДИНКІВ ІЗ ОПОРЯДЖЕННЯМ ЛЕГКОЮ ШТУКАТУРКОЮ

Шаленний В. Т.

Національна академія природоохоронного та курортного будівництва

Скокова А. О.

ДВНЗ "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури"

У роботі вирішується науково-прикладне завдання технологічно та економічно доцільного відновлення властивостей існуючих конструкцій зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням легкою штукатуркою. Наведено математичні моделі, створені за результатами кореляційно-регресійного аналізу даних обчислювального експерименту, розрахунки за якими дають можливість оцінити для об'єкту цивільного будівництва унікальну прогнозовану вартість та трудомісткість відновлювальних робіт відповідно до технічних та архітектурно-об'ємно-планувальних властивостей будинків. Представлена в роботі методика дає можливість обрати доцільну технологію проведення робіт з улаштування або відновлення властивостей фасадної теплоізоляції з опорядженням легкими штукатурками.

Технологія, фасадна теплоізоляція, відновлення, вартість, трудомісткість, фактор

Вступ

Фасадні системи "мокрого" типу успішно використовуються в усьому світі вже впродовж 40 років. Вони мають невелику вагу, як правило, не впливають на несучу здатність конструкції будівлі, дають можливість повного оновлення фасаду при збереженні його архітектурних форм, досить легко встановлювати теплоізоляційні плити на наявних архітектурних деталях фасаду. Це пояснюється також тим, що теплоізоляційні системи з легкими штукатурками є одними з найбільш ефективних систем утеплення та опорядження фасадів будинків, вартість їх влаштування в декілька раз нижча у порівнянні з вентильованими фасадними системами (хоча і термін служби також суттєво коротший). Питання ж довговічності та відновлення конструкції зовнішньої теплоізоляції поки що є маловивченими як у нашій країні, так і за кордоном.

Аналіз публікацій

Вивченню питання відновлення властивостей фасадних систем теплоізоляції присвячені роботи провідних учених України та країн СНД, таких як: доктори техн. наук Фаренюк Г. Г. (НДІБК, Україна), Монастирьов П. В. (МДБУ, Росія), Алехін С. В., Новіков О. В. (ЦРСФА, Росія), Менейлюк О. І. (ОДАБА, Україна), Савйовський В. В. (ХДТУБА, Україна), Лівінський О. М. (УАН, Україна), Друкований М. Ф. (ВНАУ, Україна), канд. техн. наук Дікарев К. Б. (ПДАБА, Україна) та ін. Сьогодні в Україні вже діє цілий комплекс нормативних документів, що регламентують проектування, улаштування та експлуатацію систем зовнішньої теплоізоляції будинків [1-3]. Але недостатня кількість нормативної документації, яка б всебічно розглядала питання погіршення властивостей фасадних систем у процесі їх експлуатації, а також пов'язаних з цим ремонтом чи заміною до цього часу відчувається спеціалістами у цій галузі.

Забезпечення довговічності теплової оболонки на рівні довговічності будівлі в цілому сьогодні не є обов'язковою та необхідною вимогою будівництва [6]. Прогнозований термін служби, що заявляється виробниками збірних систем штукатурного типу складає від 15 до 30 років. В Україні такі системи фасадної теплоізоляції почали застосовуватися близько 10 – 15 років тому. Отже, питання про ефективне відновлення теплоізоляційних та декоративних властивостей цих систем досить швидко стане вкрай актуальним.

Мета і постановка задач

Наша робота має на меті обґрунтовано запропонувати можливі та економічно доцільні способи відновлення раніше влаштованих та вже дещо зруйнованих конструктивно-технологічних систем зовнішнього утеплення стін з опорядженням легкими штукатурками.

Результати та їх аналіз

Відповідно до додатку В ДСТУ Б В.2.6-36:2008 [2], зобов'язання генерального підрядника та організацій-співвиконавців робіт з улаштування збірної системи щодо її гарантійного терміну експлуатації, а також умови усунення виявлених у процесі експлуатації дефектів обумовлюються за домовленістю сторін в укладеному договорі (контракті). Власник будівельного об'єкту протягом всього терміну експлуатації будівлі забезпечує здійснення періодичного огляду та, за необхідності, детального технічного обстеження збірної системи згідно з розробленими вказівками з її експлуатації. Основні вимоги до експлуатації систем теплоізоляції та моніторингу їх експлуатаційних показників наведено в п. 9 ДБН В.2.6-33:2008 [1], а також у п. 15 та додатку В ДСТУ Б В.2.6-36:2008.

Згідно із згаданим п. 9.6 ДБН В.2.6-33:2008, ознаками відмов фасадної теплоізоляції слід вважати виникнення зон руйнування її зовнішньої поверхні площею від 0,15 м2 на 1 м2 кількістю більше двох, наявність на внутрішній поверхні зовнішніх стін утворень цвілі та плісняви в більш ніж двох приміщеннях з нормальним експлуатаційним тепловологісним режимом відповідно до ДБН В.2.6-31:2006. Таким чином слід вважати, що система фасадної теплоізоляції не виконує всіх своїх функцій, якщо існує ушкодження хоча б одного з її конструктивних шарів.

Якщо доведено такі факти, то замовник повинен мати можливість одержати якомога точніший прогноз витрат ресурсів перед прийняттям рішення щодо вибіркового ремонту чи заміни всієї існуючої системи теплоізоляції. Поки що в Україні неможливо зібрати достатню кількість статистичної інформації щодо витрат різноманітних ресурсів на виконання таких робіт. Адже практично ще немає достатнього виробничого досвіду їх виконання. Тому нами було розроблена методика та проведено обчислювальний експеримент з дослідження вартості та трудомісткості робіт по відновленню властивостей фасадної теплоізоляції для різних варіантів проектів. Методика включала формування 396 варіантів проектів виконання відновлювальних робіт на фасаді будівель-представників різними можливими засобами підмощування та найпоширенішими системами теплоізоляції (рис.1). У варіантах задавався також відсоток ушкодження площі фасадної теплоізоляції.

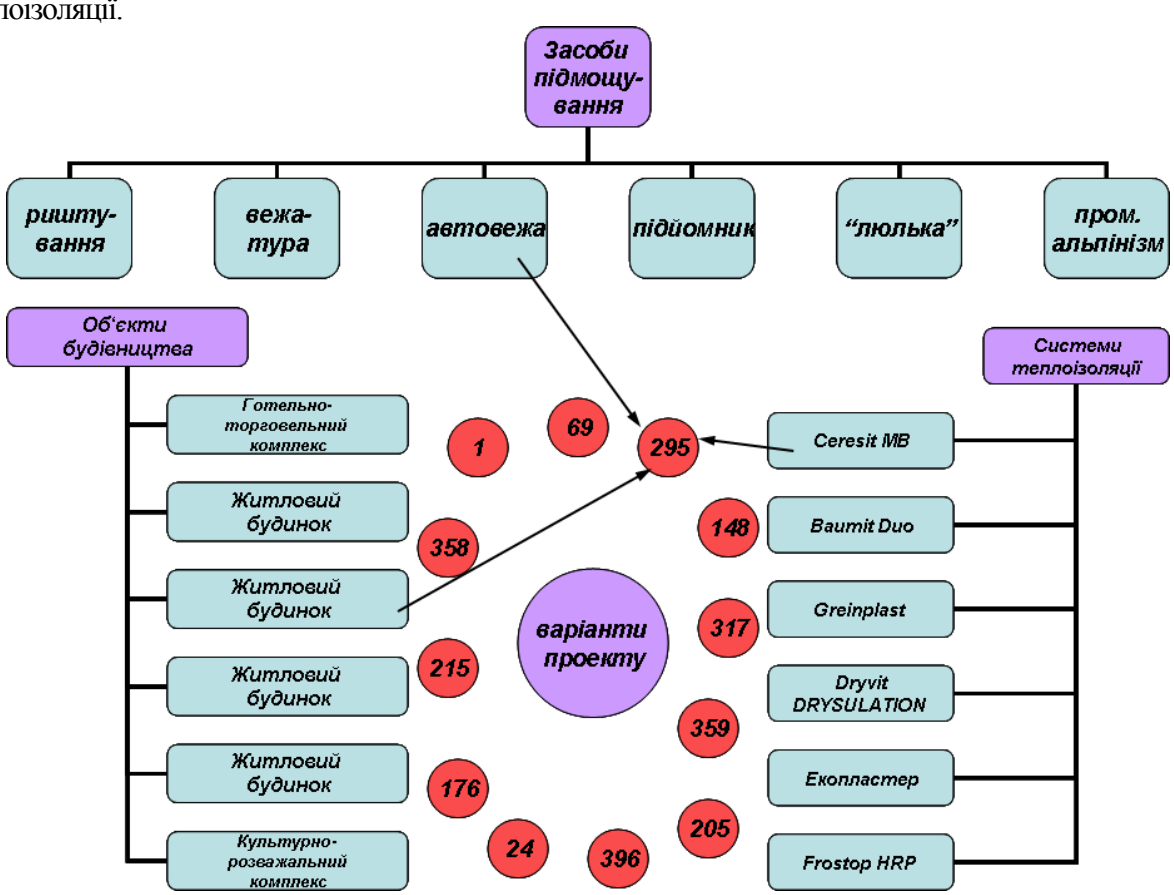
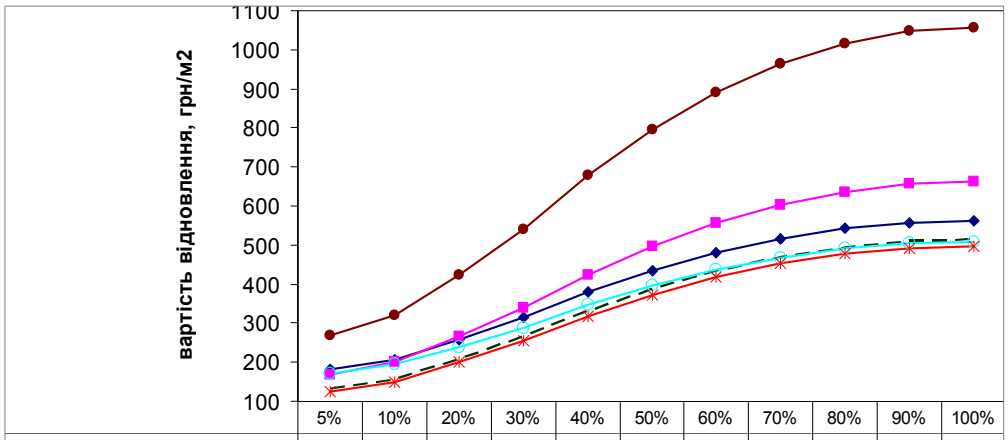


Рис.1. Схема формування розглянутих у обчислювальному експерименті варіантів проектів виконання робіт із відновлення зовнішньої теплоізоляції з опорядженням громадських об'єктів-представників

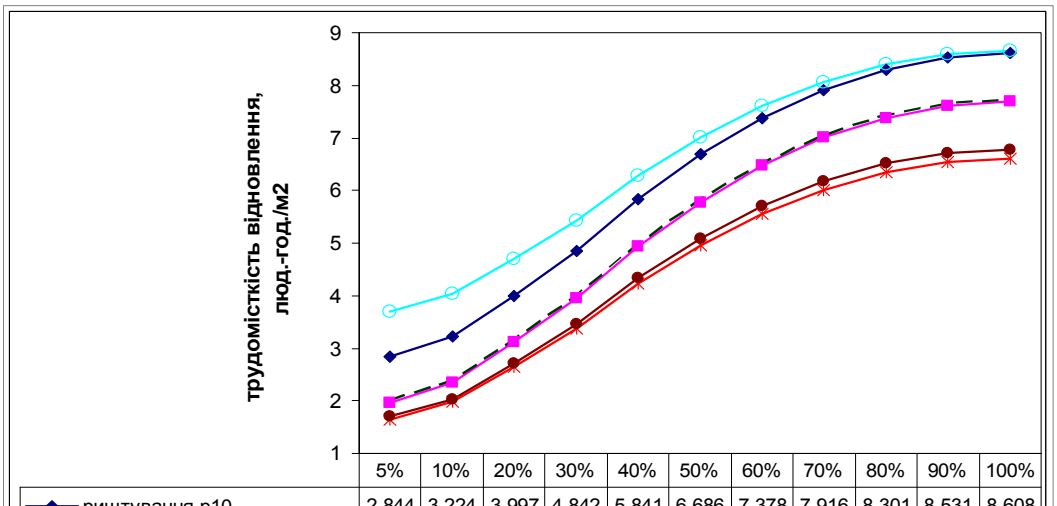
Показники очікуваної вартості та трудомісткості ремонтних робіт для всіх сформованих таким чином варіантів визначались із використанням програмного комплексу для кошторисних розрахунків "АВК-5", редакція 2.10.2. Для проведення розрахунків, нами була прийнята умова відносно рівномірного розподілу ушкоджень по площі фасаду. Необхідно відмітити, що, при встановленні очікуваної вартості та трудомісткості ремонтних робіт, у програмному комплексі "АВК-5" не були враховані витрати на транспортування і утилізацію матеріалів та відходів, що обов'язково з'являються під час проведення відновлювальних робіт. В результаті обробки отриманих даних щодо очікуваної вартості та трудомісткості відновлення теплоізоляції з використанням перерахованих засобів підмощування, були отримані залежності, що представлені на рис. 2 та 3.



	5%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
риштування р10	181,21	206,47	257,44	313,35	379,46	435,46	481,16	516,79	542,24	557,45	562,56
промальпінізм па23	166,77	199,84	265,97	338,71	424,67	497,42	556,93	603,22	636,29	656,13	662,74
люлька л20	131,7	157,17	208,27	264,44	330,92	387,29	433,12	469	494,38	509,88	515,04
вежі-тури р1, в8, в9, в12, в13	171,31	193,99	238,90	288,10	346,36	396,13	436,19	467,77	490,19	503,58	508,40
підйомники пн24, пн25	124,67	149,72	199,35	253,65	318,11	372,91	416,71	452,20	477,01	491,67	497,00
автовежа а22	267,37	319,62	423,86	540,5	678,47	795,31	890,13	963,83	1015,3	1047,2	1057,8

відсоток ушкодження, %

Рис. 2. Залежність середньої вартості відновлювальних робіт із застосуванням різних засобів підмощування від площі ушкодженої теплоізоляції розглянутих в обчислювальному експерименті будівель-представників



	5%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
риштування р10	2,844	3,224	3,997	4,842	5,841	6,686	7,378	7,916	8,301	8,531	8,608
промальпінізм па23	1,963	2,345	3,108	3,947	4,939	5,779	6,466	7	7,382	7,611	7,687
люлька л20	2,011	2,393	3,156	3,996	4,988	5,827	6,514	7,049	7,43	7,659	7,735
вежі-тури р1, в8, в9, в12, в13	3,705	4,036	4,696	5,423	6,282	7,009	7,603	8,066	8,396	8,594	8,66
підйомники пн24, пн25	1,651	1,982	2,642	3,369	4,228	4,955	5,549	6,012	6,342	6,54	6,606
автовежа а22	1,695	2,035	2,713	3,459	4,341	5,087	5,697	6,172	6,511	6,715	6,783

відсоток ушкодження, %

Рис. 3. Залежність середньої трудомісткості відновлювальних робіт із застосуванням різних засобів підмощування від площі ушкодженої теплоізоляції розглянутих в обчислювальному експерименті будівель-представників

Аналіз результатів обчислювального експерименту стверджує наступне:

За показниками собівартості та трудомісткості відновленої поверхні фасаду, вибірковий ремонт окремих ушкоджень із наступним суцільним опорядженням доцільно виконувати при діагностуванні їх не більше, ніж на 10% площі фасаду незалежно від можливості використання того чи іншого засобу підмощування. Далі, при збільшенні кількості пошкоджень, відбувається стрімке дорожчання та підвищуються трудовитрати відновлювальних робіт у розрахунку на 1м^2 теплоізоляції.

При наявності на площі фасаду 80 % і більше дефектів виявляється доцільним проведення демонтажу всієї теплоізоляції і влаштування нової системи (як при 100 % ушкодження), адже у цьому випадку фінансові і трудові витрати практично не будуть відрізнятися.

Якщо є можливість використовувати різні засоби підмощування, то слід враховувати, наступне:

а) варіант використання автовежі для відновлювальних робіт завжди буде найдорожчим, але тоді виконання ремонту буде потребувати менших витрат праці робітників та його тривалості;

б) використання промислового альпінізму потребуватиме трохи більших трудовитрат, але набагато менших капіталовкладень у порівнянні з автовежею;

в) проведення відновлювальних робіт із використанням риштувань або ж веж-тур не буде витратним за інвестиціями, але за трудомісткістю ці різновиди підмощування є менш доцільними;

г) найбільш вигідним буде використання підйомнику типу «люлька», а також ножичних підйомників, вони є найменш витратними за вартістю, а за трудовитратами варіант проведення робіт із використанням підйомників ножичного типу є найефективнішим.

Проаналізувавши побудовані таким чином залежності, нами було підтверджено висунуту гіпотезу та зроблено висновок, що вирішальними показниками, які впливають на вартість та трудомісткість робіт з відновлення властивостей фасадних систем є технічна характеристика стану системи теплоізоляції (відсоток її ушкодження), а також архітектурно-об'ємно-планувальні характеристики об'єкту, що ремонтується.

Залежності, які представлені на діаграмах рис. 2 та 3 свідчать також про те, що зростання вартості та трудомісткості робіт з відновлення теплоізоляції від відсотку її ушкодження відбувається дещо непропорційно. Попередньо було висунуто припущення, що, з найбільшою вірогідністю, форма кривих може відповідати поліноміальному закону розподілення.

Далі стало необхідним виявлення та розмежування впливу незалежних факторів, що характеризують будівлю та її стан, на вартість та трудомісткість робіт з відновлення ушкодженої теплоізоляції фасаду. Проведення кореляційно-регресійного аналізу даних обчислювального експерименту в середовищі електронних таблиць MS Excel дало можливість отримати рівняння регресій, що описують залежність між питомими вартістю і трудомісткістю та незалежними архітектурно-планувальними і технічними факторами, які в найбільшій мірі ідентифікують розглянуті об’єкти-представники реконструкції.

На початку було обґрунтовано запропоновано шість незалежних архітектурно-планувальних та технічних факторів, що напевно мають впливати на вартість та трудомісткість відновлювальних робіт, а саме:

X1 - відсоток помічених ушкоджень теплоізоляції від її загальної площі, %;

X2 - висота об'єкту будівництва, м;

X3 - об'ємний коефіцієнт, що визначається відношенням загального об'єму будинку до площі його типового поверху, м;

X4 - загальна площа фасадів будинку, м2;

X5 - показник складності геометрії фасадів, що характеризується кількістю сторін багатокутника, який являє собою план типового поверху будинку-представника;

X6 - коефіцієнт прорізності, який визначається як відношення площі віконних та дверних прорізів у зовнішніх стінах до загальної площі фасадів.

В процесі подальших досліджень, отримані проведенням обчислювальних експериментів дані щодо вартості та трудомісткості відновлювальних робіт було розподілено на групи. А саме, для дослідження зміни вартості робіт виділено дві групи, до яких увійшли наступні варіанти проектів з використанням таких засобів підмощування як:

група 1 – вежі-тури, риштування, підйомники типу «люлька», а також механічні підйомники;

група 2 – автовежі та засоби промислового альпінізму.

Для проведення аналізу щодо закономірності зміни трудомісткості, також було проведено поділ на дві групи:

група 3 – вежі-тури та риштування;

група 4 – підйомники типу «люлька», механічні підйомники, автовежі та промисловий альпінізм.

Кореляційний аналіз факторів показав, що між висотою об'єкту (X2), об'ємним коефіцієнтом (X3) та загальною площею теплоізоляції (X4) спостерігається сильний позитивний кореляційний зв'язок. Для того, щоб уникнути явища мультиколінеарності (в цьому випадку важко розділити вплив на результативний показник окремих факторів), було виключено з моделі регресії фактори X2 та X4 і залишено фактор X3, що має найбільший серед трьох вплив на результативний показник C1 та C2 – вартість відновлювальних робіт. Таким чином встановлено, що математична модель регресії включатиме чотири незалежних фактора: X1, X3, X5 та X6.

Проведений у подальшому регресійний аналіз даних дав можливість отримати модель поліноміальної регресії. Для групи 1 вона має такий вигляд:

$$\begin{aligned} C1 &= 110{,}406 + 28{,}678\cdot X1 - 2{,}021\cdot X1X3 - 79{,}942\cdot X1X6 + 0{,}005\cdot X1^2X3 - 0{,}505\cdot X1^2X6 + \\ &+ 0{,}02\cdot X1X3^2 + 6{,}21\cdot X1X3X6 + 0{,}00004\cdot X1^2X3^2 - 0{,}0218\cdot X1^2X3X6 - \\ &- 0{,}0591\cdot X1X3^2X6 + 1{,}477\cdot X1^2X6^2 \end{aligned} \quad (1)$$

Аналіз даних групи 2 було проведено за таким же алгоритмом. Модель чотирьохфакторної поліноміальної регресії:

$$\begin{aligned} C2 &= 115{,}74 + 28{,}264\cdot X1 - 82{,}026\cdot X1X6 - 0{,}0016\cdot X1^2X3 - 0{,}0048\cdot X1^2X5 + \\ &+ 0{,}005\cdot X1^2X3X6 + 0{,}012\cdot X1^2X5X6 - 0{,}464\cdot X1^2X6^2 + 269{,}12\cdot X1X6^3 \end{aligned} \quad (2)$$

Для групи 3 та групи 4 результативною ознакою є трудомісткість виконання ремонтних робіт (T1 та T2). Набір незалежних архітектурно-планувальних та технічних факторів для цих груп не відрізняється від того, що використано для розрахунку прогнозованої вартості робіт. Найкращим за якістю виявилося рівняння чотирьохфакторної поліноміальної регресії.

