

Министерство образования и науки Украины
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сборник научных трудов

Выпуск 52

БУДІВНИЦТВО ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Збірник наукових праць
Випуск 52

Зарегистрирован 21.11.2005 г. серия КВ № 10650 Государственным комитетом информационной политики, телевидения и радиовещания Украины.

Постановлением президиума ВАК Украины от 08.07.2009 г. №1-05/2 включен в перечень научных специализированных изданий Украины, в которых могут публиковаться основные результаты диссертационных работ на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (области наук: архитектура, технические науки).

Симферополь
«Национальная академия природоохранного
и курортного строительства»
2014

УДК 69, 71
ББК 38

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 та архітектури.

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, (заст. 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, Сапронова З.Д., канд. геол.-мін. наук, Сіроджа 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), Шаленний В.Т., докт. техн. наук, (заст. головного редактора), Ячменьова В.М., докт. екон. наук

Затверджено до друку згідно протоколу засідання вченої ради НАПКБ № 3 від 28.11.2014 р.

Адреса редакції: 95006 м. Сімферополь, вул. Павленко, 3, НАПКБ, корпус 2, к. 410,
E-Mail: rio@napks.edu.ua

© **Національна академія
природоохоронного та
курортного будівництва,
2014**

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 и архитектуры.

Редакционная коллегия:

Ажермачёв Г.А., канд. техн. наук, Бекиров Э.А., докт. 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. екон. 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. главного редактора), Ячменева В.М., докт. екон. наук

Утвержден к печати согласно протокола заседания ученого совета НАПКБ № 3 от 28.11.2014 г.

Статьи печатаются в авторской редакции

Адрес редакции: 95006 г. Сімферополь, ул. Павленко, 3, НАПКБ, корпус 2, к. 410,
E-mail: rio@napks.edu.ua

© **Национальная академия
природоохранный и
курортного строительства,
2014**

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1.

АРХИТЕКТУРА

- Живица В.В. Строительные технологии периода античности на западном побережье Крымского полуострова 5
- Пчельников В.Н. Факторы, формирующие объемно-планировочную структуру зданий, интегрированных в пространство общественно-транспортных узлов 13
- Тищенко Г.В. Проектирование рекреационных ландшафтов на нарушенных территориях Крыма, на примере Агармышского карьера 20
- Нагаева З.С. Межмидинов А.А. Постиндустриальные концепции в градостроительстве 24

РАЗДЕЛ 2.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

- Шаленный В.Т., Акимов С.Ф., Несевря П.И., Купреев А.В. Особенности проекта возведения неразрезных сборно-монолитных перекрытий торгово-выставочного центра Мириада в г. Днепропетровске 29

РАЗДЕЛ 3.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- Алексеев В.Н., Чепурная Е.А. Методы повышения нормального сцепления в кладке существующих зданий 37
- Елькина И.И. Влияние механоактивации цемента на прочность прессованных материалов на основе шламов промывки дробленых магматических пород 41

РАЗДЕЛ 4.

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, МЕХАНИКА И СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ

- Дьяков И.М., Игнатенко Н.А. Исследование влияния локальных повреждений подпорных стен на работу свайного фундамента здания, расположенного вблизи удерживаемого откоса грунта 47
- Пушкарёв Б.А., Арбузова Т.А., Здоровенко А.А. Анализ эффективности строительства сборно-монолитных жилых многоэтажных зданий каркасно-связевой схемы с применением лёгких бетонов в сейсмических районах Крыма 54
- Шаленный В.Т., Акимов С.Ф., Ким М.Л. Разработка и использование новой технологии усиления ленточных фундаментов и основания в проекте реконструкции здания школы в ПГТ. Симеиз 59

РАЗДЕЛ 5.

ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Николенко И. В., Каримов Э.А. Разработка математической модели гидродинамического фильтрования с неподвижным фильтроэлементом для очистки сточных вод предприятий по производству строительных материалов 63
- Урядникова И.В., Чумаченко С.Н., Кармазин С.В., Заплатинский В.М. Методологические основы управления техногенными рисками на теплоэнергетических объектах критической инфраструктуры 71

РАЗДЕЛ 6.

ВОДООБЕСПЕЧЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ, ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИКА

Бондарь И.А., Денисова А.Е. Сравнительная оценка энергетической эффективности теплонасосных установок для систем теплоснабжения с теплым полом	80
Воинов А.П., Шевчук В.И. Кипящий слой как технология высокоэффективного сжигания сернистого топлива	85
Деревянко О.В. Научные основы использования фрикционно-вихревых турбин с дисковым ротором в комбинированных турбоприводах систем надежной подпитки на АЭС	88
Зайцев О.Н., Богатикова Н.П., Зайцев Н.О. Взаимодействие двух несоосно-встречных закрученных газовых струй в топках котлов малой мощности	93
Ільїна К.О. Геотермальні електростанції з бінарним циклом	97
Клименко А.А., Олесевиц Е.К., Ткаченко К.С. Особенности выбора энергогенерирующих мощностей для условий Крыма	100
Климчук А.А., Шевчук В.И., Шраменко А.Н. Эксергетический анализ процесса аккумуляции теплоты твердыми и жидкими веществами	105
Лунёв Д.В., Обручева Л.В. Минимизация негативного влияния орошения дождеванием на эколого-мелиоративное состояние земель	108
Редькин В.М. Замещение природного газа древесным биотопливом (на примере Украины)	114
Титар С. С., Зайцев Д. В. Розігрів в'язких нафтопродуктів протягом їх зберігання й транспортування	119

РАЗДЕЛ 1. АРХИТЕКТУРА

УДК 72.032(38):72.023

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРИОДА АНТИЧНОСТИ НА ЗАПАДНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Живица В.В.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В статье проведен анализ научных литературных источников, касающихся выбранной темы. Проведен сравнительный анализ строительных технологий, материалов и способов возведения зданий в Греции и на территории Крымского полуострова в период античности. Рассмотрена эволюция архитектурно-строительной культуры на территории Крымского полуострова. Сделаны выводы по рассматриваемой теме.

Греческая колонизация, полис, строительные материалы, кладка «а crossettes», кладка «en besace», кладка камней насухо, «волчья пасть», капитель, фриз.

ВВЕДЕНИЕ

Греки сыграли ключевую роль в освоении Крымского полуострова. Их первые поселения появились в последние десятилетия VII – V вв. до н.э. Расцвет градостроительства пришелся на IV – I вв. до н.э. В этот период возникает ряд греческих городов и поселений. руины которых, благодаря усилиям исследователей, можно увидеть и в наши дни — Калос Лимен (современный пгт. Черноморское), Керкинитида (современный г. Евпатория), Херсонес Таврический (современный г. Севастополь), Феодосия, Пантикапей (современный г. Керчь), Мирмекий, Тиритака, Нимфей, Гермисий и др.

На формирование архитектурно-строительных традиций греческих колоний в значительной степени повлияли знания, навыки и умения заимствованные переселенцами с материковой Греции, местная строительная культура и материалы, климатические условия, рельеф местности и взаимоотношения греков с кочевыми племенами.

В наши дни большинство памятников рассматриваемого периода разрушено в результате природных явлений или усилиями человека. Перед учеными стоит задача исследования, восстановления и охраны оставшихся руин. Но, в значительной степени, сохранение культурного наследия Крыма для будущих поколений зависит от архитекторов, которые могут восстановить архитектурный образ здания, учитывая опыт и знания древних строителей.

В этой связи представляется актуальным проведение сравнительного анализа строительных технологий, материалов и способов возведения зданий на территории Крымского полуострова и в Греции периода античности.

На основании полученных результатов могут быть предложены реставрационные и реконструкционные (при создании макетов) проекты для сохранения памятников истории и культуры.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

При изучении античных городов и поселений Крыма основные проблемы заключаются в плохой сохранности памятников, неравномерности исследования отдельных периодов строительства, недостаточной разработанности методологических и практических подходов к изучению и охране культурного наследия.

Огюст Шуази в книге «Всеобщая история архитектуры» [1] представил этапы развития архитектуры различных эпох, в том числе и эпоху Античности. Он тщательно описал здания и сооружения, их отдельные части, строительную технику, материалы и способы их применения.

В книге «Античные государства Северного Причерноморья», в десятой главе «Градостроительство и архитектура» С. Д. Крыжицкий, М. М. Кобылина [2,3,4] обобщили результаты археологических исследований, ведущихся уже около двух столетий на территории античных государств Северного Причерноморья. Данная глава представляет собой систематический анализ градостроительства, строительной техники и материалов, жилых домов и архитектуры греческих городов и поселений.

Щеглов А.Н. в монографии «Северо-Западный Крым в античную эпоху» [5] освещает вопросы палеогеографии района, хронологии и типологии греческих и скифских городов, структуры хозяйства; дает характеристику городов, херсонесских земледельческих поселений и аграрных систем, скифских крепостей.

Блаватский В.Д. в монографии «Строительное дело Пантикапея» [6] подвел итоги своих исследовательских работ на раскопках 1945–1949 и 1952–1953 гг. Дал всесторонний анализ античного города Пантикапея и его хозяйства.

Пичикян И.Р. в монографии «Малая Азия – Северное Причерноморье. Античные традиции и влияния» [7] рассматривает влияние древних традиций Востока и античной Греции на становление античной культуры Северного Причерноморья. Прослежены инновации малоазийских традиций античного периода.

Рассматриваемая тема является актуальной и требует дальнейших исследований и практических рекомендаций, как историков и археологов, так и архитекторов.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Цель: проанализировать строительные технологии, применяемые при возведении греческих городов в античную эпоху на территории Крымского полуострова.

Задачи:

- провести анализ существующих научных, литературных источников и практических материалов по теме исследования;
- рассмотреть эволюцию архитектурно-строительной культуры на территории Крымского полуострова.
- провести анализ строительных технологий, использованных греческими колонистами на территории Крыма.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

При работе над данной статьей был собран и упорядочен теоретический материал, касающийся темы исследования. Методикой исследования является научный анализ и систематизация полученных данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Развитие архитектурно-градостроительной культуры на Крымском полуострове в период античности условно делят на два периода. Первый период охватывает временной отрезок VII – I вв. до н.э. (период становления и развития городской жизни), второй – с I в. до н.э. – до IV в. н.э. (период постепенного упадка градостроительства) [3].

Первый период условно делят на три этапа. Основными строительными материалами, используемыми на первом этапе (VII – V вв. до н.э.) были дерево, глина, необработанный камень, известняк, песчаник, солома, ветки. Жилые дома строили из необработанного камня, булыжника, сырцового кирпича. Небогатые колонисты сплетали свои жилища из веток и обмазывали их глиной.

С V в. до н.э. – последняя треть IV в. до н.э. (второй этап первого периода) широко распространились греческие строительные технологий. Строительные материалы, используемые при возведении зданий: камни, глина, дерево (использовали ограниченно, в основном для опор, перекрытий, оконных рам и дверей), глину (для обмазки стен, изготовления кирпича и растворов, для устройства оснований под стены). Для приготовления растворов использовали глину, известь и песок. Именно на втором этапе сформировались все основные типы стеновых кладок. Железо и бронзу использовали при изготовлении гвоздей для крепления деревянных конструкций, а также для связи

каменных блоков в стенах. Из соломы и камыша выполнялись балочные перекрытия помещений и кровли.

Третий этап первого периода развитие строительных технологий (IV – I вв. до н. э.) характерен экономическим подъемом, в связи с чем, строительство в достигает больших высот. Общественные здания в больших полисах возводятся из пилейных блоков известняка, которые, в свою очередь, соединялись металлическими скобами.

Во второй период (с I в. до н.э. по III – IV вв. н.э.) усиливается влияние римской архитектуры, но качество работ в связи с увеличением его объемов значительно снижается [2].

Система кладки стен.

Поселенцы, основавшие города на территории Крымского полуострова в период греческой колонизации, использовали строительные технологии, выработанные архитекторами материковой Греции.

В общественных сооружениях чаще всего применялась зубчатая кладка. Различное расположение каменных блоков, характерное для той или иной эпохи в Греции, сводится к следующим типам: А и В – состоит из сквозных (во всю толщину стены) каменных плит; С – квадраты даются только через один ряд; D – смешанная кладка (двухпанцирная кладка – остов стены состоит из бута, а тесанные камни служат облицовкой) [1] (рис. 1).

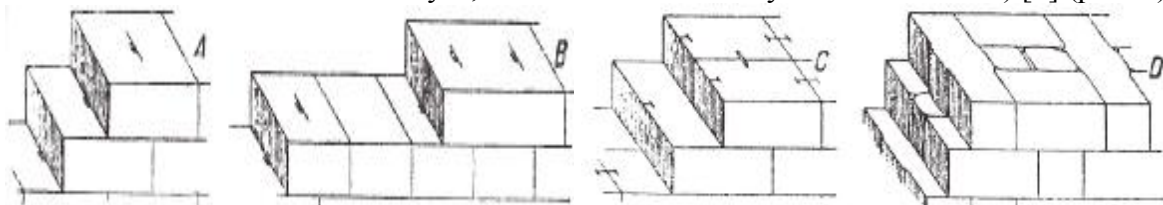


Рис. 1. Типы каменных кладок

Часто рассмотренные типы каменных кладок можно наблюдать и в историко-археологических памятниках Крыма. Например, в сохранившихся элементах стен городищ Калос Лимен и Беляус, видим фрагменты крепостных укреплений, выполненных из сквозных (во всю толщину стены) каменных плит (рис. 2, 3).



Рис. 2. Тип А. Фрагменты крепостных укреплений Калос Лимен



Рис. 3. Тип А. Фрагменты крепостных укреплений городища Беляус

А также тип D (двухпанцирная стена – смешанная кладка, при которой две стены из обработанных камней служат облицовкой, а между ними закладываются камни неправильной формы) (рис. 4, 5) [1].



Рис. 4. Тип D. Фрагменты двухпанцирных стен историко-археологического заповедника Калос Лимен



Рис. 5. Тип D. Крепостные двухпанцирные стены на территории историко-археологического заповедника Калос Лимен

Типы кладки А, В, С, применялись в V и VI вв. до н.э. Способ В преобладает в период македонского завоевания и становится обычным в римскую эпоху.

На углах здания чаще применяли кладку «en besace» (рис.6, В). С IV в. до н.э. – «a crossettes» (рис.6, А), но данный прием влек за собой потерю строительного материала, а также существовал риск появления трещин [1] (рис. 6-10).

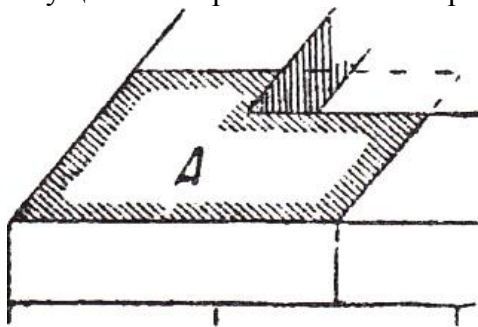


Рис. 6. Тип угловой кладки – «a crossettes»

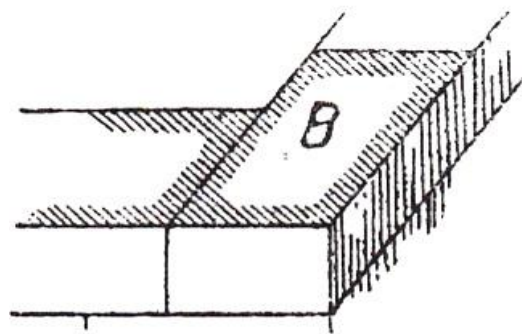


Рис. 7. Тип угловой кладки – «en besace»



Рис. 8. Пример использования угловой кладки «en besace» на территории городища Калос Лимен



Рис. 9. Пример использования угловой кладки «a crossettes» на территории городища Калос Лимен



Рис. 10. Пример использования угловой кладки «a crossettes» на территории городища Калос Лимен

В Греции одним из ранних приемов кладки данного типа является арсенал в Пирее, построенный около 340 г [1].

В Крыму кладка «a crossettes» применялась довольно широко с IV – II вв. до н.э. на западном побережье крымского полуострова (Калос Лимен, Беляус, Панское, Кастель,

Кара-Тобе и т.д.), в Боспорском царстве – с V в. до н.э. – по III в. н.э. (Пантикапей, Тиритака, Нимфей, Мирмекий и т.д.)

Обработка постелей и швов.

При строительстве стен, как в Греции, так и на территории Крыма, кладка обтесанных камней, всегда производилась насухо, без использования каких-либо связующих растворов. В связи, с чем требовалась особенно тщательная обработка вертикальных швов и постелей каменных блоков, на которые приходится вся тяжесть сооружения [2, 4].

Особенное внимание греки уделяли обработке каменных квадров, использованных при строительстве защитных и общественных сооружений.

При таком способе возведения стен, разрыв камня могли вызвать любые твердые включения, попавшие между каменными блоками недалеко от края. Во избежание этого, древние строители скашивали кромку вдоль шва камня (рис. 11, В; 12), или делали неглубокое углубление (рис. 11, А) [1].

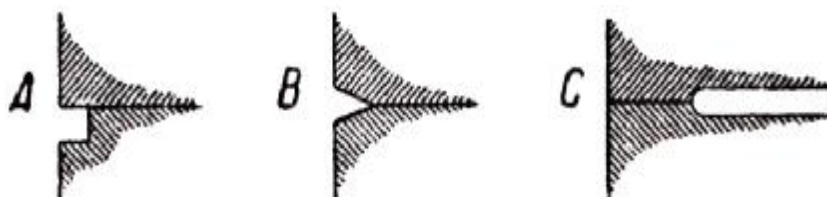


Рис. 11. Способы защиты ребер каменных блоков



Рис. 12. Тип В. Каменная кладка историко-археологического заповедника Калос Лимен

Часто во время предварительной обтески каменных плит для облегчения укладки в стены, на их гранях оставляли небольшие выступы, которые, впоследствии, стесывали.

Переноска камней и укладка их в стенах.

Для переноски и установки камней, как в Греции, так и в Крыму, использовали все возможные материалы и приспособления корабельной техники (рис.13-15). Для подъема и установки в стены стеновых камней чаще всего использовали приспособление под названием «волчья пасть», представляющее собой металлический клин, вкладывающийся в расширяющееся книзу отверстие (рис.15, 16).

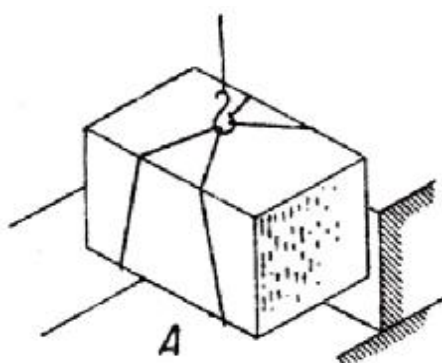


Рис. 13. Каменный блок, перемещаемый с помощью эллинга и тросов

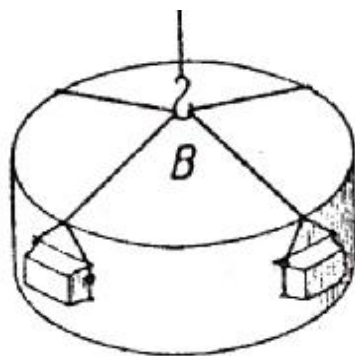


Рис. 14. Перемещение барабана колонны с помощью эллинга, прикрепляемого тросами к специальным выступам

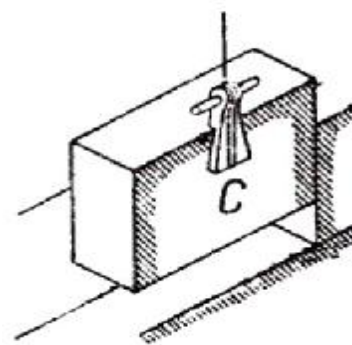


Рис. 15. Приспособления для подъема каменных блоков «волчья пасть»



Рис. 16. Каменный блок с отверстием для подъемного механизма «волчья пасть», найденный на городище Калос Лимен

Если камень был изготовлен из хрупкого материала, использовали подъемный механизм А или В.

Метод А и С позволяет установить стеновой камень на место, используя эллинг, приходилось предварительно устанавливать камень рядом с предназначенным ему местом, для того, чтобы убрать подъемные канаты, и только затем передвигать его на отведенное ему место [1].

Обращенные наружу плоскости каменных плит во время кладки стены оставляли необработанными. Резные элементы (капители колонн, рельефные плиты метоп и фризов и т.д.) устанавливаются на места уже в готовом виде.

Каменные плиты на фасадах зданий и сооружений отделялись уже после установки в стены. Для того, чтобы облегчить задачу их установки в стены, их предварительно обрабатывали (рис.17, 18). Каждая каменная плита со стороны, обращенной наружу, имела чисто окантованную борозду вдоль всех ребер (рустовка). Этот прием значительно помогал при возведении здания, так как при строительстве соседние каменные блоки выравнивались между собой по этим бороздам. Далее камни могли обтачиваться, чтобы добиться совершенно плоских стен или оставаться без изменения [5].

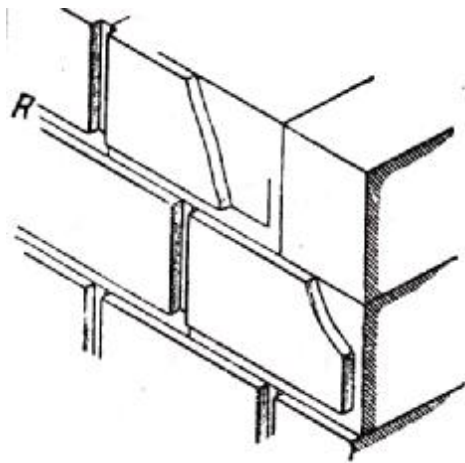


Рис. 17. Рустованные каменные блоки



Рис. 18. Рустованные каменные блоки на территории городища Беяус

Греческие города нередко разрушались вследствие природных катаклизмов или нашествия воинственных кочевых племен, а затем отстраивались их жителями [6].

Для того, чтобы придать больше устойчивости частям, наиболее подвергающимся опасности разрушения, их делали из твердого камня и укрепляют посредством инкрустирования. Таврические греки использовали каменные блоки разрушенных стен для возведения новых зданий и сооружений (рис. 19).



Рис. 19. Пример вторичного использования каменных блоков

Связывание камней искусственным способом.

Разрушение стен могли происходить только при деформации почвы при землетрясениях. И так как они происходили довольно часто, приходилось предпринимать определенные конструктивные меры, заключающиеся в скреплении камней металлическими скобами.

Греки, а впоследствии и колонисты, основавшие города в Крыму, применяли этот способ скрепления к самому массиву конструкции. Древние строители пользовались металлическими скобами (чаще бронзовыми), прикреплявшимися к месту заливки свинцом. Металлические скобы, скрепляющие один с другим камни одного ряда, делаются в форме шипов, ласточкиных хвостов или двойных «Т» (рис 20., 21.).

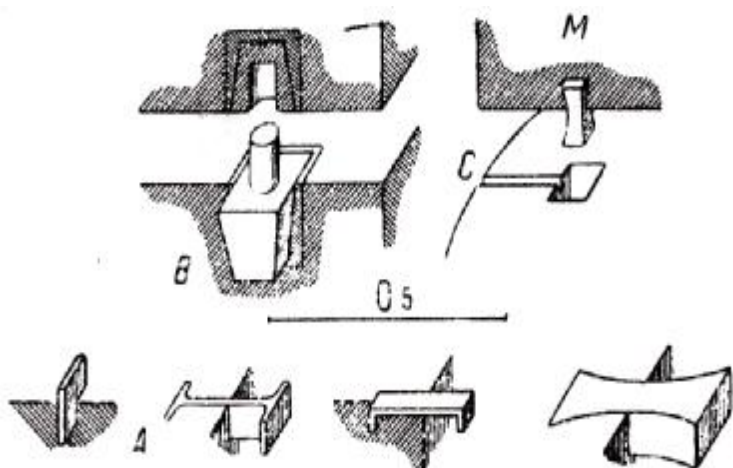


Рис. 20. Примеры связи каменных блоков в стенах античных зданий



Рис. 21. Углубления для металлических скоб «ласточкин хвост» в стенах Калос Лимена

Для скрепления квадров двух смежных рядов употребляются пироны, которые в познегреческих постройках имеют утолщения на обоих концах. Эти пироны М укрепляются свинцом в камнях верхнего ряда до укладки их на место; после укладки камней пироны укрепляют в камнях нижнего ряда, заливая свинцом через канал С [1].

Выводы

1. Проведенный анализ научных, литературных источников и практических материалов подтверждает сохранение и применение традиционных для Греции строительных технологий при возведении поселений на территории Крыма в античный период. Выявлена тождественность архитектурных и конструктивных приемов с поправкой на местные климат, рельеф, строительные материалы и т.д.

2. Выявление и обобщение строительных конструкций и материалов будут использоваться при проведении качественных, научно обоснованных восстановительных работ на историко-археологических памятниках Крымского полуострова. Следует использовать строительные технологии (установку каменных блоков в стены, способы скрепления камней искусственным способом и т.д.) и материалы, аналогичные применяемым в древности и др.

3. Необходимо продолжить анализ конструктивных приемов и выбор строительных материалов, применяемых при возведении историко-археологических памятников периода античности на территории Крыма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Огюст Шуази. Всеобщая история архитектуры. – М.: Эксмо, 2008. – 704 с.
2. Крыжицкий С.Д. // Строительная техника. Жилые дома [Текст] / Крыжицкий С.Д. // Античные государства Северного Причерноморья. – М.: Наука, 1984. – С. 201-207.
3. Кобылина М.М. // Архитектура [Текст] / Кобылина М.М. // Античные государства Северного Причерноморья. – М.: Наука, 1984. – С. 207-211.
4. Крыжицкий С.Д. Жилые дома античных домов Северного Причерноморья (VI в. до н.э. – IV в. н.э.). – К.: Наукова думка. – 1982. – 165.
5. Щеглов А.Н. Северо-Западный Крым в античную эпоху. – Л.: Наука, 1978. – 158.
6. Блаватский В.Д. Строительное дело Пантикапея по данным раскопок 1945–1949 и 1952–1953 гг. / В.Д. Блаватский // Материалы по истории и археологии. – 1957. – № 56. – С. 5–95.
7. Пичикян И.Р. Малая Азия – Северное Причерноморье. Античные традиции и влияния. / И.Р. Пичикян. – М.: Наука, 1984. – 294 с., 97 илл.
8. Дюбрюкс П. Описание развалин и следов древних городов и укреплений, некогда существовавших на европейском берегу Босфора Киммерийского, от входа в пролив

близ Еникальского маяка до горы Опук включительно, при Черном море / П. Дюбрюкс // Записки Одесского общества истории и древностей.– Одесса, 1858. – № 4. – С. 3–84.

УДК 711.553:721

ФАКТОРЫ, ФОРМИРУЮЩИЕ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНУЮ СТРУКТУРУ ЗДАНИЙ, ИНТЕГРИРОВАННЫХ В ПРОСТРАНСТВО ОБЩЕСТВЕННО- ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ

Пчельников В.Н.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В статье проанализирована экологическая система и определено место, занимаемое общественно-транспортными узлами в подсистеме искусственной среды и ее отношение к другим системообразующим элементам. На этом основании определен и рассмотрен ряд основных факторов, которые имеют непосредственное «директивное» влияние на формирование объемного решения и планировочных особенностей зданий и сооружений, интегрированных в пространство общественно-транспортных узлов в городской структуре.

Ключевые слова: факторы, архитектура, общественно-транспортный узел

ВВЕДЕНИЕ

Изменения в городской структуре в течение времени – процесс закономерный и не всегда прогнозируемый. Социально-экономические, политические, урбанистические факторы лишь за последние десятилетия внесли в функционально-планировочную организацию городов существенные корректировки. Интенсивное расширение общественных функций в составе городской ткани и усиление транспортного каркаса в сложившихся узловых местах города часто происходит в ущерб комфортности среды. Предлагаемые сегодня решения реорганизации среды, хоть и является ответом на проблему, но не учитывают возможности дальнейшего усложнения или видоизменения в функциональном и планировочном составе рассматриваемых мест.

Опыт отечественных и зарубежных проектировщиков свидетельствует о тенденции перепрофилирования зданий, расположенных в местах активного пешеходного движения. Как правило, изменение назначения происходит у жилых зданий или их частей. Основным критерием в пользу принятия такого решения является удобство пользования горожанами привнесенными услугами. Однако в большинстве случаев экспансивное развитие локальных городских пространств не предусмотрено градостроительной документацией, выполненной ранее. В качестве примера приведем типичную ситуацию, когда общественный центр районного значения начинает выполнять функции общегородского, – и новая застройка вытесняет открытые пешеходные площади, озелененные участки и элементы городской благоустраиваемой среды.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В русле выбранной темы проведено множество исследований, явившихся основой нормативных и регулирующих документов [1,2,3,4]. Также материалы научных работ достаточно полно отражают как традиционные, так и передовые способы решения отдельных проблем городской среды [6,7,8].

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Целью статьи является определение условий, комплексно определяющих архитектурные решения и влияющих на выбор вариантов при проектировании зданий и сооружений, интегрированных в пространство транспортных путей.

Задачи исследования:

- определить и проанализировать комплекс негативных влияний от транспортных путей в градостроительной среде;
- на основании методов реконструкции исторических центров городов вывести основополагающие ограничения, предъявляемые новому строительству в них;
- проанализировать эксплуатационные требования, предъявляемые при проектировании зданий и объектов дорожного строительства;
- систематизировать основные факторы, влияющие на выбор проектных решений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

При проведении любого исследования одной из важных задач является определение и учет наиболее существенных факторов, обуславливающих правильность решения поставленной задачи. Под фактором (от лат. Factor - делающий, производящий) обычно понимается причина, движущая сила какого-либо процесса, явления, объекта реальной действительности, определяющая его характер и особенности «поведения», существования в данном конкретном случае. Это требования и условия формирования городской среды, предназначенной для функционирования различных процессов. Функционально-пространственными элементами городской среды, – как общепринятыми объектами архитектурного проектирования и исследования, – являются транспортный каркас (в виде улично-дорожной сети) и городская ткань (представляющая собой здания и сооружения различного типа).

Архитектурное проектирование – это, по сути, процесс моделирования будущей реальной среды для всевозможных процессов, среды, в которой человек прибывает на протяжении всей своей жизни, поэтому разработке архитектурных объектов всегда предъявлялись и предъявляются особенно высокие требования. Однако, для того, чтобы на стадии проектных разработок результат был максимально приближен к оптимальному, проектировщику необходимо располагать объективными научными предпосылками как в части сугубо архитектурно-композиционных принципов формообразования, так и в области социальных, экономических, демографических, нормологических, методологических, экологических, технико-технологических, физиологических и др. аспектов процесса проектирования. На рис.1 приведен график сравнительной оценки размеров возможных ошибок на разных этапах принятия решений [5]. Если принять за 100% оптимальные капиталовложения на каждом из этапов, то величина возможной ошибки на 1-ом (базовом) научно-исследовательском этапе может составить $\pm 100\%$ (решение на уровне «быть или не быть», «строить или не строить»), в то время как на проектно-конструкторском этапе ошибка возможна лишь в пределах $\pm 25\%$.

Исходя из приведенного выше определения места и значимости факторов, действующих в общественно-транспортной среде как функциональной подсистеме архитектуры в целом, установлено, что все множество факторов, влияющих на формирование ее функционально-пространственной структуры, можно свести к трем неважнозаменимым группам, соответствующим системообразующим элементам (подсистемам) экологической системы «человек↔среда», – демозкосистемы. На рис.2 показано место, занимаемое общественно-транспортными узлами по отношению к подсистеме «Н» (население), «Е» (естественная среда обитания человека) – природа, «И» (искусственная среда) – архитектура. Эти подсистемы воздействуют на общественно-транспортные узлы, во многом (а подчас решающим образом) определяя их функционально-планировочные, экономические и другие важные показатели. Следует отметить, что общественно-транспортный узел является комбинированной подсистемой (группой из функциональных элементов) искусственной среды «И», поэтому подсистемы первого уровня иерархии («Н» и «Е»), наряду с прямым влиянием, воздействует на общественно-транспортную среду частично опосредованно, – через подсистему «И» (архитектуру), например, в части градостроительных, природно-экологических и др. условий и требований.

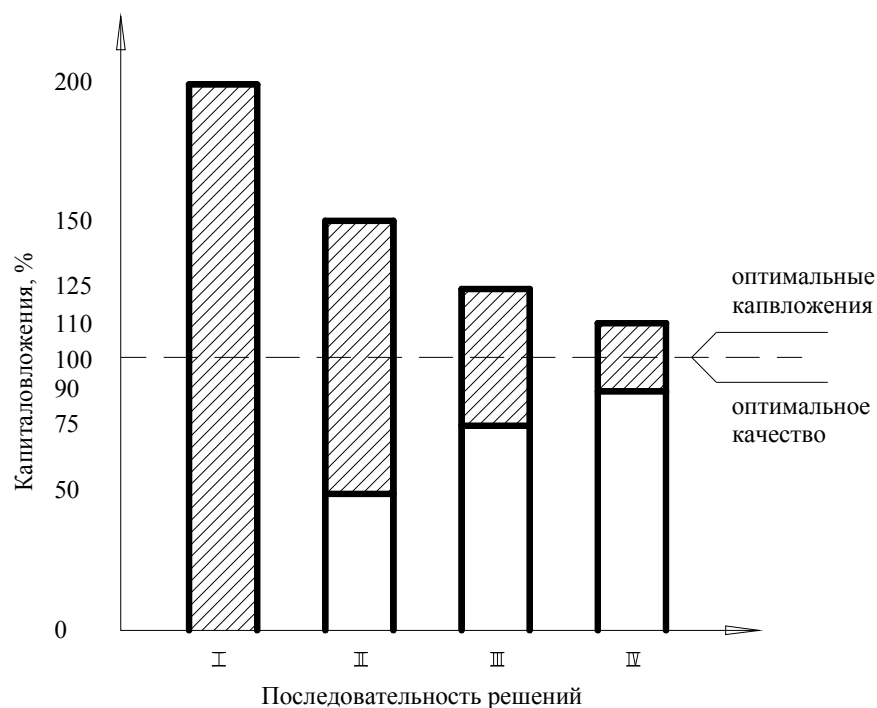


Рис. 1. График сравнительной оценки размеров ошибок на разных этапах цикла качества:

I – базовые решения; II – функциональные; III – объемно-пространственные; IV – производственно-технологические (по данным Дж. Ван Эгтингера и Дж. Ситтига).