Модель поліноміальної регресії для групи 3:

$$\begin{aligned} T1 &= 2{,}35337 + 0{,}1116\cdot X1 + 0{,}00006\cdot X1X3X5 - 0{,}00011\cdot X1X5^2 + 0{,}00005\cdot X5^3 - \\ &- 0{,}0000001\cdot X1^3X5 + 0{,}0000013\cdot X1^2X5^2 - 0{,}000099\cdot X1^2X5X6 - 0{,}000075\cdot X3^2X5X6 + \\ &+ 0{,}00011\cdot X1X5^2X6 - 0{,}00224\cdot X1^2X6^2 \end{aligned} \quad (3)$$

Аналіз даних групи 4. Для цієї групи найкращим за якістю також є рівняння чотирьохфакторної поліноміальної регресії:

$$\begin{aligned} T2 &= 1{,}3849 + 0{,}134\cdot X1 - 0{,}00855\cdot X1X5 + 0{,}00028\cdot X1X3X5 + 0{,}00025\cdot X1X5^2 - \\ &- 0{,}00000002\cdot X1^4 + 0{,}0000036\cdot X1X3^2X5 - 0{,}00126\cdot X1X3X5X6 \end{aligned} \quad (4)$$

Рівняння отримані із заданим рівнем вірогідності у 95%.

Аналізуючи економічну сутність коефіцієнтів при факторних ознаках в одержаних рівняннях поліноміальних регресій можна зробити висновок для груп 1 і 2 про те, що зміна факторної ознаки X1 (відсоток ушкодження теплоізоляції від її загальної площі) при умові

одночасної не змінності інших факторних ознак, найбільш суттєво впливає на зміну вартість ремонту, а саме: група 1 – зміна X1 на 1 % веде до збільшення вартості ремонту на 28,68 грн./м2, тобто на 7,5 %; група 2 – зміна X1 на 1 % веде до збільшення вартості ремонту на 28,26 грн./м2 або на 5 % від середнього значення.

Аналогічні висновки стосуються і економічної сутності коефіцієнтів при факторних ознаках в одержаних рівняннях поліноміальних регресій для груп 3 і 4. Зміна факторної ознаки X1 при умові одночасної незмінності інших факторних ознак, найбільш суттєво впливає на зміну трудомісткості виконання ремонтних робіт: група 3 – зміна відсотку ушкодження на 1 % веде до збільшення трудомісткість виконання ремонту на 0,1116 л.-год./м2; група 4 – зміна відсотку ушкодження на 1 % веде до збільшення трудомісткості виконання ремонту на 0,134 л.-год./м2.

Беручи до уваги вищенаведене, слід вважати фактор X1 (відсоток ушкодження теплоізоляції) найбільш вагомим за впливом на вартість та трудомісткість відновлювальних робіт.

Математичні моделі, створені за результатами кореляційно-регресійного аналізу отриманих обчислювальними експериментами даних, є об’єктивними, мають необхідну достовірність і можуть бути використані для розрахунку прогнозованої вартості та трудомісткості виконання робіт з відновлення властивостей фасадної теплоізоляції з опорядженням легкою штукатуркою на об'єктах цивільного будівництва, архітектурно-планувальні фактори яких будуть відрізнятися від факторів, що увійшли в модель регресії не більше, ніж на 15% [4]. Розрахунки за отриманими рівняннями регресії дають можливість отримати з достатнім ступенем точності для кожного окремого об'єкту будівництва унікальну прогнозовану вартість (трудомісткість) відновлювальних робіт відповідно до архітектурно-об’ємно-планувальних та технічних характеристик будівельних об’єктів. Основним фактором, який впливає на вартість робіт з відновлення та їх трудомісткість, треба вважати відсоток ушкодження теплоізоляції від її загальної площі на фасаді.

Наведені результати були використані для розробки відповідної методики вибору технічно можливих та економічно доцільних варіантів технології та організації робіт з відновлення ушкодженої теплоізоляції з опорядженням легкими штукатурками. Складовою її частиною є схема вибору можливих варіантів технології та організації робіт з відновлення ушкодженої теплоізоляції, яка представлена на рис. 4.

На початку вибору за даною методикою встановлюються та аналізуються загальні характеристики об'єкту реконструкції: призначення, місце розташування, розміри об'єкту в плані, розміри майданчику, на якому розташовано об'єкт будівництва, висота об'єкту та конструкція зовнішнього утеплення. Далі схема розрахунку та вибору складається з блоків, складові яких, а також алгоритм роботи з методичною схемою описані в опублікованій статті [5].

Розроблена методика дає можливість обрати технологію проведення робіт з улаштування або відновлення властивостей фасадної теплоізоляції з опорядженням легкими штукатурками залежно від технічних і архітектурно-планувальних характеристик будівлі, сезонності проведення робіт, характеристик будівельного майданчику та організаційно-технологічних можливостей підрядних організацій.

До наведеної методичної схеми додається документ MS Excel для розрахунку прогнозованих техніко-економічних показників (вартості, трудомісткості і тривалості) робіт. Розрахунок виконується на основі отриманих рівнянь регресій. В документі виділено дві таблиці: Вихідні дані та Результати. В поля з вихідними даними необхідно ввести дані, що відомі замовникові. Це технічний та архітектурно-планувальні показники об'єкту реконструкції, а також змінність проведення робіт, кількість робітників, що будуть зайняті та площа відновлювальної теплоізоляції. Після введення вихідних даних, у таблиці з результатами з'являться значення вартості та трудомісткості, як питомих, так і загальні прогнозовані витрати ресурсів, а також загальна тривалість проведення відновлювальних робіт.

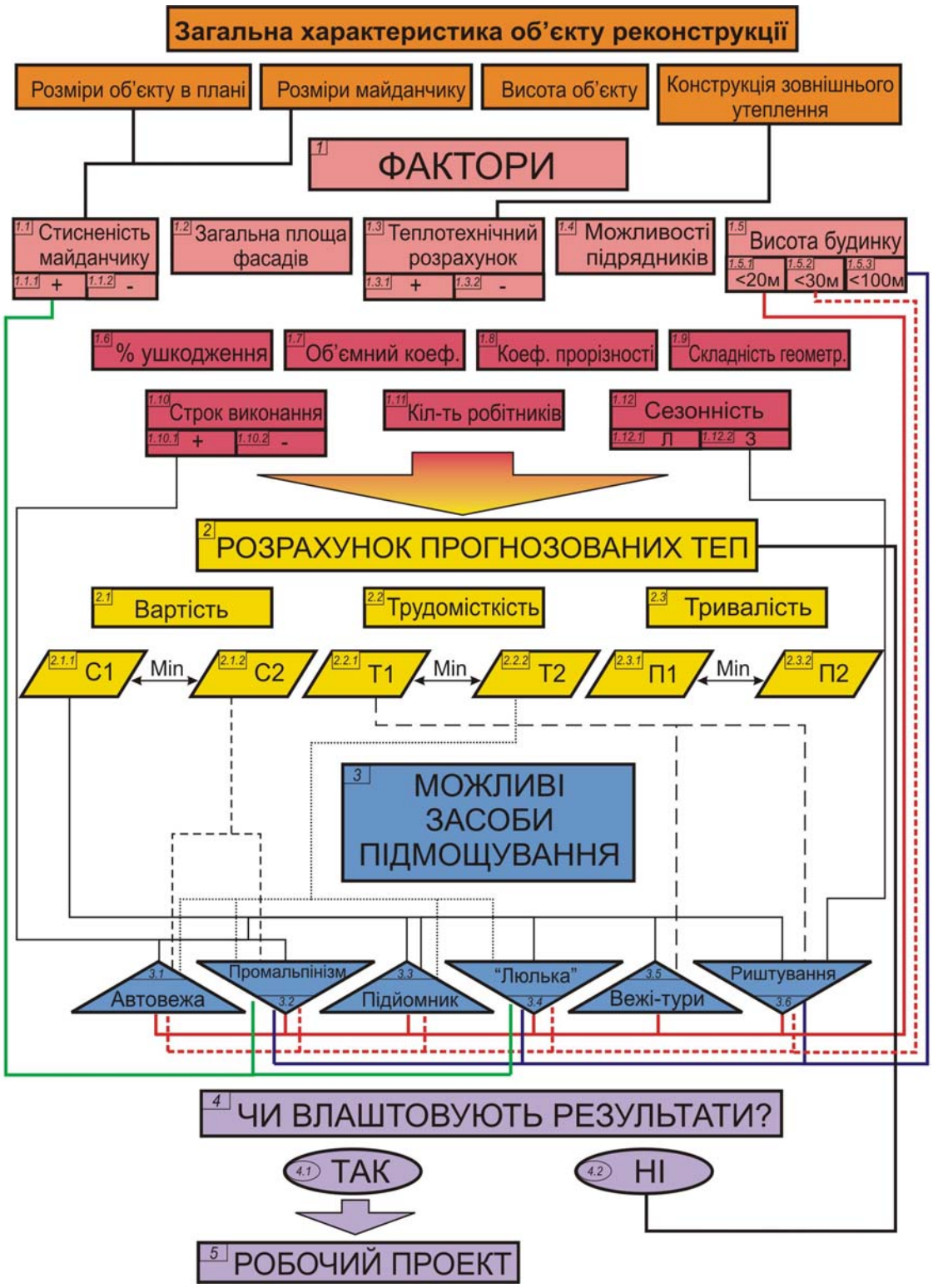


Рис. 4. Методична схема вибору можливих варіантів технології та організації робіт

Для прикладу, наведемо розрахунки для декількох станів ушкодження теплоізоляції на фасаді для одного будинку (табл. 1). З розрахунку видно як зміняться витрати у зв'язку із більш раннім чи пізнішим (відповідно до різного відсотку ушкодження) виконанням відновлювальних робіт. Так, питома вартість ремонту 1м2 теплоізоляції за відсотку її ушкодження 5 % буде на 43 грн. менше за питому вартість для 20 % ушкодження в разі використання засобів підмощування першої групи. А питома трудомісткість виконання робіт у разі пошкодження теплоізоляції на 80 % зросте більше ніж удвічі порівняно з питомою трудомісткістю для 20 % ушкодження. Такими даними і обґрунтовується економічна ефективність виконання робіт у прийнятні для інвестора чи замовника терміни.

Таблиця 1

Розрахунок витрат ресурсів та тривалості проведення відновлювальних робіт відповідно до різного ступеню ушкодження теплоізоляції будинку-представника

Відсоток ушкодження теплоізоляції	Вихідні дані розрахунку та його результати

5 %

Вихідні дані						
відсоток ушкоджень теплоізоляції від її загальної площі, %	об'ємний коефіцієнт	показник складності геометрії фасадів	коефіцієнт прорізності	змінність, зм.	кількість робітників, чол.	площа відновлюваної теплоізоляції, м2
X1	X3	X5	X6			
5	50	8	0,3	2	19	250

Результати					
Прогнозована вартість	C1	125,06	грн./м2	31265,70	грн.
	C2	168,95	грн./м2	42237,66	грн.
Прогнозована трудомісткість	T1	2,567	люд.-год./м2	641,76	люд.-год.
	T2	1,951	люд.-год./м2	487,65	люд.-год.
Прогнозована тривалість	П1	17	робочі дні		
	П2	13	робочі дні		

20 %

Вихідні дані						
відсоток ушкоджень теплоізоляції від її загальної площі, %	об'ємний коефіцієнт	показник складності геометрії фасадів	коефіцієнт прорізності	змінність, зм.	кількість робітників, чол.	площа відновлюваної теплоізоляції, м2
X1	X3	X5	X6			
20	50	8	0,3	2	19	1000

Результати					
Прогнозована вартість	C1	168,90	грн./м2	42226,17	грн.
	C2	311,78	грн./м2	77946,05	грн.
Прогнозована трудомісткість	T1	4,358	люд.-год./м2	1089,43	люд.-год.
	T2	3,644	люд.-год./м2	910,94	люд.-год.
Прогнозована тривалість	П1	115	робочі дні		
	П2	96	робочі дні		

80 %

Вихідні дані						
відсоток ушкоджень теплоізоляції від її загальної площі, %	об'ємний коефіцієнт	показник складності геометрії фасадів	коефіцієнт прорізності	змінність, зм.	кількість робітників, чол.	площа відновлюваної теплоізоляції, м2
X1	X3	X5	X6			
80	50	8	0,3	2	19	4000

Результати					
Прогнозована вартість	C1	342,33	грн./м2	85582,85	грн.
	C2	631,13	грн./м2	157781,88	грн.
Прогнозована трудомісткість	T1	9,385	люд.-год./м2	2346,14	люд.-год.
	T2	9,403	люд.-год./м2	2350,86	люд.-год.
Прогнозована тривалість	П1	988	робочі дні		
	П2	990	робочі дні		

Також помітною і логічною є закономірність зростання трудомісткості та тривалості виконання робіт при використанні у якості засобів підмощування підйомників типу «люлька», механічних підйомників, автовеж та промислового альпінізму (Т2) із зростанням відсотку ушкоджень на фасаді. За таких умов, використання перерахованих засобів

підмощування для невеликої кількості ушкоджень буде раціональним, а в разі значного ушкодження системи теплоізоляції, трудомісткість проведення робіт із їх використанням уже буде знаходитися на рівні з використанням риштувань та веж-тур (Т1).

Розроблена за результатами досліджень та представлена у цій роботі методика стала складовою частиною виконаного на замовлення та за участю ТОВ і ІІ «Хенкель Баутехнік-Україна» «Технологічного регламенту на виконання робіт із відновлення властивостей фасадної теплоізоляції з опорядженням легкою штукатуркою на основі матеріалів торгової марки «Ceresit». Окрім того, у згаданому документі надаються рекомендації щодо технології виконання відновлювальних робіт із використанням перерахованих засобів підмощування, а також конструктивно-технологічні пропозиції щодо покращення окремих елементів та вузлів конструкції системи утеплення, технології виконання робіт та обладнання для цього виробництва.

Висновки

1. У роботі поставлено та вирішується науково-прикладне завдання технологічно та економічно доцільного відновлення властивостей існуючих конструкцій зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням легкою штукатуркою.

2. Створені за результатами кореляційно-регресійного аналізу даних обчислювального експерименту математичні моделі можуть бути використані для розрахунку прогнозованої вартості та трудомісткості виконання робіт з відновлення властивостей фасадної теплоізоляції з опорядженням легкою штукатуркою на об'єктах цивільного будівництва. Розрахунки за отриманими рівняннями регресії дають можливість з достатнім ступенем точності оцінити для кожного окремого об'єкту будівництва унікальну прогнозовану вартість та трудомісткість відновлювальних робіт відповідно до технічних та архітектурно-об’ємно-планувальних властивостей будинків. Фактором, що найбільш суттєво впливає на вартість робіт з відновлення та їх трудомісткість, слід вважати відсоток ушкодження теплоізоляції від її загальної площі на фасаді.

3. Представлена в роботі методика дає можливість обрати доцільну технологію проведення робіт з улаштування або відновлення властивостей фасадної теплоізоляції з опорядженням легкими штукатурками залежно від технічних і архітектурно-об’ємно-планувальних характеристик будівлі, сезонності проведення робіт, характеристик будівельного майданчику та можливостей підрядних організацій.

Список выкористанных джерел

1. ДБН В.2.6-33:2008. "Конструкції будинків та споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації". – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 23с.
2. ДСТУ Б В.2.6-36:2008. "Конструкції будинків та споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови." – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 36с.
3. Система скріпленої зовнішньої теплоізоляції будівель і споруд «Ceresit. 2-ге видання, доповнене і перероблене»: Посібник по проектуванню, монтажу і експлуатації системи /В. Г. Соха, Є. К. Карапузов, О. М. Лівінський, Б. С. Дамаскін, М. Ф. Друкований – К.: МП «Леся», 2009. – 238с.
4. Ершова Н. М. Экономико-математические методы и модели принятия решений в условия определенности, неопределенности и риска: Монография /Н.М. Ершова, В.П. Скрипник. – Днепропетровск: ПГАСА, 2011. – 350с.
5. Березюк А. М., Шаленний В. Т., Дікарев К. Б., Скокова А. О. Методична послідовність вибору можливих варіантів технології та організації робіт з улаштування і відновлення теплоізоляції з легкими штукатурками //Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов.– Днепропетровск: ПГАСА, 2012. – Вып.64. - С. 340 – 344.
6. Фаренюк Г. Г. Теплові аспекти надійності огороджувальних конструкцій //Будівництво України. – 2009. – №8. – С. 28 – 30.

7. Шаленний В. Т., Скокова А. О., Несевря П. І. Вихідні дані та методика дослідження ресурсів на відновлення фасадної теплоізоляції будинків із опорядженням легкою штукатуркою //Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне, 2011. – Вип.21. – С. 625 – 633.
8. Шалённый В. Т., Папирнык Р. Б., Скокова А. А. Восстановление теплозащитных свойств наружных стен как путь продления жизненного цикла гражданских зданий //Збірник наукових праць "Науковий вісник будівництва". – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. – Вип.58. – С.203 – 207.
9. Шаленный В. Т., Несевря П. И., Дикарев К. Б., Скокова А. А. Факторы, влияющие на срок эксплуатации конструкции внешних стен с фасадной теплоизоляцией и отделкой легкой штукатуркой. Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. – Днепропетровск: ПГАСА. – 2010. – Вып.56. – С. 593 – 597.

УДК 69.059:699.86

РЕЗУЛЬТАТИ КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ ВПЛИВУ АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ І УШКОДЖЕНЬ ФАСАДІВ НА ВАРТІСТЬ ТА ТРУДОМІСТКІСТЬ РОБІТ З ВІДНОВЛЕННЯ ЇХ ЗОВНІШНЬОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ І ОПОРЯДЖЕННЯ

Шаленний В.Т.,

Національна академія природоохоронного та курортного будівництва

Скокова А.О.

Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Наведено результати кореляційно-регресійного аналізу отриманих статистичних даних для визначення математичної моделі, форми, сили та тісноти кореляційного зв’язку між вартістю і трудомісткістю робіт з відновлення ушкодженої теплоізоляції фасаду з опорядженням легкою штукатуркою та різними архітектурно-планувальними і технічними характеристиками будівель. Отримано рівняння регресії для розрахунку прогнозованої вартості та трудомісткості виконання цих робіт для цивільних будинків. Представлено вплив кожного з досліджуваних факторів на результуючі показники. Отримані закономірності можуть бути використані для розрахунку прогнозованих витрат ресурсів на виконання ремонтних робіт із відновлення властивостей теплоізоляції і опорядження фасадів.

фасадна теплоізоляція, відновлення, вартість, трудомісткість, фактор, кореляційно-регресійний аналіз.

Вступ

Забезпечення довговічності теплової оболонки на рівні довговічності будівлі в цілому сьогодні не є обов'язковою та необхідною вимогою будівництва [12]. Прогнозований термін експлуатації, що заявляється виробниками фасадної теплоізоляції з опорядженням легкими штукатурками, складає від 15 до 30 років [11]. Отже, раніше влаштовану теплоізоляцію зовнішніх стін доведеться рано чи пізно відновлювати.

Аналіз публікацій

Вивченню питання відновлення властивостей фасадних систем теплоізоляції з тонким штукатурним шаром присвячені роботи провідних учених України та країн СНД, таких як: Фаренюк Г.Г. [9, 12], Монастирьов П.В., Алехін С.В., Новіков О.В., Менейлюк А.І. [5], Савйовський В.В., Соха В.Г. [4, 5, 8] Лівінський О.М., Друкований М.Ф., Шаленний В.Т. [6-8, 10, 11], Дікарев К.Б. [10] та ін.

Маючи на увазі доведене нами непропорційне зростання вартості та трудомісткості робіт з відновлення теплоізоляції від відсотку її ушкодження [7, 10], замовник повинен мати

можливість одержати якомога точніший прогноз витрат ресурсів перед прийняттям рішення щодо вибіркового ремонту чи заміни всієї існуючої системи теплоізоляції. Нами було проведено обчислювальний експеримент з дослідження вартості та трудомісткості робіт по відновленню властивостей фасадної теплоізоляції для різних варіантів проектів. Методика його проведення, а також отримані результати були опубліковані раніше [6, 10].

Мета та завдання дослідження

Метою дослідження є виявлення та розмежування впливу незалежних факторів, що характеризують будівлю та її стан, на вартість та трудомісткість робіт з відновлення ушкодженої теплоізоляції фасаду. Завдання дослідження – отримати і проаналізувати рівняння регресій, що описують залежність між питомими вартістю і трудомісткістю та незалежними архітектурно-планувальними та технічними факторами, які в найбільшій мірі ідентифікують об’єкти реконструкції.

Методика дослідження

Кореляційно-регресійний аналіз стохастичних даних було проведено в середовищі електронних таблиць MS Excel. На основі логіко-інтуїтивного підходу на початку було запропоновано шість незалежних архітектурно-планувальних та технічних факторів, що напевно впливають на вартість та трудомісткість відновлювальних робіт, а саме:

X1 - відсоток помічених ушкоджень теплоізоляції від її загальної площі, %;

X2 - висота об'єкту будівництва, м;

X3 - об'ємний коефіцієнт, що є відношенням загального об'єму будинку до площі його типового поверху;

X4 - загальна площа теплоізоляції на фасадах будинку, м2;

X5 - складність геометрії фасадів, що дорівнює кількості сторін багатокутника, який являє собою план типового поверху будинку;

X6 - коефіцієнт прорізності, який визначається як відношення площі віконних та дверних прорізів у зовнішніх стінах до загальної площі фасадів.

На початку проведення досліджень, було встановлено, що отримані проведенням обчислювальних експериментів дані щодо вартості та трудомісткості відновлювальних робіт мають великий розкид. Перевірка даних на наявність викидів підтвердила таку гіпотезу. Це можна пояснити великою різницею орендної вартості та трудомісткості встановлення різних засобів підмощування для різних об'єктів, що розглядалися. Зважаючи на це, нами було проведено розподіл статистичних даних на групи. А саме, для дослідження зміни вартості робіт виділено дві групи, до яких увійшли наступні варіанти проектів з використанням таких засобів підмощування як:

група 1 – вежі-тури, риштування, підйомники типу «люлька», а також механічні підйомники;

група 2 – автовежі та засоби промислового альпінізму.

Для проведення аналізу щодо зміни трудомісткості, також було проведено поділ на дві групи:

група 3 – вежі-тури та риштування;

група 4 – підйомники типу «люлька», механічні підйомники, автовежі та промисловий альпінізм.

Подальші розрахунки проводились саме в цих групах. Вихідні дані в кожній з чотирьох груп були перевірені на наявність грубих помилок та викидів. Перевірка відповідності даних, що досліджуються, нормальному законові розподілу була виконана із застосуванням інструменту Гістограма та Описова статистика пакету аналізу даних. Форма гістограми, а також аналіз числових характеристик описової статистики досліджуваних даних засвідчили їх відповідність нормальному законові розподілу, а отже, їх репрезентативність.

Аналіз даних групи 1. Кореляційний аналіз факторних ознак було виконано за допомогою інструменту Кореляція пакету аналізу. Отримана кореляційна матриця архітектурно-планувальних та технічних факторів представлена в табл.1.

Аналіз наведених там коефіцієнтів парної кореляції позує, що між висотою об'єкту (X2), об'ємним коефіцієнтом (X3) та загальною площею теплоізоляції (X4) спостерігається сильний позитивний кореляційний зв'язок. Для того, що уникнути явища мультиколінеарності (в цьому випадку важко розділити вплив на результативний показник окремих факторних показників), було виключено з моделі регресії фактори X2 та X4 і залишено фактор X3, що має найбільший серед трьох вплив на результативний показник У – вартість відновлювальних робіт. Таким чином, математична модель регресії включатиме чотири незалежних фактора: X1, X3, X5 та X6.

Таблиця 1

Матриця коефіцієнтів парної кореляції факторів першої групи

	У	X1	X2	X3	X4	X5	X6
У	1						
X1	0,776447546	1					
X2	0,340169602	-4,212E-18	1				
X3	0,386181158	2,3176E-17	0,9838449	1			
X4	0,385711919	2,4155E-17	0,9276346	0,9159927	1		
X5	0,093492684	1,9554E-17	0,2734201	0,2257781	0,5346339	1	
X6	0,205808468	-7,662E-18	0,7864359	0,7155873	0,7000742	0,042374	1

Для даних групи 1 було проведено чотирьох факторний лінійний, а також чотирьох факторний поліноміальний регресійний аналіз за допомогою інструменту Регресія пакету аналізу даних MS Excel. Попередньо було визначено, що розташування одержаних стохастичних даних з найбільшою ймовірністю підпорядковується поліноміальному закону розподілу. Вихідна інформація інструменту Регресія та аналіз якості моделей для групи 1 представлена у табл. 2 та 3.

Таблиця 2

Чотирьох факторна лінійна регресія даних першої групи

Вихідна інформація	*Регрессионная статистика*					
	Множественный R	0,873042913				
	R-квадрат	0,762203928		Fкритич.	tкритич.	
	Нормированный R-квадрат	0,761463899		2,614136469	1,96242784	
	Стандартная ошибка	86,20850852				
	Наблюдения	968				
	Дисперсионный анализ					
		df	*SS*	*MS*	*F*	*Значимость F*
	Регрессия	3	22963802,52	7654600,841	1029,96457	4,636E-300
	Остаток	964	7164358,291	7431,906941		
	Итого	967	30128160,81			
		Коэффициенты	*ндартная оши*	*t-статистика*	*P-Значение*	*Нижние 95%*	*Верхние 95%*
	Y-пересечение	180,514038	12,17416206	14,82763554	5,8613E-45	156,6231234	204,4049526
	X1	4,428870064	0,089586927	49,43656657	1,392E-266	4,253062185	4,604677943
	X3	3,379538409	0,155193242	21,7763246	8,0321E-86	3,07498287	3,684093947
	X6	-286,4113803	44,54639622	-6,429507315	2,0111E-10	-373,8304686	-198,9922921
Модель регресії	$\overline{Y}_X = 180{,}514 + 4{,}4288 \cdot X1 + 3{,}3795 \cdot X3 - 286{,}4114 \cdot X6$					
Коеф. парн. кореляції	$R = 0{,}87304$ – значення коефіцієнта є близьким до одиниці, отже якість моделі є високою					
Коефіцієнт детермінації	$R^2 = 0{,}762204$, отже 76% дисперсії вартості відновлювальних робіт пояснюється впливом факторів X1, X3 та X6					
Критерій Фішера	$F = 1029{,}96 \rangle F_{КРИТИЧ.} = 2{,}614$ – з імовірністю 95% рівняння регресії в цілому статистично значиме, воно може використовуватися					
Статистика Стьюдента	$\lvert t - статистикаX1 \rvert = 49{,}43 \rangle t_{КРИТИЧ.} = 1{,}962$ $\lvert t - статистикаX3 \rvert = 21{,}77 \rangle t_{КРИТИЧ.} = 1{,}962$ $\lvert t - статистика\ X6 \rvert = 6{,}43 \rangle t_{КРИТИЧ.} = 1{,}962$				всі параметри рівняння регресії є статистично значущим і не можуть приймати нульових значень	

Як бачимо (статистична похибка є нижчою 41,9<86,2, а коефіцієнт детермінації є значно більшим 0,9444>0,7615), якість рівняння поліноміальної регресії є вищою за якість лінійної моделі регресії.

Таблиця 3

Чотирьох факторна поліноміальна регресія даних першої групи

Вихідна інформація

Регрессионная статистика			
Множественный R	0,971806597		
R-квадрат	0,944408062	Fкритич.	tкритич.
Нормированный R-квадрат	0,943768406	1,798651972	1,96244849
Стандартная ошибка	41,85653471		
Наблюдения	968		

Дисперсионный анализ

	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	11	28453277,97	2586661,634	1476,43075	0
Остаток	956	1674882,84	1751,969498		
Итого	967	30128160,81			

	Коэффициенты	Стандартная оши	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%
Y-пересечение	110,4056952	3,762492976	29,34376115	1,795E-135	103,0219966	117,7893938
X1	28,67776675	0,852712964	33,63120764	2,921E-164	27,00436149	30,35117202
X1*X3	-2,021449554	0,079273924	-25,49955195	7,77E-110	-2,17702055	-1,865878561
X1*X6	-78,94153542	3,002417168	-26,29266054	4,371E-115	-84,8336244	-73,04944839
X1*X1*X3	0,005026491	0,000478199	10,5112887	1,5709E-24	0,00408805	0,005964933
X1*X1*X6	-0,505059444	0,026771684	-18,86543415	9,6916E-68	-0,5575975	-0,452521393
X1*X3*X3	0,020082737	0,000929371	21,60895629	1,2226E-84	0,018258894	0,02190658
X1*X3*X6	6,209739088	0,238737164	26,01077677	3,233E-113	5,741229701	6,678248475
X1*X1*X3*X3	3,7379E-05	4,84128E-06	7,720891357	2,9057E-14	2,78783E-05	4,68798E-05
X1*X1*X3*X6	-0,021773862	0,001864176	-11,68015432	1,4713E-29	-0,02543221	-0,018115513
X1*X3*X3*X6	-0,059122911	0,002443407	-24,19691333	2,781E-101	-0,06391797	-0,05432785
X1*X1*X6*X6	1,476914892	0,090560661	16,30957008	6,0971E-53	1,299194259	1,654635524

Модель поліноміальної регресії

$$\overline{Y}_X = 110{,}406 + 28{,}678 \cdot X1 - 2{,}021 \cdot X1X3 - 79{,}942 \cdot X1X6 + 0{,}005 \cdot X1^2 X3 - $$
$$- 0{,}505 \cdot X1^2 X6 + 0{,}02 \cdot X1X3^2 + 6{,}21 \cdot X1X3X6 + 0{,}00004 \cdot X1^2 X3^2 - $$
$$- 0{,}0218 \cdot X1^2 X3X6 - 0{,}0591 \cdot X1X3^2 X6 + 1{,}477 \cdot X1^2 X6^2$$

Коеф. парної кореляції

$R = 0{,}9718$ – якість моделі поліноміальної регресії є високою

Коефіцієнт детермінації

$R^2 = 0{,}9444$, більше 94% дисперсії вартості відновлювальних робіт пояснюється впливом факторів, що входять у рівняння регресії

Критерій Фішера

$F = 1476{,}43 \rangle F_{КРИТИЧ.} = 1{,}799$ – рівняння регресії в цілому статистично значуще, воно може бути використане для прийняття рішень та прогнозування

Статистика Стьюдента

всі параметри рівняння регресії є статистично значущим і не можуть приймати нульових значень

Аналіз даних групи 2 було проведено за таким же алгоритмом. Кореляційний аналіз факторних ознак показав доцільність включення в рівняння регресії тих самих чотирьох архітектурно-планувальних та технічних факторів, що і в групі 1: X1, X3, X5 та X6. Також для даних групи 2 найкращим за якістю (за коефіцієнтом детермінації та мінімальною стандартною помилкою) виявилося рівняння чотирьох факторної поліноміальної регресії. Вихідні дані інструменту Регресія, а також модель поліноміальної регресії представлені в табл. 4.

Таблиця 4

Чотирьох факторна поліноміальна регресія даних другої групи

Вихідна інформація

Регрессионная статистика			
Множественный R	0,832051976		
R-квадрат	0,692310491		
Нормированный R-квадр	0,687128351	Fкритич.	tкритич.
Стандартная ошибка	164,0932664	1,95789029	1,964970691
Наблюдения	484		

Дисперсионный анализ

	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	8	28778181,86	3597272,732	133,595505	2,0411E-116
Остаток	475	12790135,03	26926,60007		
Итого	483	41568316,89			

	Коэффициенты	Стандартная оши	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%
Y-пересечение	115,7396242	19,47458553	5,943111037	5,4174E-09	77,4726344	154,006614
X1	28,26399208	2,356317038	11,99498694	3,85E-29	23,63389816	32,894086
X1*X6	-82,02639186	9,694401848	-8,46121227	3,3007E-16	-101,0756074	-62,9771764
X1*X1*X3	-0,001631813	0,000670719	-2,432931034	0,01534522	-0,002949756	-0,00031387
X1*X1*X5	-0,004768386	0,000924304	-5,158893791	3,6554E-07	-0,006584616	-0,00295216
X1*X1*X3*X6	0,005068736	0,001703753	2,975041597	0,00307874	0,001720911	0,00841656
X1*X1*X5*X6	0,012276191	0,002375698	5,167403949	3,5014E-07	0,007608014	0,016944367
X1*X1*X6*X6	-0,463935157	0,067153574	-6,908569898	1,58E-11	-0,595889961	-0,33198035
X1*X6*X6*X6	269,1153913	25,87720975	10,39970669	5,8418E-23	218,2674325	319,96335

Модель поліноміальної регресії

$$\overline{Y}_X = 115{,}74 + 28{,}264 \cdot X1 - 82{,}026 \cdot X1X6 - 0{,}0016 \cdot X1^2 X3 - 0{,}0048 \cdot X1^2 X5 +$$
$$+ 0{,}005 \cdot X1^2 X3X6 + 0{,}012 \cdot X1^2 X5X6 - 0{,}464 \cdot X1^2 X6^2 + 269{,}12 \cdot X1X6^3$$

Аналіз даних групи 3. Для групи 3 та групи 4 результативною ознакою є трудомісткість виконання ремонтних робіт. Набір незалежних архітектурно-планувальних та технічних факторів для цих груп не відрізняється від того, що використано для розрахунку прогнозованої вартості робіт. Отже, для розрахунку були використані такі фактори: X1, X3, X5 та X6. Найкращим за якістю виявилося рівняння чотирьох факторної поліноміальної регресії. Вихідні дані інструменту Регресія, а також модель поліноміальної регресії представлені в табл. 5.

Таблиця 5

Чотирьох факторна поліноміальна регресія даних третьої групи

Вихідна інформація

Регрессионная статистика						
Множественный R	0,962367473					
R-квадрат	0,926151153		Fкритич.	tкритич.		
Нормированный R-квадр	0,920556543		1,903114608	1,9780988		
Стандартная ошибка	0,638686272					
Наблюдения	143					
Дисперсионный анализ						
	df	*SS*	*MS*	*F*	*Значимость F*	
Регрессия	10	675,285224	67,5285224	165,54348	1,38612E-69	
Остаток	132	53,84546032	0,407920154			
Итого	142	729,1306843				
	Коэффициенты	*ндартная ошi*	*t-статистика*	*P-Значение*	*Нижние 95%*	*Верхние 95%*
Y-пересечение	2,3533735498	0,135842289	17,32430718	8,429E-36	2,084664078	2,62208302
X1	0,1116264849	0,004769216	23,40562789	8,066E-49	0,102192505	0,12106046
X1*X3*X5	0,0000558256	6,57567E-06	8,489720222	3,739E-14	4,28183E-05	6,8833E-05
X1*X5*X5	-0,0001136279	1,89918E-05	-5,982996295	1,938E-08	-0,0001512	-7,606E-05
X5*X5*X5	0,0000541530	1,01985E-05	5,309906286	4,519E-07	3,39794E-05	7,4327E-05
X1*X1*X1*X5	-0,0000001454	5,59224E-08	-2,600491437	0,0103721	-2,5604E-07	-3,4802E-08
X1*X1*X5*X5	0,0000013392	2,06361E-07	6,48963089	1,592E-09	9,31006E-07	1,7474E-06
X1*X1*X5*X6	-0,0000986907	2,08383E-05	-4,736032811	5,546E-06	-0,00013991	-5,7471E-05
X3*X3*X5*X6	-0,0000748513	1,35762E-05	-5,513415988	1,783E-07	-0,00010171	-4,7996E-05
X1*X5*X5*X6	0,0001102818	5,40633E-05	2,039866467	0,0433585	3,33936E-06	0,00021722
X1*X1*X6*X6	-0,0022371383	0,000328714	-6,805731427	3,19E-10	-0,00288737	-0,00158691

Модель поліноміальної регресії

$$\bar{Y}_X = 2{,}35337 + 0{,}1116\,X1 + 0{,}00006\,X1X3X5 - 0{,}00011\,X1X5^2 + 0{,}00005\,X5^3 -$$
$$- 0{,}0000001\,X1^3X5 + 0{,}0000013\,X1^2X5^2 - 0{,}000099\,X1^2X5X6 -$$
$$- 0{,}000075\,X3^2X5X6 + 0{,}00011\,X1X5^2X6 - 0{,}00224\,X1^2X6^2$$

Аналіз даних групи 4. Для цієї групи найкращим за якістю також є рівняння чотирьох факторної поліноміальної регресії. Вихідні дані та модель нелінійної регресії представлені в табл. 6.

Таблиця 6

Чотирьох факторна поліноміальна регресія даних четвертої групи

Вихідна інформація

Регрессионная статистика						
Множественный R	0,99263899					
R-квадрат	0,985332165		Fкритич.	tкритич.		
Нормированный R-квадра	0,98487174		2,050807688	1,97065891		
Стандартная ошибка	0,280341653					
Наблюдения	231					
Дисперсионный анализ						
	df	*SS*	*MS*	*F*	*Значимость F*	
Регрессия	7	1177,326082	168,1894403	2140,04776	1,4041E-200	
Остаток	223	17,52589165	0,078591442			
Итого	230	1194,851974				
	Коэффициенты	*ндартная ошi*	*t-статистика*	*P-Значение*	*Нижние 95%*	*Верхние 95%*
Y-пересечение	1,384910987	0,043427453	31,89021933	4,8972E-85	1,29933029	1,470491683
X1	0,133545263	0,002653357	50,3306787	9,71E-124	0,128316401	0,138774125
X1*X5	-0,008551728	0,000352432	-24,26491503	1,6966E-64	-0,00924625	-0,007857205
X1*X3*X5	0,000280552	1,05816E-05	26,51324285	7,0453E-71	0,000259699	0,000301404
X1*X5*X5	0,000251773	1,19998E-05	20,98151722	1,0869E-54	0,000228126	0,000275421
X1*X1*X1*X1	-2,52205E-08	1,1734E-09	-21,49357586	2,9529E-56	-2,7533E-08	-2,29081E-08
X1*X3*X3*X5	3,55178E-06	2,69944E-07	13,15746431	1,2107E-29	3,01981E-06	4,08375E-06
X1*X3*X5*X6	-0,001261307	6,53291E-05	-19,30695951	1,7523E-49	-0,00139005	-0,001132565

Модель поліноміальної регресії

$$\bar{Y}_X = 1{,}3849 + 0{,}134\,X1 - 0{,}00855\,X1X5 + 0{,}00028\,X1X3X5 + 0{,}00025\,X1X5^2 -$$
$$- 0{,}00000002\,X1^4 + 0{,}0000036\,X1X3^2X5 - 0{,}00126\,X1X3X5X6$$

Результати та їх аналіз

Аналізуючи економічну сутність коефіцієнтів при факторних ознаках в одержаних рівняннях поліноміальних регресій можна зробити висновок для груп 1 і 2 про те, що зміна факторної ознаки X1 (відсоток ушкодження теплоізоляції від її загальної площі) при умові одночасної не змінності інших факторних ознак, найбільш суттєво впливає на зміну вартість ремонту, а саме: група 1 – зміна відсотку ушкодження теплоізоляції (X1) на 1 % веде до збільшення вартості ремонту на 28,68 грн./м2; група 2 – зміна X1 на 1 % веде до збільшення вартості ремонту на 28,26 грн./м2.

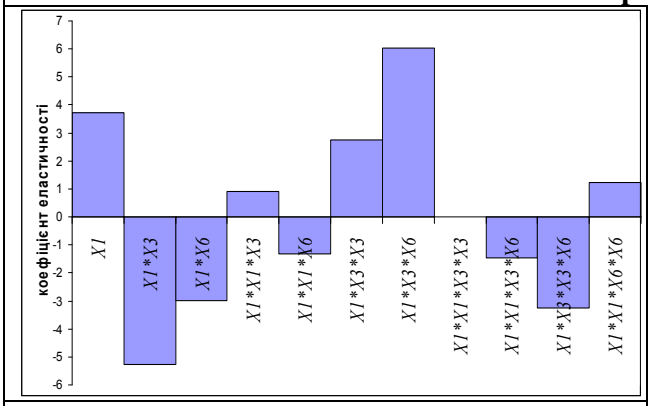
Аналогічні висновки стосуються і економічної сутності коефіцієнтів при факторних ознаках в одержаних рівняннях поліноміальних регресій для груп 3 і 4. Зміна факторної ознаки X1 при умові одночасної незмінності інших факторних ознак, найбільш суттєво впливає на зміну трудомісткості виконання ремонтних робіт: група 3 – зміна відсотку ушкодження на 1 % веде до збільшення трудомісткість виконання ремонту на 0,1116 л.-год./м2; група 4 –зміна відсотку ушкодження на 1 % веде до збільшення трудомісткості виконання ремонту на 0,007 л.-год./м2.

Для того, щоб виділити та оцінити вплив кожного з параметрів рівняння регресії на вартість та трудомісткість, нами були розраховані коефіцієнти еластичності для кожного з них. В даному випадку коефіцієнти еластичності вказують на скільки відсотків у середньому зміниться вартість чи трудомісткість робіт при зміні значення відповідної факторної ознаки на 1 % [2]. У графічній формі вплив кожної з факторних ознак представлено на гістограмах в табл. 7.