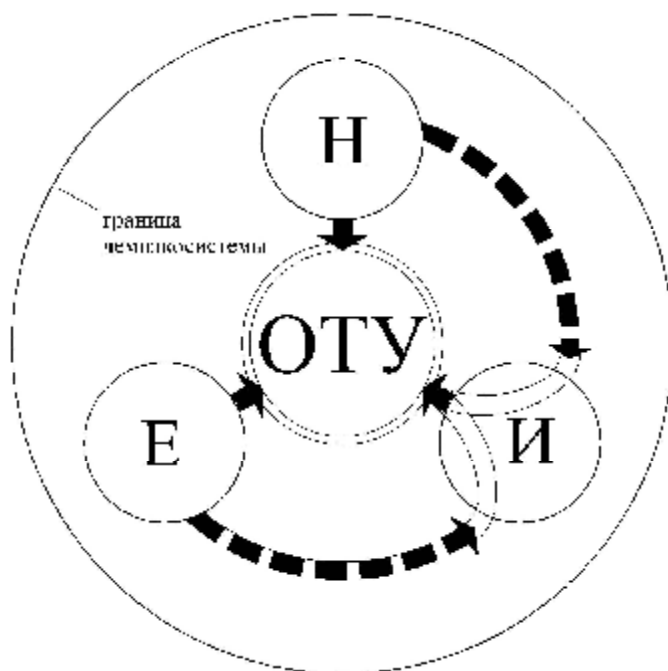


Рис. 2. Место, занимаемое общественно-транспортными узлами в демоэкосистеме: Н - население; Е - естественная среда; И - искусственная среда; Ж- жилая среда.

Общественно-транспортный узел – как комбинированный с функционально-планировочной точки зрения объект – имеет свои границы и существует (функционирует) в определенном внешнем по отношению к нему «мире», который находится вне ее компонентов и оказывает на нее влияние. Это влияние и есть те факторы, которые являются для данной системы «директивными», неревизуемыми и подлежащими

беспрекословному выполнению (см. рис.3) Поэтому формально внешние по отношению к общественно-транспортным узлам факторы не связаны с ним обратной связью, т.е. не реагируют на ответные воздействия и представляют собой «управляющую» информацию для процессов данной области. Внутренние факторы – это внутренние причины, условия взаимодействия элементов структуры исследуемого или проектируемого объекта, связанные с соответствующими структурными компонентами и между собой прямыми и обратными связями. Деление факторов на внешние и внутренние зачастую формальное и вызвано особенностями исследовательской или проектной задачи. Например, природно-климатические факторы, – прежде чем учесть их в конструктивно-пространственном решении проектируемого объекта, в известной мере можно видоизменить специальными ветро-, солнце-, и др. мероприятиями. Это относится также и к социально-экономическим и материально-техническим факторам.

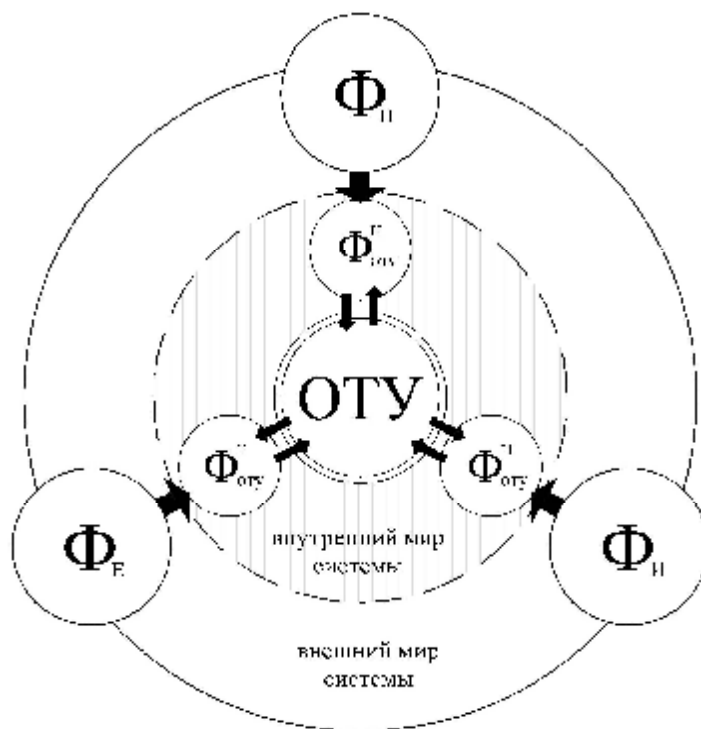


Рис.3. Факторы, определяющие формирование и функционирование архитектурных объектов в пространстве общественно-транспортных узлов:

- Φ_н** - факторы, формулируемые науками о населении;
- Φ_и** - факторы, формулируемые науками об искусственной среде;
- Φ_е** - факторы, формулируемые науками о естественной среде.

В таблице 1 приведены группы внешних и внутренних факторов, влияющие на функционально-планировочную структуру архитектурных объектов самых различных по сложности и значению:

Φ_н – факторы, формулируемые науками о населении, – это социальные, демографические, политические и иные условия жизнедеятельности населения;

Φ_и – факторы, формулируемые науками об искусственной среде, – «второй природе» человеческого общества, активно воздействующие на процессы жилой среды населения;

Φ_е – факторы, формулируемые науками о естественной среде, – природе, представляющие собой параметры важных (существенных для формирования городской среды) природных циклов и включающие в себя элементы природных ландшафтов, предельно допустимые концентрации вредностей (ПДК) как результат природных и антропогенных процессов и т.п.

Таблица 1

Факторы, определяющие формирование и функционирование архитектурных объектов в пространстве общественно-транспортных узлов

Факторы	
Внешние	Внутренние
Φ_n <ul style="list-style-type: none"> Демографические Социальные Экономические 	Создание социально необходимых условий среды; Обеспечение условий движения населения; Обеспечение условий движения транспорта; Функциональная структура производственных и непроизводственных сфер деятельности. $\Phi_{н ж}$
Φ_n <ul style="list-style-type: none"> Научно-технические Сферы производства 	Конструктивно-технологические решения элементов искусственной среды; Размещение материальных объектов производства; Размещение материальных объектов сферы потребления; Эффективность использования капвложений; Решение коммуникаций (взаимосвязи элементов системы). $\Phi_{н ж}$
Φ_e <ul style="list-style-type: none"> Климатические Топогеологические Природные ресурсы 	Защита от внешней среды; Территории ландшафтов для производства и потребления; Природные ресурсы для сферы производства и потребления; Охрана природы, гео- и биосферы. $\Phi^e_{ж}$

Перечисленные внешние факторы служат основой для формирования внутренних факторов (см. табл.1), определяющих функционирование и структуру рассматриваемых участков городской среды, – в пределах ограничений, обусловленных внешними «директивными» факторами. Так, например, внутренний экономический фактор призван нацеливать на выбор таких мероприятий (организационных, конструктивно-планировочных), которые позволили бы использовать выделенный бюджет на строительство в пределах установленного лимита и с позиций рациональности. Внешние социальные и демографические факторы опосредуются такими внутренними факторами, как потребность в новых городских функциях, время, затрачиваемое населением на дорогу, физиологическая и психологическая комфортность использования среды и т.п.

При проектировании зданий, интегрированных в пространство транспортных путей, следует изначально определить весь комплекс условий, ограничивающих или формирующих архитектурно-строительные решения. Схема генерального плана, планировочная организация, предложения по фасадам – все эти составляющие зависят от ряда определяющих характеристик.

На структуру здания влияют социально-экономические потребности населения, местоположение объекта в системе города, окружающая застройка, основные транспортно-пешеходные связи, наличие нормативных ограничений. Рассмотрим подробнее вышеперечисленные условия.

Социально-демографический фактор.

Повышение дискомфорта у населения в пользовании городской средой является первопричиной поиска вариантов оптимизации структуры. Время, затрачиваемое на передвижение населения по городу, вместе с неполно используемым потенциалом городских территорий, а также рост противоречий в связи с введением новых функций и сложившейся городской организацией, изначально не рассчитанной на их наличие, являются начальной предпосылкой поиска решений в русле данного исследования.

Градостроительный фактор.

В выделенных зонах исторической застройки городов (а также при наличии памятников архитектуры, искусства, культуры на участках, примыкающих к возможному архитектурному развитию узловых мест) законодательно регулируется тип и этажность новостроек. Разработка проекта комплексной реконструкции проводится на базе историко-градостроительных исследований, выявляются функциональные и архитектурно-пространственные особенности исторической части города, регламентируется использование надземного и подземного пространства.

Следующим шагом является определение планировочных ограничений, связанных с санитарно-гигиеническим, пожарным, бытовым нормированием, а также требованиями, предъявляемыми к эксплуатации зданий и дорог. Данная систематизация позволит выделить следующие характеристики:

- отступы от соседних зданий для предупреждения распространения огня, обеспечения проветривания территории участка, инсоляции;
- отступы от зданий и сооружений для обеспечения снижения уровня воздействия до требуемых гигиенических нормативов по всем факторам воздействия (защита от воздействия электрического поля, создаваемого линиями электропередачи, защита от шума, пыли, вибрации и загазованности, создаваемых улично-дорожной сетью, а также прочие санитарные разрывы);
- организация дополнительных озелененных площадей, обеспечивающих экранирование, ассимиляцию и фильтрацию загрязнителей атмосферного воздуха и повышение комфортности микроклимата.

Технологический фактор.

Эксплуатация любого объекта требует соблюдения определенных условий и мероприятий, а также прогнозирования изменений в течение срока действия генерального плана или других законодательных документов. При проектировании зданий в пространстве общественно-транспортного узла следует учитывать условия функционирования как самого здания, так и улично-дорожной сети. Исходя из этого, следует комплексно рассматривать режимы эксплуатации дорог и зданий, включающие в себя:

- режим эксплуатации зданий;
- режим эксплуатации улично-дорожной сети.

Под режимом эксплуатации зданий на предварительном этапе проектирования и анализа условий понимается система общих нормируемых данных, а именно: технологические подъезды к зданиям, пешеходная доступность, возможность проезда спецтранспорта, планировочные особенности прилегающих к зданию территорий и т.п.

Под режимом эксплуатации улично-дорожной сети понимается: безопасное и удобное движение автомобильных и других транспортных средств со скоростями, нагрузками и габаритами; удобное и безопасное расположение примыканий и пересечений; безопасное движение пешеходов; учет перспективного расширения числа полос движения и пр.

Природно-климатический фактор.

Выбор архитектурно-строительного решения основывается на комплексной оценке участка проектирования. Наравне с внутренними факторами такие решения зависят также от особенностей внешних природных воздействий в виде: сейсмической активности; солнечной радиации; розы ветров; температурного режима.

Нормативная и методическая база.

Оценивая современное состояние разработки системы факторов, определяющих количественные и качественные характеристики архитектурных объектов в пространстве общественно-транспортных узлов, следует отметить, что большинство исходной информации при формировании факторов и обусловленных ними ограничений находится в малопригодной для архитектурных исследований и проектирования виде. Особенно это касается нормативной базы рассматриваемой области архитектуры, ряд положений которой, строго говоря, являются не нормами, а нормативами, – не имеющими под собой должной научной основы. В далеко не совершенном состоянии находится и методическое обеспечение процессов анализа, сравнения и выбора решений с позиций их экономичности и потребительских качеств. В условиях рыночных отношений это один из определяющих факторов, влияющих на экономичность и рациональность использования городских территорий, а также на обеспечение достойного уровня комфортности городской среды.

Выводы

В данном исследовании определено место, занимаемое общественно-транспортными узлами в демозкосистеме, на основании чего были выявлены внешние и внутренние факторы, воздействующие на формирование объемно-планировочной организации зданий, интегрированных в них. Основными факторами являются:

- 1) Социально-демографический фактор;
- 2) Градостроительный фактор;
- 3) Технологический фактор;
- 4) Природно-климатический фактор;
- 5) Нормативная и методическая база.

Каждый из перечисленных факторов требует дальнейшего изучения его роли в экологической системе «человек↔среда» и влияния на проектные решения рассматриваемого типа зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 50597-93 Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения.
2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
3. СНиП 2.05.02-08 Автомобильные дороги.
4. СНиП 2.07.01-89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.
5. Дж. ван Эттингер, Дж. Ситтиг. Больше через качество. Пер. с англ. - М.: Стандарты, 1968. - 91 с.
6. Павлова Е.И. Экология транспорта. – М.: Высшая школа, 2006. – 343с.
7. Секерин С.В. Влияние загрузки автодорог на экологические характеристики работы автомобильного транспорта в городских условиях // В сборнике материалов III Международной научной конференции «Экология и безопасность жизнедеятельности». – Пенза, 2003. – С. 169-171.
8. Танеева А.В. Анализ проблем экологической безопасности автомобильных дорог г. Казани / Танеева А.В. // Известия КазГАСУ. – 2009. - №2(12). – С. 302-307.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЛАНДШАФТОВ НА НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ КРЫМА, НА ПРИМЕРЕ АГАРМЫШСКОГО КАРЬЕРА

Тищенко Г.В., Безручко Е.И.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Рассматривается возможность проектирования рекреационных ландшафтов в отработанных карьерах Крыма. Рассматриваются факторы, влияющие на виды развития рекреации, с учетом специфики Крымского рекреационного региона. Предложено создание рекреационных ландшафтов на территории карьера Агармыш, приоритетные направления развития рекреации с учетом рекреационного потенциала района. Что является решением экологических и эстетических проблем района; обеспечивает развитие рекреационной отрасли Крыма свободными территориями; создает среду для развития инновационных видов рекреации.

Крым, рекреация, виды рекреации, рекреационные ландшафты, нарушенные территории, рекультивация

ВВЕДЕНИЕ

На данный момент в Крыму насчитывается 277 карьеров, расположенных в основном на территории 9 административных районов: Сакский, Ленинский, Белогорский, Красногвардейский, Первомайский, Раздольненский, Симферопольский, Советский, Черноморский. Площадь отработанных карьеров нуждающихся в рекультивации на полуострове составляет 1,9 тыс. га.

Отработанные карьеры являются причиной изменений экологического равновесия, ухудшения условий окружающей среды, что негативно сказывается на природно-ландшафтной привлекательности района, и его рекреационный потенциал.

Градостроительное использование нарушенных территорий в рекреационных целях, обусловлено направленностью на решение приоритетных государственных задач по устранению потенциально экологически опасных факторов нарушенных территорий и развитие рекреационной привлекательности региона.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Проблеме восстановления нарушенных территорий были посвящены работы: С. Бивера, С. Гловера, В. Коллинза, К. Улворка, В.А. Овчиникова, В.В. Тарчевского, И.В. Лазаревой, В.И. Вязовского, И.М. Лобова, Бондаря Ю.А. и др. [1-3].

Данный вопрос рассмотрен в работах ведущих учебных архитектурных учреждений Украины – КНУБА, ХДГУБА, ДНАБА, в области формирования, развития и планировочной организации зеленых зон городов, восстановление нарушенных территорий, реабилитация городской среды.

Различные аспекты проблемы рассматривались в научных трудах, ставших основой исследования – А.В. Чемакиной, Т.В. Таболиной, Д. М. Ильченко [4, 5].

Таким образом, актуализируется необходимость решения следующих направлений исследования:

- организация рекреационных ландшафтов на нарушенных территориях, а также использование этих территорий как потенциальный рекреационный территориальный ресурс;

- формирование концепции рекреационного использования восстановленных нарушенных территорий для развития и повышения рекреационного потенциала региона;

- выявление влияния нарушенных земель на прилегающие территории.

Градостроительное использование нарушенных территорий в рекреационной системе определяется не характером бывшего использования территорий, а современной потребностью в территориальном рекреационном ресурсе для региона, а также рекреационным потенциалом нарушенной территории.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Провести анализ рекреационного потенциала отработанных карьеров Крыма, на примере Агармышского карьера в г.Старый Крым, выявить потенциальные рекреационные ресурсы и приоритетные векторы развития. Рассмотреть возможность восстановления нарушенных территорий и использования их в рекреационных целях.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Системный анализ был использован при рассмотрении отработанного карьера, как элемента имеющего главенствующие влияние на экологическую ситуацию близлежащих территорий. Организация рекреационных ландшафтов на нарушенных территориях представляет собой единство градостроительной деятельности и природного комплекса, складывающаяся в их неразрывном взаимодействии. Аналитический метод был использован при рассмотрении приоритетных векторов развития рекреационной системы, включающей восстановленные нарушенные территории.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Старый Крым— город в восточной части Крыма, расположен в бассейне реки Чурюк-Су.

Климатические ресурсы. Находясь у подножья горы Агармыш на высоте около 400 м над уровнем моря, город обладает уникальным целебным климатом. Нагреваясь днем, Агармыш создает к вечеру восходящий воздушный поток, что в свою очередь приводит к тому, что в Старый Крым приходит воздух со стороны Чёрного и Азовского морей и степей Керченского полуострова. Старый Крым приобрел славу города долгожителей. В его лесах, на степных участках, на склонах гор растет несколько десятков видов лекарственных трав, которые насыщают воздух своими целительными ароматами [7].

«Агармышский лес» в 1964 г.Роду он объявлен памятником природы местного значения, а с 1975 года стал комплексным памятником природы общегосударственного значения. Произрастает дуб, ясень, вяз, липа, клен, лещина, граб и бук, взятый под охрану с 1964 года. Из кустарников - кизил и боярышник, скуппия, шиповник, ежевика. Агармышский лес это буковый лес возрастом более 190 лет [6].

С вершины горы высотой 723 метра над уровнем моря хорошо просматривается Старый Крым, видны Кара-Даг, рифовые массивы Судака, Черное море в районе Феодосии.

Агармыш — очень крупное месторождение флюсовых известняков. Карстовые полости важные источники формирования водных ресурсов полуострова. Потоки воды устремляются вниз по карстовым пустотам до водоупора, образуя подземные реки и озера, которые питают многочисленные источники Главной гряды Крымских гор. Самый мощный из них - Су-Баш обеспечивал экологически чистой питьевой водой город и другие регионы Восточного Крыма (Феодосию, Керчь и поселки Кировского района). Он охраняется как ландшафтно-ботанический памятник природы государственного значения [7].

В 1963 году на гряде Агармыш был открыт Карьер по добыче щебня. Работа карьеров отрицательно влияет на экосистему. На 70 м срезан Лысый Агармыш, служивший щитом от проникновения в город северо-западных ветров. Как следствие, температура понижается, микроклимат ухудшается. Исчезло более сотни старокрымских родников. В результате самый многоводный регион Крыма стал испытывать острый дефицит экологически чистой питьевой воды [6].

В Старом Крыму остались развалины монетного двора, армянского монастыря Сурб Стефаноса, Караван-Сарая и мечети Бейбарса, самой древней мечети Крыма. Сохранились, ныне действующая, мечеть хана Узбека и Медресе, созданные в 1314 г., армянский монастырь апостольской церкви Сурб-Хач XIV века (Святой крест) и источник святого великомученика Пантелеймона

Целителя с одноимённой часовней. Остатки мечети Куршум-Джами (Свинцовая мечеть), дворец и фонтан для крымского путешествия императрицы Екатерины II, а также Екатерининская миля, одна из пяти сохранившихся в Крыму. На Агармыше находится стоянка первобытного человека, возраст которой около 60 тыс. лет. В подземное озеро Су-Баш существует вход. Горная гряда испещрена пещерами, такими как Лисий хвост, Маска, Погреб, Каменный Мешок, Заячья Нора, Сычев провал и десятками других [7].

У Старого Крыма большой рекреационный потенциал, который позволяет расположение как лечебно-оздоровительных, спортивно-развлекательных, так и направленных на изучение историко-культурного достояния объектов.

Использование карьера именно в рекреационных целях обосновывается факторами представленными в табл. 1, главными из которых являются благоприятные климатические особенности данного региона, а также культурное наследие. Это в последствии расширяет рекреационную территорию города, а так же препятствует дальнейшему разрушению горы Агармыш и водосборных источников.

Таблица 1
факторы, влияющие на виды развития рекреации в старом крыму

Вид рекреации	Необходимые факторы	Существующие факторы на карьере Агармыш
Оздоровительный	помещения для лечения и жилья (санатории, дома отдыха); лечебно профилактические и оздоровительные учреждения, спортивные сооружения и площадки; учреждения общественного питания, торгового и бытового обслуживания, культурно просветительские учреждения	благоприятный лечебный микроклимат сложенный широколиственными лесами, степными участками. Произрастание несколько десятков видов лекарственных трав, которые насыщают воздух своими целительными ароматами Наличие моря всего в 12 км
Спортивный	обеспечение туристким и спортивным инвентарем на прокат, строительство баз для жилья, организация пеших троп, крутизна рельефа для альпинизма	Большой Агармыш 723 м и Малый Агармыш 664 м оказывают значительное влияние на формирование четырёх воздушных потоков, что позволяет осуществлять прыжки на парашуте, полеты на воздушных шарах
Культурно-познавательный	Наличие множества достопримечательностей истории и архитектуры	развалины монетного двора, Караван-Сарая и Мечети Бейбарса, ныне действующая, мечеть хана Узбека и Медресе, Куршум-Джами, Армянский монастырь Сурб-Хач XIV века. Источник святого Пантелеймона целителя с часовней. Дворец и фонтан Екатерины II, Екатерининская миля
Фермерский	Наличие жилья для приезжих фермеров, плодородности почв, климатических особенностей для ведения сельскохозяйственного производства	цветущие сады города, разнотравье на окружающих пустырях вокруг города и прилегающих гор, район является экологически наиболее чистым

Продолжение Табл.1.

Экологический	культурные, этнографические, археологические и исторические достопримечательности, природно-антропогенные (культурные) ландшафты	Наличие леса(дуб, граб, ясень, вяз, липа, клен, лещина, из кустарников - кизил и боярышник, скумпия, шиповник, ежевика), буковый лес возрастом более 190 лет. Водосбор Субашских источников
Образовательный	Наличие множества археологических достопримечательностей, особого климата и природных условий, эндемических видов растений и животных	Наличие множества историко-культурных достопримечательностей, целебного климата, буковый лес, взятый под охрану произрастание лекарственных трав
Промысловый	Наличие водоема, ягодных и грибных полей	Грибные поляны и водохранилище "Старокрымское"
Приключенческий	организация приключенческих маршрутов, наличие гостиницы и ряда объектов курортной инфраструктуры первой необходимости	3 основных туристических тропы 60-тысячелетняя стоянка первобытного человека. Вход в подземное озеро Су-баш, и десятки пещер: Лисий Хвост, Маска, Погреб, Каменный Мешок, Заячья Нора
Экзотический	усадьбы фермеров, которые выращивают редких животных, растений для разведение или изучение различных видов животных и растений	Экологический парк. На 4 га содержатся животные: европейские лани, косули, антилопы нильгау, олени Давиду, карликовый ослик и пони (потомок лошади Пржевальского). Из птиц африканские страусы, индийские павлины, соколы балобан, орлы, голуби

Выводы

1. Отработанные карьеры являются причиной изменений экологического равновесия, климата, геологического строение земли. Нарушенные территории уничтожают флору и фауну, исторические сооружения, подвергают риску жизни людей, проживающих на близлежащих территориях, что негативно сказывается на природно-ландшафтной привлекательности района, и его рекреационный потенциал.

2. Нарушенные территории отработанных карьеров Крыма обладают высоким рекреационным потенциалом, благоприятные климатические особенности данного региона дают основания использовать карьер именно в рекреационных целях.

3. Необходимость восстановления нарушенных территорий и использования их в рекреационных целях определяется потребностью региона в свободном территориальном ресурсе для развития рекреационной отрасли. Устранения экологически опасных факторов нарушенных территорий положительно влияет на рекреационную привлекательность региона.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. И.В. Лазарева. Восстановление нарушенных территорий для градостроительства. – М.: Стройизд., 1972, - 133 с.
2. Ю.А.Бондарь. Благоустройство нарушенных территорий. – К.:Будів.,1984, – 72с.
3. Обзорная информация "Ландшафтно-планировочная организация зон отдыха на нарушенных территориях". – М.: Госком. по стр. и ар., 1983, – 33с.
4. Чемакіна О.В. Проблеми містобудівного використання порушених територій / О.В. Чемакіна // Дизайн. Архітектура. Образотворче мистецтво. – 2009. – №6. – С.146–151.

5. Таболіна Т.В. Методика архітектурної реабілітації міського середовища Донбасу, що містить порушені території: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. арх. : спец. 18.00.01 "Теорія архітектури, реставрація пам'яток архітектури" / Т.В. Таболіна. – Харків, 2005. – 18 с.
6. Экологи бьют тревогу: Гора Агармыш исчезает [Электронный ресурс]// QNA .- СИМФЕРОПОЛЬ. – 2006 – 2013. – Режим доступа: <http://qha.com.ua/ekologi-byut-trevogu-gora-agarmish-ischezaet-122524.html>.
7. Агармыш высотой 723 метра над уровнем моря [Электронный ресурс]//Каталог Минералов, драгоценные камни.– 2005–2012.– Режим доступа: <http://www.catalogmineralov.ru/news1382.html#>.

УДК 711.424:7203

ПОСТИНДУСТРИАЛЬНЫЕ КОНЦЕПЦИИ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ

Нагаева З.С. Межмидинов А.А.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В статье рассматривается переломный период в градостроительной теории и практике. Характеризуются основные концепции в архитектуре и градостроительстве второй половины XX в. Анализируются предпосылки их появления, указываются главные принципы. Выявляется положительный и отрицательный опыт в формировании жилой среды в рамках рассматриваемых идей.

Градостроительная модель, урбанизация, город, пригород, модернизм, функциональное зонирование, свободная планировка, город-сад, город-спутник, маятниковые миграции, феноменологическая парадигма, новый урбанизм

ВВЕДЕНИЕ

В 1953 году на девятом конгрессе CIAM¹ новое поколение градостроителей, руководимое Элисон и Питером Смитсонами и Алдо ван Эйком подвергло критике разделение городской территории на функциональные зоны. Они выступали за более сложные модели, которые позволяли бы жителям отождествлять себя с окружающей территорией.

Однако подходы градостроителей, несмотря на декларируемую оппозиционность по отношению к базовым принципам «современного движения», во многом соответствовали этим принципам.

Пересмотр подходов к планированию городов и, в конце концов, смена господствующей в мире градостроительной парадигмы, произошла не в результате критики внутри профессионального цеха, а по причине возросшей гражданской активности горожан, протестовавших против политики городских властей, которые сносили старые районы и прокладывали широкие магистрали через городскую ткань [3].

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

К началу XXI века во многих городах Мира происходит процесс деградации немасштабной человеку среды «спальных» районов городов. Микрорайоны свободной планировки теряют свою привлекательность и популярность среди горожан, сносятся, застраиваются заново.

¹*Международный Конгресс Современной Архитектуры (фр. Congrès International d'Architecture Moderne — CIAM) — международная организация архитекторов, созданная в 1928 году с целью консолидации архитекторов Европы для профессионального обмена и в интересах развития современной архитектуры.*

С другой стороны, ставшая модной, критика модернистских градостроительных моделей прошлого столетия приводит к экспериментальным проектным решениям еще менее эффективным и еще менее отвечающим современным условиям. Возникает необходимость исследования данного вопроса в поисках качества жилой среды.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Целью исследования является формирование теоретической базы для создания модели городской среды с повышением качества, гуманизацией и функциональной интенсификацией. Использование положительного опыта формирования городской среды периода второй половины XX века.

Задачи исследования:

- провести общий анализ градостроительной теории и практики периода второй половины XX века
- выявить положительный и отрицательный опыт в формировании городской среды.
- определить дальнейшие направления исследования

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

При выполнении научно-исследовательской работы была использована следующая литература:

Джекобс Дж. «Жизнь и смерть больших американских городов». Автор подвергает критике градостроительство в США индустриальной эпохи. Предлагает новые основополагающие ценности городской среды.

Фремpton К. «Современная архитектура: критический взгляд на историю развития»

Глазычев В.Л. «Урбанистика». Данный труд посвящен рассмотрению градостроительной науки через призму перехода от понятия «градостроительство» к понятию «урбанистика».

Ложкин А. «Город как механизм», «Город как организм». Данные лекции посвящены анализу кардинально разных взглядов на город в течении XX века.

Результаты и их анализ

Критика градостроительных моделей индустриальной эпохи. Новые подходы в градостроительстве XX века.

Одним из символов протеста, а впоследствии гуру современной урбанистической мысли, стала американка Джейн Джекобс. Она занималась анализом крупных городских проектов и обратила внимание, что реализация многих из них ведет не к повышению, а понижению городской активности и, в конце концов, к упадку и деградации таких территорий. В 1958 году Джекобс получила грант Фонда Рокфеллера на исследование городского планирования и городской жизни в Соединенных Штатах, в результате которого появилась книга «Смерть и жизнь больших американских городов» [1].

В ней Джекобс резко выступила против стремления проектировщиков формировать пространство города по критериям собственного визуального восприятия. Такому подходу она противопоставила методологию проектирования городской среды, основанную на знании экономических и социальных функций и индивидуальных потребностей жителей. По ее мнению, город должен развиваться на основе разнообразного, взаимопольного и сложного смешения мест проживания, работы, досуга, торговли, обеспечивая наращивание в городе социального капитала.

Возникла серьезная дискуссия в США и других странах вокруг предложенных идей, оказавшая в дальнейшем большое влияние на изменение подходов к градостроительному планированию.

Впоследствии Джекобс выпустила еще ряд книг, развивающих мысль о том, что именно города, будучи центрами производства, обмена, торговли, выступают генераторами новых видов деятельности в человеческом обществе и, в конце концов, обеспечивают наращивание внутреннего продукта, а пространственная организация города критически важна для обеспечения такой генерации.

Понимание этих принципов привело, в конце концов, в США и Европе к изменению подходов к проектированию городов и развороту от принципов Афинской хартии к традиционным фенотипическим формам, характерным для домашней эры. Эти перемены происходили в русле общекультурной тенденции, связанной с отказом от сакрализации машинной эстетики и совпали по времени с общемировой сменой культурной парадигмы с модернистской на постмодернистскую, а экономической – с индустриальной на постиндустриальную [2].

Город стал восприниматься градопланировщиками не как архитектурный проект и не как механизм, способствующий осуществлению человеком функций труда и отдыха, но как сложный организм, все взаимосвязанные части которого развиваются по природным законам, и который способствует общению людей, их взаимодействию, появлению в результате таких взаимодействий новых бизнесов, инициатив, видов деятельности. В условиях функциональной сегрегации подобное взаимодействие затруднено [3].



Рис.1. Улицы исторической части Флоренции. Наброски автора

Таким образом, критика модернистской модели города со свободной планировкой и функциональным зонированием и американской модели с расползающимися пригородами вызвала к жизни феноменологическую концепцию и концепцию «нового урбанизма».

Принципы первой касаются в большей степени архитектурно-пространственных характеристик среды и заключаются в следующем:

- создание «духа места», «духа времени»,
- рассмотрение пространства с точки зрения сознания обитателя
- учет психологических основ восприятия человека
- организация идентичной эмоциональной среды

Принципы, лежащие в основе второй концепции («новый урбанизм»), сегодня считаются общепринятыми в городском планировании многих европейских стран. Основные из них:

Пешеходная доступность

- большинство объектов находится в пределах 10-минутной ходьбы от дома и работы;

-улицы, дружелюбные для пешеходов: здания расположены близко к улице и выходят на нее витринами и подъездами; вдоль улицы высажены деревья; паркинг на улице; скрытые парковочные места; гаражи в тыльных переулках; узкие низкоскоростные улицы.

Соединенность

-сеть взаимосвязанных улиц обеспечивает перераспределение транспорта и облегчает передвижение пешком;

-иерархия улиц: узкие улицы, бульвары, аллеи;

-высокое качество пешеходной сети и общественных пространств делает прогулки привлекательными.

Смешанное использование (многофункциональность) и разнообразие

-смешение магазинов, офисов, индивидуального жилья апартаментов в одном месте; смешанное использование в пределах микрорайона (соседства), в пределах квартала и в пределах здания;

-смешение людей разного возраста, уровня доходов, культур и рас.

Разнообразная застройка

-многообразие типов, размеров, ценового уровня домов, расположенных рядом.

Качество архитектуры и городского планирования

-акцент на красоту, эстетику, комфортность городской среды; размещение мест общественного использования в пределах сообщества; человеческий масштаб архитектуры и прекрасное окружение, поддерживающее гуманистический дух.



Рис.2. Улицы старого города в Симферополе. Наброски автора

Традиционная структура поселения

-различие между центром и периферией;

-общественные пространства в центре;

-качество общественных пространств;

-основные объекты, используемые повседневно, должны находиться в пределах 10-минутной пешеходной доступности;

-самая высокая плотность застройки в городском центре; застройка становится менее плотной по мере удаления от него;

Более высокая плотность

-здания, жилые дома, магазины и учреждения обслуживания располагаются ближе друг к другу для облегчения пешеходной доступности, более эффективного использования ресурсов и услуг и создания более удобной и приятной для жизни среды;
-принципы нового урбанизма применяются во всем диапазоне плотностей от поселков до крупных городов.

Зелёный транспорт

-сеть высококачественного транспорта, соединяющая вместе города, поселки и соседства;
-дружелюбный к пешеходам дизайн, предусматривающий широкое использование велосипедов, роликовых коньков, самокатов и пешеходных прогулок для ежедневных перемещений.

Устойчивое развитие

-минимальное воздействие на окружающую среду застройки и ее использования;
-экологически чистые технологии, уважение к окружающей среде и осознание ценности природных систем;
-энергоэффективность;
-уменьшение использования невозобновляемых источников энергии;
-увеличение местного производства;
-больше ходить, меньше ездить [6].

Выводы

1. Во второй половине XX века в архитектуре происходит пересмотр подходов к планированию городов и, в конце концов, смена господствующей в мире градостроительной парадигмы.

2. Авторы возникших концепций критикуют градостроительные модели индустриальной эпохи и во многом обращаются к положительному опыту и ценностям традиционных жилых образований. Таким, как высокая плотность, гуманность, идентичность и масштабность среды.

3. Наиболее заметными и отражающимися в практической деятельности являются две концепции:

- феноменологическая концепция
- концепция «нового урбанизма»

4. Необходимо вести дальнейшее исследование формирования городской среды и жилой среды, в частности, на современном этапе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

8. Джэкобс Дж. Жизнь и смерть больших американских городов - Пер. с англ. М.: Новое издаельство, 2011. — 460 с.
9. Глазычев В.Л. «Урбанистика– М.: Европа, 2008. – 468 с.
10. Ложкин А.Ю. Город как организм / Курс лекция. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://archi.ru/russia/44408/ocherk-1-v-poiskah-kachestva-gorodskoi-sredy>
11. Фремpton К. Современная архитектура: Критический взгляд на историю развития - М., 1990 — 535 с.
12. Lennard, H. L. Principles for the Livable City // Making Cities Livable. International Making Cities Livable Conferences. California, USA: Gondolier Press, 1997.
13. Principles Of Urbanism. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.newurbanism.org/newurbanism/principles.html>

РАЗДЕЛ 2.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

УДК 624.012.44/.45

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТА ВОЗВЕДЕНИЯ НЕРАЗРЕЗНЫХ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ТОРГОВО-ВЫСТАВОЧНОГО ЦЕНТРА МИРИАДА В ДНЕПРОПЕТРОВСКЕ

Шаленный В.Т.¹, Акимов С.Ф.¹, Несевря П.И.², Купреев А.В.¹.

¹ – Национальная академия природоохранного и курортного строительства,

² – Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

Работа посвящена особенностям возведения неразрезных сборно-монолитных перекрытий на основе многопустотных плит здания торгово-выставочного центра Мириада в г. Днепропетровске по ул. Калиновая, 9. Вначале, по заданной отметке перекрытия, укладывались плиты, опирая их на ранее установленные инвентарные подмости. Далее, в пределах захватки, устраивались монолитные соединительные полосы – ригели со шпонками, между торцами уложенных плит. Для этого устанавливаются мелкощитовую опалубку в уровне низа сборных плит, опирая ее на телескопические стойки. После выдерживания бетона устанавливаются опалубку колонн верхнего яруса, и выполняют бетонирование. Затем этапы повторяются. Предложенные организационно-технологические и конструктивные решения позволяют их рекомендовать для внедрения и на других подобных объектах.

Технология, каркасное здание, сборно-монолитное перекрытие, монтаж, бетонирование

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня требуется взвешенный подход к определению области рационального применения сборного и монолитного железобетона. В связи с этим, в последние годы в строительстве распространение получают и компромиссные сборно-монолитные конструкции зданий. При таком принципиальном переходе от сборного варианта к сборно-монолитной системе возможна реализация неразрезной конструктивной схемы с вытекающими отсюда улучшенными экономическими показателями проекта. В нашем случае, это увеличение перекрываемых пролетов традиционными сборными многопустотными плитами перекрытий. Однако реализация проектов сборно-монолитного многоэтажного строительства наталкивается на проблемные вопросы проектирования технологии и организации их возведения. В данной статье, на конкретном примере, излагается сущность оригинальной, реализованной на практике разработки, где часть авторов непосредственно участвовали в осуществлении проекта (проф. Шаленный В.Т. - руководитель утвержденных ПОС и ППР, доц. Несевря П.И. - их ответственный исполнитель).

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Разработке предшествовал анализ ряда известных конструктивных предложений, кратко характеризуемых далее. В работе [1] при конструировании перекрытия в сборно-монолитном исполнении использовались хорошо зарекомендовавшие себя в строительной практике многопустотные плиты. Авторами [2] разработано перекрытие, в котором многопустотные плиты в местах соединения с монолитным ригелем здания выполняют со скосом под углом 45°-60°. В плитах сверху предложено устраивать отверстия для ограничителей бетона, что предотвращает произвольное попадание бетонной смеси в пустоты плиты (рис. 1).

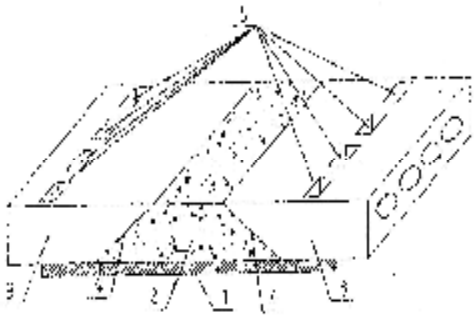


Рис. 1. Способ устройства сборно-монолитного железобетонного перекрытия со скосами торцов пустотных плит:

1 – опалубка; *2* – арматурный каркас ригеля; *3* – сборные многопустотные плиты; *4* – скошенные стороны плит; *5* – отверстия для ограничителей бетона

Также в работах [1, 3] предложено соединять сборные многопустотные плиты с монолитными ригелями путем установки в пустоты плоских каркасов со специальными ограничителями (рис. 2). Такое перекрытие имеет облегченную конструкцию в сравнении со сплошным бетонным при достаточной его прочности.

А еще раньше, в бывшем СССР, ЦНИИЭПом при участии НИИЖБа было разработано плоское сборно-монолитное перекрытие «Сочи» [4]. В перекрытии применены уже в то время широко изготавливаемые на заводах круглопустотные плиты, между торцами которых, в пределах толщины плиты, выполняются монолитные железобетонные главные балки (ригели), а в колоннах квадратного, прямоугольного или круглого сечения, на уровне перекрытий, для пропуска арматуры монолитного ригеля, должны быть не забетонированные участки или отверстия в бетоне. По длинным сторонам панелей также оставляются зазоры, в которых образуются монолитные балки, предназначенные для превращения сборных однопролетных панелей в неразрезную балочную плиту (рис. 3).

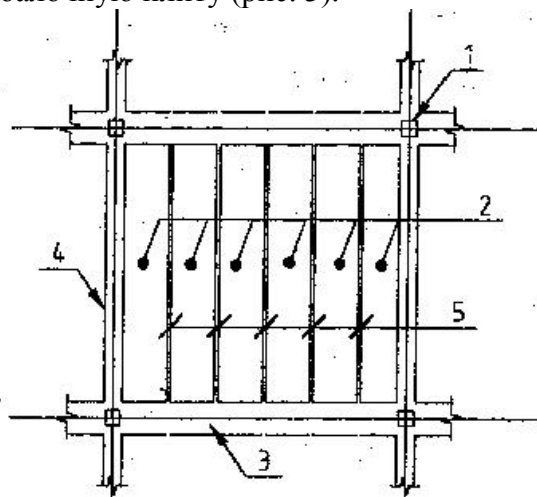


Рис. 3. Фрагмент перекрытия «Сочи»:
1 – колонна; *2* – круглопустотная плита; *3* – монолитный ригель; *4* – монолитная связевая балка; *5* – монолитный прогон

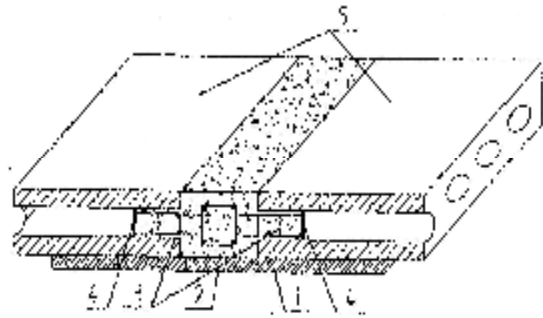


Рис. 2. Способ устройства сборно-монолитного перекрытия со шпонками, заходящими в пустоты:

1 – опалубка; *2* – арматурный каркас ригеля; *3* – дополнительные плоские арматурные каркасы; *4* – ограничители; *5* – сборные многопустотные плиты перекрытия

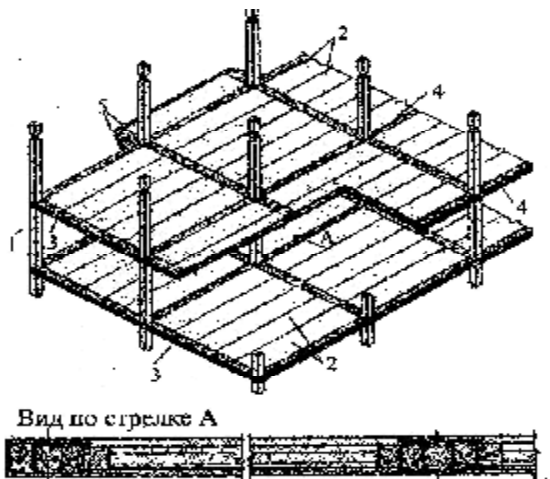


Рис. 4. Конструкция сборно-монолитного каркаса зданий системы «Аркас»:
а – общий вид каркаса; *б, в* – разрезы перекрытия; *1* – железобетонные колонны; *2* – многопустотные плиты; *3* – несущие ригели; *4* – связевые ригели; *5* – консоли для устройства эркеров и балконов

Позже созданная конструктивная система многоэтажных жилых и общественных зданий «Аркас» (архитектурно-конструктивная открытая система) [5], имела существенные отличия от других применяемых ранее систем зданий. Рассматриваемая система включает сборно-монолитный каркас с плоскими дисками перекрытий, поэтажно опертые перегородки и наружные стены. Диски перекрытий в каркасе (рис. 4) образованы сборными многопустотными плитами и монолитными несущими и связевыми ригелями, выполненными сквозными на всю длину и ширину здания.

Сборные многопустотные плиты в ячейках перекрытий размещены группами, и каждая плита опирается по торцам на несущие ригели посредством бетонных шпонок. Несущие и связевые ригели, объединенные между собой в плоскости перекрытия в единую перекрестную раму, заземлены в колоннах.

Разработанное под руководством проф. Савицкого Н.В., перекрытие ПГАСА [6] стало результатом анализа и учета достоинств рассмотренных конструктивных систем ИМС, «Сочи», «Сарет», «Аркас», «РАДИУСС» [4]. За основу разработки сборно-монолитного перекрытия ПГАСА было взято перекрытие «Аркас», но имеются отличия от системы сборно-монолитного перекрытия по серии Б 1.020.1-7, направленные на повышение надежности конструкции перекрытия и возможности использования имеющейся базы стройматериалов и индустрии.

В новой системе перекрытия выполнены из сборных круглопустотных плит и монолитных несущих ригелей высотой 270 мм (в поперечном направлении), в продольном направлении устраиваются монолитные балки высотой 220 мм (на высоту плит перекрытия). Опирание плит на ригели осуществляется устройством армированных бетонных шпонок, в осях расположения деформационных швов, на полки тавровых монолитных балок. В пролетах, где на ригель передаются значительные сосредоточенные нагрузки, сечение развивается по высоте от плоскости низа перекрытия. Класс бетона монолитных элементов перекрытия В30.

Расчетное сечение несущих ригелей включает монолитную часть и сжатые полки сборных плит. Для включения плит в работу между ними выполняются монолитные швы шириной 100 мм. В осях расположения деформационных швов работа сборных плит не учитывается.

Монолитные участки перекрытий могут выполняться облегченными (с пенополистирольными вкладышами размером 500x500x100 (мм) в качестве пустотообразователей) из монолитного железобетона. Высота сечения монолитных участков 220 мм. Монолитные участки опираются на основные ригели каркаса здания и балки монолитного участка, которые располагаются в толщине монолитного участка и сопрягаются с ригелями жестко. Класс бетона монолитных участков перекрытия В30.

Как указывалось ранее, главной особенностью сборно-монолитного перекрытия является узел сопряжения сборных железобетонных плит с монолитным ригелем и включение в работу плит перекрытия. Сопряжение сборных круглопустотных плит перекрытия с монолитным ригелем выполняется через бетонные и железобетонные шпонки в пустотах, т.е. бетон ригеля заходит в пустоты плиты на 150 мм. Принципиально это решение показано на рис. 5.

Плиты перекрытия включаются в работу совместно с ригелем перекрытия благодаря монолитным железобетонным вставкам между плитами шириной 100 мм.

Габариты многопустотных плит в каждой ячейке выполнены укороченными, а монолитная часть несущих ригелей вследствие этого - уширенной (ширина ригеля 900 мм). Это позволяет существенно нарастить жесткость перекрытий с плитами толщиной 22 см при действии вертикальной нагрузки, а верхняя и нижняя рабочая арматура несущих ригелей может быть сравнительно просто размещена в один слой.

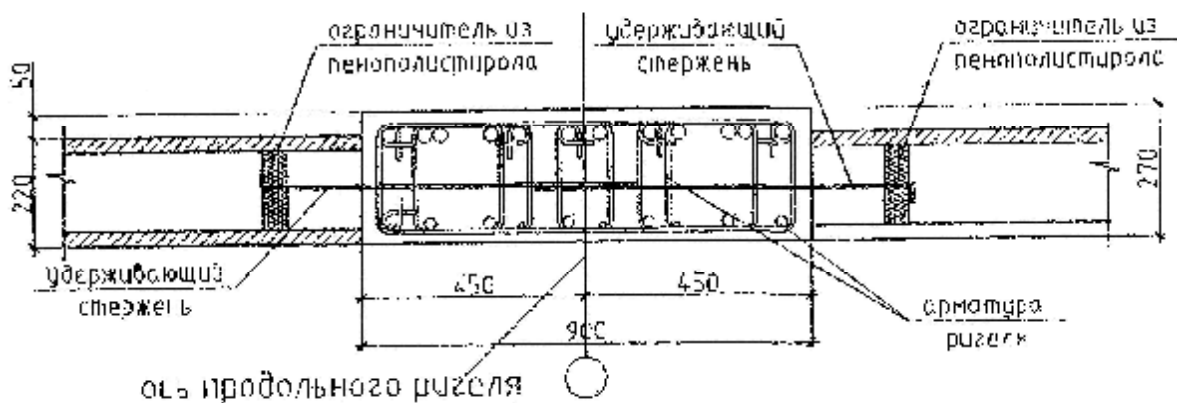


Рис. 5. Сопряжение сборных круглопустотных плит перекрытия с монолитным ригелем

Принципиально решение крепления ригелей к колоннам показано на рис. 6.

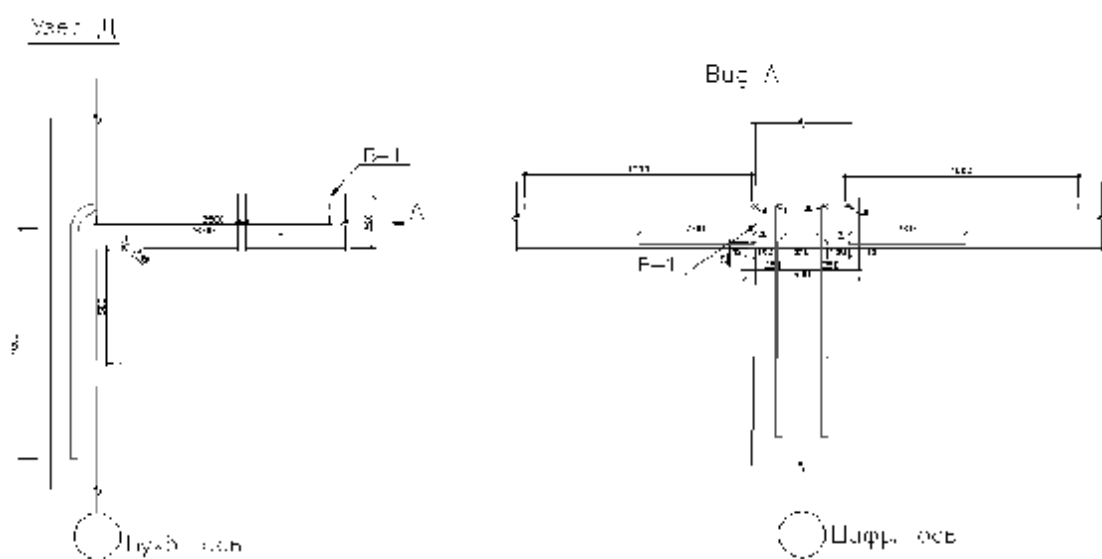


Рис. 6. Крепление ригелей к колоннам

Высота сечения несущих ригелей для сокращения расхода металла на их армирование увеличена на толщину стяжки пола (50 мм), то есть высота ригеля равна 270 мм при толщине плит перекрытий 220 мм. В каждом шве между плитами устраивается железобетонная шпонка шириной 100 мм, которая увеличивает пространственную жёсткость диска перекрытия и обеспечивает включение в работу сборные плиты при расчете опорных сечений монолитного несущего ригеля.

Оригинальная конструктивная система предполагала и новизну в технологии и организации производства работ, которая до настоящего времени не была освещена в публикациях. Исключение составляют только особенности возведения вертикальных конструкций нулевого цикла, производство которых пришлось и успешно произведено в зимних условиях [7].

Цель и постановка задачи исследований

Целью данной работы является повышение эффективности строительства каркасных зданий за счет применения научно обоснованных, рациональных организационно-технологических решений по устройству плит перекрытий выполненных в неразрезном сборно-монолитном варианте.

Задачей данной статьи является изложение сущности предложенной авторами и реализованной на практике оригинальной технологии устройства таких сборно-монолитных перекрытий.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Литературный обзор и анализ с формированием предложений по технологии устройства перекрытий в сборно-монолитном варианте с учетом техники безопасности. Для чего детально разработаны как организационно-технологические схемы, так и графики производства работ, учитывающие особенности монтажа конструкций с обеспечением геометрической неизменяемости и устойчивости сборно-монолитного каркаса здания.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Проект торгово - выставочного центра в районе ул. Тверской и ул. Калиновой, 9 в г Днепропетровске разработан по заданию заказчика – ООО «КОСМОС» на основании архитектурно-планировочного задания и задания на проектирование. Проектируемое здание представляет собой двухэтажное сборно-монолитное здание с подземным паркингом. В плане здание имеет размеры 62,0 м на 129,5 м. С дальней от ул. Калиновой стороны к зданию пристроена рампа для загрузки – выгрузки поступающих в магазины товаров. По центру здания запроектирован второй свет /атриум/, размером 48,0 м на 24,0 м. Высота этажей следующая: паркинг – 3,0 м, первый этаж – 4,5 м, второй этаж – 4,8 м / в свету/.

В соответствии с указанным рабочим проектом, авторами разработан проект организации строительства (как его составная часть), а затем и проект производства работ. В данной статье мы только поэтапно изложим особенности технологии устройства сборно-монолитного перекрытия. Вначале, по заданной отметке перекрытия, укладывались плиты, опирая их на заранее установленные инвентарные подмости (рис. 7). Далее, в пределах захватки, устраивались монолитные соединительные полосы – ригели, между торцами уложенных плит. Для этого устанавливают мелкощитовую опалубку в уровне низа сборных плит, опирая её на телескопические стойки с шагом 1,0 м. Смазку выполняли бетоноотделяющим средством PERI BIO Clean, её предполагалось наносить с помощью специального бачка – распылителя фирмы PERI.

Далее краном подают пространственные армокаркасы, опираемые на подкладки для образования защитного слоя. Армокаркасы и отдельные стержни для образования шпонок в пустотах плит устанавливали отдельно, крепя их к основному каркасу вязальной проволокой. Перед этим в пустотах, для ограничения распространения бетонной смеси, вводят пенопластовые пробки на глубину шпонок (150 мм). Бетонную смесь используют литую, с осадкой конуса 20 см, что позволяло укладывать её без уплотнения. Подачу к месту укладки вели в бункерах ёмкостью 1,25 м³. Для набора распалубочной прочности в зимний период использовали электропрогрев.

Размеры и конструктивная система здания не позволяют проводить монтаж каркаса здания по этажам. Поэтому принято решение возводить здание секциями. Основным правилом монтажа конструкций является обеспечение геометрической неизменяемости и устойчивости конструкции в любом ее положении.

После распалубки колонн нижнего яруса бетонирования в том же направлении устанавливали поддерживающие конструкции и опалубку поперечных и продольных ригелей сборно-монолитного перекрытия следующего этажа (рис. 8-10). Монтировали и выверяли сборные плиты перекрытий как минимум в двух смежных буквенных и цифровых осях для каждого крана.

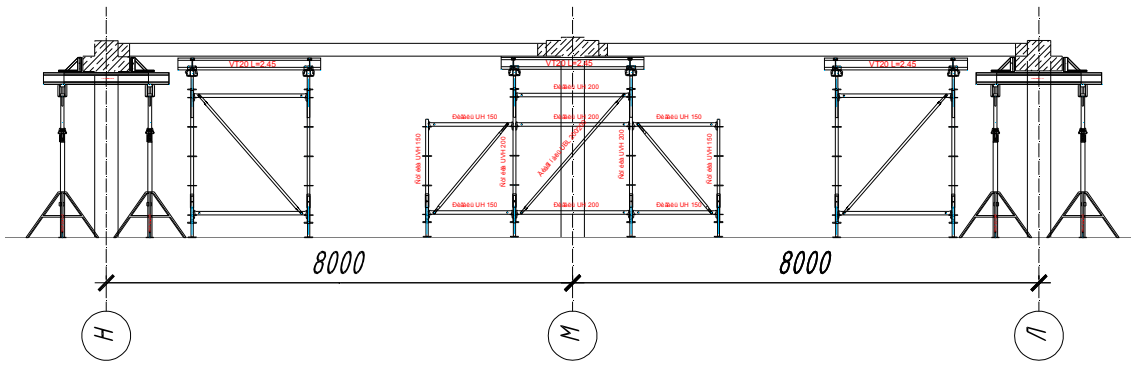


Рис. 7. Установленные подмости под плиты перекрытия с опалубкой для монолитных ригелей паркинга в части здания. Этап 1

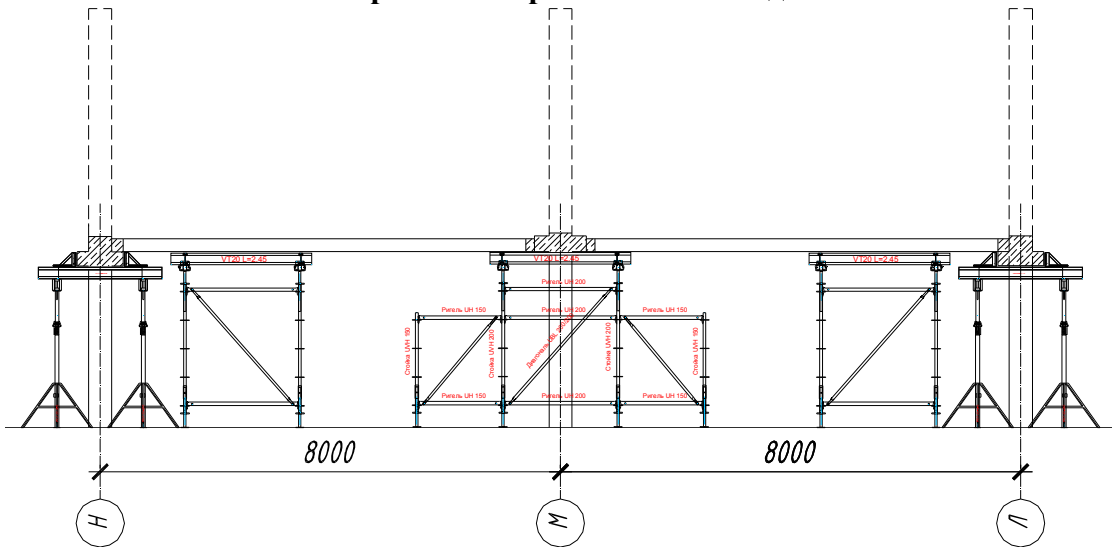


Рис. 8. Установленные подмости под плиты перекрытия с опалубкой для монолитных ригелей в части здания. Этап 2. Бетонирование вертикальных конструкций

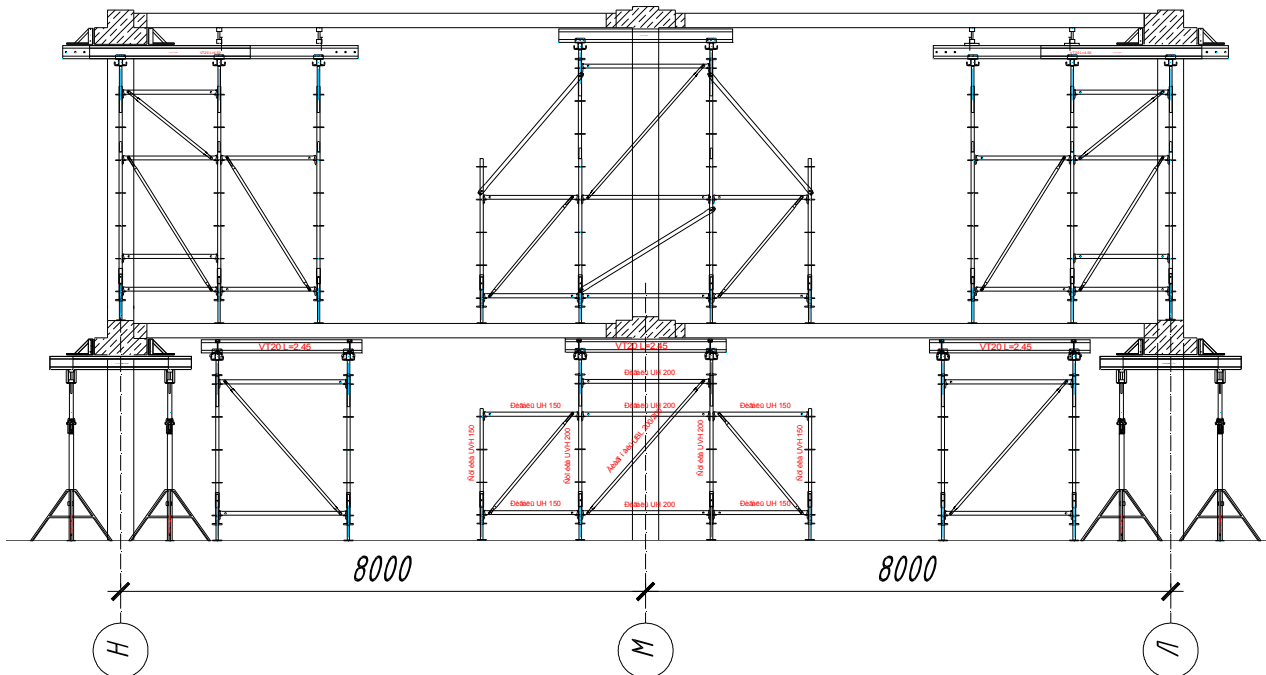


Рис. 9. Установленные подмости под плиты перекрытия с опалубкой для монолитных ригелей первого этажа в части здания. Этап 3

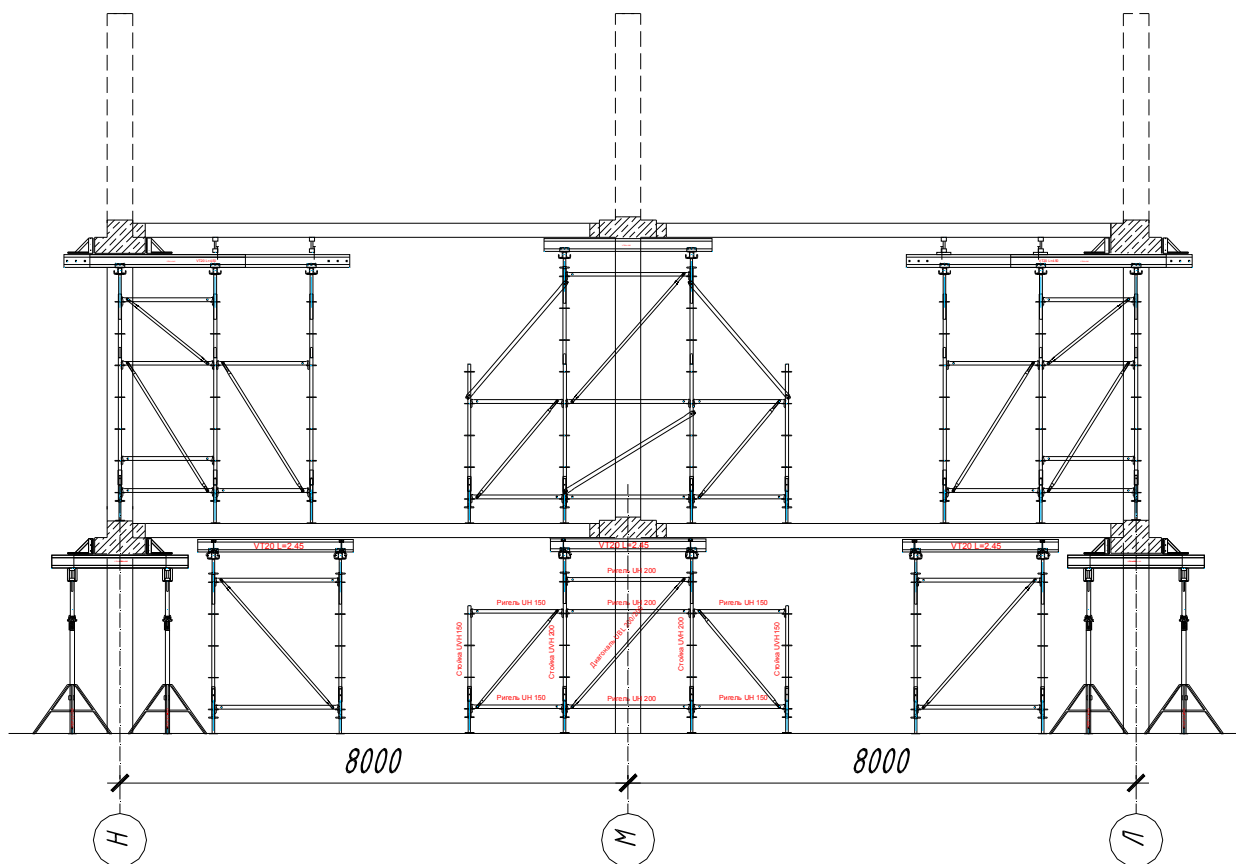


Рис. 10. Установленные подмости под плиты перекрытия с опалубкой для монолитных ригелей в части здания. Этап 4. Бетонирование колонн второго этажа

Транспорт бетонной смеси от бетонных заводов или установок к стройплощадке предусмотрен в автобетоносмесителях или автобетоновозах. Подача бетона к месту укладки осуществлялась при помощи кранов КБ-403 в бадьях или бункерах.

Были проведены натурные испытания участка возведенного по описанной технологии перекрытия [8]. Результаты испытания фрагмента сборно-монолитного перекрытия полной расчетной нагрузкой свидетельствуют о его прочности и трещиностойкости; полученные деформации перекрытия (18,65 мм и 14,64 мм) в пределах существующих норм. Что и позволило успешно реализовать описанный оригинальный проект, а опыт проектирования технологии и организации работ рекомендовать для использования и на других аналогичных строительных объектах. Имеющее место усложнение технологии производства работ компенсируется сокращением их сроков по сравнению с монолитными перекрытиями и материалоемкости по сравнению с полносборным вариантом шарнирного каркаса.

Вывод

Предложена и реализована на конкретном объекте новая технология возведения сборно-монолитных неразрезных конструкций перекрытий на основе многопустотных плит. Результаты ее апробации на данном объекте позволяют рекомендовать предложенные организационно-технологические и конструктивные решения для внедрения и на других подобных многоэтажных объектах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Железобетонные покрытия многоэтажных зданий /Н.В. Савицкий, В.С. Магала, Е.В. Рабич, К.В. Шляхов, И.Н. Матюшенко //Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. — Днепропетровск: ПГАСА. — 2009. — Вып. 50. — С. 470-474.
2. Савицкий М.В., Магала В.С. та інш. Спосіб улаштування збірно-монолітного залізобетонного перекрыття. Патент України №23418А, бюл. №7, 2007р.

3. Савицький М.В., Магала В.С. та інш. Спосіб улаштування збірно-монолітного залізобетонного перекриття. Патент України №23425А, бюл. №7, 2007р.
4. Обоснование выбора плоского сборно-монолитного перекрытия ПГАСА / Н.В. Савицкий, Е.Л. Буцкая //Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. — Днепропетровск: ПГАСА. — 2010. — Вып. 56. — С. 396-402.
5. Типовые строительные конструкции, изделия и узлы. Серия Б1. 020.1-7. Сборно-монолитная каркасная система МВБ-01 с плоскими перекрытиями для зданий различного назначения: БелНИИС.-Мн.: Минсктиппроект.-1999.
6. Плоское сборно-монолитное перекрытие / Н.В. Савицкий, К.В. Баташева, Е.Л. Токарь //Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. — Днепропетровск: ПГАСА. — 2006. — Вып. 37. — С. 413-418.
7. Дослідження ефективності зведення монолітних залізобетонних конструкцій каркасу торгово-демонстраційного комплексу “Miriada” у зимових умовах /В.Т. Шаленний, К.Б. Дікарєв, О.А. Біцєва, І.В. Яременко //Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. — Днепропетровск: ПГАСА. — 2009. — Вып. 49. — С. 17-21.
8. Результаты натурных испытаний фрагмента сборно-монолитного перекрытия /Н.В. Савицкий, Е.Л. Буцкая, В.А. Чернец //Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. — Днепропетровск: ПГАСА. — 2011. — Вып. 61. — С. 382-387.

РАЗДЕЛ 3 СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 693.15

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НОРМАЛЬНОГО СЦЕПЛЕНИЯ В КЛАДКЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЙ

Алексеев В.Н., Чепурная Е.А.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В работе приведена аналитическая работа по выявлению основных методов повышения нормального сцепления в кладке существующих зданий, что напрямую влияет на сейсмостойкость здания. Рассмотрены работы отечественных и зарубежных авторов, а также разработки ведущих научно – исследовательских институтов. Предложен вариант повышения нормального сцепления в крупноблочной кладке с помощью металлических анкеров.

Ключевые слова: каменная кладка, пильный известняк, нормальное сцепление, анкерное соединение

ВВЕДЕНИЕ

Блоки пильного известняка применялись для возведения жилых, общественных, промышленных и сельскохозяйственных зданий. Применение данного материала зависит от физико-механических свойств камня, конструктивной системы здания, эксплуатационных требований.

В связи с тем, что в 2006 году были введены новые нормы [1], расчетная сейсмичность Крыма увеличилась в среднем на 1 балл. Поэтому эта территория в настоящее время считается сейсмоопасной. Результатом введения норм стала необходимость проведения мероприятий, обеспечивающих надежность существующих зданий. То есть фактически все жилые здания нуждаются в реконструкции, которая повысит их сейсмостойкость.

При анализе последствий землетрясений, отмечается значительно более низкая сейсмостойкость каменных зданий по сравнению с другими типами сооружений. Основной причиной этого является низкий показатель прочности сцепления между раствором и камнем в кладке [3-5]. А как известно здания в сейсмических районах должны удовлетворять требованиям сейсмостойкости и соответствовать всем требованиям, предъявляемым к несейсмическим районам.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В настоящее время актуален вопрос усиления строительных конструкций зданий, нуждающихся в реконструкции. Сложной задачей является обеспечение монолитности кладки, восстановление нормального сцепления раствора и камня, повышение сейсмостойкости здания в целом.

Теоретические и экспериментальные исследования каменной кладки проводились в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, ТблзНИИЭП, КиевЗНИИЭП. Вопросу сцепления в каменной кладке посвящено много работ, как в нашей стране, так и за рубежом. Значительный вклад в решение поставленных задач сделали следующие российские и молдавские ученые – Поляков С.В., Измайлов Ю.В., Коноводченко В.И., Вахненко П.Ф., Еременок П.Л., Белов В.В., Деркач В.Н., В.А.Степанян, Ф.О. Андерег, П.А. Палмер, Д.А. Парсонс и др. [3, 4, 5, 6].

Следует также учитывать наличие лабораторных и натурных исследований нормального сцепления блоков с цементными растворами на строительных объектах в Крыму. Исследования показали, что имеется потенциальная возможность увеличить сцепление, особенно при двухрядной разрезке, что способствует повышению сейсмостойкости здания.

Цель и постановка задач исследования

Цель – проанализировать существующие теоретические и экспериментальные данные о повышении нормального сцепления в кладке существующих зданий и на их основе разработать способ повышения прочности сцепления раствора с применением новых материалов для повышения сейсмостойкости существующих зданий.

Задачи:

- проанализировать необходимость увеличения сцепления в кладке;
- оценить существующие методы повышения сцепления в кладках существующих зданий;
- разработать метод повышения сейсмостойкости зданий на основе применения анкеров и клеящих составов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Согласно действующих норм [2], минимальное значение временному осевому растяжению (нормальное сцепление) составляет $R_{nt}=60$ кПа ($0,6$ кг/см²), что соответствует III категории. Кладка при $R_{nt} \leq 60$ кПа ($0,6$ кг/см²) запрещается. Значение нормального сцепления в кладке в отдельных случаях, является основным показателем сейсмостойкости здания. Низкое сцепление раствора с камнем, нарушение монолитности кладки на отдельных участках стен приводит к тому, что многие здания не соответствуют нормативным требованиям. Все это диктует необходимость усиления и реконструкции зданий для обеспечения их безопасной эксплуатации.