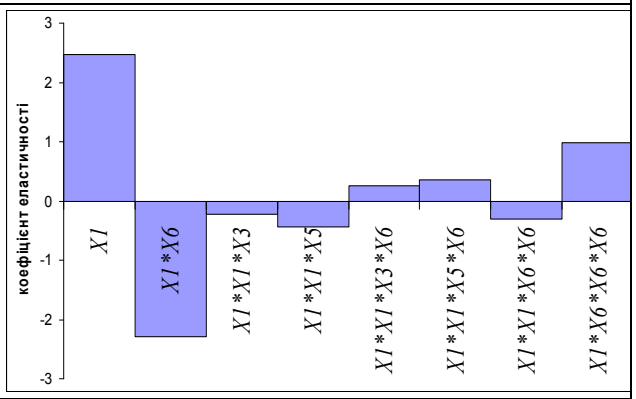
Таблиця 7

Коефіцієнти еластичності факторних ознак за групами та незалежними змінними

Вартість

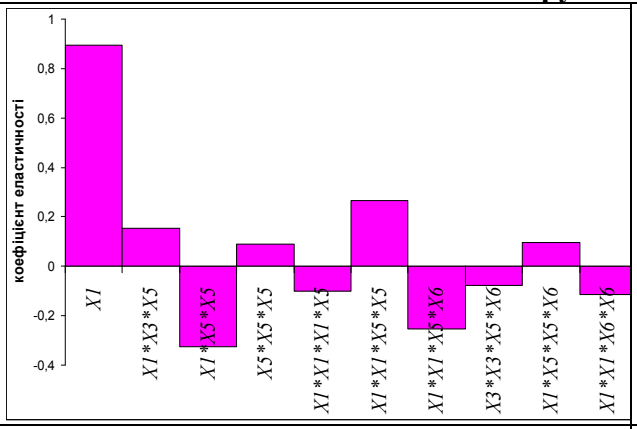


Гістограма коефіцієнтів еластичності для групи 1

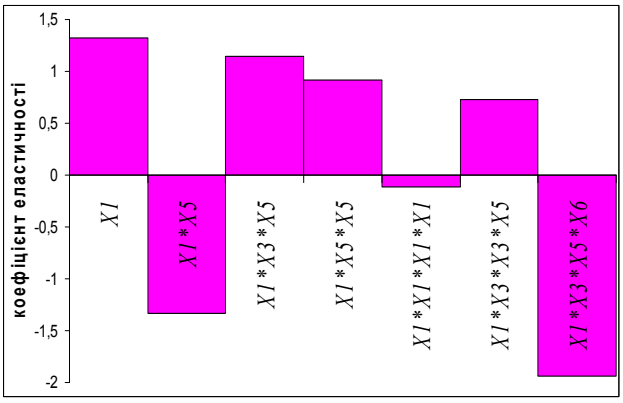


Гістограма коефіцієнтів еластичності для групи 2

Трудомісткість



Гістограма коефіцієнтів еластичності для групи 3



Гістограма коефіцієнтів еластичності для групи 4

З гістограми для першої групи видно, що найбільш вагомий вплив на вартість ремонту має факторна ознака Х1: збільшення її розміру на 1 % призводить до середнього збільшення вартості ремонту на 3,8 %. При цьому слід зазначити, що деякі факторні ознаки мають більший вплив на результуючий показних, але всі вони є добутками двох (Х1*Х2) або навіть трьох (Х1*Х3*Х6) факторів і тому вплив інших факторів (Х3, Х5, Х6) на вартість ремонту буде значно меншим, ніж вплив фактору Х1. Подібний висновок можна зробити і з аналізу гістограми 2. Вплив на вартість ремонту факторної ознаки Х1 є найбільшим серед наведених в математичній моделі: збільшення його розміру на 1 % призводить до середнього збільшення вартості ремонту на 2,5 %.

Гістограма для групи 3 показує, що при зміні відсотку ушкодження (Х1) на 1 % трудомісткість ремонтних робіт збільшиться в середньому на 0,9 %, що значно перевищує вплив всіх інших ознак на результуючий показник. Гістограма для групи 4 також показує, вплив факторної ознаки Х1, яка виступає в рівнянні як самостійний фактор, є вагомим: при її зміні на 1 % трудомісткість зміниться в середньому на 1,3 %. Інші окремі факторні ознаки хоча і мають більший процент впливу на результуючу ознаку, але є добутками декількох окремих факторів (Х1*Х3*Х5*Х6). Тому вплив інших факторів (Х3, Х5, Х6) окремо на трудомісткість ремонту є меншим, ніж вплив фактору Х1.

Беручи до уваги вищенаведене, треба вважати фактор Х1 – відсоток ушкодження теплоізоляції є найбільш вагомим за впливом на вартість та трудомісткість відновлювальних робіт, як ми і передбачали раніше [7].

Висновки

Математичні моделі, створені за результатами кореляційно-регресійного аналізу отриманих обчислювальними експериментами даних, є об’єктивними, мають необхідну достовірність і можуть бути використані для розрахунку прогнозованої вартості та трудомісткості виконання робіт з відновлення властивостей фасадної теплоізоляції з опорядженням легкою штукатуркою на об'єктах цивільного будівництва, факторні параметри яких будуть відрізнятися від параметрів, що увійшли в модель регресії не більше, ніж на 15% [1]. Представлені результати доцільно враховувати перед прийняттям рішення щодо проведення вибіркового ремонту чи заміни всієї існуючої системи теплоізоляції. Розрахунки за отриманими рівняннями регресії дають можливість отримати з достатнім ступенем точності для кожного окремого об'єкту будівництва унікальну прогнозовану вартість (трудомісткість) відновлювальних робіт відповідно до факторних ознак. Основним фактором, який впливає на вартість робіт з відновлення та їх трудомісткість, треба вважати відсоток ушкодження теплоізоляції від її загальної площі на фасаді.

Отже, наведені результати можуть бути використані при розробці методики обґрунтування доцільності та технології проведення робіт з відновлення фасадної теплоізоляції «мокрого» типу для ефективного подовження життєвого циклу цивільних будівель.

Список выкористанных джерел

10. Ершова Н.М. Экономико-математические методы и модели принятия решений в условия определенности, неопределенности и риска: Монография /Н.М. Ершова, В.П. Скрипник. – Днепропетровск: ПГАСА, 2011. – 350 с.
11. Макарова Н.В. Статистика в Excel: Учеб. пособие /Н.В. Макарова, В.Я. Трофимец. – М: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
12. Пінчук С.Й. Організація експерименту при моделюванні та оптимізації технічних систем: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: Дніпро-VAL, 2009. – 289 с.
13. Соха В.Г. Научно-методические основы повышения эксплуатационной эффективности технологических систем теплоизоляции фасадов: автореф. дис. на соискание научн. степени докт. техн. наук : спец. 05.23.08 "Технология и организация промышленного и гражданского строительства" /Соха Владимир Георгиевич. – Одесса, 2010. – 46 с.

14. Анализ эффективности применения систем теплоизоляции «Ceresit WM» в натурных условиях /А.И. Менейлюк, В.Г. Соха, И.Н. Бабий //Строительные материалы и изделия. – 2010. – № 2. – С.27–28.
15. Вихідні дані та методика дослідження ресурсів на відновлення фасадної теплоізоляції будинків із опорядженням легкою штукатуркою/ В.Т. Шаленний, П.І. Несевря, А.О. Скокова //Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне, 2011. – Вип.21. – С. 625–633.
16. Восстановление теплозащитных свойств наружных стен как путь продления жизненного цикла гражданских зданий /В.Т. Шалённый, Р.Б. Папирнык, А.А. Скокова //Збірник наукових праць "Науковий вісник будівництва". – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. – Вып.58.– С. 203–207.
17. Вплив ступеню ушкодження зовнішньої теплоізоляційної системи Ceresit на вартість робіт по її відновленню /В.Т. Шаленний, А.О. Скокова, Є.Г. Галич, М.А. Долотій, В.Г. Соха, Є.К. Карапузов //MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Symferopol – Lublin, 2011.Volume 13C. – P. 68 – 79.
18. Класифікація та структура теплових відмов ізоляційної оболонки житлових та громадських будинків /Г.Г. Фаренюк //Будівництво України. – 2008. – №10. – С. 7–11.
19. Методика дослідження очікуваних витрат на відновлення фасадної теплоізоляції будинків з опорядженням легкою штукатуркою/ В.Т. Шаленний, К.Б. Дікарев, А.О. Скокова //MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Symferopol – Lublin, 2010. Volume 12D. – P. 101–109
20. Огляд та порівняння різних систем фасадної теплоізоляції з легкою штукатуркою за показником вартості / Березюк А.М., Шаленний В.Т., Ніжніковський Г.С., Скокова А.О. // Зб. наукових праць: Теоретичні основи будівництва. – Варшава: Офіційне видавництво Варшавської Політехніки, 2011. – Вип. 19. – С. 339–344.
21. Теплові аспекти надійності огороджувальних конструкцій /Фаренюк Г. Г. //Будівництво України. – 2009. – №8. – С. 28–30.

Раздел 6.
ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 504.3.054:504.064.3

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖКХ НА СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В Г. СЕВАСТОПОЛЬ

Зелинская Н.Б., аспирант.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

Определены основные источники и ингредиенты загрязнения атмосферы в г. Севастополе, проанализирована степень воздействия теплогенерирующих установок коммунального хозяйства и их инфраструктуры на окружающую природную среду, дана оценка экологической ситуации в городе в целом, выделение участков жилой застройки с максимальным уровнем загрязнения, даны рекомендации по улучшению качества воздуха в приземном слое атмосферы.

Загрязнение атмосферы, экологическая безопасность, индекс загрязнения атмосферы, стационарные источники загрязнения

Введение

Одной из актуальных проблем современного общества является проблема сохранения здоровья нации. Окружающая природная среда на сегодняшний день является одним из главных факторов, от состояния которого зависит здоровье, благополучие человека, и решение экологических проблем, в первую очередь, экологических проблем города является первоочередной задачей.

Важным критерием для повышения уровня и качества жизни населения является обеспечение экологической безопасности проживания граждан, сохранение экологически чистой окружающей природной среды, комплексное развитие энергосберегающих технологий, повышение качества питьевой воды, очистки стоков и работы очистных сооружений канализации, развитие систем энергосбережения, повышение качества уборки территории, сбора, вывоза и утилизации мусора, осуществление деятельности по озеленению территорий.

Сегодня жилищно-коммунальное хозяйство является сложной, динамично развивающейся многоотраслевой, производственно-технической системой, от деятельности которой напрямую зависит качество и уровень повседневной жизни населения. Инфраструктура жизнеобеспечения ЖКХ включает в себя водоканал (питьевую воду и водоотвод), теплоэнергию, газоснабжение, электричество, озеленение и обращение с отходами, и является базовой для отрасли. От ее состояния и эффективности функционирования зависит устойчивость деятельности всего комплекса ЖКХ.

Анализ публикаций

Серьезным последствием сжигания органического топлива является загрязнение окружающей среды. Одним из основных источников загрязнения воздушного бассейна являются ТГУ. Поэтому их техническое совершенствование должно происходить в условиях жесткого экологического мониторинга.

Следует отметить, что большой объем в области прогнозирования и снижения вредных выбросов ТГУ выполняется в Украине, различными организациями стран СНГ и стран дальнего зарубежья. Эта проблематика широко представлена в работах ученых в области экологии, вентиляции, процессов регулирования теплогенерирующих установок и диффузионных процессов (М.Е. Берлянд, Н.Ф. Тищенко, Н.Д. Андрийчук, Е.В. Бруяцкий, Н.И. Болонов, С.П. Высоцкий, Г.Я. Дрозд, В.Ф. Губарь, В.П. Корбут, Ф.В. Недопекин, Я.С. Швец, А.А. Каргин, В.Н. Качан, А.А. Коваленко, С.К. Рамазанов, А.Ф. Редько, А.И. Сердюк, В.И. Соколов и др.) [1, 2, 3, 4].

Цель и постановка задач

Целью данной работы является оценка техногенной нагрузки, оказываемой объектами ЖКХ на воздушную среду г. Севастополя и разработка мер по ее снижению. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

Определение основных источников и ингредиентов загрязнения атмосферы.

Экологическая оценка воздействия теплогенерирующих установок коммунального хозяйства и их инфраструктуры на окружающую природную среду.

Оценка экологической ситуации в городе в целом и выделение участков жилой застройки с максимальным уровнем загрязнения.

Оптимизация выбора и размещения теплогенерирующих установок в условиях городской застройки (на примере г. Севастополя).

Результаты и их анализ

Для решения первых двух задач проведен анализ выбросов в атмосферу от основных источников в черте г. Севастополя. В качестве исходных данных использована информация статистического отчета предприятий и учреждений, имеющих стационарные источники 2ТП (воздух) и отчетов Госуправления экологии и природных ресурсов Министерства охраны окружающей природной среды Украины [5].

Основным загрязнителем атмосферного воздуха на территории г. Севастополя является КП "Севтеплоэнерго". К загрязнителям атмосферного воздуха относятся также КП "Севгорводоканал", ОАО "Балаклавское рудоуправление им. О.М. Горького", Севастопольская ТЕЦ. Серьезные экологические проблемы связанны с автотранспортными выбросами вредных веществ.

На территории г. Севастополя есть районы загрязнения атмосферного воздуха, которые существуют на протяжении продолжительного времени и представляют потенциальную угрозу для окружающей среды и здоровья людей:

район железнодорожного вокзала с неблагоприятными особенностями рельефа (Делегардовая балка), насыщенностью ведомственными котельными, недостатками транспортной развязки автодорог;

промышленный район ул. Шабалина, где сосредоточенное большое количество промышленных предприятий и вторая по мощности в городе районная котельная.

На рис.1 представлена динамика объемов выбросов загрязняющих веществ в воздушную среду по районам города за период с 2007г. по 2010г. Самым загрязненным районом является Ленинский (центральная часть города, железнодорожный вокзал, с большой насыщенностью небольшими котельными мощностью 2-3 МВт и холмистым рельефом), самым чистым – Балаклавский район, где основным и единственным загрязнителем является ОАО "Балаклавское рудоуправление им. О.М. Горького".

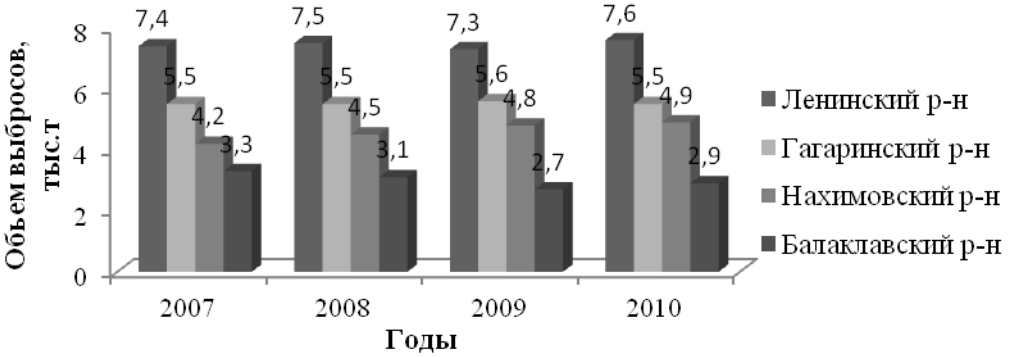


Рис.1. Объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух по районам, г. Севастополь (Ленинский, Гагаринский, Нахимовский и Балаклавский районы)

Как видно из табл. 1 и рис. 2, основным загрязнителем воздушной среды в Севастополе в настоящее время является транспорт. Доля стационарных источников в загрязнении атмосферного воздуха с 1995 г. резко сократилась, что связано с политическими причинами девяностых годов и, как следствие, экономическим кризисом и

постепенной остановкой всех крупнейших промышленных предприятий города. Последние 4 года наблюдается стабильность – около 20% от общего количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу города приходится на стационарные источники, подавляющее большинство которых – инфраструктура КП "Севтеплоэнерго".

Таблица 1

Количество выбросов загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками

Годы	1995	2007	2008	2009	2010
От стационарных и передвижных источников (тыс.т.)	16,3	20,4	20,6	20,4	20,9
От стационарных источников (тыс.т.)	6,9	4,56	4,49	3,712	3,96
От передвижных источников (тыс.т.)	9,4	15,84	16,11	16,688	16,94

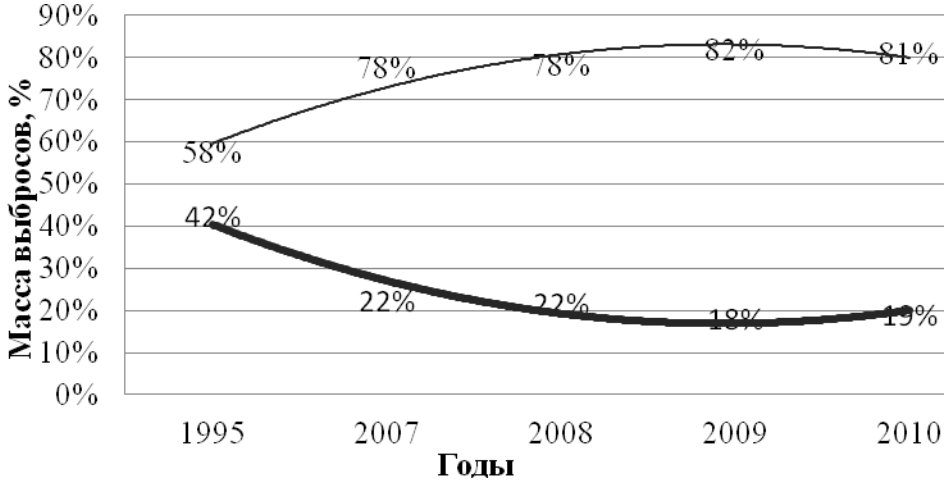


Рис. 2. Динамика изменения вредных выбросов в процентном соотношении от передвижных источников (верхний ряд) и стационарных источников (нижний ряд)

В табл. 2 приведены аппроксимирующие функции для динамики изменения объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Таблица 2

Аппроксимирующее выражение динамики изменения объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу г. Севастополя (Y,%) во времени (t)

Тип источника	Аппроксимирующее выражение	Коэффициент корреляции, R2
Передвижные	$Y = -0{,}027t^2 + 0{,}215t + 0{,}407$	0,911
Стационарные	$Y = 0{,}027t^2 - 0{,}215t + 0{,}592$	0,915

Однако, несмотря на относительную стабильность доли выбросов стационарных источников, в 2010 г. рост количества выбросов углекислого газа (рис. 3, табл. 3) от стационарных источников составил порядка 40% относительно показателей 2008 г., что свидетельствует об ухудшении качества сжигания топлива, а в целом технического состояния отрасли, износе основных производственных фондов.

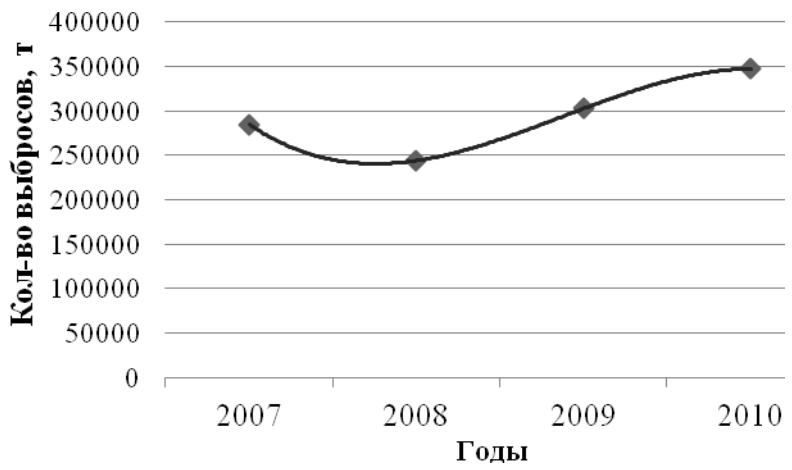


Рис.3. Динамика выбросов диоксида углерода (CO2) от стационарных источников за 2007-2010гг

Таблица 3

Уравнение регрессии для выбросов диоксида углерода (CO2) (Y,%) во времени (t)

Наименование	Аппроксимирующее выражение	Коэф-т корреляции
Объем CO2,т	$Y = -18851t^3 + 16277t^2 - 39723t + 53846$	R2=0,99

В табл. 4 приведена, а на рис.4 показана, динамика изменения качественного и количественного состава выбросов загрязняющих веществ стационарными источниками за период 2007-2010гг.

Таблица 4

Состав и количество выбросов загрязняющих веществ стационарными источниками в г. Севастополь в 2007-2010гг.

Наименование /год	2007	2008	2009	2010
Диоксид углерода, т	285153	244276	302726	347397
Металлы и их соединения, т	36,7	21,3	16,2	19,6
Вещ-ва в виде суспензированных твердых частиц, т	2201,5	2176,2	1580,3	1448,3
Соединения азота, т	490	531,7	434,6	886
Диоксид серы, т	676,5	700,1	685,7	588,1
Оксид углерода, т	330,5	341,8	333,8	348,8
Органические амины	2,8	2,8	0	0
Неметановые летучие органические соединения (НМЛОС), т	429,8	324,8	293,2	283,3
Метан,т	390,7	395	365,8	379,3
Хлор и его соединения, т	1,2	1	2,8	3,2
Фтор и его соединения, т	0,8	0,4	0,3	0,3
Фреоны, т	0,4	0,1	0	0

Анализ значений, приведенных в табл. 4 показывает относительную стабильность количественных показателей состава выбросов, загрязняющих атмосферный воздух, за исключением незначительного уменьшения диоксида серы – порядка 16 % и резкого роста выбросов соединений азота – более 80 % относительно предыдущих лет. В совокупности с увеличением выбросов углекислого газа этот факт может свидетельствовать о значительном увеличении объемов сжигаемого природного газа.

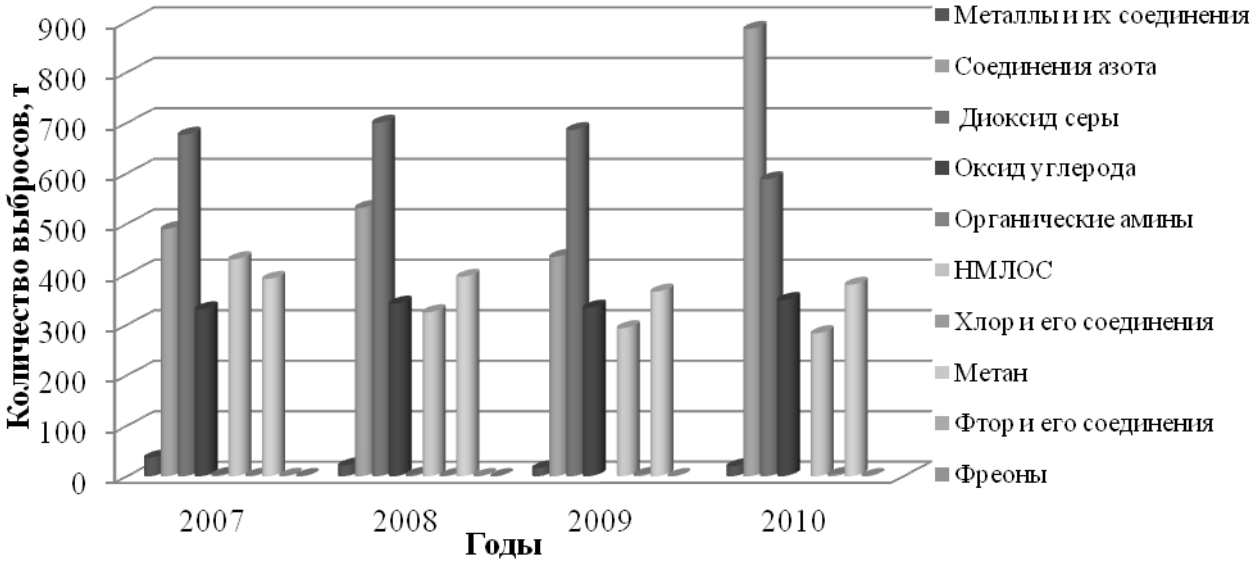


Рис.4. Динамика изменения количественного состава вредных выбросов от стационарных источников

Кроме приведенных частных оценок степени загрязненности атмосферы города стационарными источниками, определенный интерес представляют общие оценки состояния атмосферы при выбросах как стационарных так и передвижных источников. Источниками информации, лежащей в основе подобных оценок, являются данные стационарных постов наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, расположенных на территории города. В регионе г. Севастополя расположено три поста наблюдений за состоянием атмосферного воздуха: на Павловском мысу, ул. Коммунистической, 10 и в г. Инкерман на территории бывшего Черноморского института судостроения. Оценка степени загрязнения атмосферы передвижными и стационарными источниками проводится на территории города по четырем ингредиентам: сернистому ангидриду, диоксиду азота, оксиду углерода и пыли.

Оценка степени загрязненности атмосферного воздуха населенного пункта на территории Украины проводится в соответствии с руководящим документом [1]. Для систематизации и оценки уровня загрязнения атмосферы за рассматриваемый период применяется две основные статистические характеристики. Во-первых, вычисляют среднее арифметическое значение концентрации загрязняющих веществ qмес (среднемесячная концентрация) по формуле:

$$q_{мес} = \frac{\sum_{i=1}^{N} q_i}{N}, \qquad (1)$$

где qi – измеренная концентрация i-го загрязняющего вещества, мг/м3;

N – количество измерений в течение месяца.

Во-вторых, производят расчет комплексного месячного индекса загрязнения атмосферы (КИЗА) несколькими загрязняющими веществами:

$$I_n = \sum_1^n \left({}^{q_{мес}}/_{ПДК_{сс}} \right)^{ki}, \qquad (2)$$

где ki – константы соответствующие 1, 2, 3 и 4-му классам опасности (соответственно ki =1,7; 1,3; 1,0; 0,9);

n – количество рассматриваемых загрязняющих веществ;

ПДКсс – среднесуточное значение предельно-допустимой концентрации, мг/м3.

Расчет индексов загрязнения атмосферы основан на предположении, что на уровне ПДК все вредные вещества характеризуются одинаковым влиянием на человека. А при дальнейшем увеличении концентрации степень их вредности возрастает с различной

скоростью, которая зависит от класса опасности загрязнителя. КИЗА используется для сравнения степени загрязнения различных городов или различных районов города.

По формуле (2) нами проведен расчет комплексных индексов загрязнения по четырем ингредиентам: оксиду углерода, оксидам азота, сернистому ангидриду и пыли. Расчетная величина комплексного индекса по городу представлена на рис. 5.

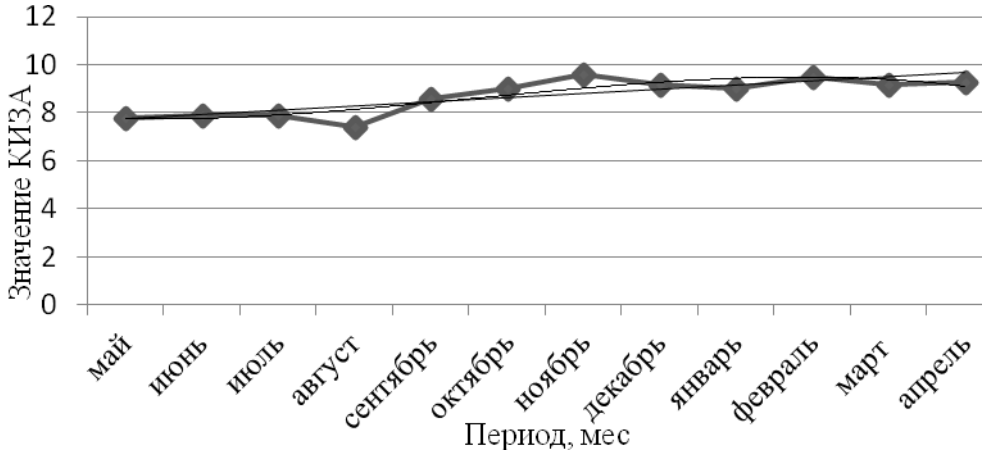


Рис.5. Динамика показателя КИЗА в течение 2009-2010 гг.

Анализ приведенных зависимостей показывает общую тенденцию повышения комплексного индекса загрязнения атмосферы в контролируемый период с мая 2009 г. по апрель 2010 г. Динамика его представлена полиномиальной функцией в табл. 5.

Таблица 5

Уравнение регрессии для индекса загрязнения атмосферы (Y,%) во времени (t)

Наименование	Аппроксимирующее выражение	Коэффициент корреляции
Значение КИЗА	$Y = -0{,}005t^3 + 0{,}095t^2 - 0{,}224t + 6{,}879$	R2=0,797

Выводы

Доля выбросов в атмосферный воздух г. Севастополя от стационарных источников, подавляющее большинство которых – инфраструктура КП "Севтеплоэнерго", после резкого спада во время кризиса девяностых годов и, как следствие, постепенной остановки всех крупнейших промышленных предприятий города, относительно стабильна и составляет около 20 % от общего объема загрязняющих веществ в воздушной среде.

Основным загрязнителем атмосферного воздуха на территории г. Севастополя является КП "Севтеплоэнерго" и объекты его инфраструктуры.

Самый загрязненный район – Ленинский, что обуславливается рядом факторов: центральная часть города, железнодорожный вокзал, большая насыщенность небольшими котельными мощностью 2-3 МВт (порядка 30 шт.), несоблюдение границ санитарных зон и холмистый рельеф), самым чистым – Балаклавский район, где основным и единственным загрязнителем является ОАО "Балаклавское рудоуправление им. О. М. Горького".

Анализ показателей резкого роста выбросов соединений азота (более 80 % относительно предыдущих лет) в совокупности с увеличением выбросов углекислого газа который составил порядка 40 %, может свидетельствовать о значительном увеличении объемов сжигаемого природного газа.

Расчеты КИЗА показали общую тенденцию повышения комплексного индекса загрязнения атмосферы в контролируемый период и соответственно ухудшение качества атмосферного воздуха в г. Севастополе, что требует незамедлительной разработки мероприятий по снижению загрязнения воздушной среды выбросами дымовых газов, внедрению энергоэффективных, ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих уменьшение концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферного воздуха. Решение поставленных задач невозможно без срочной модернизации системы централизованного отопления, с частичной реорганизацией существующей структуры и

применения принципиально новых, экологически правильных проектных решений для повышения уровня и качества жизни населения и обеспечение экологической безопасности проживания граждан.

Список используемых источников

22. Берлянд М.Е. Руководство по контролю загрязнения атмосферы/ М. Е. Берлянд. – М.: Государственный комитет СССР по гидрометеорологии, 1991. – 693с.
23. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы/ М. Е. Берлянд. –Л. : Гидрометиздат, 1985. – 272с.
24. Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчёт содержания вредных веществ и их распределение в воздухе: справочное изд./ Н. Ф. Тищенко. – М. : Химия, 1991. – 368с.
25. Швець Я. С. Побутові газові котли: підбір, встановлення, експлуатація./ Я.С. Швець. – Вид. друге. перероб. і доп. – Л.: ЕКОінформ, 2008. – 264с.
26. Статистический сборник за 2007-2010 год / Гос. ком. статистики Украины, Севастоп. город. упр. статистики. // Под ред. М.Г. Мотовой. – Севастополь: 2010. - 270 с.

УДК 551.131

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА. СЕЙСМИЧНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Лущик А. В.

1Крымское отделение Украинского государственного геологоразведочного института (КО УкрГГРИ)

Павлюк В. И.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В статье рассматриваются особенности формирования геологической среды под влиянием хозяйственной деятельности, вызывающей изменения экологических функций литосферы. Описываются виды опасных геологических процессов, их влияния на общую сейсмогеологическую опасность и экологическую безопасность в регионах. Рассматриваются примеры изменения сейсмогеологической опасности при формировании геологической среды в Крымском сейсмоактивном регионе и рекомендации по повышению региональной экологической безопасности.

Геологическая среда, горные породы, сейсмичность, сейсмогеологическая опасность, подтопление, опасные геологические процессы, экологическая безопасность

Введение

Проблема оценки влияния инженерно-геологических условий на уровень сейсмической опасности стала актуальной со средины прошлого столетия. Это обусловлено интенсификацией хозяйственной деятельности и нарушения, под ее влиянием, природного состояния верхней части литосферы, где формируется новая середа. Согласно определению академика Е. М. Сергеева – геологическая среда [10], верхней границей которой является поверхность Земли, а нижней – глубина проникновения результатов человеческой деятельности. Особенно актуальной стала проблема влияния техногенного подтопления на лессовидные горные породы, которые развиты на 46% территории Украины и на 23,3% этой территории они подтоплены, а на территориях отдельных областей, находящихся на юге и востоке страны подтопление лессовых горных пород достигает 50% и более процентов [13].

При формировании геологической среды (ГС) происходят не только изменения экологических функций литосферы (ресурсной, геодинамической, геофизико-

геохимической) [14], но и нарушения энергетического баланса. Под влиянием экзогенных, эндогенных сил и хозяйственной деятельности в этой среде нарушается не только энергетический баланс, но и происходит перераспределение механической энергии, что оказывает непосредственное влияние на уровень неблагоприятных последствий при проявлении сейсмических событий. Кроме того, необходимость учитывать инженерно геологические условия подтвердили результаты анализа последствий разрушительных землетрясений в Советском Союзе (Ашхабадское, Ташкентское, Спитакское и др.), Китае (Таншаньское) и других странах [2,5,12,14,15].

Все перечисленное выше указывает на актуальность проблемы учета региональных изменений сейсмичности при формировании ГС влияния этого процесса на экологическую безопасность.

Анализ публикаций

Сейсмогеологическое направление исследований наиболее интенсивно развивалось со средины 60-х годов прошлого столетия в республиках Средней Азии. Этот процесс был обусловлен региональным влиянием орошаемого земледелия и изменениями состояния лессовых горных пород от дополнительного увлажнения [5,8,11,12]. Одновременно отмечалось в работах ряда исследователей-сейсмологов, что необходимо строить там, где наиболее благоприятные инженерно-геологические условия и минимальное влияние этих условий на уровень сейсмичности [15]. Для этого следует выполнять районирование исследуемой территории по степени инженерно-сейсмогеологической опасности, в основу которого положены особенности геоморфологических, гидрогеологических, инженерно-геологических условий, пораженности исследуемой территории опасными геологическими процессами и их активизация во времени, независимо от факторов, вызывающих ее возникновения. Особое место занимают исследования развития опасных экзогенных геологических процессов (ОЭГП) в районах распространения лессовых горных пород. Это обусловлено широким развитием этих пород, не только в Украине, но и других странах ближнего и дальнего зарубежья и особенностями лессовых пород при увлажнении, когда они могут терять полностью несущие способности. Эти особенности рассматриваются в роботах В.Ф. Краева, В.С. Понамаря, Т.С. Саенка, М.В. Водянина, С.В. Трусова, Е.В. Мавлянова, Е.М. Сергєєва, Є.М. Сквалецкого, В.Т. Трофимова и др. [3,4,6,11,12,14,15].

Цель и задачи исследований

Цель исследований – обоснование необходимости учитывать состояние геологической среды при оценке сейсмичности и экологической безопасности территорий.

Цель исследований определяет следующие задачи:

— Обоснование значения геологической среды, в качестве основного фактора повышения сейсмической опасности.

— Определение видов изменений экологических функций литосферы в формировании сейсмогеологической опасности.

— Установление связи между пространственными изменениями состояния ГС, сейсмогеологической опасностью и уровнем экологической безопасности.

Методика исследований

Основными методическими приемами при выполнении исследований были: сбор, систематизация, анализ фондовых, опубликованных материалов, математические и картографические, в том числе и ГИС-технологии, полевые оценки состояния геологической среды (визуальные наблюдения, результаты режимных наблюдений за развитием экзогенных геологических процессов, замеров уровней подземных вод, влияния горных работ на верхнюю часть литосферы, результаты буровых, геофизических, лабораторных работ, дешифрирования аэро-космоснимков, гидрогеологических, инженерно-геологических и эколого-геологических исследований).

Следует более подробно остановиться на методике оценки увеличения сейсмической опасности при развитии и активизации ОЭГП, которые могут вызывать мгновенные разрушения и потерю устойчивости горных пород. К этим процессам относятся оползни,

обвалы, проседание и оседание поверхности земли, карст, подтопление, более половины которых обусловлены влиянием техногенных факторов [1-8,10-16]. Например, активизация каждого 3-его оползня на южном берегу Крыма обусловлена влиянием техногенных факторов. Подтопление, в зонах переменной и недостаточной водности, вызвано исключительно влиянием хозяйственной деятельности (более чем на 50% территории страны) [3,13,16]. Техногенный карст, оседание земной поверхности интенсивно развивается в районах распространения и добычи различных типов солей и других полезных ископаемых (Донбасс, Предкарпатье, Закарпатье), рис. 1 – -4, [1,3,7,13,16].

Рис. 1. Стебниковский горнопромышленный район добычи калийных солей. Предкарпатье, г. Стебник. Карстово-суффозионная воронка над шахтным полем, апрель 2007 г.

Диаметр воронки до 10 м, глубина – до 5 м.

Рис. 2. Стебниковский горнопромышленный район добычи калийных солей. Предкарпатье, г. Стебник

Увеличение карстово-суффозионной воронки над шахтным полем, (рис. 1), по состоянию на август 2009 г. Диаметр воронки до 25 м, глубина – до 10 м., заполненная водой.

Рис. 3. Калушский горнопромышленный район добычи калийных солей. Предкарпатье, г. Калуш

Карстово-суффозионная воронка на окраине г. Калуша, территория бывших садовых участков, август 2009 г. Диаметр воронки до 5 м, глубина – до 2 м. В правой части снимка видны остатки строения.

Рис. 4. Солотвинский горнопромышленный район по добычи каменной соли. Закарппатье, пгт. Солотвино, территория закрытой шахты №9, август 2009 г.

Один из существующих карстово-суффозионных провалов, диаметром до 40 м, глубиной более 10 м, заполненный грунтовыми водами.

Таким образом, основные опасные экзогенные геологические процессы в большинстве случаев техногенного генезиса и являются источниками нарушения экологической безопасности. Из краткого описания особенностей развития опасных экзогенных геологических процессов в Украине следует, что они нарушают все три экологические функции литосферы при формировании геологической среды. Развитие каждого из ОЭПГ

сопровождается изменениями механической, тепловой, электромагнитной и др. видов энергии в пределах определенного объема горных пород типового участка. Чем больше активность ОЭГП, обусловленная природно-техногенными факторами, тем значительнее нарушения горного массива и существующего энергетического баланса.

Для оценки сейсмогеологической опасности учитываются изменения только механической энергии. Она является основной и достаточно легко оценивается существующими методами количественно и является объективным показателем, потому что не исчезает, а переходит с одного вида в другой и изменяется в пространстве и времени [2,3,5,7,8,15,16]. Сейсмогеологическая опасность выражается в условных баллах и зависит от плотности энергии на единицу площади. Наличие связи между этими показателями выражается эмпирически определенной зависимостью [3,9]. Такой подход полностью отвечает физическим процессам и подтверждает зависимость, что чем больше нарушения природного состояния литосферы, тем больше риск увеличения сейсмической опасности [2,3,7].

В основу оценки общей сейсмогеологической опасности положены данные об инженерно-геологических свойствах горных пород, геоморфологических и гидрогеологических условиях исследуемой территории, ее природной сейсмичности и техногенных объектах, которые могут вызывать наведенную сейсмичность [2,35,7,12,15,16]. Исходными материалами являются карты: инженерно-геологическая, гидрогеологическая, развития экзогенных геологических процессов, в том числе ОЭГП, нормативной сейсмичности, в масштабе 1:200 000 – 1:500 000 и крупнее. Согласно рекомендациям С.В. Медведева [9] во всех расчетах плотность энергии на единицу оцениваемой площади выражается в эргах на сантиметр квадратный (эрг/см2). Основной расчетной единицей являются участки, которые выделяются по типовым литолого-стратиграфическим комплексам с учетом особенностей гидрогеологических и геодинамических условий. Для выделения регионов, областей используется существующее районирование, выполненное на основе структурно-тектонических, геоморфологических, а для районов инженерно-геологических критериев.

Результаты исследований и их анализ

К основным геологическим процессам, которые обусловливают нарушение экологической безопасности в пределах территории Украины относятся: землетрясения, опасные экзогенные геологические процессы [1,3,13]. Нарушение экологической безопасности в большинстве случаев завершается чрезвычайными ситуациями различного уровня. Активизация ОЭГП сопровождается нарушением природного баланса механической энергии в верхнем слое литосферы, преимущественно до 20м, и увеличивает уровень опасности в пространстве и времени при реализации сейсмического процесса, т.е. возникает комплексная сейсмогеологическая опасность (СО). С целью оценки этой опасности в 80 – 90-х годах прошлого столетия, в КО УкрГГРИ, проводились исследования и было установлено, что для предотвращения нарушения экологической безопасности необходимо прогнозировать СО, которая возникает при сотрясениях определенного уровня и развитии ОЭГП, вызывающих разрушения [3,7,8,16].

Результаты оценки СО приводятся на примере Крыма, где выделяется 11-ть инженерно-геологических районов, для которых характерны одиннадцать типовых разрезов, встречающихся в различных районах, табл. 1,2. В каждом из инженерно-геологических районов развиваются под влиянием природно-техногенных факторов ОЭГП. Основным ОЭГП является подтопление. В таблице 1 приводятся результаты расчетов изменений баланса энергии от развития ОЭГП в инженерно-геологических районах и при определенных сочетаниях горных пород в типовых разрезах до глубины 20-ти метров. Плотность энергии, обусловленная развитием ОЭГП, позволяет оценить увеличение отрицательного эффекта при землетрясениях для различных уровней нарушения состояния геологической среды [3,7,9,16]. Определение изменений механической энергии при развитии ОЭГП дает возможность количественно оценить и сравнить уровень СО для

территорий с различными инженерно геологическими условиями и состоянием ГС, которые формируются под влиянием природных и техногенных факторов. Кроме того, учитывается влияние различных сочетаний горных пород в разрезе с помощью коэффициента интенсивности (по С.В. Медведеву [9]).

Таблица 1

Результаты расчетов суммарного изменения энергии под влиянием развития ОЭГП и возможного уровня сейсмогеологической опасности (по материалам КО УкрГГРИ)

Районы	Процессы, их расчетная энергия, дж1			Суммарная энергия, n·1020 ,эрг	Плотность энергии, эрг/см2	Уровень СО в условных баллах
	Карст	Гравитационные (оползни)	Водно-инфильтра-ционные			
1	2	3	4	5	6	7
1.Центральный	$10,67\cdot10^{7}$	-	$17,04\cdot10^{14}$	170,4	$4,48\cdot10^{8}$	9.4
2. Альминско-Сакский	-	$1,59\cdot10^{3}$	$38,0\cdot10^{10}$	0,38	$2,55.10^{6}$	0,31
			10^{8}			
3.Тарханкутский	$15,8\cdot10^{8}$	$1,43\cdot10^{9}$	$16,24\cdot10^{13}$	16,24	$3,0.10^{7}$	7,3
4.Присивашский	-	-	$20,64\cdot10^{13}$	20,64	$4,55.10^{7}$	7,8
5. Южный	-	$9,61\cdot10^{11}$	-	9,64	$0,73\cdot10^{8}$	1,41
6.Главная гряда	$17,33\cdot10^{13}$	$2,55\cdot10^{7}$	-	17,33	$0,92\cdot10^{8}$	1,0
7. Северный	$31,03\cdot10^{9}$	$6,3\cdot10^{11}$	-	6,61	$0,42\cdot10^{8}$	0,34
8.Предгорный	-	$1,5\cdot10^{10}$	-	0,001	$0,00006\cdot10^{8}$	0,0004
9 Юго-Западный	-	$9,17\cdot10^{6}$	$45,25\cdot10^{12}$	4,52	$4,55\cdot10^{7}$	8,06
10.Северо-Восточный	-	$3,0\cdot10^{9}$	$16,03\cdot10^{13}$	16,03	$7,96\cdot10^{7}$	8,3
11.Северо-Западный Присивашский	-	-	$42,38\cdot10^{12}$	4,24	$4,56\cdot10^{7}$	8,1

Примечание: 1 – Дж = n · 107 ерг

Результаты расчетов, приведенные в табл. 1, показывают, что наиболее значительные изменения энергии обусловлены инфильтрацией поверхностных вод и дополнительным накоплением влаги в горных породах. К наиболее значительным изменениям состояния, вплоть до полной потери несущих способностей, приводит этот процесс лессовые породы [3,6,7,11,14]. В пределах участков по всем типовым разрезам проводились оценки их сейсмичности в зависимости от литологии и с учетом обводненности [3,7,9]. Общее отклонение сейсмичности от показателя ее для определенной зоны по ОСР (общему сейсмическому районированию) может быть положительным и отрицательным в зависимости от сочетания горных пород в разрезе, их обводнености, пораженности территорий ОЭГП [3,7,9,15,16] (табл. 2). Таким образом, получается региональная оценка не только сейсмогеологической опасности, но и пространственного распределения очагов нарушения экологической безопасности. Построены и практически используются соответсвующие карты по Крыму и районам с максимальной техногенной нагрузкой [3].