Проведенными ранее исследованиями установлено, что монолитность кладки зависит от большого количества факторов. По А.В. Конову [8], прочность сцепления раствора зависит от состава раствора и его консистенции. Это в большей степени относится к цементным и цементно-известковым растворам. На основании своих опытов С.А.Семенцов [9,10] сделал выводы, что при очень жестких составах растворов прочность сцепления резко понижается. При осадке конуса на 8 см наблюдается незначительное повышение прочности сцепления. Исследованиями, проведенными И.Т. Котовым [11,12], было установлено, что применение жидких растворов для повышения прочности нормального сцепления является более эффективным, чем смачивание кирпича.

Для получения монолитной кладки повышались адгезионные свойства растворов, путем введения пластификаторов. При выполнении растворного шва между камнями пыльного известняка старались уменьшить всасывающую способность камня. Для этого на поверхность камня наносили пленку водоудерживающего покрытия из водного раствора жидкого стекла. Результаты опытов [12] показали, что такой способ выполнения кладки позволяет существенно повысить прочность сцепления в лабораторных условиях. Однако, на практике влияние производственных факторов закономерно привели к заметному снижению прочности сцепления, что подтвердило необходимость предусматривать дополнительные меры.

В зарубежной практике в случаях работы каменной кладки в условиях сложного напряженного состояния прочность кладок повышается за счет армирования поверхности стен с помощью сеток из полимерных материалов. По этой технологии увлажненная поверхность кладки покрывается трехмиллиметровым слоем раствора из неорганических минеральных материалов с модифицированными полимерными добавками, в который утапливается армирующая сетка из композитных материалов. Затем наносят защитный штукатурный слой толщиной 8-10 мм, и уже его поверхность подвергают финишной обработке. Такая система усиления известна как FRCM (Fibre Reinforced Cementitious Matrix), а ее разновидностью является система Ruredilx Mech. Метод применяется для усиления каменных зданий и сооружений, подвергающихся динамическим воздействиям, которые возникают например, от сейсмических воздействий, движения транспорта и работы технологического оборудования. Рассматриваемая система обладает такими достоинствами как высокая сцепляемость армирующего штукатурного слоя к поверхности каменной кладки, высокая огнестойкость, коррозионная стойкость,

водостойкость и паропроницаемость, что позволяет производить армирование конструкций как изнутри, так и снаружи зданий. Однако, данный метод только начинает внедряться в Крыму и в связи с отсутствием опыта возникают сложности при устройстве полимерных армирующих сеток. Так же отсутствуют универсальные рекомендации по инженерным методам расчета. Сложность возникает при учете совместной работы кладки и полимерной сетки [13, 14]

Другой способ увеличения нормального сцепления в кладке осуществлялся путем нагнетание укрепляющих растворов в предварительно пробуренные в стенах шпуров диаметром 18 - 20 мм, инъектирование полимеррастворами. Основной функцией укрепляющих растворов является повышение плотности каменных кладок. Применяемые в настоящее время составы укрепляющих растворов большей частью нацелены на заполнение пустот и пор в массивах каменных кладок по мере их проникающей способности. Однако, уплотнение массивов укрепляющими растворами не всегда сопровождается достаточным повышением их механических свойств, в частности, нормального сцепления [15].

Согласно исследованиям, проведенным в научно – исследовательском институте ТбилЗНИИЭП оптимальными методами повышения нормального сцепления в кладке являются:

- частичная замена слабого или разрушенного раствора в швах растворами на основе полимерцемента или эпоксидных клеев. В результате получают прочное сцепление в швах не уступающее прочности блоков на растяжение;
- устройство дискретных связей между блоками, которые обеспечиваются благодаря цилиндрическим шпонкам, которые образуются из полимерраствора или эпоксидного клея. Дискретные связи имеют высокую адгезию и прочность и помимо повышения нормального сцепления препятствуют взаимному смещению блоков;
- использование полимеррастворных армированных шпонок или полимеррастворных армированных шпонок со скобой [16].

Все представленные выше методы нацелены на повышение нормального сцепления в кладке и обеспечение монолитности. Современный научно – технический прогресс обеспечивает строительное производство новыми строительными материалами и конструкциями, средствами механизации, новыми проектными решениями. Объединяя все достижения, для получения максимального результата при минимальных затратах можно предложить новый способ повышения нормального сцепления в кладке, который обеспечит совместную работу элементов крепления и кладки.

Способ заключается в установке анкерных соединений между простеночными и поясными блоками. В качестве анкера рекомендуется использовать металлическую арматуру, которая заводится в наклонные отверстия и закрепляется с помощью клеящего состава. Отверстия выполняются под углом 40 – 60° с наружной и внутренней стороны здания с разбежкой. Клеящий состав представляет собой полимерный состав, который заводится в отверстие под давлением.

Выводы

1. Выполнив анализ сложившейся застройки, можно заключить, что основной объем возведенных зданий осуществлен по типовым проектам и более 70% этих зданий нуждается в реконструкции.

2. В результате анализа исследований было выяснено, что повышение нормального сцепления в кладке является достаточно распространенным методом повышения сейсмостойкости.

3. Использование современных полимерных материалов и инновационных технологий позволит повысить экономическую эффективность мероприятий по повышению нормального сцепления в кладке.

4. Для решения упомянутых вопросов необходимо совершенствование и развитие теоретической, экспериментальной и нормативной базы для того чтобы разработать комплексные рекомендации по усилению каменных кладок в существующих зданиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Строительство в сейсмических районах Украины: ДБН В.1.1-12:2006. К.: Минрегионстрой Украины, 2006. – 84 с.
2. Проектирование и строительство зданий из блоков и камней пильных известняков Крымских месторождений в сейсмических районах: ДБН В.1.1-1-94. К.: Госкомградостроительство Украины, 1994. – 43с.
3. Вахненко П.Ф. Каменные и армокаменные конструкции / П.Ф.Вахненко. – К.: «Будівельник», 1978. – 152с.
4. Еременок П.Л. Каменные и армокаменные конструкции / П.Л. Еременок, И.П. Еременок. – К.: Вища школа, 1981. – 224с.
5. Поляков С.В. Каменные конструкции / С.В. Поляков, Б.Н. Фалевич. – М.: Госстройиздат, 1960. – 307 с.
6. Каменная кладка из пильных известняков / Поляков С.В., Измайлов Ю.В., Коноводченко В.И. [и др.]; под ред. С.В.Полякова. – Кишинев: Изд. Картя Молдовеняскэ, 1973, – 345 с.
7. Белов В.В. Экспертиза и технология усиления каменных конструкций / В.В. Белов, В.Н. Деркач // Инженерно – строительный журнал. – 2010. – №7. – С.14-20.
8. Коноворов А.В. Современные изоляционные материалы в строительстве и технике / А.В. Коноворов, А.В. Чуйко. – М., Трудрезервиздат, 1958, – 156 с.
9. Камейко В.А., Семенцов С.А. Состояние и основные направления исследований прочности каменных конструкций. /Тр. ЦНИИСК Теоретические и экспериментальные исследования каменных конструкций. – М.: Стройиздат. 1982. с.169.
10. Семенцов С.А. Некоторые особенности деформаций кирпичной кладки при сжатии и изгибе / кн. Исследования по каменным конструкциям. – М.: Стройиздат. 1949. – С.93 - 105.
11. Котов, И.Т. Каменная кладка на жидких растворах / И.Т. Котов. – М.: ИТЭИН, 1956. – 25 с.
12. Котов И.Т., Котов Ю.И. Прочность летней и зимней кладки, выполненной на растворах со специальными добавками // Реферативная информация ЦИНИС. – 1978. – Серия XIV. – Вып.6. С.25.
13. Орлович Р.Б. Зарубежный опыт армирования каменных конструкций / Р.Б. Орлович, В.Н. Деркач // Жилищное строительство. – 2011. - №11, С.35 – 39.
14. Винтовые стяжки, крепления для каменных стен, Helifix Stress Free Solution:London URL: <http://www.helifix.com>
15. Инъектирование как метод усиления каменных конструкций / Курлапов Д.В., Кураев А.С. [и др.] // Инженерно – строительный журнал. – 2009. - №3. – С.17-21.
16. Рекомендации по восстановлению и усилению полносборных зданий полимеррастворами. // ТбилЗНИИЭП Госкомархитектуры. – М.: Стройиздат, 1990. – 162с.

ВЛИЯНИЕ МЕХАНОАКТИВАЦИИ ЦЕМЕНТА НА ПРОЧНОСТЬ ПРЕССОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ШЛАМОВ ПРОМЫВКИ ДРОБЛЕННЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД

Елькина И.И.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Исследовано влияние частичной механоактивации цемента кавитационным ультразвуковым воздействием и добавки микрокремнезема на прочность прессованных образцов из шламов гранодиоритовых пород. А также возможность увеличения прочности цементного камня путем модификации цемента механоактивированными малыми частицами, полученными ультразвуковой обработкой. Изучено формирование структуры цементного камня. Выявлена возможность получения качественных стеновых материалов на основе вторичного сырья.

Механоактивация, модификация, малые частицы, полусухое прессование, структурообразование, микрокремнезем, шлам, гидросиликаты кальция

ВВЕДЕНИЕ

Для получения высокопрочных материалов на основе цемента в последние десятилетия были созданы принципиально новые методы и технологии. При современном уровне и масштабах потребления природных сырьевых материалов, значение фактора полноты использования и вовлечения в общественное производство вторичных материальных ресурсов имеет первостепенное значение. Однако 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.

Повышение прочности цементного камня при изготовлении бетонов различного назначения является актуальной задачей, решение которой позволяет существенно снизить расход вяжущего в бетоне или повысить прочность цемента. Уменьшение расхода такого дорогого и энергоемкого компонента, как цемент, в многотоннажном производстве бетонов дает возможность понизить стоимость изделий и повысить конкурентоспособность отрасли строительной индустрии.

В этой связи представляет научный и практический интерес изучение процессов структурообразования прессованного цементного камня из механоактивированных цементов и, затем, использование этих цементов для получения строительных материалов на основе мелкодисперсных отходов дробления горных пород.

Анализ публикаций

Рядом исследователей установлено положительное влияние тонкодисперсных минеральных наполнителей разнообразной природы на физико-механические свойства цементного камня. Авторами [1-3] сформулированы теоретические основы влияния микронаполнителей на цементную матрицу. Основными физико-химическими процессами при этом являются: появление дополнительных центров кристаллизации; повышение поверхностной энергии мелкодисперсных частиц и реализация этой энергии в реакциях гидратации; более полная кристаллизация цементного вяжущего.

В работе [4] исследован еще один фактор - влияние микронаполнителей на дифференциальную пористость твердеющего цементного камня и, следовательно, на его прочность. Авторами показано, что введение мелкодисперсного наполнителя

обуславливает снижение размеров и сокращение количества крупных капиллярных пор не только при одинаковом В/Ц, но и при равном В/Т.

Высокопрочный цементный камень может быть получен и путем создания объемно-однородной, высокоплотной структуры, что достигается прессованием, подбором рациональной гранулометрии, уменьшением В/Ц, устранением условий для возникновения неоднородностей и дефектов структуры [5]. Прессование материалов на цементных вяжущих позволяет получить структуры с максимально плотной упаковкой частиц и низкой пористостью. В работе [6] описаны составы с уплотненной системой гомогенно размещенных ультрамалых частиц, которые получают путем смешивания портландцемента, микрокремнезема, суперпластификаторов и воды. В процессе гидратации формируется плотный, практически не содержащий гидроксида кальция, цементный камень, предел прочности при сжатии которого достигает 350-400 МПа.

Изучая свойства малых обломочных частиц и их энергетическое состояние, авторы работы [7] сделали вывод о том, что энергия механической активации затрачивается на создание особого агрегатного состояния твердых тел – ультрадисперсной фазы обломочных малых частиц.

Существенный вклад малых частиц во внутреннюю энергию измельчаемых веществ свидетельствует о возможности получения механоактивированных систем путем перемешивания обычных порошков и порошков из активированных малых частиц. Это предположение подтверждено нами при получении материалов на основе известняковых отходов камнепиления и силикат-натриевой связи [8].

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ

В настоящей статье приведены результаты исследований, целью которых являлось исследование влияния частичной механоактивации цемента кавитационным ультразвуковым воздействием и добавки микрокремнезема на прочность прессованных образцов из шламов гранодиоритовых пород. А также возможность увеличения прочности цементного камня путем модификации цемента механоактивированными малыми частицами, полученными ультразвуковой обработкой и выявление возможности получения качественных стеновых материалов на основе вторичного сырья.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для выявления влияния процесса механоактивации цемента различными методами на прочность прессованных образцов из шламов гранодиоритовых пород были проведены 2 серии испытаний.

На первом этапе выявлялось влияние частичной механоактивации цемента кавитационным ультразвуковым воздействием и добавки микрокремнезема на прочность и структуру цементных образцов и прессованных материалов на основе шламов промывки дробленых магматических пород. Для этого проводили исследование на образцах-цилиндрах диаметром и высотой 3 см, получаемых полусухим прессованием сырьевой смеси с относительной влажностью 10% (мас.) при удельном давлении 30 МПа. После прессования образцы выдерживали в естественных условиях, после чего определяли их предел прочности при сжатии в возрасте 7 и 28 суток. В качестве вяжущих использовались шлакопортландцемент М400 Бахчисарайского цементного завода, портландцемент М500 Краматорского цементного завода и микрокремнезем ОАО «Запорожского завода ферросплавов». В качестве мелкодисперсных отходов дробления горных пород использовались шламы промывки дробленых магматических пород: гранодиориты Шархинского карьера и диабазы Лозовского карьера (АР Крым).

На втором этапе была исследована возможность увеличения прочности цементного камня путем модификации цемента. Исследования проводились на шлакопортландцементе М400 Бахчисарайского цементного завода и портландцементе М500 Краматорского цементного завода. Активацию и диспергирование цементов производили в водной среде с использованием ультразвукового аппарата УЗАП-2,5/22-ОП, предназначенного для проточной обработки суспензий. Интенсивность

ультразвукового воздействия составляла 25Вт/см^2 . Эксперимент проводили следующим образом: из указанных выше цементов готовили пробы по 1 кг каждая. От каждой пробы отбирали часть цемента 10, 20 и 30% по массе для приготовления суспензий. Объем воды суспензий выбирали таким образом, чтобы при смешивании обработанной ультразвуком суспензии с сухим остатком цемента. В/Ц раствора было равно 0,5. Из полученного раствора формовали образцы-кубики размером 2x2 см, которые выдерживали 28 суток во влажных условиях, затем определяли их предел прочности при сжатии по стандартной методике.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

Для исследования влияния добавки микрокремнезема, совместного воздействия механоактивации и добавки микрокремнезема на прочность образцов, механоактивация цемента была выполнена путем его модификации 20%-ми механоактивированными малыми частицами, предварительно подвергнутых ультразвуковому кавитационному воздействию на установке УЗАП-2,5/22-ОП. Оптимальное количество добавляемого к цементам микрокремнезема составляло 10% (масс.).

Анализ полученных результатов (см. табл.1) свидетельствует о существенном росте прочности пресованных образцов цемента. Модификация цементов механоактивированными малыми частицами повышает их прочность на 26,9-31,4%, ввод микрокремнезема приводит к росту прочности на 13,8-21,1%, модификация и добавка микрокремнезема повышает прочность цементов на 64,2-71,8% (в возрасте 7 сут) и на 78,2-88,4% (в возрасте 28 сут).

Таблица 1

Предел прочности образцов при различных видах механоактивации

Вид цемента	Предел прочности при сжатии (МПа)							
	обычный		Механоактивированный частичной модификацией малыми частицами		С добавкой микрокремнезема		Механоактивированный с добавкой микрокремнезема	
	7 сут.	28 сут.	7 сут.	28 сут.	7 сут.	28 сут.	7 сут.	28 сут.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ШПЦ М400	57,2	73,1	76,8	96,1	68,7	88,5	98,3	137,7
ПЦ М500	65,4	87,2	81,3	110,7	74,6	99,2	107,4	155,4

Далее была изучена возможность получения прочных строительных материалов на основе шламов промывки дробленых магматических пород с использованием цементов, модифицированных механоактивированными малыми частицами с добавкой микрокремнезема.

Количество вводимых в сырьевую смесь цементов составляло 5,10,15,20 % (масс.). Для сравнения приведены данные предела прочности при сжатии образцов с цементами без микрокремнезема и модификации.

Результаты исследований представлены на рис. 1.

Полученные графические зависимости свидетельствуют о значительном росте прочности образцов на основе шламов с использованием цементов, модифицированных механоактивированными малыми частицами с добавкой микрокремнезема. При содержании в сырьевой смеси модифицированных цементов в количестве 5-20% прочность образцов возрастает в 1,5-3,7 раза по сравнению с обычными цементами. Образцы на шламе Лозовского карьера обладают более высокой прочностью, т.к. диабаз несколько прочнее гранодиорита. При 5%-ном расходе цемента марка образцов увеличивается с М25-М50 до М100-М125, а при 20%-ном расходе цемента с М200-М250 до М300-М450.

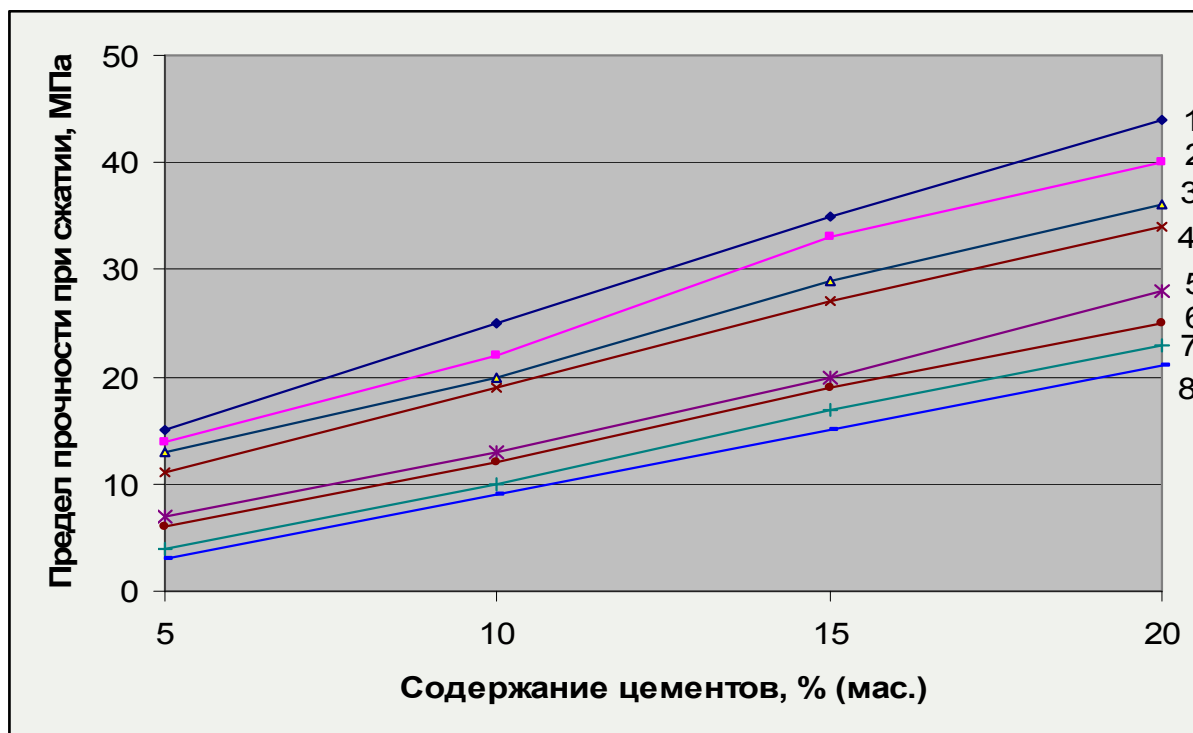


Рис. 1. Зависимость прочности образцов на основе шламов промывки дробленых горных пород от количества цемента (1,2,5,6 – ПЦ М500; 3,4,7,8 – ШПЦ М400; 1,3,5,7 – шлам Лозовского карьера; 2,4,6,8 – шлам Шархинского карьера; 1,2,3,4 – образцы на цементе, модифицированном механоактивированными малыми частицами с добавкой микрокремнезема; 5,6,7,8 – образцы на обычном цементе)

На последнем этапе исследований выполнялись эксперименты, изучающие повышение прочности цементного камня за счет модификации цемента механоактивированными малыми частицами с помощью ультразвукового воздействия. Одним из наиболее простых способов повышения активности цемента и, соответственно, прочности цементного камня в бетоне является увеличение тонкости помола цемента. Существуют различные способы диспергирования цемента: помол в мельницах различных типов, кавитационная обработка в ультразвуковых и другого типа кавитаторах, высокоимпульсная электроразрядная обработка и т.п. [9].

Результаты исследований свидетельствуют о монотонном росте прочности цементного камня при увеличении количества активированного цемента в растворе.

Результаты исследований представлены на рис. 2.

При увеличении содержания активированного цемента в растворе до 30%, прочность цементного камня возрастает на 41% для шлакопортландцемента М400 Бахчисарайского цементного завода и на 38% для портландцемента М500 Краматорского цементного завода.

Ограничение количества цемента в суспензии 30 процентами связано с седиментацией цемента в суспензии.

Ультразвуковое воздействие вызывает в обрабатываемой суспензии кавитацию, которая приводит к диспергированию минералов в водной среде с получением минеральных взвесей коллоидной или близкой к ней дисперсности, т.е. малых частиц наноразмеров, которые являются центрами кристаллизации при формировании структуры цементного камня.

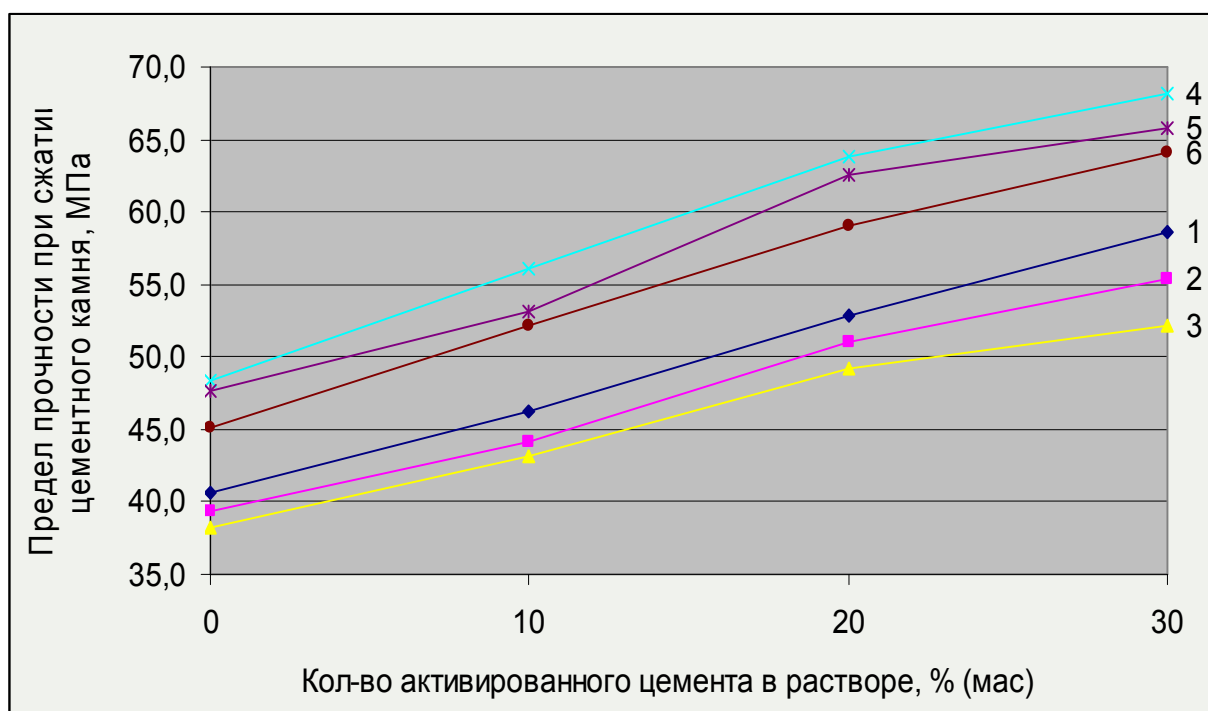


Рис.2. Влияние количества активированного цемента в растворе на прочность: 1,2,3 для шлакопортландцемента М400 Бахчисарайского цементного завода с В/Ц 0,45;0,5 и 0,55 соответственно; 4,5,6 для портландцементе М500 Краматорского цементного завода с В/Ц 0,45;0,5 и 0,55 соответственно

ВЫВОДЫ

1. Изучено влияние частичной механоактивации цемента кавитационным ультразвуковым воздействием и добавки микрокремнезема на прочность и структуру прессованных цементных образцов. Показано, что ввод микрокремнезема в количестве 10% в сочетании с добавкой 20% механоактивированного цемента приводит к росту прочности прессованных цементных образцов на 80-90%. Повышение прочности связано с увеличением количества низкоосновных гидросиликатов кальция в материале.

2. Получены прессованные материалы на основе шламов промывки дробленых магматических пород с использованием частично механоактивированного цемента и микрокремнезема, прочность которых в 1,5-3,7 раза выше прочности образцов на обычных цементах.

3. Исследована возможность увеличения прочности цементного камня на 40% путем модификации цемента механоактивированными малыми частицами, полученными ультразвуковой обработкой 20-30% цемента в суспензии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Красный И.М. О механизме повышения прочности бетона при введении микронаполнителя. Бетон и железобетон, 1987, № 5, с. 10-11.
2. Курочка П.Н., Гаврилов А.В., Пахрудинов И.П. Влияние мелкодисперсных добавок на цементную матрицу. В сб. «Современные материалы и технологии в строительстве» Новосибирск, 2003, с. 77-80.
3. Вознесенский В.А., Выровой В.Н., Керш В.Я. Современные методы оптимизации композиционных материалов. Будивельник. Киев, 1984. 144 с.
4. Бабков В.В., Мохов В.Н., Капитонов СМ., Разрушение цементных бетонов. Уфа, 2002, с. 220 - 234.
5. Пашенко А.А. Теория цемента / Пашенко А.А. – К. : Будівельник, 1991. – 168 с.
6. Kurdowski W. Special Cements / Kurdowski W., George C.M., Sorrentino F.R. – Rio-de-Janeiro.Finer. : 8th Intern. Congr. Chem. Cem., 1986. – с. 293-318.

7. Процессы самоорганизации в системах обломочных малых частиц. / [Ревнивцев В.И., Владимиров П.С., Доливо-Добровольский Г.И., Тихонов О.Н.]. – 1990– .– (Неорганические материалы).
8. Т. 26. – 1990.–1086-1091 с.
9. Федоркин С.И. Механоактивация вторичного сырья в производстве строительных материалов / С.И. Федоркин. – Симферополь : Таврия, 1997. – 180 с.
10. Файнер М.Ш. Теоретические и экспериментальные основы разрядно-импульсной технологии бетона / М.Ш. Файнер. – К. : УкрИНТИ, 1993. – 81 с.

РАЗДЕЛ 4.

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, МЕХАНИКА И МЕЙСМОСТОЙКОСТЬ

УДК 624.137

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОДПОРНЫХ СТЕН НА РАБОТУ СВАЙНОГО ФУНДАМЕНТА ЗДАНИЯ, РАСПОЛОЖЕННОГО ВБЛИЗИ УДЕРЖИВАЕМОГО ОТКОСА ГРУНТА

Дьяков И.М., Игнатенко Н.А.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Рассмотрено изменение напряженно-деформированное состояние свайного фундамента здания, расположенного вблизи откоса грунта, удерживаемого массивной подпорной стеной при возникновении в ней повреждений. Проанализированы результаты численного эксперимента. Выявлены зависимости изменения изгибающего момента, продольных и поперечных сил в сваях от размеров повреждения в подпорной стене и расстояния от здания до подпорной стены.

Обоснована необходимость проведения дальнейших исследований и разработки методики оценки живучести свайных фундаментов при возникновении локальных повреждений подпорных стен и удерживающих сооружений.

Удерживающая конструкция, подпорные стены, локальные повреждения, свайный фундамент, живучесть

ВВЕДЕНИЕ

Значительная часть зданий и сооружений возводится на сложном рельефе с уже имеющейся системой откосо- и/или оползнеудержания. При наличии таких систем на осваиваемом под строительство участке, свайные фундаменты зданий, как правило, проектируются без учета возможности возникновения дополнительных нагрузок от активного или оползневого давления грунта. В реальных условиях подпорным стенам и удерживающим конструкциям характерны локальные повреждения в виде: деградации кладки, возникновения вывалов, местной потери устойчивости, ограниченного сдвига, разрушения отдельных элементов и т.д. При этом повреждения подпорных стен или систем оползнеудержания может привести к возникновению запредельных нагрузок на свайные фундаменты зданий, находящихся в зоне влияния откосов грунта или оползней.

Учитывая, что активизация оползневых процессов, обрушения откосов грунта ежегодно приводят к значительному материальному и другим видам ущерба, целесообразно проведение исследований влияния тех или иных локальных повреждений в подпорных стенах и удерживающих сооружений на напряженно-деформированное состояние свайных фундаментов зданий, расположенных на удерживаемых территориях. Необходима разработка методов расчета их живучести и определение путей повышения безопасности эксплуатации в рассматриваемых условиях.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Исследованиями формирования горизонтальных нагрузок на сваи, их напряженно-деформированного состояния и несущей способности занимались такие ученые, как В. Г. Березанцев, Г. И. Глушков, Л. К. Гинзбург, В. Н. Голубков, С. П. Горбатов, Б. Н. Жемочкин, К. С. Завриев, Н. В. Лалетин, Н. С. Метелюк, В. С. Миронов, А. И. Прудентов, И. А. Симулиди, Н. К. Снитко, Г. Ф. Шишко, Г. С. Шпиро и др.

Одной из наиболее известных методик расчета опор глубокого заложения на горизонтальную нагрузку является методика К. Терцаги. Подробное изложение этой методики приведено в книге К. С. Завриева и Г. С. Шпиро [4]. Для расчета вертикальных удерживающих элементов на горизонтальную нагрузку эта методика была усовершенствована Л. К. Гинзбургом с учетом разработанной им расчетной схемы удерживающего элемента.

В работах Маций С.И. [5] и Деревенец Ф. Н. [6] рассмотрено влияние отпора грунта низового склона на несущую способность свайного удерживающего сооружения. Решение задачи изменения во времени реактивного отпора для изгибаемых противооползневых свай в случае установившегося вязкого течения отползающего от стенки массива было получено Бусловым А. С. и Ломакиным С. А. [7]. Вместе с тем, исследования трансформации напряженно-деформированного состояния свай здания на территориях, закрепленных удерживающими сооружениями или подпорными стенами в случае их локальных повреждений не проводились.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Цель исследования – выявить влияние повреждений в подпорной стене на напряженно-деформированное состояние свайного фундамента здания, расположенного вблизи удерживаемого откоса грунта.

Задачи исследования:

1. На основании численного эксперимента изучить влияние размера повреждения в подпорной стене и расстояния от здания до подпорной стены на напряженно-деформированное состояние свайного фундамента здания.
2. Обосновать необходимость проведения исследований в области устойчивости и живучести свайных фундаментов зданий, находящихся в зоне влияния удерживаемых откосов грунта и на закрепленных оползневых участках при локальных повреждениях подпорных стен и удерживающих сооружений.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Численные исследования проводились в программном комплексе Plaxis 3D Foundation. Для оценки влияния повреждения подпорной стены на усилия в сваях фундамента здания была построена конечно-элементная модель, представляющая собой произвольный участок грунтового массива размерами в плане 10х30 м, глубиной 15 м с перепадом высот 4 м (рис. 1).

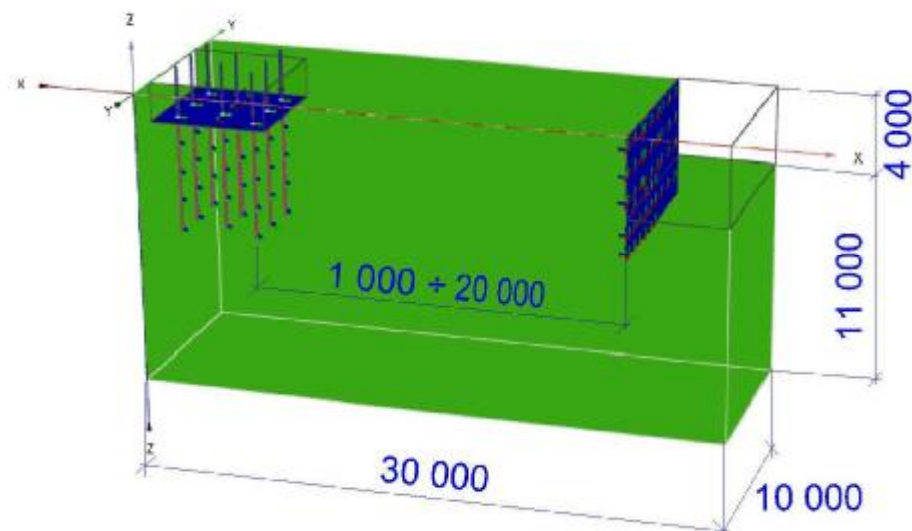


Рис. 1. Конечно-элементная модель

Грунтовой массив сложен пылевато-глинистыми грунтами. Для удержания откоса грунта использована подпорная стена толщиной 1 м, заглубленная в грунт основания на 2 м. Здание располагалось за подпорной стеной. Фундамент здания – свайный с размерами ростверка 6х6 м и железобетонными сваями диаметром 0,6 м и длиной 8 м, расположенными в шахматном порядке с шагом 2 м. Расстояние от крайнего ряда свай до подпорной стены изменялось в пределах от 1 м до 20 м.

В численном эксперименте варьировались: расстояние от подпорной стены до здания, характеристики грунта и размеры повреждения в подпорной стене, которые принимали значения 2х4 м; 3х4 м; 4х4 м; 5х4 м; 6х4 м. Анализировалось изменение

напряженно-деформированное состояние грунтового массива и свайного фундамента здания.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

На первом этапе эксперимента в качестве грунта использовался суглинок с небольшим сцеплением $C=7$ кПа. Введение повреждений в подпорную стену размерами более 4×6 м приводило к потере устойчивости откоса грунта. При расстоянии от подпорной стены до свай более 8 м и отсутствии грунтовых вод значительные дополнительные усилия в сваях не наблюдались.

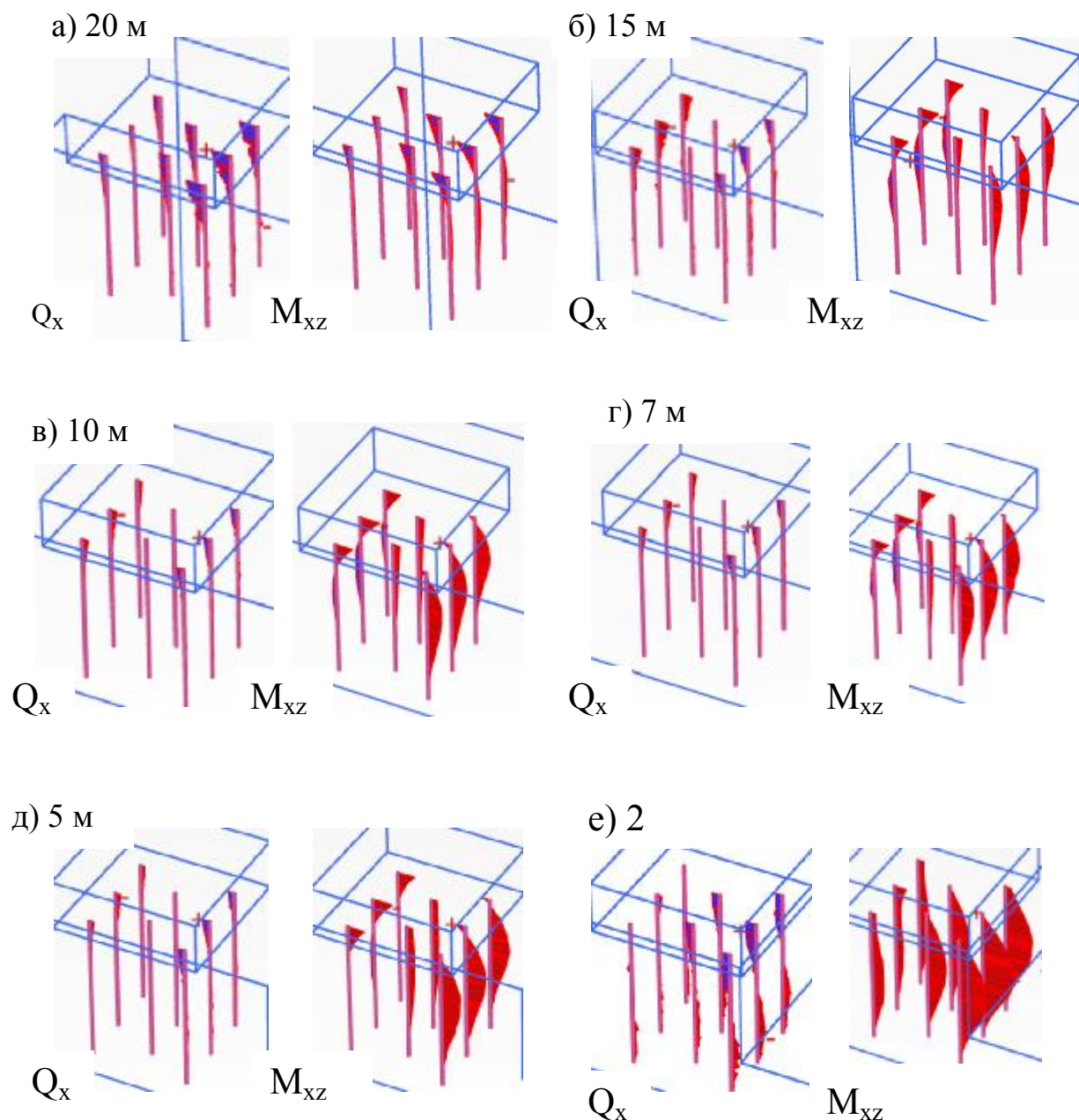


Рис. 2. Эпюры усилий Q_x и M_{xz} в сваях при расстоянии до подпорной стены а -20 м, б -15 м, в -10 м, г -7 м, д -5 м и е -2 м

На рис. 2 представлено изменение характера и ординат эпюр изгибающих моментов и поперечной силы в сваях по оси X с уменьшением расстояния до подпорной стены при размерах повреждения 3×4 м. Как видно из рисунка, дополнительная нагрузка, связанная с возникновением повреждения в подпорной стене, в наибольшей степени передавалась на первый и третий от подпорной стены ряды свай. Для третьего ряда свай уже на расстоянии 15 м от подпорной стены было характерно увеличение ординат эпюр

изгибающего момента и поперечных сил, изменение формы эпюры со сменой знака ординат.

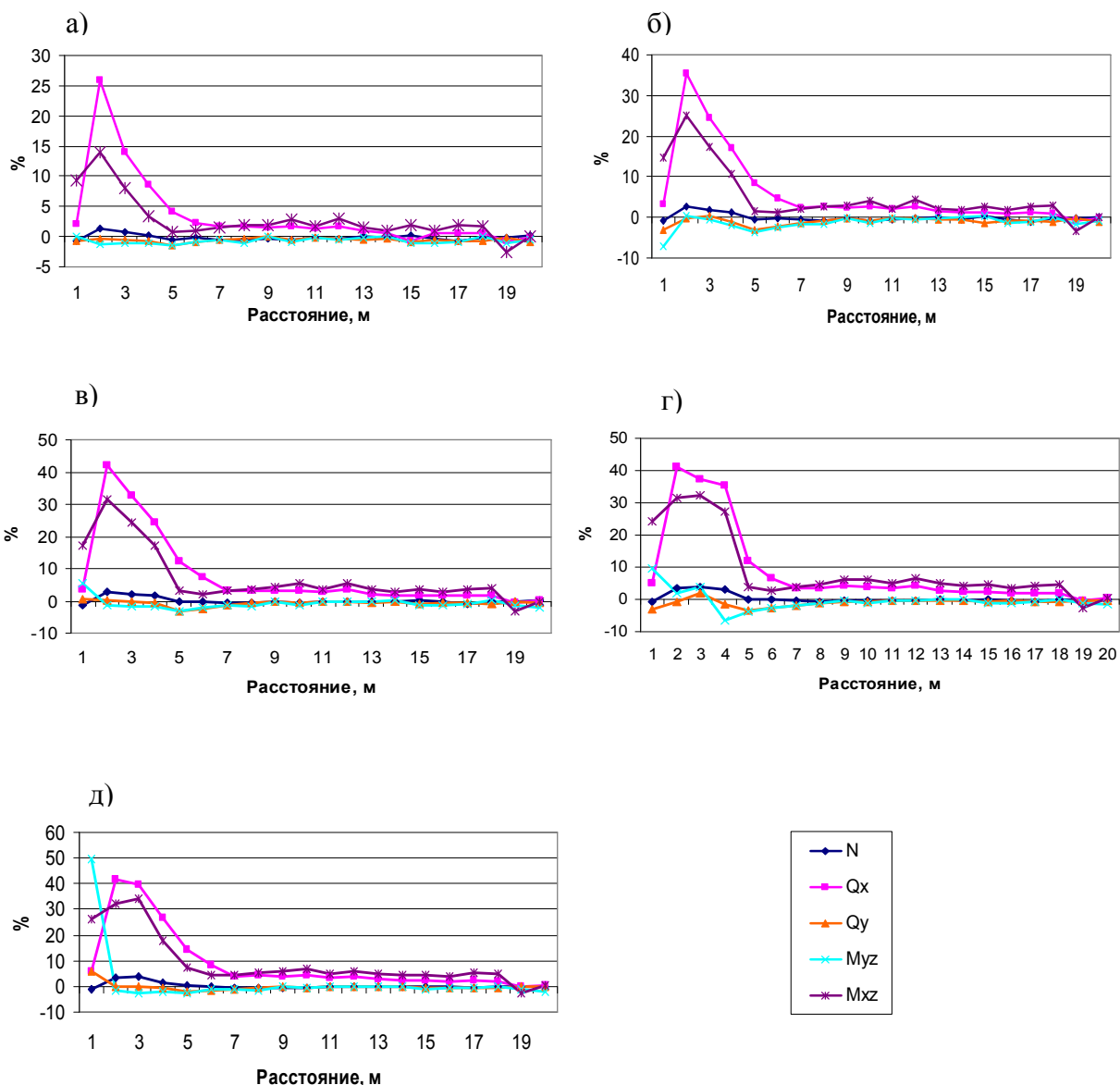


Рис. 3. Изменение максимальных значений усилий в сваях в зависимости от расстояния до подпорной стены при ее повреждении: а) 2x4 м; б) 3x4 м; в) 4x4 м; г) 5x4 м; д) 6x4 м

Сокращение расстояния между сваями и подпорной стеной до 2 м при рассматриваемом повреждении привело к увеличению максимальной поперечной силы в сваях первого ряда на 35%, а максимального изгибающего момента на 25%. Таким образом, дополнительное догружение свай в значительной степени зависит от их размещения в фундаменте.

Усилия, действующие по оси Y, изменялись незначительно (рис. 3). Это связано с центральным расположением зоны повреждения подпорной стены относительно свайного фундамента и отсутствием значительного арочного эффекта между сваями.

Максимальное увеличение усилий в сваях было достигнуто при расстоянии до подпорной стены 2 м и размерах повреждения 6 х 4 м, составило для изгибающего момента M_{yz} 50% от фонового значения и 41% для поперечной силы Q_x .

Продольная сила N в сваях начинала увеличиваться только при расстоянии до подпорной стены менее 5 м и изменялось не более, чем на 4% (рис. 4), что не является критическим для рассматриваемых свайных фундаментов.

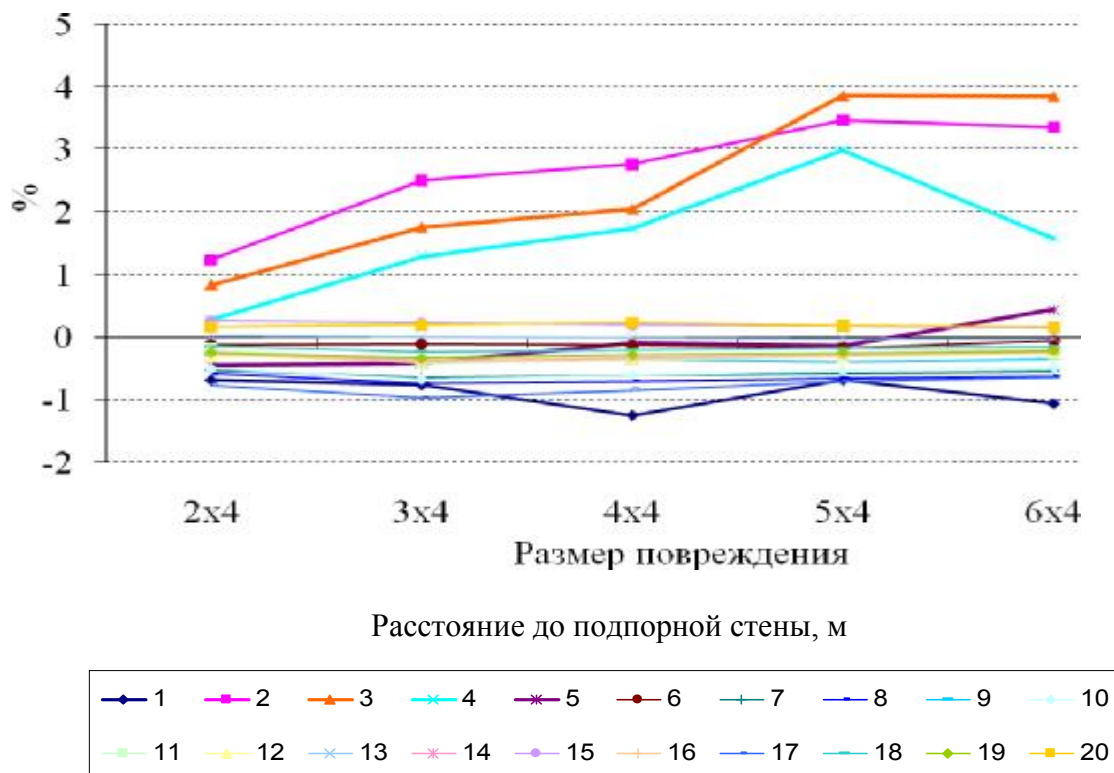


Рис. 4. Изменение максимального значения продольного усилия N в сваях в зависимости от размера повреждения подпорной стены

Наибольшие изменения при возникновении повреждений в подпорной стене претерпевали усилия M_{xz} и Q_x . При расстоянии до подпорной стены более 7 м увеличение усилия Q_x не превышало 4%. Для всех типов повреждения интенсивное увеличение поперечной силы происходило с уменьшением расстояния до подпорной стены менее 7 м. При расстоянии до стены 2 м Q_x достигала максимального приращения 26-42%.

Изгибающий момент M_{xz} на расстоянии более 5 м от подпорной стены изменялся в пределах 5-6%. При приближении к стене на расстояние менее 5 м момент интенсивно увеличивался. При расстоянии первого ряда свай от подпорной стены 2 м приращение момента M_{xz} составляло 14-32% относительно стадии с неповрежденной подпорной стеной.

Влияние размера повреждения подпорной стены на работу свайного фундамента прослеживается на рис. 5. Как видно из рисунка, при расстоянии от свай до подпорной стены более 10 м, повреждения в конструкции размером менее 6x4 м не приводили к значительному изменению в работе свайного фундамента здания. При меньшем расстоянии увеличение повреждения способствовало росту приращения усилий в сваях.

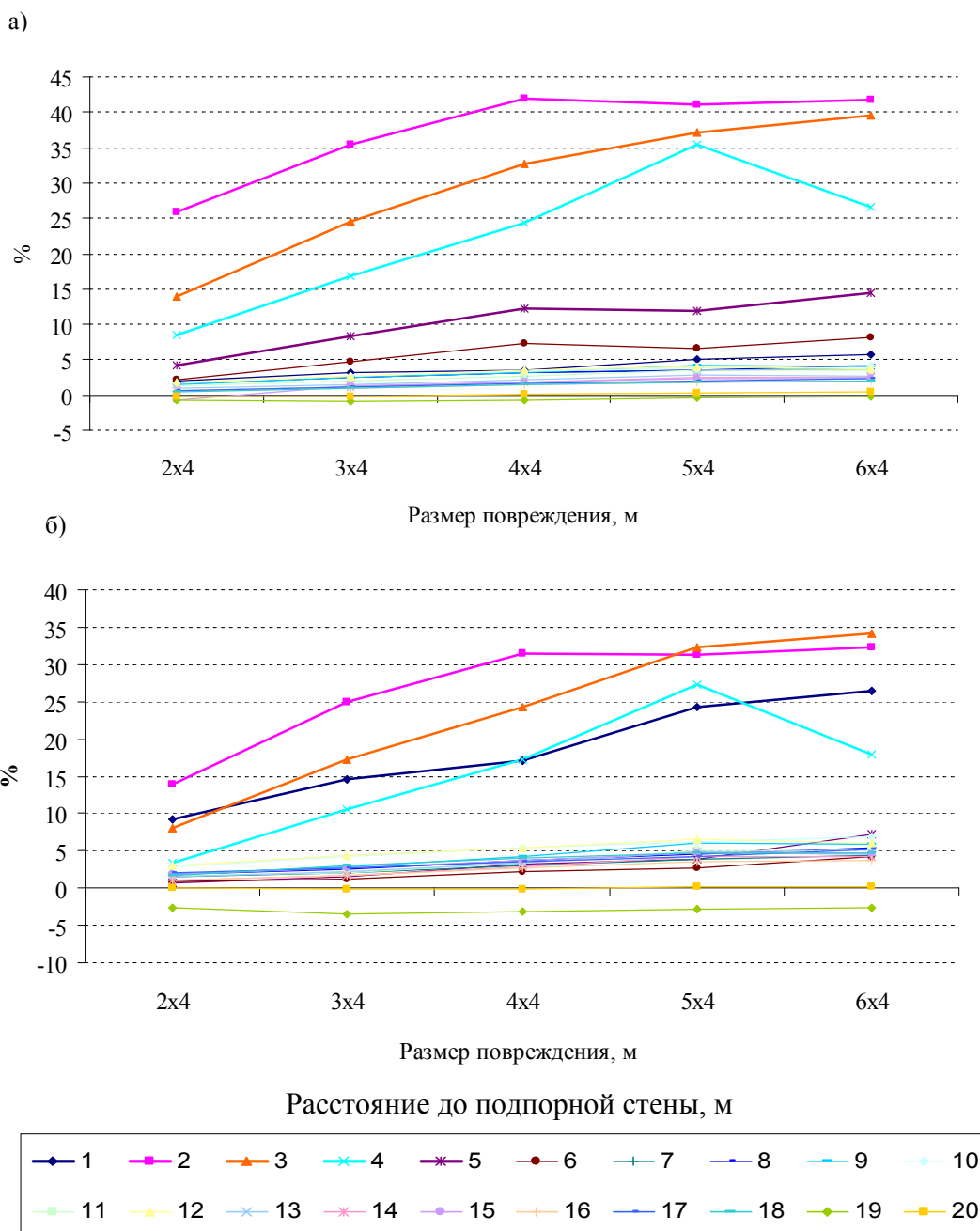


Рис. 5. Изменение максимальных значений поперечной силы Q_x (а) и изгибающего момента M_{xz} (б) в сваях в зависимости от размера повреждения подпорной стены

Численные исследования показали, что грунтовые условия оказывали существенное влияние на изменение напряженно-деформируемого состояния свайных фундаментов с возникновением повреждений в подпорной стене. С увеличением сцепления грунта чувствительность свай к запредельным воздействиям возрастала. На рис. 6 и 7 представлены диаграммы изменения максимальных значений поперечной силы и изгибающего момента вдоль оси X в сваях, погруженных в полутвердую глину с сцеплением $S=42$ кПа и твердую глину с сцеплением $S=70$ кПа. При размещении здания на расстоянии ближе 4 м от подпорной стены повреждения в ней приводили к увеличению максимальных усилий в сваях в 1,5 – 3 раза. Следует обратить внимание на характер изменения изгибающего момента. На расстоянии 7-10 м от подпорной стены на графиках появляется вторая точка экстремума с увеличением изгибающего момента на 20 %, что можно объяснить формированием нескольких плоскостей скольжения откоса грунта.

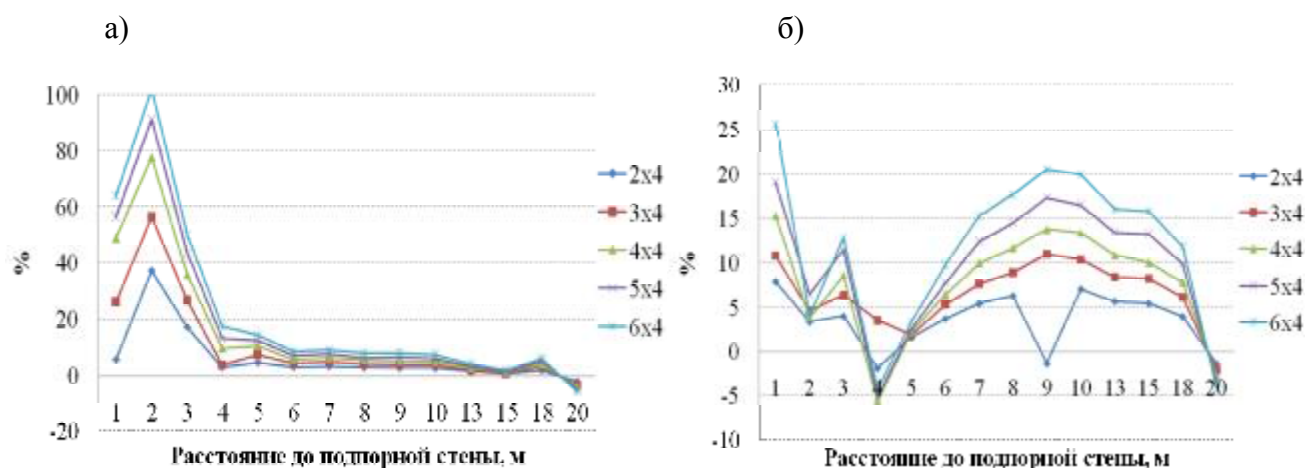


Рис. 6. Изменение максимальных значений поперечной силы Q_x (а) и изгибающего момента M_{xz} (б) в зависимости о расстояния до подпорной стены при различных повреждениях в стене (глина полутвердая, $C=42$ кПа)

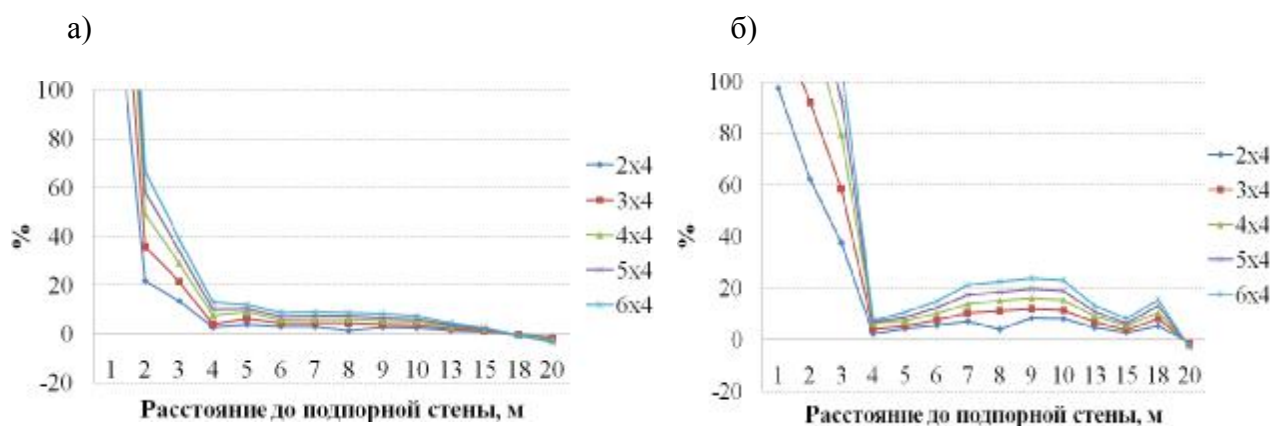


Рис. 7. Графики изменение максимальных значений поперечной силы Q_x (а) и изгибающего момента M_{xz} (б) в зависимости о расстояния до подпорной стены при различных повреждениях в стене (глина твердая, $C=70$ кПа)

ВЫВОДЫ

1. Повреждения подпорной стены приводят к возникновению значительных запредельных нагрузок на свайные фундаменты зданий, расположенных вблизи удерживаемого откоса грунта. При этом, горизонтальные догружения свай в несколько раз могут превосходить первоначальные усилия.

2. Величина догрузений свай зависит от размера повреждения, расстояния от здания до подпорной стены, конфигурации свайного фундамента здания, грунтовых условий. Распределение дополнительной нагрузки между сваями неравномерно и зависит от многих факторов. Наибольшие приращения усилий происходят в сваях первого ряда. В наибольшей степени возрастают изгибающий момент M_{xz} и поперечная сила Q_x .

3. При проектировании зданий у откосов грунта необходимо учитывать возможность возникновения запредельных воздействий на фундаменты при возникновении повреждений в удерживающих откосы подпорных стенах. В связи с этим, для разработки методик определения уровня догружения свай и расчета живучести свайных фундаментов необходимы дальнейшие экспериментальные и теоретические исследования

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деревенец Ф. Н. Взаимодействие оползневого грунта со сваями с учетом конфигурации удерживающего сооружения: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук :05.23.02 / Ф. Н. Деревенец. - Волгоград, 2006. - 24 с.

2. Гинзбург Л. К. Противооползневые удерживающие конструкции. - М., Стройиздат, 1979. - 80 с.
3. Основания и фундаменты: Справочник/Под ред. Г. И. Шевцова – М.: Высш. шк., 1991. – 383 с.
4. Завриев К. С., Шпиро Г. С. Расчеты фундаментов мостовых опор глубокого заложения. - М., Транспорт, 1970. - 206 с.

УДК 69.057; 69.07

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ ЖИЛЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ КАРКАСНО-СВЯЗЕВОЙ СХЕМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛЁГКИХ БЕТОНОВ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ КРЫМА

Пушкарёв Б.А., Арбузова Т.А., Здоровенко А.А.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Рассмотрены технико-экономические показатели, применяемые для определения эффективности строительства зданий различных конструктивных схем. Выполнен анализ публикаций по сборно-монолитному способу строительства. Сделан обзор строительства сборно-монолитных зданий. Приведены преимущества этого класса строительства по сравнению со сборным и монолитным строительством. Обращено внимание на необходимость выполнения технико-экономических расчётов при выборе конструктивных схем, материалов и методов строительства в сейсмических районах Крыма. Сформулированы цель и задачи научно-исследовательской магистерской работы А.А. Здоровенко.

Сборно-монолитное строительство, лёгкий бетон, сейсмика, многоэтажные жилые здания, технико-экономические показатели, эффективность

ВВЕДЕНИЕ

В проектной практике экономическая эффективность применяемых в строительстве материалов и изделий рассчитывается при сравнении нескольких возможных вариантов принимаемых решений с использованием взаимозаменяемой продукции, а также для определения рациональной области применения новых материалов и изделий. При сравнении вариантов выбирается лучший материал (по эффективности применения), который определяется наименьшей суммой приведенных затрат с учетом капитальных вложений в производство данной продукции; наименьшая трудоёмкость строительства, наименьшие затраты на машины и механизмы; наилучшая технология строительства; наименьшая себестоимость строительства и эксплуатации с учётом их экологичности, а также наименьшие энергозатраты на производство материалов, на строительство и эксплуатацию здания. На эффективность строительства также влияют объёмно-архитектурные, конструктивные решения и способы строительства: монолитные, сборные и сборно-монолитные. Сборно-монолитный класс строительства, в последнее время, заказчики и проектировщики применяют очень редко. Однако, только этот класс строительства зданий может включать в себя лучшее в железобетоне: применение высокопрочных сталей; применение сборных предварительно-напряжённых конструкций из тяжёлых и лёгких бетонов; замена ручного труда механизированным с изготовлением большей части конструкций на заводах железобетонных изделий; создание жёстких конструктивных схем, не уступающих монолитным.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Исследованиями в области сборно-монолитных конструкций занимались В.Н. Байков, А.П. Васильев, А.А. Гвоздев, Е.П. Гуоров, О.О. Довженко, С.А. Дмитриев и др. [1-

7,10-12]. А.А. Гвоздев, А.П. Васильев, С.А. Дмитриев в своей работе предложили модель для изучения сцепления нового бетона со старым [1]. Учёные Полтавского института О.О. Довженко, В.В. Погребний, Т.Ю. Качан, А.Р. Скубицкий [2,3] в 2010 - 2011 годах провели экспериментальные исследования клеевого соединения нового бетона со старым на примере образцов Гвоздева и Мерша. Е.П. Гуров из Санкт-Петербурга в своей работе [4] предложил новую конструкцию сборно-монолитных ригелей вписанных в толщу перекрытия (со скрытыми опорными консолями) и как вариант - сборно-монолитный ригель, выступающий за нижнюю плоскость перекрытия (с открытыми опорными консолями). А.С. Семичев в своей работе [8] обосновывает целесообразность применения сборно-монолитных систем для многоэтажных зданий. Белорусские строители впервые в мире разработали и построили девятиэтажные здания с монолитными ригелями из напрягающего бетона и предварительно напряжёнными многопустотными плитами дисков перекрытий с хорошими технико-экономическими показателями. Б.А. Пушкарёв и П.А. Кореньков [10] предложили новую конструкцию сборно-монолитного перекрытия с применением предварительно напряжённых многопустотных панелей исключая применение инвентарной опалубки для бетона замоноличивания.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Авторы поставили перед собой цель: в магистерской дипломной научно-исследовательской работе А.А. Здоровенко выполнить анализ эффективности строительства сборно-монолитных многоэтажных зданий каркасно-связевой схемы с применением лёгких бетонов в сейсмических районах Крыма, для чего выполнить следующие задачи:

- определить технико-экономические показатели эффективности сборно-монолитного строительства жилых многоэтажных зданий каркасно-связевой схемы с наружным контуром из лёгких бетонных блоков в сейсмических районах Крыма;
- определить технико-экономические показатели эффективности сборно-монолитного строительства жилых зданий каркасно-связевой схемы с наружным контуром из лёгких бетонов и панелями перекрытия из керамзитобетона в сейсмических районах Крыма;
- выполнить сравнение технико-экономических показателей эффективности строительства многоэтажных монолитных жилых зданий каркасно-связевой схемы из тяжёлого бетона и сборно-монолитных с применением лёгких бетонов в сейсмических районах Крыма и дать предложения по применению наиболее эффективного варианта.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ публикаций, статей и патентов, с последующим определением технико-экономических показателей с учётом себестоимости, сроков строительства зданий, стоимости применённых железобетонных конструкций и энергозатратности на их производство.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Анализ проектов показывает, что при строительстве зданий со сборно-монолитным каркасом, резко снижается номенклатура применяемых конструкций и изделий. Количество необходимых элементов ограничено 8 -10 наименованиями: это могут быть колонны (сечением 0,4х0,4 м высотой на 1 - 2 этажа), плиты пустотного настила (любой длины до 12м), панели шахт грузопассажирских лифтов, диафрагмы жесткости, вентиляционные блоки, лестничные марши. Поэтажно опертые стены (наружные и перегородочные) возводятся из вибропрессованных мелких камней или кирпича. Теплоизоляция наружных стен осуществляется с помощью пенополистирольных или минерализованных плит, или ячеистобетонных блоков плотностью 400 - 450кг/м³. Для ограждения каркаса зданий могут использоваться и панели, но технология их изготовления должна предусмотреть возможность изменения их габаритов, главным образом длины.

Процесс строительства может включать в себя обустройство свайного поля для отдельных блок-секций с заливкой ростверков фундаментов со стаканами, расстановку

сетки колонн и их фиксацию с помощью поддерживающей опалубки. Опалубка (инвентарная), доски (шириной 0,6м), как правило, изготавливаются из фанеры и поддерживаются двумя брусками, а также металлическими лесами. Опалубка устанавливается между колоннами и на нее укладываются плиты пустотного настила, изготовленные методом безопалубочного формования. Достоинство последних - любая длина и высокая несущая способность при пониженном вдвое расходе металла (проволоки ВрII диаметром 5 мм).

Между торцами плит отстоящих друг от друга на 400мм вставляется арматурный каркас, который фиксируется проволокой с арматурой колонн и в дальнейшем служит для армирования несущего или связевого ригеля. В проёмы между плитами укладывается бетонная смесь, которая заходит в заглушённые пустоты плит на глубину 100 - 150 мм, образуя шпонки. Шпонки могут быть усилены за счет армирования. Полученный монолитный ригель располагается внутри перекрытия, что обеспечивает гибкость планировочных решений и возможность трансформации внутреннего пространства здания.

В результате многочисленных испытаний установлено, что несущая способность каркаса значительно повышается за счет защемления (распора) нижней зоны плит пустотного настила. Кроме того, при значительном пролете (более 7м) плиты раздвигаются, и между ними вставляется и бетонируется арматурный каркас, что повышает жесткость перекрытия и позволяет возводить здания с шагом колонн до 9х9м.

По данным предприятий освоившим строительство зданий со сборно-монолитным каркасом, последние имеют по сравнению с панельными домами

- удельный расход металла ниже на 32%,
- удельный расход железобетона ниже на 35%,
- стоимость возведения коробки здания ниже на 24%.

Сборно-монолитный каркас здания (сооружения), работающий как рамносвязевая система, воплотил в себе положительные свойства, как полносборного каркаса, так и ряд преимуществ монолитных конструкций. Жесткое сопряжение ригеля с колонной (уменьшение пролетного изгибающего момента за счет перераспределения его на опорный), а также включение в работу сборно-монолитного ригеля примыкающих участков перекрытия (расчетное тавровое сечение) позволило значительно уменьшить расход железобетона на 1 м² общей площади здания по сравнению с другими расчетными схемами несущих каркасов. Расход сборного железобетона в сборно-монолитном каркасе составляет 0,1...0,15 м³ на 1 м² смонтированного каркаса. Высота этажа ограничений не имеет и зависит только от прочностных характеристик колонн, поэтому применение каркаса возможно для зданий различного назначения: жилых, общественных, производственных, административно-бытовых, а также при строительстве мостов и путепроводов.

Колонны могут быть сечением от 200х200 мм до 400х600 мм и изготавливаются в форме длиной до 24 м. Материал колонн - тяжелый бетон классов В15-В30. Для сопряжения колонн с ригелями, в них в уровне перекрытия предусматриваются участки с открытой арматурой, усиленной арматурными связями. Стыковка колонн осуществляется без сварки – при помощи “штепсельного” стыка и обеспечивается за счет пропуска продольных арматурных стержней одной колонны в тело другой, что позволяет соединять колонны одного размера сечения с другим. Высота этажа допускается любая. Это обусловлено гибкостью технологии и универсальностью оборудования.

Сборные ригеля могут быть ненапряженные и предварительно-напряженные сечением от 80х300мм и более с пролетом до 15,0м. Расчётным сечением ригеля является тавр, полкой которого служит перекрытие.

Материал ригелей - тяжёлый бетон класса В30, продольное армирование предварительно напрягаемыми канатами 12 К7.



Рис. 1. Узел сопряжения колонна-ригель

Сопряжение ригеля с колонной жесткое (рис.1). Здания высотой до 6 этажей включительно не имеют диафрагм жесткости. Все усилия воспринимаются жесткими (рамными) узлами каркаса. Здания высотой более 6 этажей имеют диафрагмы жесткости, которые совместно со сборно-монолитным каркасом воспринимают расчетные усилия.

Замоноличивание узла сопряжения производится бетоном класса В30. Универсальность оборудования позволяет изменять сечение и длину выпускаемых ригелей в соответствии с расчетными данными для различных зданий и нагрузок на перекрытия. Перекрытие состоит из предварительно напряжённых железобетонных плит (несъёмная опалубка) или пустотного настила.

Перекрытие с применением предварительно напряжённых железобетонных плит состоит из плит толщиной 60мм, служащих несъёмной опалубкой и монолитного армированного слоя толщиной 80-140 мм укладываемого сверху. Сцепление монолитного слоя со сборной плитой осуществляется за счёт шероховатой верхней поверхности плиты, выполняемой в заводских условиях путём обнажения крупного заполнителя. Материал плит - тяжёлый бетон класса В35. Продольное армирование предварительно напрягаемой проволокой 5 ВрII.

При бетонировании монолитного слоя плита-опалубка, включая и ригели, устанавливается на металлодеревянный брус с системой инвентарных опор. Жесткость диска перекрытия достигается за счёт укладки арматурных сеток на стыках плит и над ригелями. Монолитный слой перекрытия выполняется из тяжёлого бетона класса В15-В25. Узел соединения “колонна-ригель-плита” является монолитным (рис.2). Каркас собирается без применения сварки.



Рис. 2. Фрагмент опирания ригелей на колонну

Конструктивная схема с применением пустотной плиты, которая при шаге колонн до 9м, полностью сохраняет достоинства сборно-монолитного каркаса с применением плиты (несъёмной опалубки) и в настоящее время находит все более частое применение.

Сделанный анализ показывает, что в современной практике в сборно-монолитном строительстве для несущих конструкций применяется в основном тяжёлый бетон. Однако есть все технические возможности применить плиты перекрытия из керамзитобетона. Поэтому значительный интерес представляет собой сравнение технико-экономических показателей эффективности строительства многоэтажных монолитных жилых зданий каркасно-связевой схемы из тяжёлого бетона и сборно-монолитных с применением лёгких бетонов в сейсмических районах Крыма.