Таблица 2

Оценка изменения сейсмической опасности по районам и участкам с учетом инженерно-сейсмогеологических условий (по материалам КО УкрГГРИ)

Название и номер района	Участок, выделенный по типовому разрезу и его номер, согласно типу разреза	Показатель изменения сейсмичности по участкам в баллах		Примечания (краткая характеристика типовых разрезов, глубиной до 20 м, преобладающих опасных геологических процессов и др.)
		Увеличение (+)	Уменьшение (–)	
1	2	3	4	5
7. Северный – VII	1	0,3	—	Переслаивание глин, суглинков, суглинками с прослоями песков при глубине уровня грунтовых вод до 5 м
	7 7	0,6 0,7	— —	Переслаивание глин, суглинков, песков, гравийно-галечниковых отложений, местами перекрытых маломощными суглинками при глубине подземных вод до 5 м
	8 8	— —	1,32 1,54	Переслаивание глин, известняков, песчаников, местами перекрытых маломощными суглинками при глубине уровня грунтовых вод более 10 м
	9 9	— —	0,42 0,49	Глины, суглинки с обломками известняков, залегающие на известняках при глубине уровня грунтовых вод более 5 м
	11 11	— —	0,72 0,84	Песчано-глинистый флиш, перекрытый суглинками мощностью до 5 м, при глубине уровня грунтовых вод более 5 м

Выводы

Из приведенных примеров следует, что техногенные изменения состояния ГС являются основными источниками нарушения экологических функций литосферы и ее составляющей ГС, одновременно повышают сейсмогеологическую опасность.

В пределах территорий, подверженных интенсивному влиянию хозяйственной деятельности, необходимо для повышения экологической безопасности исключить развитие ОЭГП и, в первую очередь, потери воды на инфильтрацию, дополнительное увлажнение горных пород, особенно лессовых, набухающих глин, склонных к потерям несущих способностей. Кроме того, необходимы пассивные мероприятия в виде организации ведения комплексного мониторинга не только за развитием и активизацией ОЭГП, но и за источниками нарушения состояния экологических составляющих ГС.

Необходимо создание постоянно действующих математических и картографических моделей, позволяющих отслеживать изменения состояния ГС в пространстве и времени для принятия соответствующих решений по повышению экологической безопасности и предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных нарушениями экологических функций ГС и повышением сейсмогеологической опасности.

Список используемых источников

27. Огляд з регіональної оцінки еколого-геологічних умов гірничопромислових регіонів України / Під ред.Е.О. Яковлєва. –К.: Геоінформ, 1998. - Вип. 1. – 30 с.
28. Ершов И. А. О влиянии обводненных грунтов на интенсивность сейсмического воздействия. Эпицентральная зона землетрясений / И. А. Ершов, Е.В. Попова // Вопросы инженерной сейсмологии. – 1978. – Вып. 19. С.–117–139.

29. Регіональні інженерно-геологічні умови території України. Інформаційний бюллетень // Гол. ред. Є.О. Яковлєв – К.: Геоінформ, 1992. – Вип. 1. – 92 с.
30. Инженерная геология массивов лессовых пород. Труды Международной научной конференции (25-26 мая 2004 г., Россия, Москва, МГУ) / Под ред. В.Т. Трофимова и В.А. Королева. – М.: Из-во МГУ, 2004. – 139 с.
31. Анализ достижений и перспективы дальнейшего развития инженерной сейсмогеологии в Узбекистане / С.М. Касымов, К.П. Нурмухамедов // Инженерная геология. – 1992. - №5. – С. 78–84.
32. Инженерно-геологические свойства лессовых пород Украинской ССР / В.Ф. Краев, Т.С. Саенко. – Киев, 1988. – №12. – С. 1-45. (Препр. / АН УССР, Ин-т геол. Наук ; 06-1).
33. Лущик А.В. Основні зміни інженерно-геологічних умов у межах підтоплених територій та напрями їх довивчення / А.В. Лущик, М.І. Швирло, Е.О. Яковлев // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2003. – № 6. – С. 28–32.
34. Лущик А. В. Особенности сейсморайонировния при техногенном воздействии на геологическую среду / А.В. Лущик, Э.П. Тихоненков, Е.А. Яковлев // Разведка и охрана недр. – 1987. – №3. – С. 36–41.
35. Медведев С. В. Инженерная сейсмология: монография / С.В. Медведев. – М.: Гос. Изд-во литературы по строительству, архитектуре и стройматериалам, 1962. – 284 с.
36. Сергеев Е. М. Инженерная геология – наука о геологической среде / Е.М. Сергеев // Инженерная геология. – 1979. – №1. – С. 3–20.
37. Сквалецкий Е.Н. Инженерно-геологическое прогнозирование и охрана природной среды (на примере освоения лессовых территорий Таджикистана) / Е.Н. Сквалецкий. – Душанбе: из-во Доныш, 1988. – 259 с.
38. Султанходжаев А.Н. Современное состояние и перспективы развития гидросейсмологических исследований / А.Н. Султанходжаев, Ф.Г. Зиган // Водные ресурсы. – 1992. – №3. – С.22–31.
39. Луцько В.С. Стан техногенної та природної безпеки в Україні в 2001 році / В.С. Луцько, А.П. Шпак. – К.: МНС України, НАНУ, 2002. – 38 с.
40. Теория и методология экологической геологии / ред. В.Т. Трофимов. – М.: Изд-во МГУ,1997. – 368 с.
41. Чекунов А.В. Сейсмичность Киева / А.В. Чекунов, В.В. Кутас, О.М. Харитонов // Геологический журнал. – 1991. – №2. – С. 24–33.
42. Эколого-геодинамические аспекты влияния регионального подъема уровня грунтовых вод и подтопления земель Украины да снижение инженерно-сейсмогеологической безопасности жилищных и промышленных объектов / В.М. Шестопалов, А.Н. Трофимчук, А.В. Лущик и др // Научные труды Международной научной конференции. – Москва, 2006. – С. 142–144.

Раздел 7.
ВОДООБЕСПЕЧЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ, ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИКА

УДК 553.981:622.324

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ЗАПАСЫ УГЛЕВОДОРОДОВ НА АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ ШЕЛЬФЕ УКРАИНЫ

Ажермачев Г.А., к.т.н., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

На Украине ощущается острый дефицит газа и нефти. Собственные запасы их сосредоточены, в основном, на шельфе Черного и Азовского морей, однако они слабо осваиваются. В последние десятилетия на украинском шельфе Черного и Азовского морей открыты большие запасы газогидратов, разработка которых позволит полностью отказаться от импорта углеводородного сырья на ближайшие сто лет и более.

Углеводороды, запасы, газогидраты, разработка

Введение

В последние десятилетия абсолютное большинство стран в мире ощущает острый дефицит в углеводородном сырье. Только 20-25 стран могут обеспечить себя собственным добывающим объёмом углеводородов, а некоторые из них имеют возможность поставлять их и в другие страны. Особенно обострилась потребность в голубом топливе.

Наиболее крупными доказанными запасами газа и способные представить его на рынок на начало 2011 года обладали следующие страны: Россия – 44,8 трлн. м3 , Иран – 29,6 трлн. м3, Катар – 25,2 трлн. м3, Туркмения – 8 трлн. м3, Саудовская Аравия – 8 трлн. м3, США – 7,7 трлн. м3, ОАЭ – 6 трлн. м3, Венесуэла – 5,5 трлн. м3, Нигерия – 5,3 трлн. м3, Алжир – 4,5 трлн. м3.

Несмотря на то, что добыча газа постоянно увеличивается, цены на газ всё время возрастают.

Украина относится к тем странам, которые почти полностью зависят от импорта углеводородов, несмотря на то, что собственные разведанные запасы могут оцениваться приблизительно в два миллиарда тонн условного топлива, правда основные запасы их располагаются на шельфе Черного и Азовского морей.

Способы решения проблемы

Многие страны западного и восточного полушария, даже те, которые имеют собственные месторождения нефти и газа, в том числе и европейские страны, ведут интенсивные поиски углеводородов. Все большее внимание обращается добыче сланцевых газов. Месторождения такого газа обнаружены в Англии, Франции, Польше и в других странах. Но мало обнаружить месторождения углеводородов и приступить к их добыче, необходимо четко представить и оценить, к каким геопоследствиям могут привести разработки этих месторождений

Например, США и Канада недавно открыли на своей территории большие запасы сланцевого газа, который находится на глубине 500-900 м. Для интенсивного извлечения газа предполагается использовать закачку воды под большим давлением для увеличения давления пластового газа на месторождении. Такой способ известен.

Однако ученые-сейсмологи США и общественность выступают против добычи сланцевого газа таким способом. У них еще на памяти закачка жидкости в глубокие скважины в 40-х – 60-х годах прошлого столетия в штате Колорадо, когда несейсмоопасный

регион превратился в сейсмоопасный. После закачки жидкости стали проявляться землетрясения с силой более 5 баллов.

Закачка воды ведет к повышению порового давления в породах, вызывает «смазку» пластов на расстоянии 1,5-5 км от скважины [1].

А ведь территория северной части Европы считается несейсмоопасной.

Следует отметить, что в настоящее время около 30% всех углеводородов, добываемых в мире, производится с морских месторождений.

Еще в 90-х годах прошлого столетия специалистами НАПКС была разработана концепция освоения морских месторождений углеводородов на шельфе Украины, которая к нынешнему времени могла обеспечить углеводородную независимость страны от других стран.

Разработанная концепция коллективом НАПКС получила высокую оценку комиссии Совмина Украины, отметившую существующий вклад в развитие энергетического потенциала страны наряду с разработками НАН Украины, института сварки им. Е.О. Патона и института «Коралл» (в конкурсных разработках принимали участие 14 коллективов Украины). Однако воз и ныне там [2,3,4].

Первостепенная цель перед специалистами Украины – решить проблему углеводородного сырья

А есть ли другие альтернативные источники, способные уменьшить «голод» в нефти и газе (уголь, торф, атомная энергия, солнечная, ветровая во внимание не принимаются)? Оказывается, есть.

Ученые многих стран в последние десятилетия XX века большое внимание стали уделять поиску промышленных месторождений газогидратов, которые всё чаще находят на морском дне в районах подводных вулканов и местах разломов земной коры, где выделяются подземные газы. Особенно интенсивные поиски ведут США, Канада, Япония, Индия, Южная Корея, Германия и другие страны. В этих странах существуют большие государственные программы изучения газогидратов наряду с ядерными и космическими исследованиями.

В конце XVIII века видный английский естествоиспытатель Джозеф Присли обратил внимание на необычные кристаллические соединения, образующиеся из воды и газа при определенных давлениях и температуре.

Впервые свойства полученного таким образом вещества описаны в 1810 году Гемфри Деви, который указал, что благодаря своей структуре один объем такого газового гидрата может содержать до 160-180 объемов чистого газа.

Ученые предполагают, что наиболее благоприятные условия для образования газогидратов могут наблюдаться при извержении вулканов. Ни одного извержения вулканов не обходится без выделения газов. В основном они состоят из паров воды, хлора, водорода, углерода, сероводорода, азота и других элементов, а также сернистых и других соединений

Вулканов на земле – тысячи. Особенно много их в прибрежных районах Тихого океана – у Камчатки, Аляски, Курильских островов, Японии, Филиппин, Индонезии, Новой Зеландии, западного побережья Америки и в других районах земного шара. Это «отдушины» земных недр. Исследования вулканологов показали, что в земных толщах на глубине 20-100 км при определенных условиях создаются очаги магмы. Образующиеся газы, находящиеся под большим давлением, просачиваются вверх через толщу земных пластов. Если выход газов затруднен или невозможен, то давление газов еще сильнее возрастает и становится выше давления окружающих пластов, происходит взрыв – извержение вулкана. При этом выбрасывается большой объем газа, пепла, разрушенных пород, выливается магма в виде лавы. Химический состав извергнутого вещества содержит 70-80 различных химических элементов [5].

При подводных извержениях вулканов выброшенный пепел не «путешествует» в атмосфере, а оседает на дно (а это миллионы тонн), постепенно создавая многометровые запасы полезных ископаемых газогидратов.

В разведке и разработке газогидратных месторождений в настоящее время больше всех преуспела Япония. Она создала целую индустрию по добыче газа из газогидратов. Пробурено более 30 скважин в прибрежном шельфе и с 2007 года осуществляет добычу газа. Программой предусматривается, что в 2017 году Япония выйдет на газовый рынок со своими предложениями.

Ученые НАН Украины пришли к выводу о наличии нового газового потенциала на шельфе Черного и Азовского морей. Наличие большого объема сероводорода в водах Черного моря известно давно. Предполагается, до 87 % объема воды насыщены этим газом. Многие являлись свидетелями образования горящих факелов на поверхности моря.

Наиболее крупным факелом, который наблюдался современниками, был в сентябре 1927 года, во время Крымского землетрясения. В ночь с 11 сентября на 12 сентября во время землетрясения в 30 километрах к западу от Севастополя на поверхности моря выросли огромные огненные столбы. В 3 часа 30 минут служба маяка Севастополя установила по пеленгу 255◦ целую стену пламени высотой 400-500 м и шириной около трех километров. Вспышки огня были видны даже в Евпатории.

В течении еще нескольких месяцев огненные фонтаны наблюдались над поверхностью моря напротив Судака, Феодосии и даже Анапы.

Это, по-видимому, не первое проявление природы такого рода.

Черноморский регион находится в зоне высокой сейсмической активности. Здесь неоднократно наблюдались сильные землетрясения. Так при описании историками катастрофического Пантикопийского землетрясения, которое произошло в 63 году до новой эры, мы находим, что дворец Митридада был разрушен, море буквально горело большим пламенем.

В 1902 году у берегов Болгарии наблюдалось большое количество огненных факелов над поверхностью моря.

Коллектив ученых НАН Украины под руководством академика Е.Ф.Шнюкова, изучая процессы, происходящие в глубинах Черного моря, пришли к выводу, что газы метана, постоянно выделяясь из недр моря через земную кору, при определенных условиях могут образовывать огненные факелы. Наблюдения дали возможность предположить, что в течение года объем выделенных газов может составлять 30 млрд. м3 и более. Это примерно половина нынешнего потребления газа Украиной. Невышедший на поверхность газ консервируется в верхних донных породах в виде газогидратов. Значительная концентрация газогидратов обнаружена в выделениях грязевых вулканов, которые имеются в Черном и Азовском морях, а на суше на Керченском и Таманском полуостровах. Обнаруженных грязевых вулканов в этих районах многие десятки.

Обычно это спокойно булькающие образования, но известны и катастрофические проявления, например, у села Вулкановка (1909 и 1914 гг.), около Керчи (1927 и 1982 гг.) и др.

В Азовском и Черном морях грязевые вулканы встречаются как на мелководных акваториях, так и в глубинных зонах. За некоторыми из них ведутся многолетние наблюдения.

В 2000 году в Азовском море произошло сильное извержение вулкана Голубицкий. Это было уже десятое его извержение с 1795 года, когда свидетелями впервые были переселившиеся запорожские казаки.

В 2002 и 2003 годах наблюдалось пробуждение вулкана Двуреченского к юго-востоку от Алушты. Эхолот обнаружил фонтан газа диаметром 300 м и высотой 800-850 м. Очевидно, примерно такие вулканы были «разбужены» при Крымском землетрясении 1927 года. Одновременный выброс газа в таких случаях может значительно превышать 200-300 млн. м3, часть которого выходит в виде огненного факела на поверхность моря, а часть

консервируется вокруг вулкана в виде газогидратных выделений в верхних слоях донных грунтов.

После многочасовых выделений газа иногда образуются подводные острова диаметром несколько сот метров, которые постепенно размываются, образуя многометровые залежи газогидратов с илами. На протяжении многих тысячелетий толщина обогащенных иловых отложений увеличивается и может достигать 300-500 м и более.

А что думают те подразделения в стране, от которых зависит развитие собственной энергетической отрасли, способной обеспечить необходимый объем углеводородов и снять зависимость от других стран?

Кабинет Министров Украины в начале 90-х годов прошлого века принял постановление: «Про пошуки газогідратної сировини в Черному морі і створення ефективних технологій її видобутку та переробки». С припиской «Взяти до відома, що виконання програми здійснюватиметься без долучення бюджетних коштів».

Выводы

1. Украина ощущает острый дефицит в углеводородах в настоящее время и эта проблема еще будет стоять много лет.
2. Государство тратит большие народные средства на закупку углеводородов, при этом не уделяет должного внимания на разработку и эксплуатацию собственных месторождений на морском шельфе.
3. Разработка собственных углеводородных запасов на Азово-Черноморском шельфе позволит полностью устранить дефицит в углеводородном сырье Украины.

Список используемых источников

1. Гир Дж. М., Шах Хар. Ч. Зыбкая твердь. / Перевод с англ. – М.: Мир. 1988. – 220 с.
2. Ажермачёв Г.А. Стратегия увеличения добычи углеводородов на шельфе Украины. / Г.А. Ажермачёв, С.И. Иванов // Строительство и техногенная безопасность: Сб. научных трудов. В. 6. КАПКС. – Симферополь. 2002. – с. 144-147.
3. Ажермачёв Г.А. Пути повышения добычи углеводородов на Азово-Черноморском шельфе / Г.А. Ажермачёв // Строительство и техногенная безопасность.: Сб. научных трудов. В. 32. НАПКС. – Симферополь. 2010. – с. 21-26.
4. Ажермачёв Г.А. Разработка морских месторождений углеводородов на шельфе Черного моря и вопросы экологии/ / Г.А. Ажермачёв, С.Г. Ажермачёв, В.В. Молошный. // Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського. В.7. Видавництво «Сталь». Київ. 2011. – с. 12-18.
5. 100 великих рекордов стихии./ Н.Н. Непомнящий. // М., Вече, 2008. – 432 с.

УДК 515.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИНИИ КАУСТИКИ ДЛЯ СОСТАВНОЙ КРИВОЙ С ИРРЕГУЛЯРНОЙ ВЕРШИНОЙ

Митрофанова С.А.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

С целью определения геометрии карстовой области для отражающих поверхностей в виде поверхности вращения и цилиндрических, образующей которых является составная кривая с иррегулярной вершиной, рассмотрено определение линии каустики для данного вида кривой при решении плоской задачи аппарата отражения. В качестве сторон составной кривой были взяты кривые с изученными свойствами. Компьютерная визуализация решения плоской задачи аппарата отражения получена с использованием программы MathCAD.

Иррегулярная вершина, каустика, отраженный луч, радиус кривизны, составная отражающая кривая, стороны составной кривой

Введение

Конструирования отражающих поверхностей и определение оптимального положения приемника и отражающей поверхности являются одними из ключевых вопросов проектирования гелиосистем. Одним из показателей для определения оптимального положения приемника и отражающей поверхности является геометрия карстовой области. Для пространственной картины отражения границей карстовой области является поверхность каустики, при решении плоской задачи - линия каустики.

Анализ публикаций

Для решения плоской задачи аппарата отражения, когда в виде отражающей кривой принята составная кривая с иррегулярной вершиной [1] использовались исследования кривых аппарата отражения с источником в несобственной точке при переменном направлении солнечных лучей [2], [3]. В статьях рассматривался алгоритм аналитического описания кривых аппарата отражения для плоской задачи, когда фронт солнечных лучей параллелен оптической оси отражающей кривой [2] и имеет переменное направление [3]. Применение решения плоской задачи аппарата отражения возможно к поверхностям, у которых в осевых сечениях нормаль в точках образующей принадлежит плоскости сечения, и, следовательно, соблюдается закон равенства проекции углов падающего и отраженного лучей к нормали в данной точке отражающей поверхности. В виде сторон составной отражающей кривой в исследовании рассматривались кривые с изученными свойствами.

Цель и постановка задач

Целью исследований является получение компьютерной визуализации изменения линии каустики для плоской задачи аппарата отражения при переменном направлении солнечных лучей, когда за образующую отражающей поверхности принята составная кривая с иррегулярной вершиной.

Результаты и их анализ

Рассмотрим составную кривую линию АС (рис. 1) состоящую из монотонных кривых АВ и ВС, с разными центрами кривизны в ее вершине. Оба центра кривизны лежат на нормали сторон составной кривой в вершине В. В этом случае вершина составной кривой, является иррегулярной вершиной, поскольку радиусы кривизны не равны. Линия каустики такой составной отражающей кривой представляет собой сочетание каустик сторон кривой и не имеет особой точки на отраженном луче, выходящем из иррегулярной вершины.

Рис. 1. Геометрическое описание составной кривой с иррегулярной вершиной

Для примера рассмотрим составную кривую в виде сочетания двух монотонных кривых, из которых одна задана функцией общего вида $y = f(x)$, например парабола, а другая задана параметрической функцией $x = f(t)$, $y = f(t)$, например окружность (рис. 2). Стороны составной кривой имеют в вершине общую касательную, но разные радиусы кривизны. Центры кривизны для сторон составной кривой в ее вершине лежат на общей нормали. Примем радиус окружности меньше радиуса кривизны параболы в вершине составной кривой. При направлении солнечных лучей параллельно оси параболы линия каустики составной кривой имеет разрыв по линии отраженного луча выходящего из вершины.