Результаты исследования и их анализ доложены на защите дипломной научно-исследовательской работы А.А. Здоровенко в июне 2014 г.

Выводы

1. Выполнен анализ публикаций по сборно-монолитному способу строительства.
2. Приведены обоснования применения сборно-монолитных конструкций из тяжёлых и лёгких бетонов.
3. Сформулирована цель и составлен план научно-исследовательской магистерской работы Здоровенко А.А. по определению эффективности строительства сборно-монолитных многоэтажных зданий каркасно-связевой схемы с применением лёгких бетонов в сейсмических районах Крыма
4. Исследование данной проблемы позволит определить наилучший вариант применения сборно-монолитного строительства в сейсмических районах Крыма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гвоздев А.А. Изучение сцепления нового бетона со старым / А.А. Гвоздев, А.П. Васильев, С.А. Дмитриев. – М., Л.: ОНТИ. – 1936. – 55 с.
2. Довженко О.О. Дослідження опору бетону зрізу на зразках Е. Мерша / Довженко О.О., Погрибний В.В., Качан Т.Ю. // Збірник наукових праць (галузеве машиновудування, будівництво). – Полтава: Полтавський національний техн. Ун-т Юрія Кондратюка, Полт. НТУ. – 2010. – Вип. 2(27). – С. 31 – 38.
3. Довженко О.О. Экспериментальные исследования клеевого соединения нового бетона со старым при срезе на примере образцов Гвоздева / О.О. Довженко, В.В. Погрибной, А.В. Скубицкий. //«Бетон и Железобетон в Украине», – 2011. – № 3. – С. 13 – 15.
4. Гуров Е.П. Анализ и предложения по конструктивной надёжности и безопасности сборно-монолитных перекрытий в каркасе серии Б 1. 020.1 – 7 (в системе «АРКОС») / Е.П. Гуров. //«Бетон и железобетон», 2012 – №2. – С. 6-11.
5. Семченков А.С. Регионально-адаптированные сборно-монолитные строительные системы для многоэтажных зданий / А.С. Семченков. // «Бетон и железобетон», 2010. – №3. – С. 2-6.
6. Железобетонные конструкции. Основы теории, расчёта и конструирования // Учебное пособие для студентов строительных специальностей. Под ред. проф. Т.М. Пецольд и проф. В.В. Тура. – Брест, БГТУ, 2003 – 380 с., с ил.
7. В.Н. Байков, Э.У Сигалов. Железобетонные конструкции. Общий курс: Учебн. для вузов. – 5-е изд. Перераб. и доп. - М. Стройиздат, 1991. – 767 с.: ил.
8. Никонов Н.Н. Введение в специальность. Восемь лекций о профессии: учеб пособие / Н.Н. Никонов. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов. –2005. – 272 с.
9. Проектирование железобетонных сборно-монолитных конструкций / Н.-и, проект.-конструкт. и технолог. ин-т бетона и железобетона. – М.: Стройиздат. 1991. – 69 с.: ил. – (Справочное пособие к СНиП).
10. Пушкарёв Б.А. Сборно-монолитные железобетонные конструкции. Сферы применения и особенности расчёта / Пушкарёв Б.А., Кореньков П.А. //

Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь: НАПКС. – 2013. – Вып. 46. – С. 24 – 29.

11. Пушкарёв Б.А., Кореньков П.А. Методические указания по расчёту и конструированию сборно-монолитных железобетонных конструкций. – Симферополь, НАПКС. – 2013. – 25 с.
12. Пушкарёв Б.А. Особенности научного подхода к оценке экономической эффективности использования строительных материалов / Пушкарёв Б.А., Кононов В.П. // Экономика и управление. – Симферополь: НАПКС. – 2013. – №2. – С. 100 – 103.

УДК 69.059.7:693.55

РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ УСИЛЕНИЯ ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ И ОСНОВАНИЯ В ПРОЕКТЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЯ ШКОЛЫ В ПГТ. СИМЕИЗ

Шаленный В.Т., Акимов С.Ф., Ким М.Л.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Работа посвящена разработке и использованию новой технологии усиления ленточных фундаментов и основания в проекте реконструкции здания школы в п.г.т. Симеиз. Школа представляет собой непригодное для нормальной эксплуатации сооружение. Согласно поставленной задаче и возможностей подрядчика была разработана технология и организация, а впоследствии, при детальной проработке была предложена и запатентована новая технология усиления фундаментов и стен с частичной разгрузкой старого ленточного фундамента.

Реконструкция, усиление, ленточный фундамент, железобетонная обойма

ВВЕДЕНИЕ, АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Реконструкция и реставрация зданий требует разработки технологических приёмов по их укреплению. Особенно это касается укрепления старинных каменных построек, расположенных в сейсмически активных зонах Украины. С такой задачей столкнулись авторы данной работы, получив задание от заместителя поселкового головы Лях Е.Г. (решение №200, от 18 октября 2011г., пгт. Симеиз, о разрешении исполкому на выполнение проектно-изыскательных работ по реконструкции здания начальной школы в пгт. Симеиз). Несмотря на большое количество публикаций по данной теме [1-3], а также имеющееся нормативное обеспечение [4-6], каждый из подобных объектов имеет свои особенности, требующие соответствующих научно-проектных обоснований и разработок.

Вообще известны и распространены способы усиления фундаментов путем отрывания рядом с ними траншей, установки в них сборных железобетонных блоков, в которые закладывают арматуру с дальнейшим её натягиванием с помощью домкратов для уплотнения грунта с последующим заполнением бетоном зазора, который образовался [9]. Упомянутый способ может применяться преимущественно при усилении фундаментов под отдельно стоящие колонны, и в таком виде не может быть использован для усиления ленточных фундаментов под несущие каменные стены.

Более близким по технической сущности и техническому результату, который достигается, является «Способ усиления опоры». В этом предложении реализован способ усиления опоры, который включает увеличение площади фундамента, когда снаружи старого фундамента устанавливаются арматуру и болтовые соединения нового фундамента, верхнюю отметку которого выполняют выше верхней отметки старого фундамента. На этой высоте закрепляют горизонтальные стальные элементы новой опоры на

дополнительно установленные фундаменты. После чего предусматривается разрушение нижней части опоры и последующее бетонирование пространства между старым и установленным фундаментом.

Недостатком данного способа, ограничивающим его применение является то, что он тоже может применяться только при усилении фундаментов под отдельно расположенные стальные колонны и не может в таком виде быть использован при усилении ленточных фундаментов под несущие каменные стены нашего объекта.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель – разработка нового способа усиления ленточных фундаментов стен железобетонной обоймой с достижением технического результата - создания предварительного напряжения в элементах усиления с частичной разгрузкой существующего фундамента в проекте реконструкции здания школы в п.г.т. Симеиз.

Задачи:

1. Изучение состояния конструкций, литературных и патентных источников, окружающих зданий и сооружений, а также возможностей подрядной строительной организации;
2. Дальнейшее совершенствование технологии усиления ленточных фундаментов и основания с разработкой проекта производства работ и подачи заявки на полезную модель.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

При изучении существующей ситуации использовались методики визуального и инструментального обследования состояния конструкций начальной школы, данные технических обследований, проведенных «Крымской КАРМ «Укрпроектресторвация» от 18 февраля 2012 года, заказчик – исполнительный комитет Симеизского поселкового совета».

Далее, на основании анализа литературных и патентных источников [7-8], в развитие запроектированной технологии усиления, сформировались предложения по новой конструкции и технологии усиления внутренних несущих стен и фундаментов двухэтажного здания начальной школы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Реализация поставленных задач достигается за счет того, что создается предварительное напряжение в элементах усиления с частичной разгрузкой существующего фундамента. Сущность предложенного способа объясняется представленными графическими материалами, где на рис. 1 показан этап устройства нижней части нового фундамента и выполнения штраб во внешней несущей стене. На рис. 2 представлен этап создания стальных конструкций усиления и их включения в работу, а затем – устройство опалубки и бетонирование железобетонной обоймы. На рис. 3 показан готовый усиленный ленточный фундамент с предварительно напряженной железобетонной обоймой.

Осуществляется способ следующим образом. С двух сторон старого ленточного фундамента 1 под несущую стену 2 отрывают траншею 3, как показано на рис.1. Потом снаружи с двух сторон старого фундамента 1 устанавливают арматуру и бетонируют нижнюю часть нового фундамента 4, а сверху, во внешней стене 2, выполняют продольные штрабы 5 выше верхней отметки старого фундамента 1. На этом уровне также создают отверстия 6 для дальнейшего монтажа в них шпилек 7. В старом ленточном фундаменте 1, выше уровня забетонированных новых плитных фундаментов 4 также устанавливают горизонтальные отверстия 8, а в них – винтовые шпильки 9. Далее, либо вместе с указанными выше операциями, на фундаменте 4 монтируют горизонтальные стальные балки 10, например из швеллера. Такие же балки 11, через отверстия в них, с помощью шпилек 7 монтируют в штрабах 5 стены 2. Это происходит путем стягивания гаек 12 винтового соединения на стене 2.

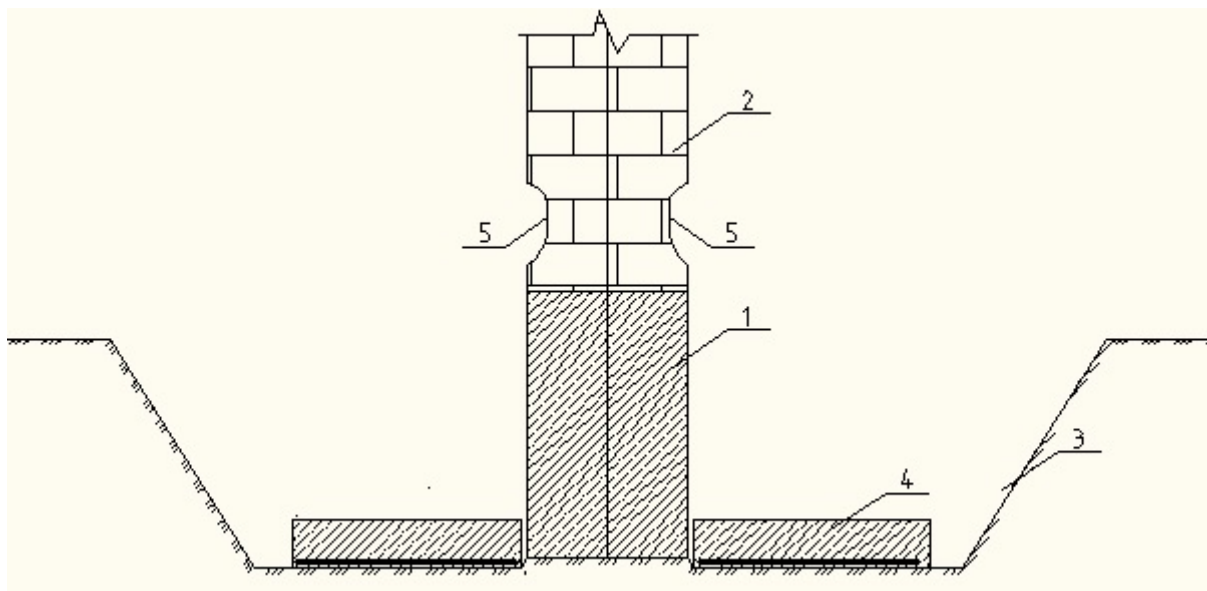


Рис. 1. Процесс отрывки траншеи, устройства штраб в стене и бетонирования дополнительных плитных фундаментов

Следующим этапом, между верхними швеллерами 11 на стене 2 и нижними 10 на фундаменте 4 монтируют на шарнирах наклонные подкосы 13. Эти подкосы 13 в нижней части одновременно насаживают и на соединительную шпильку 9. На нее устанавливают гайки 14 и начинают процесс стягивания подкосов 13 вместе с балками 10 для создания предварительного напряжения, как показано на рис. 2. В этом процессе одновременно происходит частичное снятие напряжения с фундамента 1 с передачей его на фундаменты 4 и уплотнение грунта под подошвами как новых фундаментов 4, так и существующего ленточного фундамента 1. Зона уплотнения, которая при этом возникает, заштрихована на рис. 2 и 3.

Чтобы обеспечить долгосрочную последующую эксплуатацию созданного усиления, проводят его обетонирование. Для чего устанавливают опалубку 15, как изображено на рис. 2. Далее в созданную полость укладывают бетонную смесь 16, после набора прочности, опалубку 15 демонтируют. Делают обратную засыпку траншеи 3, создав таким образом существенное усиление ленточного фундамента 1 с его обетонированием 16.

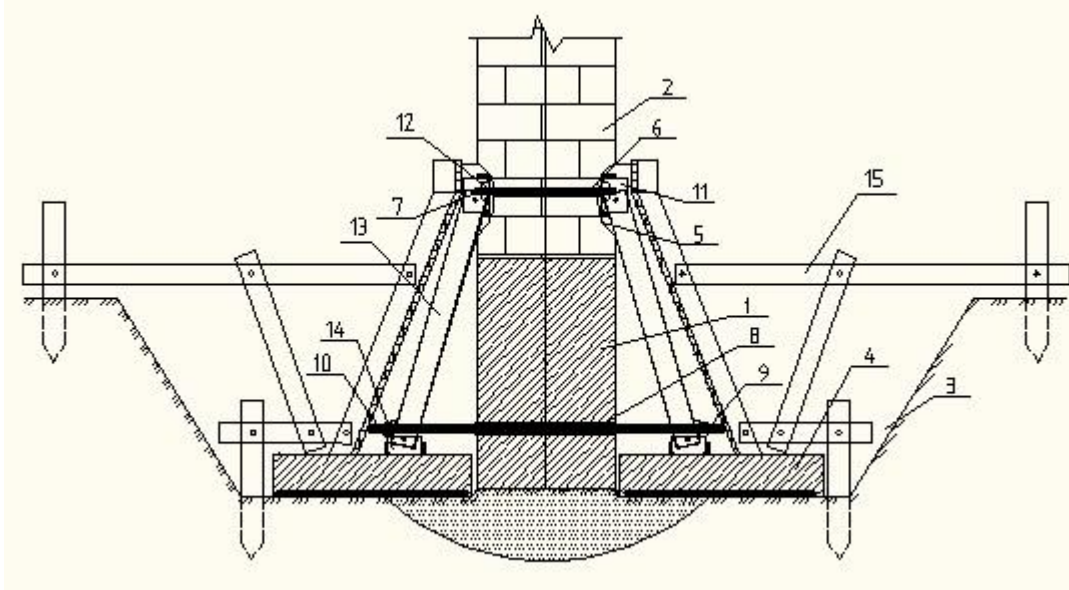


Рис. 2. Процесс установки опалубки после монтажа стальных элементов усиления и их включения в работу завинчиванием

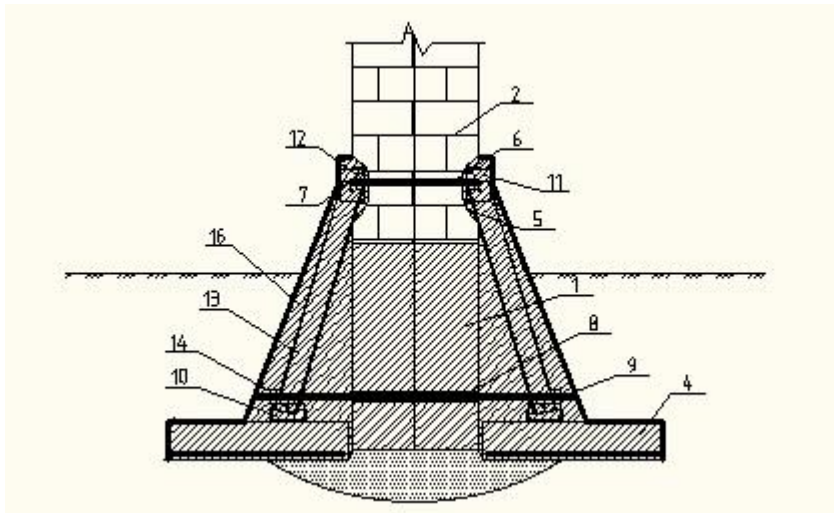


Рис. 3. Готовый к эксплуатации усиленный ленточный фундамент

Таким образом, предложенный и детализированный выше способ усиления ленточных фундаментов стен железобетонной обоймой обеспечивает создание предварительного напряжения в элементах усиления с частичной разгрузкой существующего фундамента.

Выводы

1. В результате изучения состояния конструкций существующего здания и известных технических решений предложена и запатентована новая технология усиления фундаментов и стен с частичной разгрузкой старого ленточного фундамента.

2. Детальное проектирование технологии и оценка ее технико-экономической эффективности по сравнению с вариантом, предусматривающим разгрузку, разборку и устройство новых несущих конструкций внутренней стены здания предполагается выполнить как результат нашей магистерской работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колосков В.Н., Олейник П.П., Тихонов А.Ф. Разборка жилых зданий и переработка их конструкций и материалов для повторного использования. – М.: Изд-тво АСВ, 2004. – 200с.
2. Березюк А.М., Шаленний В.Т., Дікарев К.Б., Кириченко О.О. Реконструкція промислових та цивільних будівель. Навч. посібник. – м. Дніпропетровськ, ТОВ «ЕНЕМ», 2010. – 184с.
3. Савйовский В.В., Болотских О.Н. Ремонт и реконструкция гражданских зданий. Харьков: Издательский дом «Ватерпас». 1999. – 288с.
4. ДБН А.3.1-5-2009. Управление, организация и технология. Организация строительного производства; Введ. 01.09.10. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 80 с.
5. ДБН А.3.2-2-2009. Охрана труда и промышленная безопасность в строительстве. Введ. 01.04.2012. – К.: Минрегионстрой Украины, 2009. – 126с.
6. ДБН В.1.2-12-2008. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. Введ. 01.01.2009. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 34с.
7. Патент UA №89113 C2, Кл. E04G11/00, E04G15/00, E02D5/18. Опалубный элемент для обмеження ділянки траншейної стінки, опалубна деталь та спосіб виготовлення траншейної стінки в ґрунті. /Штьотцер Е.Е., Герресен Ф.В., Венгер Р. -№а200804984; Заявл. 17.04.08; Опубл. 25.12.09, Бюл. №24. -2с., іл.
8. Патент UA №11432 U, Кл. E04G21/26, E04G3/00. Пристрій для зведення монолітних залізобетонних споруд. /Повалінський С.П., Денисова Н.І. - №u200506811; Заявл. 11.07.05; Опубл. 15.12.05, Бюл. №12. -4с., іл.
9. www.dissercat.com/content/tekhnologiya-usileniya-kamennykh-kladok-starinnykh-postroek#ixzz2Gc3JEHW3

РАЗДЕЛ 5. ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 622.002.5

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ФИЛЬТРОВАНИЯ С НЕПОДВИЖНЫМ ФИЛЬТРОЭЛЕМЕНТОМ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Николенко И. В., Каримов Э.А.

Рассмотрены вопросы моделирования процесса гидродинамического фильтрования в системах оборотного водоснабжения производства строительных материалов. Проанализированы методы очистки сточных вод таких производств. Установлено, что внедрение в системах оборотного водоснабжения гидродинамического фильтрования позволяет эффективно использовать его преимущества. Представлена расчетная схема процесса гидродинамического фильтрования, на основе которой разработана математическая модель для определения критического диаметра частиц при фильтровании на неподвижном фильтроэлементе.

Производство строительных материалов, промышленные стоки, оборотное водоснабжение, гидродинамическое фильтрование, концентрация, расход, тонкость очистки, критический диаметр частицы

ВВЕДЕНИЕ

Вода в промышленном производстве необходима для обеспечения основных и вспомогательных технологических процессов, а также на пожаротушение и хозяйственно-питьевые нужды предприятий. Количество и качество технической воды, определяется масштабом и характером его технологических процессов. Показатели качества воды, ее расходы, применяемые системы промышленного водоснабжения и водоотведения в значительной степени определяют качество и себестоимость выпускаемой продукции.

Современная экологическая ситуация характеризуется повышением внимания к вопросам энергосбережения и ресурсосбережения в производстве, что напрямую связано с качеством и расходом используемой в технологических процессах воды. Сложившийся уровень понимания экологических проблем требуют ограничения неоправданных расходов водных ресурсов и сбросов промышленных стоков в природные водоемы. Решение этой проблемы для промышленных предприятий во многом связано с организацией систем оборотного водоснабжения, которые являются резервом сбережения водных ресурсов любого производства. При внедрении оборотных систем промышленного водоснабжения создаются резервы по сокращению расхода свежей воды, и уменьшаются сбросы очищенных стоков в водоемы. Эта задача не может быть решена без надежной постоянной очистки циркулирующей оборотной воды от загрязнений. Поэтому очистка промышленных сточных вод представляет важную технологическую и методическую задачу по разработке эффективных способов повторного использования очищенной воды в производственном процессе.

Необходимость совершенствования оборудования и внедрения современных технологических процессов очистки промышленных сточных вод ПСМ обуславливается не только объемами потребляемой воды, масштабами нерешенных на должном уровне задач, но и невозможностью откладывать их решение на будущее в связи с проблемами снабжения чистой водой на хозяйственно-бытовые нужды.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В ПСМ вода используется как в основных, так и во вспомогательных технологических процессах. Условно использование воды в ПСМ можно разделить на следующие группы [3, 4]. .

Технологические воды являются рабочей средой в технологических процессах. К таким основным технологическим процессам в ПСМ относятся: мокрое обогащение нерудных полезных ископаемых, гидродобычу, гидротранспорт, гидропромывка и т. д. После этих технологических процессов вода сильно загрязняется и для повторного использования требует очистки.

Охлаждающие воды образуются при охлаждении оборудования, машин и аппаратов, которые используются в основном технологическом процессе. Эти воды в основном имеют так называемые "температурные" загрязнения. Поэтому их называют условно чистыми. Они нуждаются только в охлаждении и могут повторно использоваться в процессах.

Промывочно-обеспыливающие воды образуются в результате промывки агрегатов, машин и оборудования, а также для борьбы с пылью на ПСМ. Эти воды также очень сильно загрязнены и нуждаются в дополнительной очистке.

С промышленных площадок и территорий ПСМ также стекают *дождевые* и *поливно-моечные* стоки. Особенностью всех вышеуказанных стоков является то, что основной частью загрязнений являются минеральные нерастворимые частицы, с плотностью большей, чем плотность воды с размерами частиц в диапазоне 5...800 мкм. Плотность частиц загрязнений находится в диапазоне: для глины – 1600...2900 кг/м³, для гранита – 2000...3000 кг/м³, песок – 1500...1600 кг/м³. В зависимости от температуры воды ее динамическая вязкость находится в диапазоне (50...150) 10⁻⁵ Па с.

Большое число различных загрязнений в промышленных сточных водах ПСМ обуславливает и многочисленные методы, приемы и технологические схемы, которые применяются при их очистке. Способы очистки сточных производственных вод от нерастворимых загрязнений делятся на четыре группы: **механическая очистка** или **фильтрование** – отделением загрязнений при прохождении жидкости через пористый материал; **физическая очистка** – отделение загрязнений при нахождении жидкости в силовых полях; **физико-химическая очистка** – отделение частиц загрязнений с помощью дополни-тельной химической обработки при которой происходит укрупнение частиц загрязнений; **комбинированная очистка** – отделение загрязнений из жидкости при совместной механической и физической очистке. Механическая очистка жидкости в свою очередь делится на виды: **поверхностная**, **объемная** и **смешанная**. Последний вид соединяет в себе признаки двух первых видов [10].

Наиболее простая физическая очистка загрязненных вод ПСМ - отстаивание или осветление основано на осаждении частиц загрязнений с плотностью больше плотности воды при ее движении с малой скоростью. Такая очистка воды производится в прудах-осветлителях или отстойниках различных конструкций. Пруды-осветлители сооружают одно-, двух- и многокаскадные с длительным временем пребывания воды в них. Эффективность осветления в прудах достигает 50...62%, но зимой они работают хуже. Эти сооружения необходимо периодически чистить, они занимают большие площади и загрязняют окружающую среду. Эффективность очистки горизонтальных отстойников с регулирующими дырчатыми перегородками достигает 39...49%, для отстойников с системой рассредоточенного поверхностного отбора воды – 62...69%, а для отстойников с тонкослойными элементами из наклонных перегородок – 47...70% [3, 4].

Для физической очистки сточных вод ПСМ от взвешенных веществ применяют аппараты гидроциклоны, в которых используется центробежная сила, действующая на частицы с плотностью больше плотности воды. Они успешно заменяют отстойники, имея ряд преимуществ перед ними: занимают малую площадь, имеют высокую степень очистки до 70%, высокую производительность, не имеют подвижных частей, работа их может быть полностью автоматизирована. Имеется ряд обстоятельств, которые существенно снижают сферу применения гидроциклонов в схемах оборотного водоснабжения ПСМ. К этим обстоятельствам относятся значительные гидродинамические потери напора,

недопустимость больших подпоров в линиях очищенной жидкости, существенное влияние параметров жидкости и загрязнений на эффективность очистки.

В большинстве случаев для глубокой очистки сточных вод ПСМ применяют фильтрацию после других предварительных методов очистки. Фильтрация может быть поверхностным через фильтрующие перегородки либо объемным через пространственные поры толстой фильтрующей перегородки зернистую загрузку. При дополнительной реагентной обработке сточной воды ПСВ коагулянтами либо флокулянтами, вследствие укрупнения взвешенных частиц и других изменений их свойств выделение твердых частиц при фильтрации улучшается [10]. В большинстве случаев очистка стоков ПСМ одним методом малоэффективна, а потому в технологической схеме переработки воды как правило, комбинируют различные методы – механические в сочетании с физическими либо физико-химическими методами.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основными направлениями повышения эффективности процессов очистки стоков ПСМ являются снижение энергоемкости, сроков очистки, повышение тонкости очистки рабочей жидкости, уменьшение перепада давления на фильтроэлементах (ФЭ), предохранение их от засорения а, следовательно, обеспечение для них условий саморегенерации. Такой процесс механической очистки жидкости от загрязнений может быть обеспечен, если создать условия, при которых через ячейки поверхностного ФЭ будут проходить только частицы, размер которых значительно меньше размеров ячеек, а частицы с большими размерами будут удаляться с поверхности ФЭ. Эти условия, которые исключают закупорку ФЭ и повышается тонкость очистки создаются при гидродинамическом фильтровании (ГДФ) на специальных гидродинамических фильтрах [11, 12]. Поэтому ГДФ является одним из современных способов очистки жидкости от нерастворимых загрязнений, который эффективно можно использовать в системах оборотного водоснабжения ПСМ. ГДФ является одним из современных эффективных способов очистки жидкости от нерастворимых загрязнений. В основу очистки жидкостей ГДФ положена гидродинамическая теория З.Л. Финкельштейна о движении частиц примесей в потоке жидкости вблизи ФЭ. В этой теории принимается, что фильтрующий элемент (ФЭ) представляет собой пластину, покрытую регулярно расположенными отверстиями - ячейками определенного размера. Системный подход к принципу ГДФ З.Л. Финкельштейна позволил его выделить в отдельный класс устройств очистки жидкости, а также разработать основные схемы фильтров и основы их инженерного расчета [12, 13, 14, 15].

При традиционной схеме очистки поток загрязненной жидкости направляется перпендикулярно плоскости ФЭ. Через него проходят те частицы, линейные размеры которых меньше размера фильтрующей ячейки. Частицы большего размера задерживаются и накапливаются со стороны падающего потока и постепенно «закупоривают» отверстия ФЭ. Поэтому при работе ФЭ в потоке загрязненной жидкости уменьшается его пропускная способность, повышается перепад давления на нем, а в конечном итоге он загрязняется и теряет работоспособность. ФЭ считается забитым, если создаваемые им потери напора превышают максимально допустимые, предусмотренные его конструкцией. После этого необходимо переводить забившийся ФЭ в исходное состояние путем замены либо эффективной промывки, которая определяется типом фильтра и характером задерживаемых им веществ. Время эксплуатации фильтра между двумя последовательными промывками называют *циклом фильтрования*.

Для восстановления ФЭ подлежит промывке обратным током чистой воды, замене или регенерации. Для увеличения грязеемкости ФЭ и срока его службы необходимо значительно увеличивать его поверхность или объем. Поэтому такой способ очистки жидкости далек от совершенства по технико-экономическим показателям, так как на время очистки либо замены ФЭ необходимо предусмотреть дополнительные, резервные ФЭ, периодическую его работу без очистки.

Основой теории ГДФ является модель движения частицы относительно ФЭ с определенным соотношением продольной и поперечной скоростей (рис. 1а). При этом принимается, что частица с диаметром d_p не пройдет сквозь ячейку размером $2c$, если при контакте с краем отверстия ячейки в точке А линия действия вектора относительной скорости V будет проходить выше этой точки. На рис. 1а показан предельный случай, при котором вектор относительной скорости проходит через точку А. В этом случае гидродинамические свойства системы таковы, что через ячейки фильтра вместе с жидкостью проникают только те частицы, линейные размеры которых могут быть в 3...10 раз меньше размера ячейки. Частицы с большими размерами не накапливаются на поверхности, так как смываются с поверхности ФЭ потоком жидкости. Поэтому ФЭ такого типа, никогда не забиваются частицами большего размера. Большие частицы, двигаясь в потоке жидкости, удаляются с ячеек ФЭ и обеспечивают его непрерывную очистку. Фильтрующие системы с ФЭ такого типа без их замены работают по 7...10 лет без технического обслуживания и ремонта.

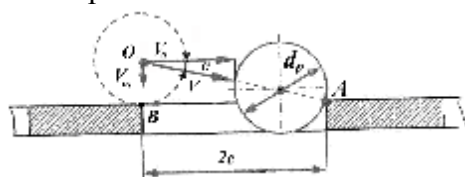


Рис. 1. Схематическое представление ГДФ.

Условия ГДФ можно создать следующим способом:

- за счет формирования необходимых векторов скорости потока относительно поверхности ФЭ;
- Для выбранного режима ГДФ соответствует неполноточный гидродинамический фильтр (рис. 2).

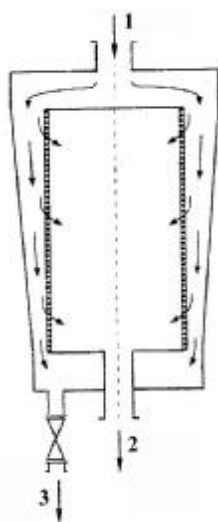


Рис. 2. Схемы гидродинамических фильтров: а – неполноточный; 1 – подача загрязненной жидкости; 2 – выход очищенной жидкости; 3 – удаление осадка и смывающего потока

В неполноточных фильтрах саморегенерация ФЭ и повышение тонкости фильтрации обеспечивается за счет сброса части подаваемой загрязненной жидкости на слив. Часть подаваемой жидкости с частицами определенного размера проходит через ячейки ФЭ, и подается на выход очищенной жидкости. В линию слива подается жидкость, которая смывается с поверхности ФЭ и обогащенная частицами загрязнений. Для обеспечения постоянства скорости потока жидкости вдоль поверхности ФЭ, с учетом подачи очищенной жидкости во внутреннюю полость, кольцевой зазор между ФЭ и корпусом выполнен сужающимся, за счет конической внутренней поверхности корпуса. Для обеспечения гидродинамического эффекта очистки достаточно 15...20% от расхода подаваемой на фильтр загрязненной жидкости [11, 12]. Чем больше объем жидкости,

который подается на слив, тем выше тонкость очистки и меньше перепад давления на фильтре. Для уменьшения объема жидкости сбрасываемой на слив можно устанавливать на этом потоке еще один неполнопоточный фильтр.

Выполненный анализ литературных источников показывает, что ГДФ обладает целым рядом преимуществ, которые обеспечивают их применение как одним из наиболее перспективных способов очистки различных жидкостей от нерастворимых загрязнений с тонкостью очистки в диапазоне 10...1000 мкм. Следовательно, использование ГДФ может иметь положительные технико-экономические параметры, такие же как микрофильтры и гидроциклоны, т.к. по принципу работы и конструкции они занимают промежуточное положение, и лишены недостатков данных конструкций.

Для достижения поставленной цели исследований не обходимо решение следующих задач:

- разработать расчетную схему для ГДФ с неподвижным ФЭ и принять допущения по выбору факторов, которые влияют на процесс очистки жидкости от нерастворимых загрязнений;
- разработать математическую модель для определения критического размера частицы нерастворимых загрязнений на неподвижном ФЭ;

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ. РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА

Теория гидродинамического фильтрования основана на рассмотрении движения частицы, расположенной в потоке загрязненной жидкости в зоне отверстия [11, 12]. Для разработки инженерной методики расчета параметров ГДФ принят ряд допущений, которые не существенно изменяют характер процесса [13]:

- жидкость несжимаема, однородна и изотермическая;
- частицы нерастворимы, шарообразны и однородны;
- не учитывается влияние толщины стенок ФЭ и взаимодействие движущихся частиц на распределение скоростей в потоке;
- не учитывается инерционность частиц в продольном потоке;
- все отверстия в ФЭ принимаются круглыми.

Рассмотрим на рис.1. схему ГДФ со сложным движением частиц загрязнений относительно ФЭ. Движение частицы относительно поверхности ФЭ со скоростью V представим как сумму двух движений: продольного со скоростью V_o и поперечного со скоростью V_m . Наибольшую вероятность проникнуть в отверстие имеют частицы, которые находятся в наиболее близких к поверхности ФЭ слоях жидкости. Основой теории ГДФ является модель движения частицы относительно поверхности ФЭ с определенным соотношением продольной и поперечной скоростей, которые определяют угол наклона касательной к траектории движения частицы $\alpha = \arctg(\bar{v}_m/\bar{v}_o)$ относительно поверхности ФЭ.

Для определения максимального диаметра частицы, которая может пройти через ячейку ФЭ, рассмотрим критический случай. Частица диаметром d_p с центром тяжести в точке O находится в положении, показанном на рис. 1б. Если угол наклона касательной к траектории движения частицы α больше угла OAB треугольника, построенного на радиусе частицы и продольном сечении ячейки, то частица загрязнения имеет возможность пройти в полость ячейки ФЭ. Условием задержания частиц загрязнений в ячейках является соотношение:

$$d_p > 4c \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (1)$$

В зависимости от угла траектории частицы α и диаметра отверстия ячейки $2c$ частица может проходить во внутреннюю полость через ФЭ под действием поперечного потока либо смещаться вдоль его поверхности продольным потоком.

Для оценки влияния основных параметров ФЭ и потока загрязненной жидкости для схемы ГДФ, показанной на рис. 3 воспользуемся принципом суперпозиции. Вектор абсолютной скорости частицы V будем рассматривать как векторную сумму скоростей V_m потоков через большое число отверстий в ФЭ и скорости продольного потока V_o [12, 13]. Поскольку потери давления напора потока, движущегося вдоль ФЭ, незначительны, можно считать величины объемных расходов через отдельные отверстия равными. Суммируя эти составляющие скоростей в определенной точке пространства, получаем величины продольной и поперечной скоростей под действием перепада давления на ФЭ.

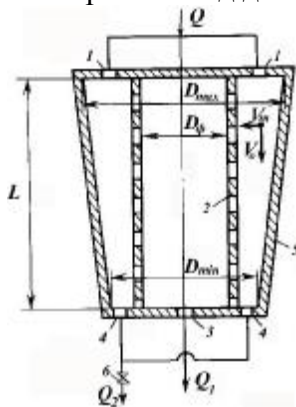


Рис. 3 Схема к расчету параметров ГДФ с неподвижным ФЭ: 1 – отверстия подвода загрязненной жидкости, 2 – отверстия ФЭ, 3 – отверстия отвода очищенной жидкости, 4 – отверстия отвода неочищенной жидкости, 5 – корпус фильтра, 6 – задвижка для регулирования соотношения расходов очищенной и неочищенной жидкости

Для расчета процесса ГДФ принимаем параметры: Q – подача загрязненной жидкости на ФЭ; Q_1 – подача очищенной жидкости; Q_2 – расход смывающего потока – неочищенной жидкости; Δp – допускаемый из условий эксплуатации перепад давления на ФЭ.

Определим параметр поперечного потока для очищенной жидкости

$$q = \frac{Q_1}{kF}, \quad (2)$$

где $k = \frac{\pi \cdot c^2}{(2c + m)^2}$, коэффициент живого сечения ФЭ;

m – шаг ячеек;

F – площадь ФЭ.

$$q = \frac{Q_1(2c + m)^2}{F\pi \cdot c^2}, \quad (3)$$

При заданной скорости поперечного потока V_m из (3) определяем необходимую площадь ФЭ

$$F = \frac{q}{V_m \cdot \pi \cdot c^2}, \quad (4)$$

Скорость продольного потока V_o определяем из условия

$$Q_2 = Q - Q_1, \quad (5)$$

где Q_2 – расход неочищенной жидкости, уходящей из ФЭ.

Выбираем из конструктивных соображений длину ФЭ – L , по которой находим ширину его развертки

$$B = \frac{F}{L}.$$

Диаметр цилиндрической части ФЭ

$$D_{\phi} = \frac{B}{\pi}, \quad (6)$$

Площадь щели между ФЭ и корпусом фильтра в конце продольного потока

$$S_k = \frac{Q - Q_1}{V_o}, \quad (7)$$

площадь щели в начале потока

$$S_n = \frac{Q}{V_o}, \quad (8)$$

Для обеспечения этого условия диаметры конусной части корпуса

$$D_{\max} = \left[\frac{Q}{4\pi V_o} + \frac{Q^2(2c+m)^4}{\pi^2 q^2 l^2} \right]^{0.5}, \quad (9)$$

$$D_{\min} = \left[\frac{Q - Q_1}{4\pi V_o} + \frac{Q^2(2c+m)^4}{\pi^2 q^2 l^2} \right]^{0.5}, \quad (10)$$

Таким образом, при заданной подаче Q при известных геометрических параметрах ФЭ и корпуса определяются скорости продольного V_o и поперечного потока V_m , по которым уточняется тонкость фильтрации.

При заданных геометрических параметрах и вязкости жидкости, режим движения зависит только от скорости потока. Поэтому при определенных расходах загрязненной жидкости на ФЭ можно обеспечить ламинарный режим движения. В случае ламинарного потока в кольцевой щели скорости в зазоре распределяются по параболическому закону. Определим величину зазора между корпусом и ФЭ в начале фильтра

$$h_n = \frac{(D_{\max} - D_{\phi})}{2}, \quad (11)$$

в конце фильтра

$$h_k = \frac{(D_{\min} - D_{\phi})}{2}, \quad (12)$$

Из условия равенства средних скоростей по сечению вдоль ФЭ

$$V_{o.cp} = \frac{4Q}{\pi(D_{\max}^2 - D_{\phi}^2)} = \frac{Q_2}{S}, \quad (13)$$

Следовательно, при ламинарном режиме течения скорость по высоте z кольцевого зазора распределяется по зависимости

$$V_o = \frac{6z(h-z)}{h^2} \cdot V_{o.cp}, \quad (14)$$

Таким образом, несмотря на сохранения средних продольных скоростей постоянным по длине фильтра, локальные скорости в зазоре от поверхности ФЭ зависят от высоты кольцевой щели. Полученная скорость V_o для обеспечения необходимой степени очистки этом случае будет отличаться от средней и, следовательно, по ней нельзя точно определить Q_2 . Для этой цели необходимо найти $V_{o.cp}$, а затем уточнить необходимый расход.

Для поперечного потока поверхности ФЭ в его скорости дополнительно необходимо учитывать скорость седиментации загрязненной жидкости, которую определим из закона Стокса [18]

$$V_c = \frac{\Delta\rho \cdot g d_p^2}{36\mu}, \quad (15)$$

где $\Delta\rho = \rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{жс}}$ - разность плотностей материала частицы загрязнений $\rho_{\text{ч}}$ и жидкости $\rho_{\text{жс}}$,

μ - динамическая вязкость жидкости.

С учетом вышеизложенного, после подстановок и преобразований, критический диаметр частицы при ламинарных режимах течения на неподвижном ФЭ определяется следующим образом [13]:

$$d_p^3 \frac{3}{2h^2} - d_p^2 \cdot \left(\frac{c \cdot \Delta \rho g}{18\mu} + 3h \right) - d_p V_0 + 2cV_m = 0, \quad (16)$$

Данное алгебраическое кубическое уравнение следует рассматривать как математическую модель ГДФ на неподвижном ФЭ при ламинарных режимах течения. Приведенная зависимость в рамках принятых допущений устанавливает связь между толщиной ГДФ, производительностью фильтра, размерами фильтрующей перегородки, а также основными характеристиками загрязненной жидкости. Уравнение (16) позволяет определить критический диаметр частиц загрязнений в зависимости основных факторов, которые влияют на процесс ГДФ.

Выводы

Проведен анализ литературных источников по составу и методам очистки сточных вод ПСМ, охарактеризованы варианты конструктивных исполнений и условия применения ГДФ.

Разработана математическая модель по определению критического диаметра частиц загрязнений, которые могут быть удалены ГДФ. Установлены основные факторы, которые влияют на процесс ГДФ, которые оказывают влияние на критический диаметр частиц загрязнений.

Таким образом, в настоящей работе теоретически подтверждена возможность использования ГДФ в системах очистки сточных вод ПСМ от механических примесей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов Л.И. Ресурсосберегающие технологии в системах водного хозяйства промышленных предприятий/ Л.И.Соколов – М.: АСВ, 1997. – 256 с.
2. Алферова Л.А., Начаев А.П. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов/ Л.А. Алферова и др. – М.: Стройиздат, 1984. – 286 с.
3. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронина В.В., Трескева Н.В. Проектирование предприятий по производству строительных материалов и изделий./ Ю. М. Баженов и др. – М.: АСВ, 2005. – 472 с..
4. Богданов В.С., Борщевский А.А., Ильин А.С. Технологические комплексы и линии для производства строительных материалов и изделий./ В.С. Богданов и др. – М.: Стройиздат, 2000. – 198 с.
5. Когановский А.М. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении. – М.: Химия, 1983. – 328 с.
6. Громов Б. В., Ласкорин Б. Н. Проблемы развития безотходных производств. – М.: Стройиздат, 1985. – 256 с.
7. Жуков А.И., Монгайт И.Л., Родзиллер И.Д. Методы очистки производственных сточных вод/А.И Жуков и др. – М.: Стройиздат, 1977. – 204 с.
8. Nikolenko I., Saliev E. The feasibility report on maintainability of the water supply and sewerage system// MOTROL. – 2012. - Vol. 14, №5. – С. 119 - 124.
9. Saliev E. Ecological and economic problems of power saving up technologies' introduction in Ukraine// MOTROL. – 2009. - № 11В, С. 104 – 110.
10. Коваленко В.П. Основы очистки жидкости от механических загрязнений/ В.П. Коваленко. – М.: М.: Химия, 1978. – 304 с.
11. Мочалин Е. В., Халатов А. А. Гидродинамика закрученного потока в ротационных фильтрах. /Е.В. Мочалин, А.А. Халатов/ Институт технической теплофизики НАН Украины. – К., 2010. – 428 с.

12. Финкельштейн З. Л. Применение и очистка рабочих жидкостей для горных машин./ З. Л. Финкельштейн. – М.: Недра, 1986. – 232 с.
13. Финкельштейн З. Л. Расчет гидродинамических фильтров/ З. Л. Финкельштейн // Пневматика и гидравлика. Приводы и системы управления. – 1979. - – Вып. 7. – С. 232 – 240.
14. Финкельштейн З. Л. Снижение загрязненности водных ресурсов за счет применения гидродинамических фильтров / З. Л. Финкельштейн, И.Н. Кучин, Л.Н. Бойко // Промислова гідравліка і пневматика. – 2003. - Вып. 2. – С. 28 – 32.
15. Vojko N., Finkelstejn Z., Yamkovaya M. Filter for cleaning with running magnetic field// MOTROL. – 2008. - №10 A, 31 – 36.
16. Z. Finkelstein, Z. Vasilechko, M. Asadi. New possibilities for improving reliability of hydraulic equipment with the help of hydrodynamic cleaning// MOTROL. – 2012. - №14-1, 11 – 15.

УДК 662.987:541.13:628.33

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫМИ РИСКАМИ НА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Урядникова И.В.¹, Чумаченко С.Н.¹, Кармазин С.В.¹, Заплатинский В.М.².

¹*Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты,*

²*Национальный университет физического воспитания и спорта*

Дан анализ концепции защиты критической инфраструктуры ведущих стран мира. Дана формулировка термина «критическая инфраструктура». Разработана методология идентификации и классификации рисков, которые возникают на теплоэнергетических объектах критической инфраструктуры на стадии проектирования и эксплуатации. Разработан обобщенный алгоритм оптимального управления рисками с целью минимизации риска эксплуатации для любой теплоэнергетической системы.

Риск, теплоэнергетические системы, объекты критической инфраструктуры, оптимальное управление рисками

ВВЕДЕНИЕ

Развитие современного мира зависит от таких важнейших секторов функционирования общества как энергетика, транспорт, телекоммуникации и т.д. Выход из строя какого-либо одного сектора грозит обществу серьезными потерями или разрушениями. В мире сейчас наблюдается тенденция негативных процессов вызванных природными, техногенными, экологическими или социально-политическими катаклизмами. В мире увеличивается количество террористических атак и диверсий, военных действий и конфликтов, стихийных природных действий, увеличивается количество кибер-атак, что обуславливает угрозу для стабильного функционирования любого государства.

Учитывая ситуацию, которая сейчас на Украине и наше стремление утвердиться в качестве полноправного члена в Евросоюзе, вопросы безопасности и внедрения концепции защиты критической инфраструктуры становятся все более актуальными.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В большинстве зарубежных стран с целью систематизации потенциально опасных объектов введен термин «критическая инфраструктура». Под ним понимается «совокупность физических или виртуальных систем и средств, важных для государства в

такой мере, что их выход из строя или уничтожение могут привести к губительным последствиям в области обороны, экономики, здравоохранения и безопасности нации» (закон США «USA PATRIOT Act» от 2001 года) [1].

В США к «критической инфраструктуре» относят системы, сети и отдельные объекты, нарушение работы или разрушение которых может привести к огромным или необратимым негативным последствиям для экономики, благосостояния и здоровья населения [1]. Подобная дефиниция содержится в Директиве Европейской Комиссии № 786 2006г. [2], согласно которой «к общеевропейской критической инфраструктуре относят те объекты национальных критических инфраструктур стран-членов ЕС, влияние которых в случае отказа, инцидента или злонамеренного вмешательства будет распространяться как на страну, где такой объект расположен, так и на хотя бы одну другую страну-член ЕС. К секторам критической инфраструктуры были отнесены: сельское хозяйство, продовольствие, вода, здоровый образ жизни, запасные (спасательные) службы, базы оборонной промышленности, телекоммуникации, энергетика, транспорт, банковское дело и финансы, химическая промышленность и опасные вещества, почтовое обслуживание. К ключевым объектам были отнесены национальные культурные памятники, ядерные электростанции, дамбы (плотины), правительственные и коммерческие здания и другие места, где концентрируется большое количество людей [2,3]. Концепция защиты критической инфраструктуры реализована также в таких развитых странах, как Канада, Австралия, Великобритания.

Термин «Критическая инфраструктура» введен в нормативно-законодательные акты многих государств, его терминология несколько отличается, но эти различия не существенны. В источниках [2-5] содержатся следующие определения понятия критическая инфраструктура:

- 1) системы и объекты, физические или виртуальные, столь жизненно важные для государства, недееспособность или уничтожения таких систем или объектов подрывает национальную безопасность, экономику, здоровье или безопасность населения, или имеет своим результатом любую комбинацию из вышеперечисленного (согласно действующему законодательству США);
- 2) деятельность, сети, услуги, материальные блага и информационные технологии, выход из строя или уничтожение которых значительно бы повлияло на здоровье и безопасность граждан, или на деятельность государственной власти (законодательство Хорватии);
- 3) объекты, нарушение (или прекращение) функционирования которых приводит к потере управления, разрушению инфраструктуры, необратимых негативных изменений (или разрушения) экономики страны, субъекта или административно-территориальной единицы, или существенному ухудшению безопасности жизнедеятельности населения, проживающего на этих территориях, на длительный период времени (законодательство Российской Федерации) [6].

В Израиле экспертами инфраструктура определяется как критическая, если нарушение ее функционирования может привести к значительным социально-экономическим потрясениям, способным подорвать стабильность в обществе и тем самым привести к реализации угроз национальной безопасности страны. Хорошо известно, что разработанная в Израиле система обеспечения безопасности аэровокзалов (одного из уязвимых узлов критической инфраструктуры) сегодня наиболее эффективна из прочих мировых аналогов [7].

Голландия приняла в 2001 году план борьбы против терроризма, составной частью которого является - проект защиты критической инфраструктуры, а именно после проведения анализов идентифицировано 11 секторов критической инфраструктуры, а именно: энергохозяйство, телекоммуникации, питьевая вода, продукты, здоровье, финансы, отвода поверхностных вод, общий порядок и безопасность, законность, общественные органы и транспорт [8].

В Чешской Республике до 2002 года проблема критической инфраструктуры была сосредоточена на компьютерных сетях. Под критической инфраструктурой в Чешской Республике понимаются системы, разрушения или уменьшения функциональности которых оказывает серьезное влияние на экономическую и общественную стабильность, обороноспособность, безопасность и функционирования государства. В 2002 году были определены секторы национальной критической инфраструктуры: комплекс силового обслуживания, комплекс подачи воды, комплекс балластного хозяйства, транспортная сеть, коммуникационные и информационные системы, банковский и финансовый сектор, публичные службы, государственное управление и самоуправление [8].

В Польше критическая инфраструктура была определена законом (Ustawa o bezpieczeństwie obywatelskim z dn. 21.08.2003), как функционально соединенные средства производства, институты, службы, которые являются ключевыми для безопасности страны и ее граждан, для обеспечения правильного функционирования как государственных и самоуправляемых органов и учреждений, так и коммерческого (частного) сектора [8].

В Украине защита объектов критической инфраструктуры регламентируется большинством нормативно-правовых актов для внутриведомственного использования. На сегодняшний момент в действующем законодательстве определен ряд категорий объектов, для которых регламентируются особые условия обеспечения защиты: предприятия, имеющие стратегическое значение для экономики и безопасности государства [9]; объекты, которые включены в Государственный реестр потенциально опасных объектов [10]; объекты повышенной опасности [11] (в т.ч. Перечень особо опасных предприятий, прекращение деятельности которых требует проведения специальных мероприятий по предотвращению причинения вреда жизни и здоровью граждан, имуществу, сооружениям, окружающей природной среде [12]); важные государственные объекты [13]; объекты, подлежащие обязательной охране подразделениями Государственной службы охраны по договорам [14]; объекты, подлежащие охране и обороне в условиях чрезвычайных ситуаций и в особый период [15]; особо важные объекты электроэнергетики [16]; особо важные объекты нефтегазовой отрасли [17]; Национальная система конфиденциальной связи [18]; платежные системы [19]; Система экстренной помощи населению по единому номеру 112 [20]; аварийно-спасательные службы [21]; недвижимые объекты культурного наследия [22].

На основе детального анализа терминов инфраструктура и критическая инфраструктура предлагаем следующую формулировку термина «критическая инфраструктура» - физические и виртуальные системы, объекты и ресурсы - разрушение, уничтожение или снижение дееспособности которых приведет к существенным угрозам стране, ее национальной безопасности, безопасности и здоровью населения.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Защита и восстановление объектов критической инфраструктуры, которые были повреждены в результате чрезвычайных ситуаций социально-политического и военного характера на сегодня в Украине имеют первостепенное значение. Поэтому управление техногенными рисками на энергетических объектах критической инфраструктуры и, в первую очередь, на теплоэнергетических системах - ТЭЦ, ТЭС и АЭС, выход из строя которых может привести к невозможности проживания населения на указанной территории или объекте, проведения там хозяйственной деятельности, гибели людей или к значительным материальным убыткам является важной и актуальной.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Методологическими основами управления и моделирования экологическими и техногенными рисками занимались такие ведущие специалисты как Г.В. Лисиченко, Е.В. Собатович, А.Б. Качинский, Г.А. Хмель, В.Ю. Некос, В.И. Пампура, С.В. Руденко, Е.А. Яковлев, С.Н. Чумаченко, В.В. Бегун, Ю.М. Скалецкий, Э.А. Грановский, Э.Дж. Хенли, Х. Кумамото, М. Реймерс и др. Работы этих ученых посвящены исследованию определенных

конкретных вопросов определения и управления техногенными и экологическими рисками. Однако при этом недостаточно рассмотрены методы обоснования теоретических основ оценок техногенного риска от некачественной подготовки теплоносителя, не разработаны подходы по поиску оптимальных форм управления техногенными рисками при восстановлении теплоэнергетических систем объектов критической инфраструктуры в результате чрезвычайных ситуаций социально-политического и военного характера, поэтому разработка соответствующей методологии до сих пор остается актуальной научно-прикладной проблемой. Основными составляющими решения данной проблематики является создание научных и методологических основ управления техногенными рисками в теплоэнергетических системах объектов критической инфраструктуры для обоснования теоретических основ оценок техногенного риска в повседневной деятельности людей с целью минимизации возможности возникновения чрезвычайных ситуаций.

Для того, чтобы решить задачу минимизации и управления рисками, возникающими при работе теплоэнергетических систем объектов критической инфраструктуры необходимо изучить и проанализировать закономерности возникновения и действия экологических и техногенных рисков, возникающих при работе теплоэнергетических систем, которые и являются причиной ухудшения экологической, техногенной и социально-политической безопасности Украины.

Для анализа и оценки рисков при работе теплоэнергетической системы, критичность системы оценивалась по тем состояниям, в которых данная система может находиться. А именно:

класс 1 - предельный - состояние, связанное с ошибками персонала и со штатной работой теплоэнергетической системы, когда из-за сущности физико-химических процессов, которые происходят в системе и из-за естественной инерционности блоков, возможно появление некоторого количества некачественного теплоносителя, особенно при значительных внешних возмущениях, которые влияют на систему;

класс 2 - критический - состояние, связанное с ошибками персонала, недостатками конструкции и с нештатной работой одного или нескольких блоков теплоэнергетической системы, что приводит к существенным нарушениям в работе и создает опасную ситуацию, когда некачественный теплоноситель появляется в значительных количествах;

класс 3 - опасный - состояние, связанное с ошибками персонала, недостатками конструкции и с отказами одного или нескольких блоков теплоэнергетической системы. В этом случае, теплоноситель может быть некачественным, и последующая эксплуатация системы может привести к опасным последствиям, как в техническом, так и в экологическом аспектах.

Критерием риска, по которому можно оценивать теплоэнергетическую систему, есть вероятность подачи данной системой потребителю некачественного теплоносителя в результате отказов, частичных отказов и нештатной работы блоков и элементов этой системы.

Создание обобщенной методики (подходящей для любой теплоэнергетической системы) теоретической оценки этих рисков является одной из задач данной работы, поскольку существующие теплоэнергетические системы значительно отличаются одна от другой как физико-химическими принципами, на которых основывается их работа, так и конструктивно.

Поэтому в данной работе для разработки общей методологии определения разных рисков в теплоэнергетической системе, была построена структурно-функциональная блок-схема энергетической системы, в которой можно выделить магистрали вызывающие экологические и социальные риски, а также экономические риски.

Вначале исследовался класс 3 – опасный.

Отказы в теплоэнергетических системах это события, которые заключаются в нарушении нормального выполнения функций системы.

При изучении рисков класса 2 - критического, связанного с ошибками персонала, и с нештатной работой одного или нескольких блоков системы установлено, что вероятность частичных отказов может быть выше, чем вероятность полных отказов и поэтому частичным отказам, которые имеют место при работе теплоэнергетической системы, следует уделить особенное внимание.

Риски класса 1 возникают при штатной работе теплоэнергетической системы из-за инерционности рабочих процессов, изменения входных параметров теплоносителя, поступающего на подготовку, колебаний активности реагентов и от некоторых других причин.

Можно утверждать, что при штатной работе теплоэнергетической системы, есть следующие виды рисков: P(A) – вероятность изменения концентрации загрязняющих веществ на выходе системы, в результате изменения концентрации на ее входе под действием погодных условий; P(B) - вероятность изменения концентрации загрязняющих веществ на выходе системы, в результате изменения активности работы блоков; P(C) - вероятность изменения концентрации загрязняющих веществ на выходе системы, в результате изменения температуры теплоносителя на его входе под действием погодных условий.

Следовательно, общий риск будет равен:

$$P_{\text{общ}} = P(A + B + C) = P(A) + P(B) + P(C) - P(A \cdot B \cdot C)$$

Методология определения техногенных рисков при восстановлении и эксплуатации теплоэнергетических систем на объектах критических.

1. Риск в теплоэнергетической системе следует рассматривать как вероятность получения некачественного теплоносителя на выходе этой системы при ее эксплуатации.

2. Как правило, теплоэнергетические системы состоят из трех цепей (линий).

- а) линия очистки воды для подачи ее в энергогенерирующие установки;
- б) линия очистки подпиточного теплоносителя;
- в) линия очистки сбросного теплоносителя.

Отказ в этих линиях, вызывающих соответствующие риски при работе, являются общими вероятностными событиями, то есть отказ в одной из линий не исключает появление отказов в других линиях. Поэтому риск при работе теплоэнергетической системы будет равняться вероятностной сумме рисков во всех трех линиях.

3. Риски в линиях а и б могут реализовываться как экономические риски, поскольку некачественный теплоноситель приводит к уменьшению срока службы энергогенерирующих установок и ухудшению их эксплуатационных характеристик.

Риск в линии в будет реализовываться как социально - экологический риск, потому что некачественный теплоноситель, попадая в окружающую среду, наносит вред окружающей среде, а также жизни и здоровью людей.

4. Для определения степени риска, ранжирования рисков в общем случае целесообразно проводить по тем состояниям, в которых находится теплоэнергетическая система при эксплуатации, то есть риски должны рассматриваться для:

- а) состояния системы, когда есть случаи отказов одного или нескольких элементов,
- б) состояния нештатной работы через частичные отказы ее элементов или при неблагоприятных внешних воздействиях на систему;
- в) состояния штатной работы теплоэнергетической системы, когда риски могут быть результатом естественной инерционности рабочих процессов.

5. Методологический подход для анализа и расчета рисков в теплоэнергетических системах заключается в следующем:

- а) анализе реальной схемы теплоэнергетической системы;
- б) замене реальной схемы на структурно-функциональную блок-схему подготовки теплоносителя;

- в) сборе данных о работоспособности системы и ее элементов, который заключается в следующем - сбор статистических данных по частоте отказов элементов системы, по частоте ремонтов, по нахождению повреждений, по «возрасту» каждого элемента (количество часов наработки до настоящего момента времени), определение выработанности ресурса, определение срока службы каждой из энергетических систем объектов критической инфраструктуры;
- г) построении кривой отказов теплоэнергетической системы, определении среднеквадратичных отклонений по частоте отказов, определении местоположения теплоэнергетической системы на кривой отказов в данный момент времени;
- д) используя разработанный программный комплекс составить матрицу сочетаний вероятностей отказов элементов, определить наиболее опасные или слабые соединения;
- е) построении деревьев отказов для эквивалентной теплоэнергетической системы. Анализ вероятностей отказов, определение финальных вероятностей отказов. Сопоставляя результаты, полученные из матрицы сочетаний элементов и из дерева отказов можно сделать предварительный вывод о вероятности риска при эксплуатации данной системы;
- ж) определении и анализе изменения потока вероятностей отказов при эксплуатации системы. Этот анализ включает в себя случаи замены некоторых элементов системы на новые, как бы сдвигает местоположение системы на кривой отказов немного назад. Таким образом, поток вероятностей отказов может изменяться при движении местоположения системы по оси абсцисс от начала координат и обратно до начала координат;
- з) определении вероятностей очередности отказов различных элементов системы. Определение вероятности работоспособности всей системы;
- и) определении переходных состояний системы - работоспособности - невыявленного отказа - ремонта - работоспособности. Определение финальных вероятностей пребывания системы в том или ином состоянии. Получение реального значения вероятности риска при эксплуатации системы;
- к) повторении процедур записанных в пунктах «д» - «и» для случая частичных отказов системы. Расчет вероятности нештатной работы системы в зависимости от частичных отказов и от неблагоприятных внешних воздействий, частота которых задается статистически;
- л) анализе реальных рабочих процессов в теплоэнергетических системах, определении вероятностей рисков получения некачественного теплоносителя при работе системы в штатном режиме;
- м) расчете величины вероятности полного риска и определения времени, когда на выход теплоэнергетической системы подается некачественный теплоноситель;
- н) определении опасности воздушного бассейна;
- о) определении опасности водного бассейна;
- п) определении опасности почвы;
- р) Составлении стратегии оптимального управления рисками при эксплуатации системы, исходя из того, что как целевую функцию можно выбрать максимальную производительность системы, а как ограничение допустимую вероятность риска и допустимую технологическую себестоимость подготовленного теплоносителя;
- с) алгоритмизации указанных процедур, разработке программного комплекса анализа и определения вероятности рисков при всех состояниях системы, получении оптимальной стратегии управления рисками при эксплуатации.
- т) алгоритмизации расчетов опасности воздушного бассейна, опасности водного бассейна, опасности почвы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Стратегия оптимального управления рисками должна начинаться на стадии проектирования теплоэнергетической системы. В этом случае можно минимизировать

риск и оптимизировать расходы. При эксплуатации уже действующей системы можно определить надежность элементов, определить критичность и достаточно точно подсчитать вероятность риска. Поскольку теплоэнергетическая система уже создана и расходы уже фактически сделаны, то при эксплуатации стоит сосредоточить внимание на таком экономическом показателе как технологическая себестоимость подготовки теплоносителя, сопоставляя ее с вероятными рисками.

При оптимальном управлении теплоэнергетической системой, как целевую функцию можно выбирать минимальный риск или максимальную производительность в условиях приемлемого риска. Как ограничение целесообразно рассматривать технологическую себестоимость в целом или ее элементы – расходы на материалы, расходы на энергию, оплату труда и т.д.

Закономерности, которые описывают эти зависимости, могут быть получены статистически и экспериментально.

Стратегия организации оптимального управления может идти по двум направлениям.

1. Минимизация функции R при наличии ограничений по C (не выше определенного уровня) и по W (не ниже определенного уровня).

2. Максимизация функции W при наличии ограничений по C (не выше определенного уровня) и по R (не выше определенной границы).

Обе эти задачи можно решить методами известными в теории оптимального управления, например методом линейного программирования. Для расчетов оптимальных значений целевой функции оптимального управления рисками уже работающей системы, создана компьютерная программа, которая дает возможность делать многочисленные вычисления и обрабатывать большой объем информации.

Реальные значения минимизированной функции R , при расчетах системы электрокоагуляции показаны на рис. 1. Изменение минимизированной функции R показано, как поверхностный отклик в зависимости от изменения ограничений по жесткости, расходу и расходу материалов электродов.

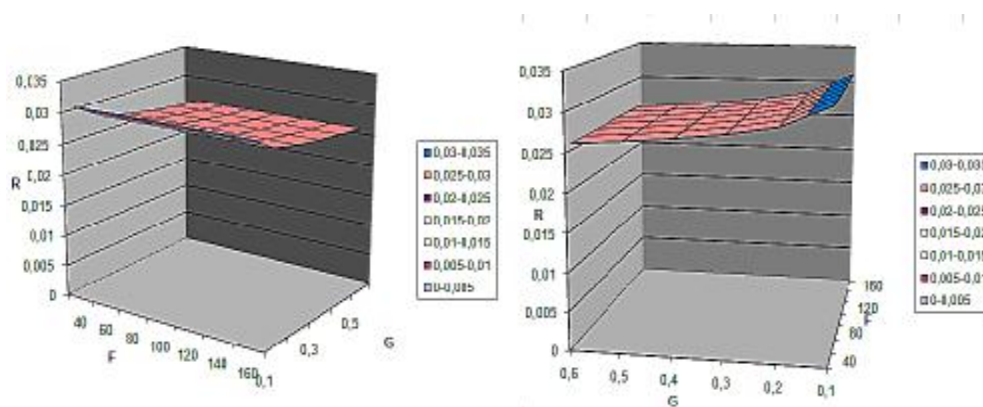


Рис. 1. Зависимость риска от изменения величины ограничений F (расхода металла электродов, мг-экв/кг) и G (значение жесткости, мг/л); Q (удельный расход электроэнергии, Вт · г/л) = 0,6

Экономический эффект был рассчитан на примере работы блоков установки электрокоагуляционной очистки, характеристики которой достаточно досконально изучены автором. Полученные данные показывают, что есть возможность получить экономию приблизительно 1,414 грн/м³. Показано, что доля рисков в системах водоподготовки и водоочистки ТЭС и ТЭЦ, в потерях которые несет вся Украина, составляет около 2,13 млрд. долл.

Выводы

1. Внедрение концепции защиты критической инфраструктуры сегодня жизненно необходимо для модернизации системы национальной безопасности Украины. Это позволит

ввести термин «объекты критической инфраструктуры» в законодательство Украины, что соответствует общепризнанным подходам.

2. Для анализа и оценки техногенных рисков при работе теплоэнергетических систем, критичность системы оценивалась по тем состояниям, в которых данная система может находиться, а именно: классу 1 – предельному, классу 2 – критическому и классу 3 – опасному. Критерием риска, по которому можно оценивать теплоэнергетическую систему, есть вероятность подачи данной системой потребителю некачественного теплоносителя в результате отказов, частичных отказов и нештатной работы блоков и элементов этой системы.

3. При оптимальном управлении теплоэнергетической системой, как целевую функцию можно выбирать минимальный риск или максимальную производительность в условиях приемлемого риска.

4. Стратегия организации оптимального управления рисками на теплоэнергетических объектах критической инфраструктуры может идти по двум направлениям: по минимизации функции R при наличии ограничений по C (не выше определенного уровня) и по W (не ниже определенного уровня) и максимизации функции W при наличии ограничений по C (не выше определенного уровня) и по R (не выше определенной границы).

5. Доказано, что минимизацию риска экономически целесообразно приводить к величине 1,8 – 1,9 %. В этом случае можно получить равновесие между потерями из-за ухудшения экологического положения в случае высокого уровня риска и расходами на уменьшение этого уровня.

6.. Минимизация рисков до указанной величины, в масштабе Украины, уменьшает потери от экологического загрязнения до уровня 1,28 млрд. долл., то есть уменьшает расходы государства на 0,847 млрд. долл.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Uniting and strengthening America by providing appropriate tools required to intercept and obstruct terrorism (PATRIOT ACT) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://frwebgate.access.gpo.gov>
2. European programme for critical infrastructure protection (COM/2006/786 final). – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://eur-lex.europa.eu>
3. Бірюков Д. С. Стратегія захисту критичної інфраструктури в системі національної безпеки держави / Д. С. Бірюков, С. І. Кондратов // Стратегічні пріоритети. – 2012. – № 3(24). – С. 107–113.
4. Бірюков Д. С. Захист критичної інфраструктури: проблеми та перспективи впровадження в Україні / Д. С. Бірюков, С. І. Кондратов. – К. : НІСД, 2012. – 96 с.
5. Про доцільність та особливості визначення критичної інфраструктури в Україні. Аналітична записка. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/articles/1026/>.
6. Гнатюк С.О., Лядовська В.М. Критерії визначення елементів критичної інфраструктури держави. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nauka.zinet.info/23/gnatyuk.php>.
7. С. Гриняев. О взгляде на проблему безопасности критической инфраструктуры в государстве израиль. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.csef.ru>.
8. Поняття про критичну інфраструктуру. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mailswm.com/ponyattya-pro-kritichnu-infrastrukturu/>.
9. Постанова Кабінету Міністрів України від 23.12.2004 № 1734 «Про затвердження переліку підприємств, які мають стратегічне значення для економіки та безпеки держави».
10. Постанова Кабінету Міністрів України від 29.08.2002 р. № 1288 «Про затвердження Положення про Державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів».
11. Закон України від 18.01.2001 № 2245-III «Про об'єкти підвищеної небезпеки».

- 12.Перелік особливо небезпечних підприємств, припинення діяльності яких потребує проведення спеціальних заходів щодо запобігання заподіяння шкоди життю та здоров'ю громадян, майну, спорудам, навколишньому природному середовищу / Затв. Постановою Кабінету Міністрів України від 06.05.2000 № 765.
- 13.Постанова Кабінету Міністрів України № 1051 від 15.08.2007 (для службового користування).
- 14.Постанова Кабінету Міністрів України від 10 серпня 1993 р. № 615 «Про заходи щодо вдосконалення охорони об'єктів державної та інших форм власності» (із змінами)
- 15.Постанова Кабінету Міністрів України від 24.04.99 року № 675-019 «Щодо затвердження Переліку об'єктів, які підлягають охороні і обороні в умовах надзвичайних ситуацій і в особливий період».
- 16.Постанова Кабінету Міністрів України від 28.07.2003 № 1170 «Про затвердження переліку особливо важливих об'єктів електроенергетики, які підлягають охороні відомчою воєнізованою охороною у взаємодії із спеціалізованими підрозділами інших центральних органів виконавчої влади».
- 17.Розпорядження Кабінету Міністрів України від 27.05.2009 № 578-р «Про затвердження переліку особливо важливих об'єктів нафтогазової галузі».
- 18.Закон України від 10.01.2002 № 2919-III «Про Національну систему конфіденційного зв'язку» (із змінами).
- 19.Закон України від 05.04.2001 № 2346-III «Про платіжні системи та переказ коштів в Україні».
- 20.Закон України від 13.03.2012 № 4499-VI «Про систему екстреної допомоги населенню за єдиним телефонним номером 112».
- 21.Закон України від 14.12.1999 № 1281-XIV «Про аварійно-рятувальні служби» (із змінами).
- 22.Закон України від 08.06.2000 № 1805-III «Про охорону культурної спадщини».

РАЗДЕЛ 6. ВОДООБЕСПЕЧЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ, ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИКА

УДК 697.329

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ТЕПЛЫМ ПОЛОМ

Бондарь И.А., Денисова А.Е.