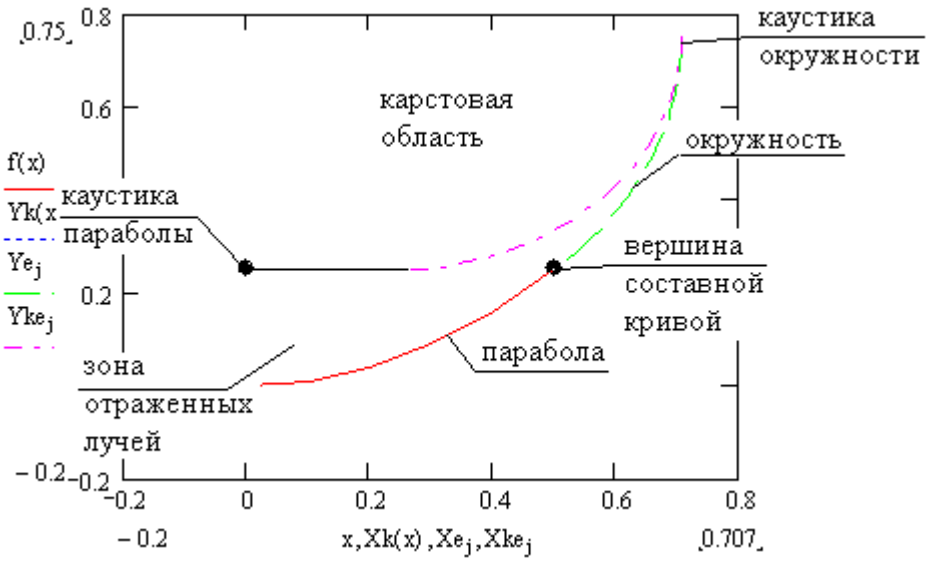


Рис. 2. Положение линии каустики для составной отражающей кривой (парабола, окружность) при направлении солнечных лучей параллельно оси параболы

Если направление солнечных лучей параллельно нормали в вершине составной отражающей кривой - линия каустики также имеет разрыв по линии отраженного луча (рис. 3).

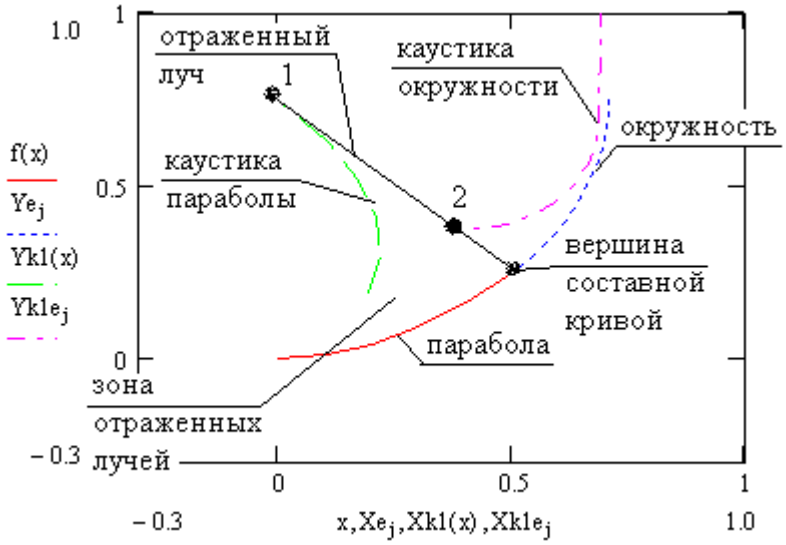


Рис. 3. Положение линии каустики составной отражающей кривой (парабола, окружность) при направлении солнечных лучей параллельно нормали составной кривой в ее вершине

Точки 1 и 2 каустик параболы и окружности находятся на расстоянии половины радиуса кривизны сторон составной кривой от ее вершины. При любом другом наклоне

солнечных лучей к оси параболы линия каустики также имеет разрыв по линии отраженного луча выходящего из вершины составной отражающей кривой (рис. 4).

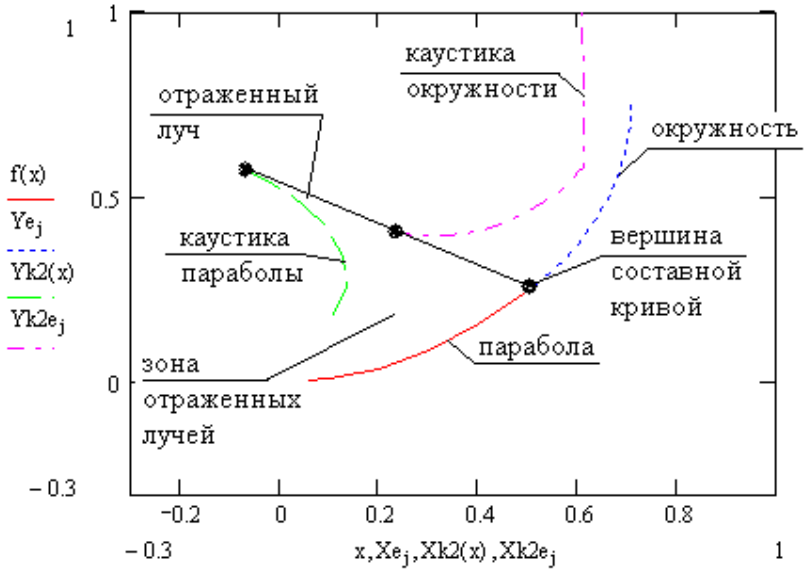


Рис. 4. Положение линии каустики составной отражающей кривой (парабола, окружность) при наклоне солнечных лучей 300 к оси параболы

Если радиус окружности принять больше радиуса кривизны параболы в вершине составной кривой, то линия каустики данной кривой также будет иметь разрыв по отраженному лучу в вершине для любого направления солнечных лучей (рис. 5).

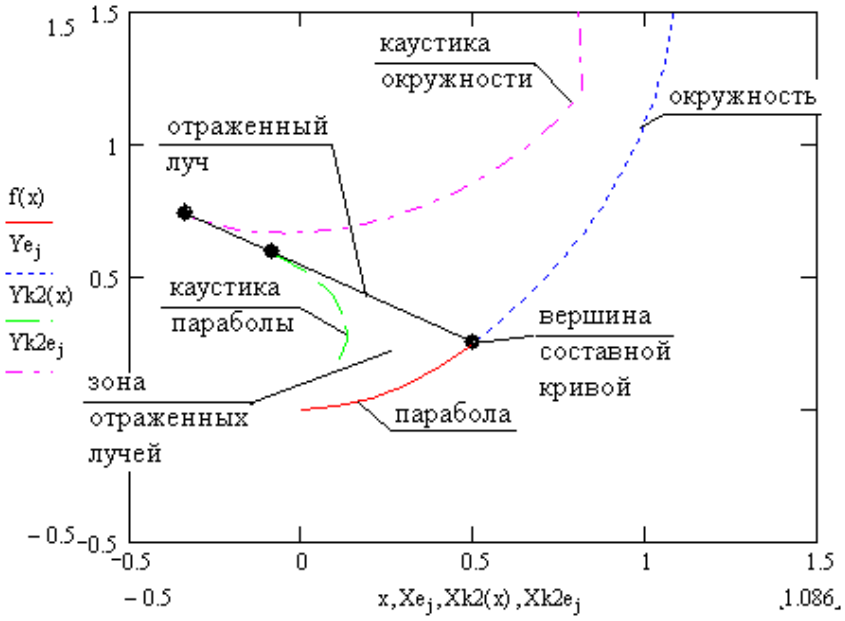


Рис. 5. Положение линии каустики составной отражающей кривой (парабола, окружность) при наклоне солнечных лучей 300 к оси параболы (Rокр. >Rкрив. пар. в вершине кривой)

Рассмотрим составную кривую у которой обе стороны заданы параметрически , например в виде эллипса и окружности. В случае если радиус окружности больше радиуса кривизны эллипса в вершине кривой то каустики эллипса и окружности пересекаются, когда солнечные лучи параллельны оси эллипса (рис. 6) или нормали вершины кривой (рис. 7). При всех остальных положениях солнечных лучей линия каустики составной кривой имеет разрыв (рис. 8).

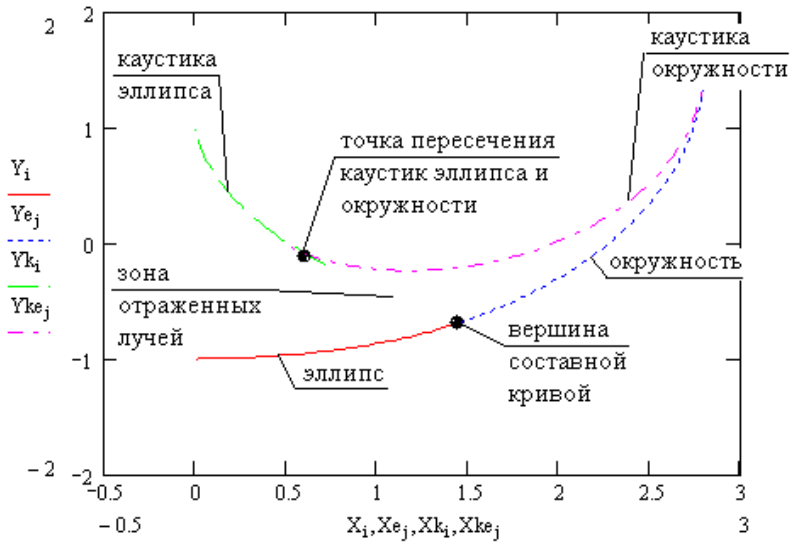


Рис. 6. Положение линии каустики составной отражающей кривой (эллипс, окружность) при наклоне солнечных лучей параллельно оптической оси эллипса

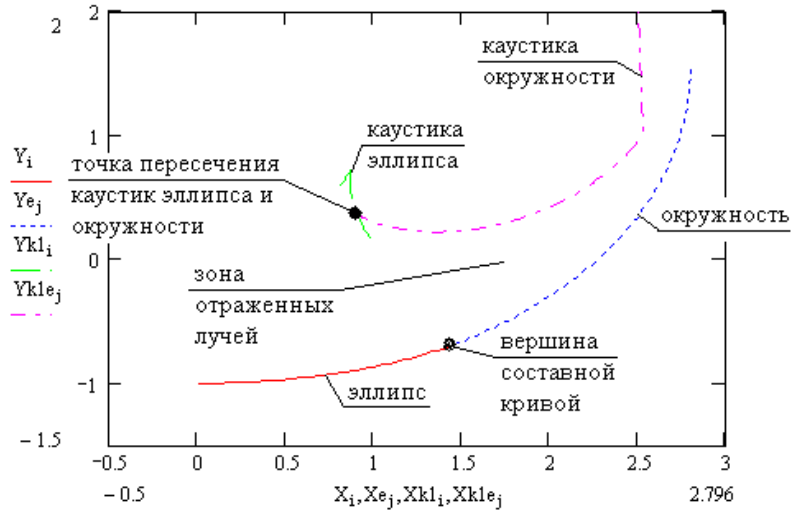


Рис. 7. Положение линии каустики составной отражающей кривой (эллипс, окружность) при наклоне солнечных лучей параллельно нормали в вершине кривой

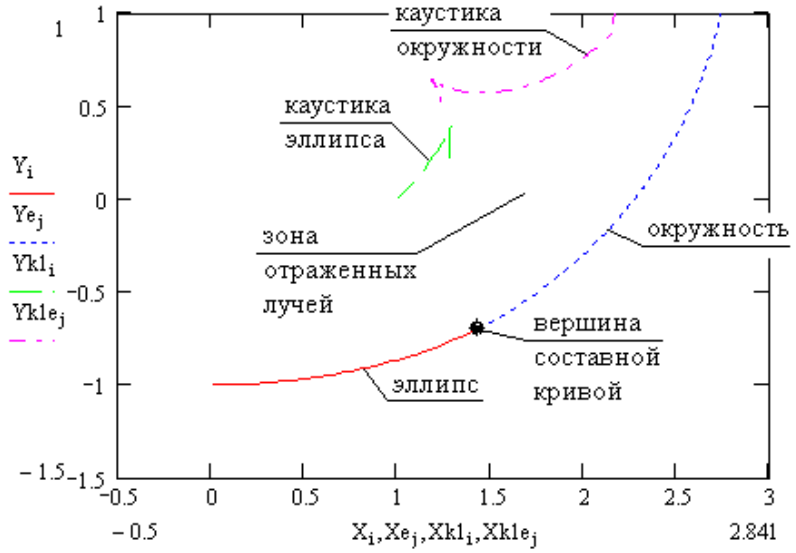


Рис. 8. Положение линии каустики составной отражающей кривой (эллипс, окружность) при наклоне солнечных лучей параллельно нормали в вершине кривой

Если же радиус окружности меньше радиуса кривизны эллипса в вершине составной кривой, то линия каустики при любом наклоне солнечных лучей имеет разрыв.

Выводы

Для составной отражающей кривой с иррегулярной вершиной линия каустики представляет собой сочетание каустик сторон кривой.

Линия каустики составной отражающей кривой с иррегулярной вершиной, как правило, имеют разрыв по линии отраженного луча в вершине кривой. В некоторых случаях линии каустик сторон составной кривой имеют общую точку пересечения.

Полученные результаты позволяют создать компьютерную модель карстовой области для отражающих поверхностей, к которым применимо решение плоской задачи аппарата отражения.

Список используемых источников

1. Бубенников А.В. Начертательная геометрия / Бубенников А.В., Громов М.Я. - М.: Высшая школа, 1973. – 416 с.
2. Дворецкий А.Т. Автоматизация расчетов для плоской отражающей системы с источником в несобственной точке / Дворецкий А.Т., Митрофанова С.А. // Прикладна геометрія та інженерна графіка, К.: КНУБА. – 2003. –Вип. 73. – С. 77-81.
3. Митрофанова С.А. Компьютерная модель каустики для переменного направления солнечных лучей / Митрофанова С.А. // Прикладна геометрія та інженерна графіка, К.: КНУБА. – 2008. – Вип. 80. - С. 165-169.

УДК 697

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМ С КАЧЕСТВЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ В ОТОПИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ НА ОСНОВЕ ИНЖЕКЦИОННЫХ ТЕРМОРЕГУЛЯТОРОВ

Перминов И.А.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

Рассмотрены недостатки современных схем, применяемых для регулирования тепловой мощности. Предложена конструкция инжекционного терморегулятора, способ регулирования теплоотдачи в стальных радиаторах в зависимости от требуемой нагрузки потребителя на отопление. Приведены результаты теоретических исследований полей скорости, температуры и давлений теплоносителя системы отопления.

Терморегулятор, регулирующая арматура, гидравлический расчет, инжекционный терморегулятор, смесительный узел.

Введение

Важнейшим вопросом современных систем отопления является энергосбережение. Для достижения максимального эффекта энергосбережения в системах отопления необходимо применение энергоэффективного оборудования. Терморегулятор – основное энергосберегающее устройство, которое экономит до 20% тепловой энергии. Поэтому актуальной задачей является совершенствование элементов систем отопления, в частности, терморегуляторов.

Анализ публикаций

При централизованном снабжении потребителей теплом, регулирование параметров теплоносителя может осуществляться: на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ), в котельных, в центральных тепловых пунктах (ЦТП), местных тепловых пунктах, непосредственно у теплопотребляющих приборов [1]. Так как режимы расходов тепла многочисленных абонентов неодинаковы, тепловая нагрузка отопительных установок изменяется в зависимости от наружного воздуха, на разных этапах осуществляются разные виды

регулирования: на ТЭЦ, в котельных, и ЦТП осуществляется качественно-количественное регулирование, местных тепловых пунктах – качественное, количественное, либо комбинированное [1]. Самым распространенным методом регулирования у теплопотребляющих приборов является количественное регулирование по дроссельной схеме, на базе автоматического терморегулятора. Такое регулирование привносит некоторые недостатки в работу системы отопления, связанные с гидравлическим режимом. Актуальным вопросом является создание элементов системы отопления, которые бы осуществляли непосредственную связь разных режимов регулирования от источника тепла до потребителя.

Терморегулятор автоматический отопительного прибора системы водяного отопления здания (сокращенно терморегулятор или термостат) – запорно-регулирующая арматура автоматического регулирования теплоотдачи отопительного прибора на уровне, соответствующем установленной потребителем температуры воздуха [2].

Отопительные приборы двухтрубных систем водяного отопления, оснащенных приборами учета, должны, как правило, оборудоваться автоматическими терморегуляторами (п. 3.14. [3, 4]).

Одна из основных характеристик регулировочного клапана определяется падением давления на нем. При полностью открытом регулировочном клапане падение давления на нем складывается из падения давления в узле за вычетом потерь давления в монтажных элементах и трубопроводе. Это является наименьшим падением давления в клапане [5]. При закрытом регулировочном вентиле все значения перепада давления в узле относятся к клапану, так как расход равен нулю, потеря давления равна нулю. Это наибольшее падение давления на клапане.

Падение давления на клапане переменное, оно меняется с ходом штока клапана. Эти взаимосвязи описываются авторитетом терморегулятора.

Сегодня все большее распространение приобретает метод гидравлического расчета с учетом внешнего авторитета терморегулятора. Этот метод хотя и не имеет однозначного теоретического подхода, однако проверен практикой проектирования в западных и восточноевропейских странах и дает хорошие показатели энергосбережения [2, 6, 7, 8].

Применяемые схемы с использование терморегуляторов прямого действия имеют следующие недостатки:

Обычная дроссельная схема – при большом количестве приборов – вследствие изменения хода штока увеличивается перепад давления, что ведет к необходимости установки дополнительного регулирующего оборудования;

Схема с замыкающим узлом и трехходовым клапаном на обратном трубопроводе – температура на отопительных приборах равна температуре в подающем трубопроводе;

Схема с замыкающим узлом и трехходовым клапаном на подающем трубопроводе – уровни температуры на приборах и в подающем трубопроводе не должны сильно отличаться, перепад давления перед терморегулятором недопустим, следовательно, необходимость установки дополнительного регулирующего оборудования;

Схема с замыкающим узлом и трехходовым клапаном на подающем трубопроводе с двойным подмешиванием – перепад давления перед терморегулятором недопустим, следовательно, необходимость установки дополнительного регулирующего оборудования, при применении распределителя, сохраняющего давление, обязательно применять безнапорную схему подмешивания.

Решением недостатков существующих узлов регулирования может служить применение схемы инжекционного терморегулирования. Преимущества данного регулирования: возможен перепад температуры в приборе и в подающем трубопроводе; вследствие постоянного объемного потока возникает достаточная возможность регулирования; авторитет клапана почти равен 1, на участке с переменным количеством теплоносителя потерь давления почти нет; малое запаздывание, так как горячий теплоноситель присутствует постоянно; могут быть связаны различные температурные

уровни; при наличии большого количества приборов не возникает дополнительного сопротивления, следовательно, нет необходимости установки дополнительного оборудования.

Принципиальная схема узла смешения:

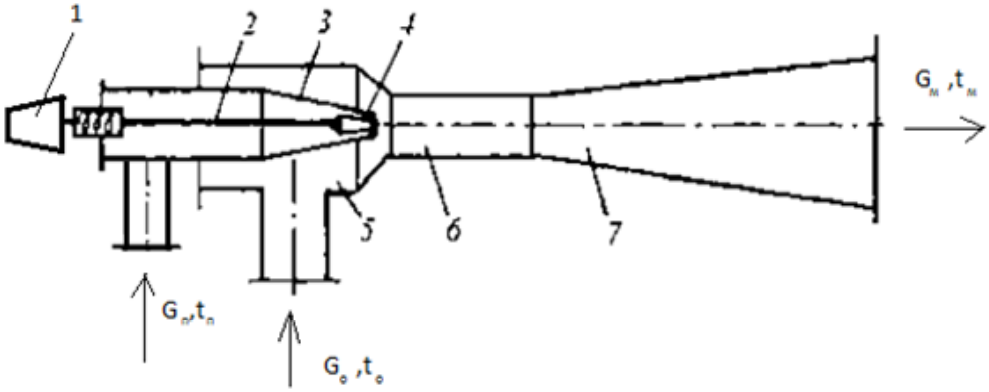


Рис. 1. Инжекционный терморегулятор качественно-количественного регулирования: 1 – термостатическая головка, 2 – шток регулирующей иглы, 3 – сопло, 4 – регулирующая игла, 5 – камера всасывания, 6 – горловина, 7 – диффузор

Смесительный узел применяют в системе отопления для понижения температуры воды, поступающей из подающего трубопровода, до требуемой температуры. Понижение температуры происходит при смешении теплоносителя подающей линии с теплоносителем обратного потока местного участка системы отопления [9].

Смесительный узел используют для местного качественного регулирования теплопередачи отопительных приборов системы, дополняющего регулирование в тепловом пункте. При местном регулировании путем автоматического изменения по заданным параметрам температуры смешанной воды в обогреваемых помещениях поддерживаются оптимальные тепловые условия. Кроме того, исключается перегревание помещений, особенно в осенний и весенний периоды отопительного сезона. При этом сокращается расход тепловой энергии [9].

Регулируемый узел смешения (рис. 1.) – дешевый, простой и надежный в эксплуатации аппарат. Он подсасывает охлажденную воду для смешения с высокотемпературной водой и передает давление, создаваемое циркуляционным насосом в отопительные приборы системы отопления.

Такой узел позволяет в определенных пределах изменять коэффициент смешения для получения воды с расчетной температурой, необходимой для местной системы отопления, то есть осуществлять требуемое качественно-количественное регулирование.

Цель и постановка задачи исследований

Цель работы – совершенствование схемных и конструктивных решений местного качественно-количественного регулирования теплоотдачи отопительных приборов на основе инжекционных терморегуляторов.

Результаты и их анализ

Моделирование выполнено с использованием програмного комплекса, позволяющего получить распределение линий тока температур, скоростей и давлений. В данной модели использовалась «внутренняя» задача – теплоноситель подавался через подающий трубопровод. Расход теплоносителя 0,1 кг/с при температуре 75 0С. Обратный теплоноситель с температурой 65 0С и общим давлением 105 Па отводился через обратный трубопровод. Инжекционный терморегулятор состоит из: подающего трубопровода; смесительного узла, который представляет собой сопло, камеру смешения, диффузор и регулятор; обратного трубопровода; байпасной линии, которая связывает обратный трубопровод с камерой смешения на подаче.

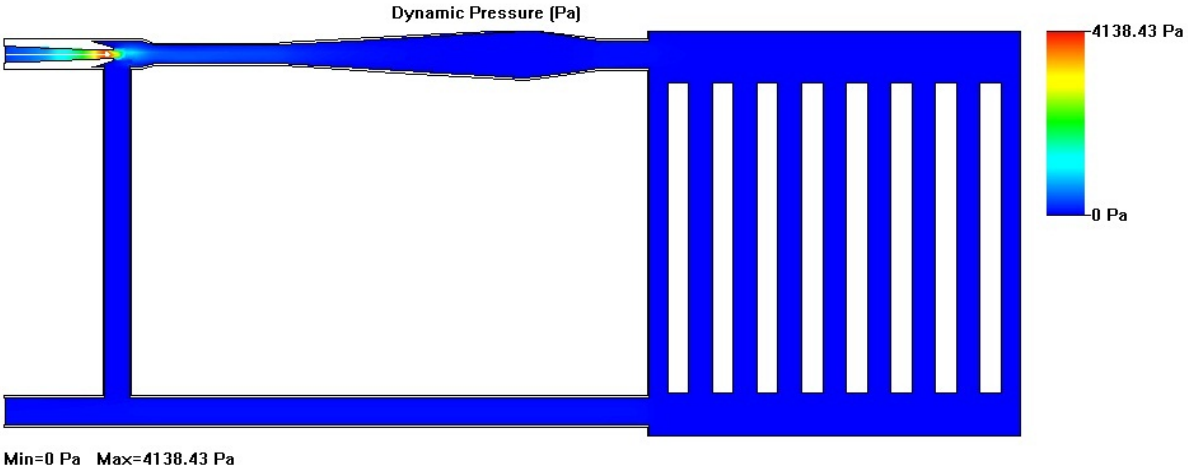


Рис 2. Перепад давления на инжекционном терморегуляторе

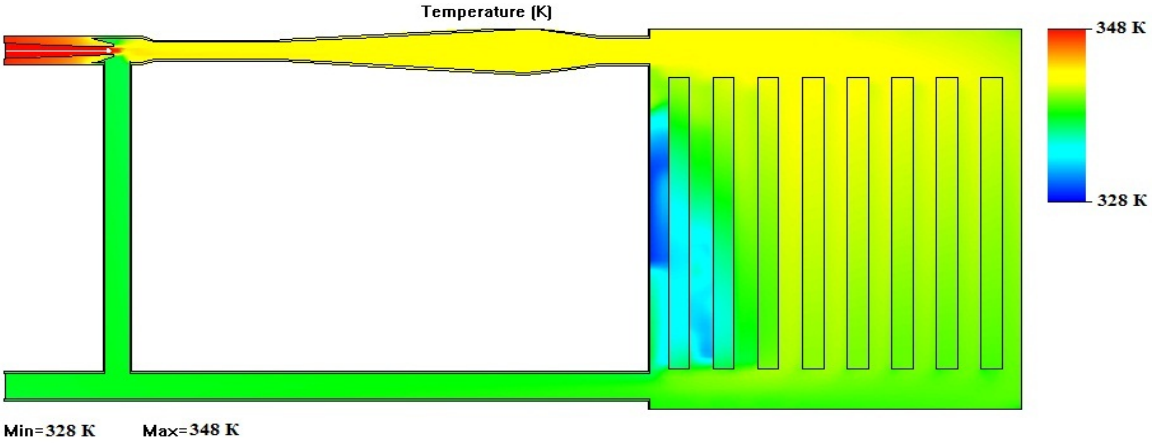


Рис. 3. Распределение температур при регулировании инжекционным терморегулятором

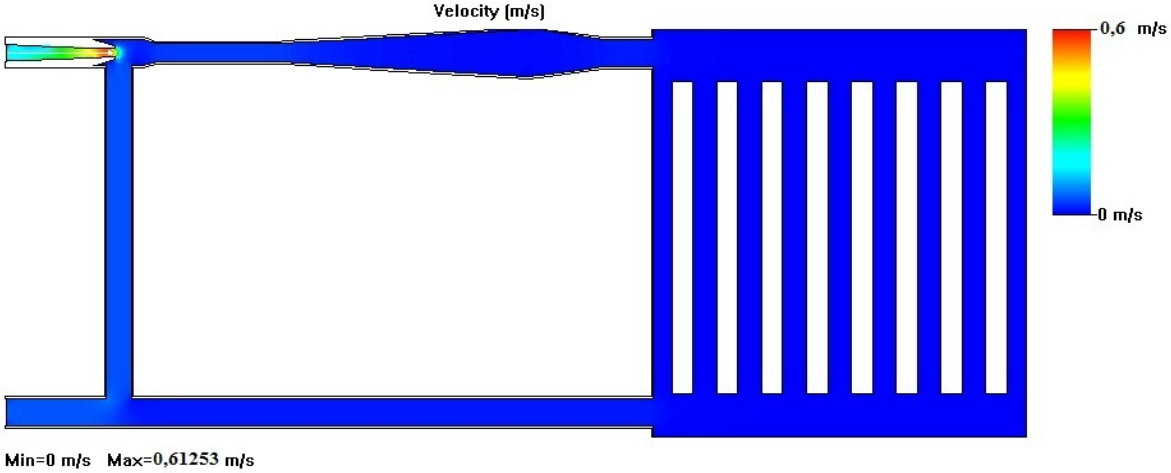


Рис. 4. Распределение скоростей в инжекционном терморегуляторе

В результате исследований было выявлено, что максимальный перепад давления для нормальной работы на клапане должен составлять 4 кПа при расходе теплоносителя 0,1 кг/с, что проиллюстрированно на рис 2. При этом авторитет клапана буде приближаться к единице. Из рис. 3. Видно, что при такой схеме регулирования почти отсутствует эффект запаздывания регулирования, так как постоянно присутствует горячий теплоноситель. Из исследования распределения скоростей рис. 4. были получены максимальные скорости на термостатическом клапане, они не превышают нормируемых значений для современных систем отопления.

Выводы

В результате выполненных теоретических исследований получены данные по распределению скоростей, температур, и давления в предложенной конструкции инжекционного терморегулятора качественно-количественного регулирования. Выявлены преимущества и возможность применения данной конструкции терморегулятора в современных системах отопления.

Список используемых источников

1. Козин В.Е. Теплоснабжение: Учебное пособие для студентов вузов / В.Е. Козин, Т.А. Левина, А.П. Марков, И.Б. Пронина, В.А. Слемзин. – М. Высш. школа, 1980. – 408 с.
2. Пырков В.В. Особенности современных систем водяного отопления / В.В. Пырков. – К.: II ДП «Такі справи», 2003. – 177 с.
3. СНиП 2.04.05-91*У. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – Издание неофициальное. – К.: КиевЗНИИЭП, 1996. – 89 с.
4. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование /Минстрой России./ – М.: ГП ЦПП, 1995. – 66 с.
5. Яушоветц Р. Гидравлика – Сердце водяного отопления / Р. Яушоветц. – Вена.: ГЕРЦ Арматурен Г.м.б.Х, 2005. – 196 с.
6. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование / В.В. Пырков. – К.: II ДП «Такі справи», 2007. – 251 с.
7. Покотилов В.В. Регулирующие клапаны автоматизированных систем тепло- и холодоснабжения / В.В. Покотилов. – Вена.: фирма «HERZ Armaturen», 2010. – 176 с.
8. Пырков В.В. Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения / В.В. Пырков. – К.: II ДП «Такі справи», 2005. – 302 с.
9. Сканави А.Н. Отопление: Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Строительство» / А.Н. Сканави, Л.М. Махов. – М.: АВС, 2002. – 576 с.

АННОТАЦИИ НА УКРАИНСКОМ ЯЗЫКЕ

Рябова О.В., Друцкая Д.М. Архітектурне проектування об'єктів з використанням звукових хвиль

У статті наведені результати розгляду досвіду архітекторів-новаторів в області проектування з використанням музичних творів і звукових хвиль. Виявлено доцільність поширення методу параметрики в сфері архітектурного проектування. На основі прикладів з зарубіжної проектної практики виявлено основні особливості та методи проектування дигитальной архітектури, а також актуальність її використання в сфері архітектурного проектування в Україні. Отримані результати можуть бути основою вдосконалення методу архітектурного проектування.

Шитікова В. М. Кримський стиль у вертикальному озелененні на кінці XIX- началу XX століть

З качану XX століття склалось єдине художнє мислення про садово-паркову архітектуру Південного бережу Криму. Характерною рисою декорування архітектурних споруд був спосіб озеленення ліанами вертикальних площин. На основі культурно-історичних традицій, підбору рослин, природнього середовища сформувався кримський стиль.

Ажермачов Г.А. Експериментальні дослідження при оцінці напружено-деформованого стану будівельних конструкцій і споруд

Розглядаються шляхи коректного проведення експериментальних досліджень, що дозволяють отримати найбільш об'єктивний напружено-деформований стан досліджуваних конструкцій і показати міру ушкодження прийнятих теоретичних передумов, прийнятих при розрахунку об'єкту. Надаються рекомендації по складанню програми експериментальних досліджень і аналізу коректності експериментальних даних.

Чемодуров В.Т., Канцеров П.М. Розрахунок багатошарової пластини з наведеною жорсткістю

Розглядається один з варіантів розрахунку багатошарової пласти-ны з жорстко закріпленими краями. Показано можливість приведення багатошарової пластини до однорідного з наведеним модулем пружності. Здобуто рівняння прогину пластини у вигляді ряду йз використанням методу Лєві.

Чемодуров В.Т., Шинкарук В.И. Вибір параметрів багатошарової пластини методом планування експерименту

У статті приводитися один з безлічі методів вибору оптимальних параметрів багатошарової пластини. А саме - градієнтний метод. Вектор градієнта цільової функції шукається за допомогою методу планування експерименту. Експеримент здійснюється за допомогою ЕВТ на розробленій математичній моделі об'єкта, оцінюючий завдання міцності пластини й завдання її твердості.

Чемодуров В.Т., Сейтжелилов М. С. Вибір параметрів багатошарової пластини методом випадкового пошуку

У статті приводитися методика оптимізації параметрів багатошарової пластини одним з методів нелінійного програмування (випадковий пошук), що успішно може бути використаний для аналізу математично описаних систем будь-якої складності. Даний метод заснувань на значеннях тільки цільової функції при різних комбінаціях параметрів, що варіюються, тому рух до оптимуму здійснюється тільки в напрямку її "поліпшення", хоча самі кроки по факторному просторі здійснюються випадково. У статті також дається короткий опис процедури методу випадкового пошуку.

Корохов В.Г., Бусарова Н.Я. До питання про конкурентоспроможність замінників металу

Приводиться аналіз і зіставлення внутрішньої будови, що визначає фізичні, механічні й інші коштовні властивості, застосовуваних металевих конструкційних матеріалів і класу нових матеріалів. Широко застосовувані в різних галузях техніки металеві сплави на основі заліза, міді, алюмінію, титану поступово вичерпують свої можливості в задоволенні постійно зростаючих вимог техніки до властивостей металевих конструкційних матеріалів. Вигідно відрізняються й значно перевершують по цих властивостях знову одержувані матеріали на основі вуглецю, такі як наноалмазы, графен, фуллерен, нанотрубки, таунит, що дозволяють підвищити не тільки надійність і довговічність конструкції, але й забезпечити їхню мініатюризацію й значно більший діапазон можливостей.

Мирошниченко К. К., Савицький Н. В. Теоретичні й практичні аспекти вдосконалювання технології одержання високоякісного фибробетона для пристрою підлог і підливи під устаткування промислових об'єктів

У статті наведені деякі результати досліджень з обґрунтування впливу форми лопаті змішувача на енергетичну ефективність технологічних прийомів приготування однорідного високоякісного фібробетону. Встановлено, що коефіцієнт корисної дії лопаті у вигляді плоского елементу залежить від кута підйому лінії ковзання компонентів фібробетонної суміші по лопаті по відношенню до вектору швидкості, а також від кута установки лопаті. При виборі кута нахилу лопаті необхідно враховувати також співвідношення її розмірів. Були отримані значення коефіцієнтів внутрішнього тертя для фібробетонів. Дані експерименти були базовими при проектуванні лопатей більш складної геометричної форми, використання яких при дотриманні певних технологічних операцій, забезпечує отримання однорідних фіброармованих композицій з високими характеристиками.

Федоркин С.И., Макарова Е.С., Елькина И.И. Вплив мікрокремнезему на властивості й структуру пресованих матеріалів на основі мелкодисперсных відходів гірських порід

Досліджені властивості та структура зразків на основі дрібнодисперсних відходів гірських порід з додаванням мікрокремнезему і його вплив на міцність пресованих матеріалів. Вивчено вплив мікрокремнезему на фізико-механічні властивості шлакопортландцементу. Проведені електромікроскопічні дослідження зразків.

Дяків І.М., Мравець Д.А. До питання застосування геосинтетичних матеріалів для підвищення надійної роботи підпорних стін в умовах Криму

Розглядаються питання підвищення надійності роботи підпірних стін у складних інженерно-геологічних умовах Криму за рахунок поліпшення властивостей ґрунту, що взаємодіє з їм, армуванням геосинтетичними матеріалами. Визначені напрями дослідження.

Балакчина О.Л. Структурно-логічна схема організації монтажно-демонтажних робіт з використанням вертольота при реконструкції покриття промислових будинків

Стаття присвячена питанням підвищення ефективності монтажно-демонтажних робіт з використанням вертольота при реконструкції промислових будинків. Проведено аналіз виробничого процесу монтажно-демонтажних робіт для пошуку резервів скорочення часу виконання цих робіт. Запропоновано структурно-логічну модель можливих варіантів протікання монтажно-демонтажних робіт із застосуванням вертольота, установлені структура й взаємозв'язок окремих елементів організації технологічного й вивченого процесу. Стаття зацікавить наукових, інженерно-технічних працівників, і студентів технічних вузів.

Сеник И.С., Шаленный В.Т., Бицоева О.А. Обґрунтування й пропозиція по вдосконалюванню конструкції розбірно-переставної опалубки для безперервного бетонування багатоступінчастих стрічкових фундаментів

У даній роботі розглянуті питання з бетонування багатоступінчастих стрічкових фундаментів у процесі реконструкції, запропоновані шляхи збільшення ефективності виконання робіт за рахунок застосування нової конструкції дрібно щитової розбірно-переставної опалубки, виконана її порівнювальна оцінка за тривалістю та трудомісткістю виконання залізобетонних робіт.

Шаленний В.Т. Передумови підвищення ефективності будівництва на основі системотехнічних досліджень життєвого циклу об'єктів

На основі аналізу публікацій, світового досвіду, а також соціально-економічної ситуації в Україні, обґрунтовано розвиток методології оцінки ефективності будівельного виробництва на системотехнічних засідках та з урахуванням енерговитрат на протязі всього життєвого циклу будівельних проектів. Розглянута графічна модель протікання життєвого циклу будівельного об'єкту, яка пояснює й дозволяє здійснювати пошук більш ефективних проектних рішень, способів виробництва робіт, експлуатації, реконструкції та ліквідації будівель і споруд.

Шаленный В.Т., Несевря П.И., Кислица Л.В. Поетапне зростання енерговитрат монтажників при подращивании сталевих силосов різних розмірів

На підставі раніше опублікованих експериментальних даних проведено багатовимірний кореляційно-регресійний аналіз, у результаті чого отримана форма й встановлена статистична значимість тісноти зв'язку, представлена математична модель поетапного зростання енергозатрат монтажників на підіймання. Ця модель кількісно підтверджує збільшення енерговитрат на підйом шкірного наступного ярусу від розмірів силосного корпусу, які виражаються через площу його сектора, що припадає на один механізм підйому.

Шаленний В. Т. , Скокова А. О. Вибір та розвиток доцільної технології відновлення властивостей фасадних систем теплоізоляції будинків із опорядженням легкою штукатуркою

У роботі вирішується науково-прикладне завдання технологічно та економічно доцільного відновлення властивостей існуючих конструкцій зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням легкою штукатуркою. Наведено математичні моделі, створені за результатами кореляційно-регресійного аналізу даних обчислювального експерименту, розрахунки за якими дають можливість оцінити для об'єкту цивільного будівництва унікальну прогнозовану вартість та трудомісткість відновлювальних робіт відповідно до технічних та архітектурно-об'ємно-планувальних властивостей будинків. Представлена в роботі методика дає можливість зверни доцільну технологію проведення робіт з улаштування або відновлення властивостей фасадної теплоізоляції з опорядженням легенями штукатурками.

Шаленний В.Т., Скокова А.О. Результати кореляційно-регресійного аналізу впливу архітектурно-планувальних властивостей і ушкоджень фасадів на вартість та трудомісткість робіт з відновлення їх зовнішньої теплоізоляції і опорядження

Наведено результати кореляційно-регресійного аналізу отриманих статистичних даних для визначення математичної моделі, форми, сили та тісноти кореляційного зв'язку між вартістю й трудомісткістю робіт з відновлення ушкодженої теплоізоляції фасаду з опорядженням легкою штукатуркою та різними архітектурно-планувальними і технічними характеристиками будівель. Отримано рівняння регресії для розрахунку прогнозованої вартості та трудомісткості виконання цих робіт для цивільних будинків. Представлено вплив шкірного з досліджуваних факторів на результуючі показники. Отримані закономірності можуть бути використані для розрахунку прогнозованих витрат ресурсів на виконання ремонтних робіт із відновлення властивостей теплоізоляції й опорядження фасадів.

Зелінська Н.Б. Оцінка впливу інфраструктури ЖКХ на стан атмосферного повітря в м. Севастополь

Визначені основні джерела і інгредієнти забруднення атмосфери в м. Севастополі, проаналізована міра дії теплогенеруючих установок комунального господарства і їх інфраструктури на природне довкілля, дана оцінка екологічної ситуації в місті в цілому, виділення ділянок житлової забудови з максимальним рівнем забруднення, данини рекомендації по поліпшенню якості повітря в приземному шарі атмосфери.

Лущик А. В., Павлюк В. И. Геологічне середовище. сейсмічність і екологічна безпека

У статті розглядаються особливості формування геологічного середовища під впливом господарської діяльності, що викликає зміни екологічних функцій літосфері. Описуються види небезпечних геологічних процесів, їх вплив на загальну сейсмогеологічну небезпеку й екологічну безпечу. Розглядаються приклади зміни сейсмогеологічної небезпеки при формуванні геологічного середовища в Кримському сейсмоактивному регіоні й рекомендації щодо підвищення регіональної екологічної безпеки.

Ажермачов Г.А. Альтернативні запаси вуглеводнів на азово-чорноморському шельфі України

В Україні відчувається гострий дефіцит газу й нафти. Власні запаси їх зосереджені, в основному, на шельфі Чорного та Азовського морів, однак смороду слабко освоюються. В останні десятиліття на українському шельфі Чорного й Азовського морів відкриті великі запаси газогідратів, розробка яких дозволити повністю відмовитися від імпорту вуглеводневої сировини на найближчі сто років і більше.

Митрофанова С.А. Визначення лінії каустики для складовій кривій з іррегулярною вершиною

З метою визначення геометрії карстової області для відбиваючих поверхонь у вигляді поверхні обертання й циліндрових, утворюючою яких є складена крива з іррегулярною вершиною, розглянуто визначення лінії каустики для даного вигляду кривої при вирішенні плоскої задачі апарата відбиття. За сторони складеної кривої були взяті криві з вивченими властивостями. Комп'ютерна візуалізація рішення плоскої задачі апарату відбиття отримана з використанням прогрими MathCAD.

Перминов И.А. Удосконалювання роботи систем з якісно-кількісним регулюванням в опалювальному періоді на основі инжекционных терморегуляторів

Розглянуто недоліки сучасних схем, що застосовуються для регулювання теплової потужності. Запропоновано конструкцію інжекційного терморегулятора, спосіб регулювання тепловіддачі в сталевих радіаторах у залежності від необхідного навантаження споживача на опалення. Наведено результати теоретичних досліджень полів швидкості, температури й тисків теплоносія системи опалення.

Збірник наукових праць
«Будівництво та техногенна безпека»
42/2012

Сборник научных трудов
«Строительство и техногенная безопасность»
42/2012

Под общей редакцией докт. техн. наук В.Т. Шаленного
Технический редактор Т.И. Пчелинцева

Компьютерная верстка К.А. Янушковский
В.А. Белавский

Формат 60х84/8. Ум. друк. арк. 16,25. Наклад 300 пр. Зам. № _____.

Віддруковано з оригінал-макету у друкарні ФОП Бражнікової Н.А.
97513, смт Гвардійське, вул. Н-Садова, 22.
тел. (0652) 70-63-31, 050-648-89-34.
E-mail: braznikov@mail.ru