Одесский национальный политехнический университет

Предложена система теплоснабжения, которая обеспечивает эффективное использование теплонасосной установки с источником тепла грунтовых вод. Предложена методика расчета теплонасосной установки на базе геотермального теплоснабжения. Получены расчетные значения показателей степени сжатия фреона в компрессоре π_k , электрической мощности электропривода $N_{пр}$ и коэффициента преобразования тепла φ систем теплоснабжения с нагревательными приборами - радиаторами и «теплым полом» от температуры наружного воздуха. В работе рассмотрена перспективная принципиальная схема теплонасосных установок с регенеративным теплообменником (РТ) и охладителем конденсата (ОК), в которой реализуется обратный цикл Ренкина.

Фреон, теплонасосная установка, низкопотенциальный источник тепла, высокопотенциальный источник тепла, энергетическая эффективность, теплый пол

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных направлений совершенствования теплоснабжающих систем является тенденция перехода на низкотемпературные системы отопления на основе применения теплонасосных установок ТНУ. Это значительно расширит ресурсную базу систем теплоснабжения, делающее их менее зависимыми от поставок углеводородных видов топлива, таких как газ, нефть и уголь, что бесспорно важно в условиях нынешнего их дефицита запаса и растущей стоимости. Кроме того, преимущество применения ТНУ в системах теплоснабжения заключается в значительной экономии затрат топлива для выработки электроэнергии, чем при использовании котлов, а также способствует улучшению экологической обстановки в населенных пунктах, так как сжигание углеводородного топлива в городских котельных заменяется производством электроэнергии за пределами населенных пунктов. Поэтому применение ТНУ является одним из альтернативных методов энергообеспечения и позволяет использовать неограниченные ресурсы источника тепла низкого температурного потенциала, что не представляет ценностей для прямого их использования.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование энергетической эффективности рассмотренной схемы ТНУ с использованием экологически безопасного фреона R152a для систем теплоснабжения, низкопотенциальным источником тепла для которых является грунтовая вода, с нагревательными приборами – радиаторами и «теплым полом для полного покрытия тепловой нагрузки на отопление при температуре наружного воздуха $t_0 = -16 \dots 8$ °С.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе рассмотрена перспективная принципиальная схема ТНУ с регенеративным теплообменником РТ и охладителем конденсата ОК (рис. 1), в которой реализуется обратный цикл Ренкина. При постоянном давлении P_0 и температуре T_0 в испарителе и осуществляется кипение фреона за счет подвода теплоты от низкопотенциального источника тепла (процесс 7-1). Насыщенный пар фреона при давлении P_0 перегревается

(процесс 1-2) в регенеративном теплообменнике РТ обратным потоком жидкого хладагента, поступающего с охладителя конденсата ОК. Перегретый пар с температурой T_2 поступает в компрессор КМ, в котором производится его сжатие (процесс 2-3) до конечного давления P_k с повышением температуры до T_3 . Перегретый пар (точка 3) поступает в конденсатор К, где сначала происходит его охлаждение (процесс 3-4*) из состояния, перегретого пара до состояния насыщения (точка 4), а затем конденсация (процесс 4*-4) при постоянном давлении P_k и температуре T_k , в результате чего происходит подвод теплоты высокопотенциальному источнику тепла. Из конденсатора К конденсат фреона поступает в охладитель конденсата ОК, где производится отвод тепла теплоносителю F (на нужды ГВС) внешнего теплоприемника (процесс 4-5) с понижением температуры до T_5 . Дальнейшее охлаждение фреона до температуры T_6 производится в РТ обратным потоком пара, поступающим из испарителя И в компрессор КМ. Цикл завершается процессом дросселирования (процесс 6-7) жидкого фреона в дроссельном устройстве ДР от давления P_k до давления в испарителе P_0 с понижением его температуры от T_6 до температуры T_0 в процессе изэнтальпийного расширения.

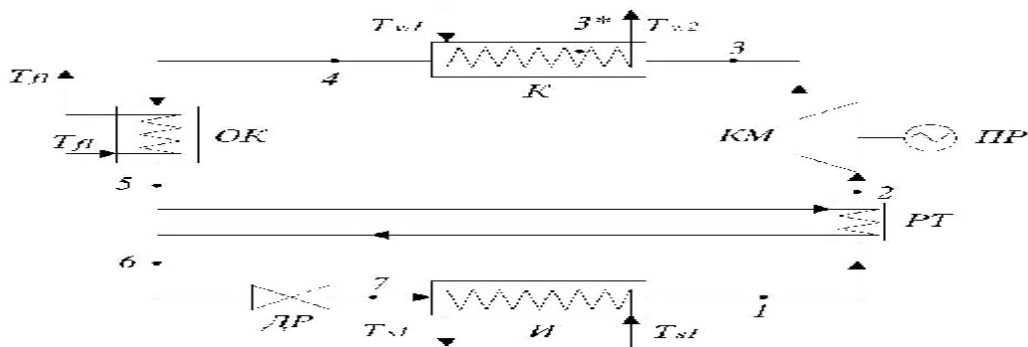


Рис. 1. Принципиальная схема ТНУ с регенеративным теплообменником РТ и охладителем конденсата ОК

Для анализа энергетической эффективности применения рассматриваемой схемы ТНУ воспользуемся методикой [1, 2], реализованной с помощью программы CoolPack в p , h -диаграмме (рис. 2).

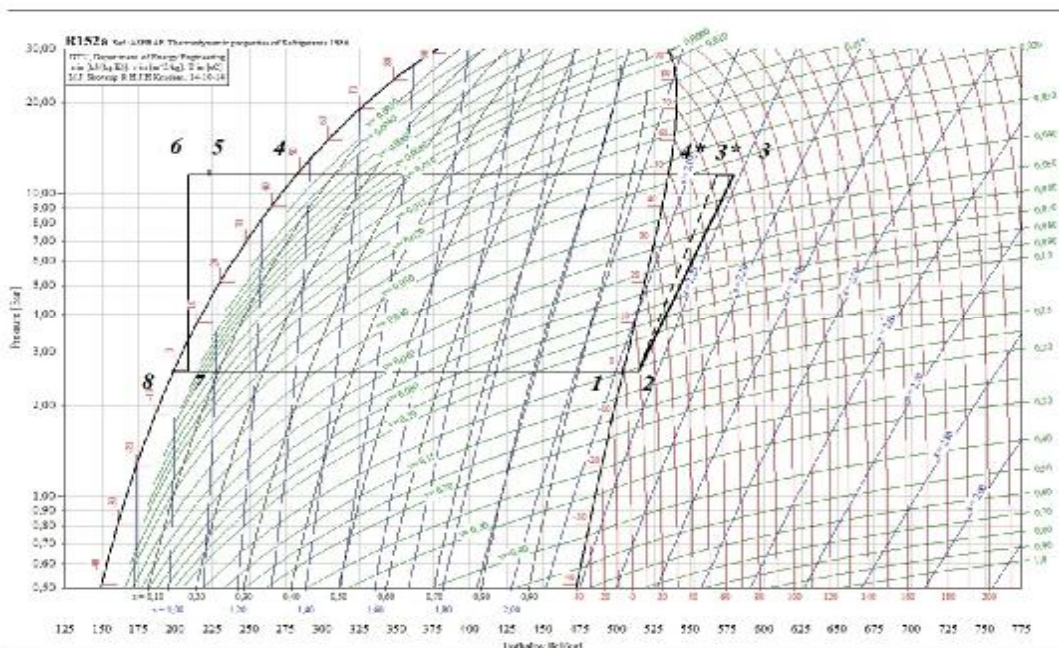


Рис. 2. Цикл ТНУ на базе грунтовой энергии для систем теплоснабжения с напольным отоплением при $t_0 = -6\text{ }^\circ\text{C}$
Температура насыщенного пара фреона на выходе из испарителя

$$T_0 = T_{s2} - \Delta T_i, \quad (1)$$

где T_{s2} – температура низкопотенциального источника тепла, К;

ΔT_i – перепад температур на выходе из испарителя, К.

Температура конденсации фреона

$$T_k = T_{w2} + \Delta T_k, \quad (2)$$

где T_{w2} – температура высокопотенциального источника тепла на выходе из конденсатора, К;

ΔT_k – перепад температур на выходе из конденсатора, К.

Температура перегретого пара фреона на входе в компрессор

$$T_2 = T_0 + \theta(T_k - T_0), \quad (3)$$

где θ – температурный коэффициент регенерации тепла в РТ.

Степень сжатия фреона в компрессоре

$$\pi_k = P_k/P_0, \quad (4)$$

где P_k, P_0 – давления конденсации и испарения при температурах T_k и T_0 .

Индикаторный КПД поршневого неохлаждаемого компрессора

$$\eta_i = l_{ад}/l_d = (h_{3*} - h_2)/(h_3 - h_2) = \Omega \cdot \lambda, \quad (5)$$

где $l_{ад}, l_d$ – удельная адиабатная и действительная работы сжатия, кДж/кг;

h_{3*}, h_3, h_2 – энтальпии фреона после при адиабатном сжатии, при реальном сжатии и перед компрессором соответственно, кДж/кг;

Ω – коэффициент полноты индикаторной диаграммы;

λ – коэффициент подачи компрессора.

Коэффициент подачи компрессора

$$\lambda = \lambda_c \cdot \lambda_w \cdot \lambda_{пл}, \quad (6)$$

где λ_c – объемный коэффициент, учитывающий влияние вредного пространства; λ_w – коэффициент подогрева, учитывающий снижение объемной производительности компрессора из-за подогрева пара и испарения жидкости; $\lambda_{пл}$ – коэффициент плотности, учитывающий снижение производительности компрессора.

Объемный коэффициент

$$\lambda_c = 1 - c \cdot ((\pi_k)^{1/m} - 1), \quad (7)$$

где c – коэффициент вредного пространства компрессора;

m – показатель политропы.

Коэффициент подогрева

$$\lambda_w = T_2/T_k \quad (8)$$

Энтальпия фреона при реальном сжатии на выходе из компрессора

$$h_3 = h_2 + (l_{ад}/\eta_i) = h_2 + (h_{3*} - h_2)/\eta_i, \text{ кДж/кг} \quad (9)$$

Энтальпия фреона на выходе из охладителя конденсата

$$h_5 = h_6 + (h_2 - h_1), \text{ кДж/кг} \quad (10)$$

Энтальпия фреона на выходе из регенеративного теплообменника

$$h_6 = h_8 + (h_2 - h_1), \text{ кДж/кг} \quad (11)$$

Удельная внутренняя работа компрессора

$$l_d = h_3 - h_2, \text{ кДж/кг} \quad (12)$$

Удельная теплопроизводительность конденсатора

$$q_k = h_3 - h_4, \text{ кДж/кг} \quad (13)$$

где h_4 – энтальпия фреона на выходе из конденсатора, кДж/кг.

Удельная тепловая нагрузка охладителя конденсата

$$q_{ок} = h_4 - h_5, \text{ кДж/кг} \quad (14)$$

Массовый расход фреона

$$G_{пр} = Q_{тн} / q_{тн}, \text{ кг/с} \quad (15)$$

где $Q_{тн}$ – тепловая нагрузка ТНУ, кВт;

$q_{тн}$ – удельная тепловая нагрузка ТНУ, кДж/кг

Удельная тепловая нагрузка ТНУ

$$q_{тн} = q_k + q_{ок}, \text{ кДж/кг} \quad (16)$$

Теплопроизводительность конденсатора

$$Q_k = G_{пр} \cdot q_k, \text{ кВт} \quad (17)$$

Тепловая нагрузка охладителя конденсатора

$$Q_{ок} = G_{пр} \cdot q_{ок}, \text{ кВт} \quad (18)$$

Электрическая мощность электропривода

$$N_{пр} = l_d \cdot G_{пр} / \eta_{эл.м}, \text{ кВт} \quad (19)$$

где $\eta_{эл.м}$ – электромеханический КПД компрессора

Коэффициент преобразования ТНУ

$$\varphi = (Q_{ок} + Q_k) / N_{пр} \quad (20)$$

Для расчета энергетической эффективности рассматриваемой схемы ТНУ (рис. 1) были приняты следующие исходные данные:

– температура низкопотенциального источника тепла на входе в испаритель ТНУ $T_{s1} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$;

– температура низкопотенциального источника тепла на выходе из испарителя ТНУ $T_{s2} = 2 \text{ }^\circ\text{C}$;

– перепады температур на выходе из теплообменников $\Delta T_{и} = 3\text{K}, \Delta T_{к} = 5\text{K}$

– электромеханический КПД компрессора $\eta_{эл.м} = 0,95$.

В зависимости от температуры наружного воздуха $t_0 = -16 \dots 8 \text{ }^\circ\text{C}$ температуры высокопотенциального источника тепла на входе в систему отопления T_{w2} имеют различные значения в зависимости от исполнения внутридомовой системы теплоснабжения здания (табл. 1) [2]. В свою очередь изменение температуры наружного воздуха также характеризует изменение нагрузки на отопление (в качестве примера 5-ти этажное здание на 60 квартир) [3], т.е. тепловой нагрузки ТНУ $Q_{тн}$, кВт.

Таблица 1

Требуемая температура воды для теплоснабжения

Температура наружного воздуха $t_0, \text{ }^\circ\text{C}$	Температура теплоносителя на входе в СО $T_{w2}, \text{ }^\circ\text{C}$	
	Радиаторы	Теплый пол
-16	77	53
-11	70	49
-6	63	44
-1	55	39
4	45	35
8	40	31

Для анализа энергетической эффективности применения рассматриваемой схемы ТНУ с внутридомовой системой отопления с отопительными приборами – радиаторами и с напольным отоплением при прочих равных условиях были получены следующие величины (табл. 2, рис. 3). В качестве холодильного агента был использован экологически безопасный фреон R152a, который целесообразно применять для повышения эффективности ТНУ за счет его теплофизических свойств.

Таблица 2

Показатели энергетической эффективности ТНУ

$t_0, ^\circ\text{C}$	π_k		$N_{пр}, \text{кВт}$		φ	
	радиаторы	теплый пол	радиаторы	теплый пол	радиаторы	теплый пол
-16	9,544	5,583	142,9	107,1	3,512	4,688
-11	8,225	5,067	128,1	98,0	3,771	4,928
-6	7,045	4,473	110,7	84,1	4,075	5,364
-1	5,856	3,934	87,6	68,1	4,577	5,890
4	4,599	3,539	62,6	51,3	5,338	6,506
8	4,037	3,175	46,6	38,2	5,861	7,143

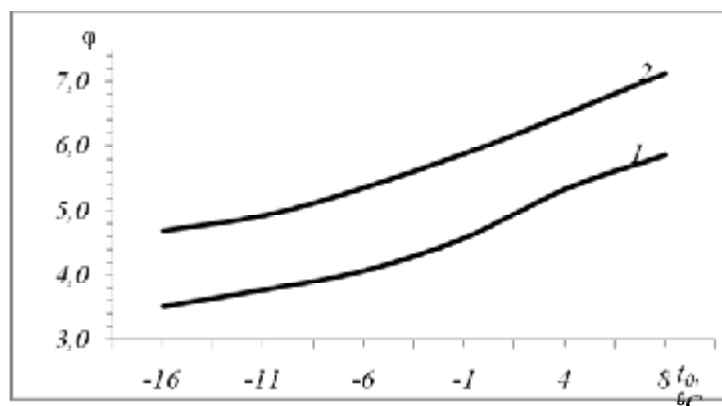


Рис. 3. Зависимость коэффициента преобразования теплоты φ от температуры наружного воздуха t_0 : 1 – отопительные приборы – радиаторы; 2 – теплый пол

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА.

Анализ показателей (табл. 1) демонстрирует, что при понижении температуры окружающей среды требования по температуре к теплоносителю, подаваемому в систему отопления для обеспечения комфортных температурных условий в помещениях, повышаются. В результате этого, разность температур между низкопотенциальным источником тепла грунтовых вод и высокопотенциальным источником тепла системы теплоснабжения увеличивается. Таким образом, при понижении температуры наружного воздуха степень сжатия фреона π_k в компрессоре растет, что влечет за собой увеличение необходимой мощности $N_{пр}$ привода компрессора для полного сжатия фреона до давления конденсации рабочего тела P_k . Поэтому для повышения эффективности работы ТНУ необходимо стремиться к уменьшению разности температур между низкопотенциальным источником тепла и высокопотенциальным источником, о чем свидетельствует коэффициент преобразования теплоты φ (рис. 3). Для достижения этой цели и повышения энергообеспечения возможен переход от традиционной внутридомовой системы отопления с использованием в качестве отопительных приборов радиаторов к напольной системе отопления за счет меньшей температуры высокопотенциального источника тепла для достижения комфортных температурных режимов в помещениях. Это связано с тем, что нагревательным элементом напольного отопления является вся поверхность пола и теплоотдача при этом происходит с обширной поверхности с относительно менее низкой температурой.

Выводы

Таким образом, для достижения повышения энергетической эффективности ТНУ необходимо стремиться к уменьшению разности температур между низкопотенциальным источником тепла и высокопотенциальным. Так использование напольного отопления при прочих равных условиях по сравнению с радиаторным для рассмотренной схемы ТНУ в среднем эффективнее на 21 %, о чем свидетельствует коэффициент трансформации тепла φ .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Елистратов С.Л. Комплексное исследование эффективности тепловых насосов: дис. на соискание ученой степени д-р техн. наук / Елистратов С. Л. – 2010. – 383 с.
2. Трубаев П.А. Тепловые насосы: учеб. пособ. / П.А. Трубаев, Б.М. Гришко. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – 142 с.
3. Справочник по наладке и эксплуатации водяных тепловых сетей / [Манюк В.И., Каплинский Я.И., Хиж Э. и др.] – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1982. – 215 с.

УДК 621.181: 66.096.5: 502.33

КИПЯЩИЙ СЛОЙ КАК ТЕХНОЛОГИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО СЖИГАНИЯ СЕРНИСТОГО ТОПЛИВА

Воинов А.П., Шевчук В.И.

Одесский национальный политехнический университет

Огнетехнические установки для сжигания сернистого топлива ответственны за выброс оксидов серы $SO_y = SO_2 + SO_3$, высокотоксичных по отношению к природной среде, прежде всего – живой природе. Существенное уменьшение выброса этих веществ является одной из важнейших задач проблемы снижения техногенной нагрузки природной среды.

Предложен ряд приемов снижения выброса SO_y указанными объектами, в том числе котельными установками. Надежно апробированным приемом является связывание SO_y введенной в топочную камеру твердой присадкой в виде мелкодисперсных частиц природных материалов, содержащих CaO или MgO, – известняка, мела, магнезита. Взвешенные в топочной среде частицы присадки реагируют с SO_y с образованием частиц практически безвредного гипса, удаляемых вместе с твердыми очаговыми остатками.

Оксиды серы, слоевая топка, камерная топка, вихревая топка, кипящий слой, степень турбулентности

ВВЕДЕНИЕ

Доступная эффективность реализации этого приема связывания SO_y в топке зависит от действия ряда факторов, прежде всего, следующих:

- тип топки (слоевая, камерная, вихревая, кипящего слоя),
- концентрация частиц присадки в топочной среде,
- удельная поверхность (дисперсность) частиц присадки,
- степень равномерности распределения частиц присадки по сечению топочной камеры,
- уровень температуры топочной среды,
- степень турбулентности газового потока в зоне протекания реакции горения и реакции связывания SO_y ,
- длительность взаимодействия частиц присадки и топочной среды.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Известен отечественный и зарубежный положительный опыт промышленного применения рассматриваемого приема. В частности, известно его использование в Германии и Франции, в котельных установках при сжигании в камерных топках мазута, содержащего до 4,4 % серы, импортированного из бывшего Союза. Целью использования указанного топлива является получение из его золы германия и ванадия. Побочным продуктом является товарный гипс. В экологическом отношении топочный процесс организован надлежащим образом.

Важным условием успешной реализации рассматриваемого приема в камерных топках является обеспечение

- непрерывного дозирования присадки (пропорционально текущему расходу топлива),
- непрерывное введение ее в топку,
- равномерное распределение присадки по поперечному сечению топочной камеры.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ

Накопленный опыт показывает, что среди известных топочных технологий уникально благоприятные условия для связывания SO_y твердой присадкой складываются в топках низкотемпературного пузырькового кипящего слоя (КС). Это обстоятельство обусловило приоритетное положение указанной технологии по выбросу SO_y среди всех известных котельно-топочных технологий [1].

Рассмотренный прием, надежно апробированный в производственных условиях, целесообразно применять в котельных установках с мазутными топками независимо от их единичной мощности и содержания серы в топливе. В топках КС данный технологический эффект обусловлен следующим:

- существенным запасом вещества присадки в инерте КС,
- высокой степенью равномерности концентрации вещества присадки в горизонтальном сечении КС,
- уникально высокой степенью турбулизации КС частицами его инерта.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Сжигать в топках КС можно топливо любого вида: твердое, жидкое, газообразное. При этом интерес представляет ряд разных по характеру научно-технических задач применительно к топливу каждого вида. Это относится к задаче организации сжигания высокосернистого мазута, получаемого нефтеперерабатывающими заводами Украины из импортной сернистой нефти, в частности, западносибирских месторождений содержанием серы до 1,5...2,0 %.

В рассматриваемой задаче речь идет о сжигании топлива и выбросе SO_y при концентрации их в уходящих газах ниже предельно допустимой (ПДК).

Высокосернистый мазут с содержанием серы 2...4 % можно экологически высокоэффективно сжигать в топках КС с присадкой в зоне активного горения молотого мелкодисперсного известняка. Его удельное количество должно превосходить содержание серы в топливе ($S^p_{д}$) в, приблизительно, три раза.

Необходимо отметить основные особенности топок КС при сжигании мазута:

- в топке, на воздухораспределительной решетке (ВРР), находится инерт в расчетном количестве; по мере его убыли, вследствие истирания частиц, следует оперативно производить добавку;
- твердую сыпучую присадку следует вводить в нижнюю часть КС струями воздуха с помощью фурм, расположенных по торцам ВРР,
- частицы присадки в значительной степени будут уноситься газовым потоком из топки; должна быть предусмотрена очистка от них уходящих газов;
- крупные частицы присадки будут накапливаться в инерте; должна быть предусмотрена возможность периодического оперативного удаления инерта из топки,
- система ввода жидкого топлива в КС должна обеспечивать высокую степень равномерности его распределения и, соответственно, процесса горения по площади топки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В этих условиях унос из топок в значительной степени будет состоять из частиц гипса. Выделенный из уходящих газов сухим способом унос может оказаться вяжущим строительным материалом, аналогом алебаstra. Для очистки газов от мелкодисперсного уноса целесообразно использовать известное современное рентабельное высокоэффективное решение – применить малогабаритные электрофилтры.

Изложенные основные пути решения рассматриваемой задачи остаются характерными в случаях сжигания сернистого топлива всех видов и сортов.

Выполненное комплексное исследование технологического процесса, протекающего в котельно-топочных системах низкотемпературного пузырькового КС, позволило расширить теоретические представления о нем и его составляющих. Одной из их числа является процесс связывания SO_y в КС твердой присадкой при сжигании сернистого топлива [2, 3].

С целью снижения интенсивности внешней эрозии котельных труб, в котлах КС при использовании твердой присадки, целесообразно в них применять инерт пониженной эрозионной агрессивности [5, 6],

В Одесском политехническом институте (ныне Одесском национальном политехническом университете) научно-исследовательская лаборатория перспективных котельно-топочных систем разрабатывает ряд задач создания и применения прогрессивных технологических решений в сфере промышленных котельных установок. В их числе, в частности, – задачи высокоэффективного сжигания сернистого топлива в котлах КС [1-6]. Основные из ряда полученных лабораторией результатов внедрены в котельных, на предприятиях числом более 260, на территории Украины, России, Армении, Грузии, Молдовы.

Выводы

Сокращение выброса SO_y котельно-топочными системами, сжигающими сернистое топливо, является актуальной научно-технической задачей.

Одним из надежных продуктивных приемов предотвращения выброса SO_y является связывание их в топочной камере вводимой в нее твердой присадкой, содержащей CaO или MgO .

Уникально благоприятными условиями реализации этого приема обладает технология низкотемпературного пузырькового КС.

Применение технологии КС должно прийти на смену другим технологиям сжигания сернистого топлива в котельно-топочных системах.

Применение технологии низкотемпературного пузырькового КС с использованием твердой присадки, содержащей CaO или MgO , позволит при сжигании сернистого топлива радикально снизить техногенную нагрузку природной среды по выбросу SO_y .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воинов А. П. Проблематика разработки высокоэкологических котельно-топочных систем на низкокачественном твердом топливе // Тез. докл. семинару “Пробл. преобразов. энергии и рац. использов. органич. топл. в энергетике”. (22–23 сент.1993).– К.: ИПЭ НАН Украины, 1993.
2. Шевчук В. И. Исследование процесса связывания оксидов серы в низкотемпературной топке с кипящим слоем. Дисс. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. – Одесса, 1981.
3. Воинов А. П., Легенченко А. И., Шевчук В. И. Уменьшение выброса окислов азота и серы использованием кипящего слоя как основы организации котельно-топочного процесса // «Проблемы энергетики теплотехнологии». I Всес. науч. конф. Тез. докл. Т. 2. М.: 1983, с. 143.
4. Воинов А. П. Положение трубы в кипящем слое и ее внешняя эрозия // Теплоэнергетика, 2003, № 8, с. 59 – 61.
5. A. P. Voinov, S. A. Voinova. The Possibility of Controlling External Erosion in Fluidized-Bed Boilers // Thermal Engineering, 2008, Vol. 55, No. 9, p.p. 749 – 754.
6. Воинов А. П., Воинова С. А. Возможность управления внешней эрозией в котлах с кипящим слоем // Теплоэнергетика, № 9, 2008, с. 29 – 32.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФРИКЦИОННО-ВИХРЕВЫХ ТУРБИН С ДИСКОВЫМ РОТОРОМ В КОМБИНИРОВАННЫХ ТУРБОПРИВОДАХ СИСТЕМ НАДЕЖНОЙ ПОДПИТКИ НА АЭС

Дервянко О.В.

Одесский национальный политехнический университет

В данной статье представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований, направленных на совершенствование систем аварийного теплоотвода на атомных электростанциях, предусматривающих подачу водных сред при помощи турбонасосных агрегатов с бустерными фрикционно-вихревыми турбинами. Применение таких бустерных турбин в комбинированных турбоприводах насосов подпитки, рассчитанных на использование энергии технологического влажного пара, в условиях полного аварийного электрообесточивания энергоблока может способствовать повышению безопасности действующих и строящихся объектов атомной энергетики.

Строительство энергоблоков АЭС, теплообменные процессы, аварийная подпитка водных сред, трубопроводы питательных насосов

ВВЕДЕНИЕ

Строительство и эксплуатация атомных электростанций (АЭС) экономически и экологически оправданы при условии обеспечения их безопасного функционирования. Безопасность реакторных установок должна обеспечиваться в том числе и в аварийных режимах, с учетом возможности полного электрообесточивания энергоблоков. Использование систем, направленных на дополнительную активизацию теплообмена в оборудовании энергетической установки, является мерой, направленной на снижение техногенного риска.

Известно, что в аварийных режимах функционирование системы пассивного отвода тепла (СПОТ) для снижения риска повреждения технологического оборудования может осуществляться на АЭС при полном электрообесточивании энергоблока, однако эффективность этой системы существенно зависит от достаточного снабжения водой парогенераторов реакторной установки [1]. При этом штатно подпитка парогенераторов осуществляется за счет роторных насосов с электроприводом, что делает при электрообесточивании систему подпитки неэффективной, не позволяющей максимально реализовать возможности СПОТ, чтобы достичь востребованного уровня безопасности АЭС. Традиционные турбоприводы насосов подпитки, предполагающие использование лопаточных турбин, имеют недостатки, связанные с небезударным восприятием влажного пара в пусковых (аварийных) режимах. Поэтому разработка электронезависимых приводов подпиточных насосов с возможностью безударного включения их в работу относится к актуальным техническим вопросам. Безударность пуска турбоприводов может быть обеспечена применением бустерной ступени в составе комбинированного турбопривода, предвключенной лопаточной турбине, при этом в качестве бустерной турбины может быть применена фрикционно-вихревая турбина [2].

Несложной конструктивно разновидностью фрикционно-вихревых турбин является турбина с многодисковым ротором по типу турбины Теслы. Теоретический анализ и экспериментальные исследования таких турбин, эффективность которых при их самостоятельном применении является в принципе невысокой, ранее не были востребованы практикой. Рассмотрение таких турбин в качестве бустерных обусловило научный интерес к ним и потребность в разработке научных основ их использования в современном машиностроении [3].

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Известно, что работа дисковых фрикционно-вихревых турбин основана на использовании организованного вихря рабочего тела в цилиндрическом корпусе статора в качестве движителя безлопаточного ротора за счет фрикционного взаимодействия с ним [4]. Аналитическое описание движения вихря в таком процессе и экспериментальные исследования этого процесса на основе физического моделирования в современной литературе преимущественно рассматриваются безотносительно к техническим задачам. Как показывает ретроспективный анализ публикаций, несмотря на немалое количество фундаментальных работ, направленных на изучение вихревого движения, начиная с первых опубликованных исследований Г. Кирхгофа [5], А. Пуанкаре [6], Н.Д. Горячева [7], Н.Е. Жуковского [8] и Г. Гельмгольца [9], физические процессы взаимодействия вихрей с роторами фрикционных турбин и твердыми телами вообще долгое время оставались недостаточно исследованными. Современные работы А.В. Борисова, И.С. Мамаева, М.А. Соколовского, С. М. Рамоданова [10, 11] по фундаментальному изучению вихревого движения сред в области задач математической физики, не содержат выводов, относящихся к принципам конструирования, востребованных практикой технических устройств.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Определяющим целью замыслом работы, стало повышение безопасности энергоблоков АЭС путем усовершенствования приводов насосов аварийного восполнения дефицита водных сред в основном теплообменном оборудовании АЭС в условиях полного электрообесточивания энергоблока.

Целью исследований, изложенных в рамках данной статьи, стало обоснование положения о том, что конструирование фрикционно-вихревых турбин, используемых в качестве бустерных элементов в комбинированных турбоприводах, должно предусматривать рациональное профилирование проточной части ротора ради обеспечения искомой приемистости в пусковых режимах.

Для достижения поставленной цели были поставлены две задачи: во-первых, – теоретически обосновать необходимость спирального профилирования роторов бустерных турбин; во-вторых, – экспериментально обосновать то, что без спирального профилирования проточной части ротора, независимо от шероховатости фрикционной поверхности, приемистость фрикционно-вихревой турбины меняется незначительно.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика проведенного исследования последовательно предусматривала: аналитическое описание вихревого движения рабочего тела в междисковом пространстве ротора фрикционно-вихревой турбины для выяснения характера силового воздействия вихря на фрикционную поверхность ротора и установления необходимости спирального профилирования проточной части; физическое моделирование фрикционно-вихревой турбины и проведение испытательных экспериментов для определения критерия приемистости модельной фрикционно-вихревой турбины; исследование влияния степени хаотической шероховатости фрикционной поверхности ротора на приемистость турбины. При реализации всех указанных методических этапов учитывалось, что важным обстоятельством в условиях функционирования оборудования АЭС в предаварийных и аварийных режимах является необходимость срабатывания приводов насосов подпитки с достаточным быстроедействием и высокой надежностью их включения в работу.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В ходе аналитических исследований, опирающихся на использование классического метода математического анализа Борисова-Рамоданова были получены следующие результаты.

Импульс фрагмента рабочего тела в междисковом пространстве, рассматриваемом как зона образования вихря и находящегося, как показано на рис. 1, в области диска,

ограниченной контурами C , C_1 , C_2 , а также радиальными отрезками AB и A_1B_1 , может быть представлен в комплексной форме:

$$P = P_x + iP_y = \rho \int_D \frac{\partial \varphi}{\partial x} d\tau + i\rho \int_D \frac{\partial \varphi}{\partial y} d\tau,$$

где P_x , P_y – проекции импульса тела на неподвижные относительно цилиндрического статора оси x и y .

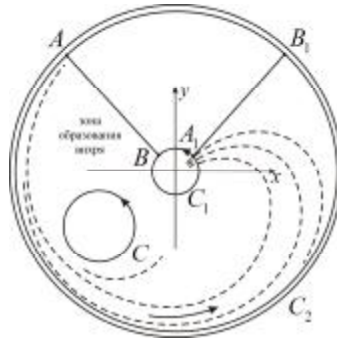


Рис. 1. Физико-геометрическое представление движения и взаимодействия рабочего тела с ротором фрикционно-вихревой турбины

С учетом того, что (согласно второму закону Ньютона) изменение импульса тела равно импульсу силы, после записи криволинейного интеграла, описывающего площадь фрикционной контактной поверхности, ограниченной выделенными контурами (и принимая во внимание, что при заданном давлении площадь пропорциональна фрагментарно действующей на ротор силе), поле применения формулы Грина для преобразования криволинейного интеграла и формулы интегрирования по частям, имеем выражение для изменения импульса тела:

$$\frac{dP}{dt} = i\rho \frac{d}{dt} \int_{C_2} z d\varphi - i\rho \frac{d}{dt} \int_{C_1} z d\varphi - i\rho \frac{d}{dt} \int_C z d\varphi = -R_C - R_{C_1} + R_{C_2}$$

Полученное выражение дает основание полагать, что силы R_C и R_{C_1} являются противодействующими вращению ротора вследствие паразитического вихреобразования, а сила R_{C_2} играет роль центробежной, направленной со стороны статора турбины на ротор (посредством рабочего тела) и обеспечивает его вращение.

С использованием понятия интенсивности вихря Γ (определяемой как произведение математического ротора вектора скорости на сечение спирального следа движения фрагмента рабочего тела), равнодействующая действующих сил, как это обычно записывается в задачах симплексной вихревой алгебры, может быть представлена при общепринятых обозначениях также в виде:

$$R = i\Gamma^* \rho \frac{d}{dt} k_0 - i\Gamma \rho \frac{d}{dt} f(l_1) - \Gamma \rho v_0 + i\Gamma \rho u_0,$$

где первое слагаемое выражает силу, связанную с круговым движением – эта сила ортогональна скорости и является центробежной, но очевидно также, что действуют другие силы, на которые указывают два последних слагаемых, и это должно учитываться при выборе конструктивных решений при совершенствовании и использовании трубопровода. Учет может быть осуществлен при переходе от рассмотрения кинетики рабочего тела к его кинематике путем выбора траекторий принудительно организованного движения рабочего тела в рабочем колесе фрикционно-вихревой турбины. Кинематический анализ физики движения, соответствующий элементарной порции рабочего тела, приводит к спирали, которая может быть определена как спираль Ахимеда (рис.2) или как спираль Ферма (рис.3).

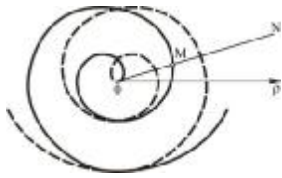


Рис. 2. Спиральная траектория движения элементов нерасширяющегося рабочего тела фрикционно-вихревой турбины



Рис.3. Спиральная траектория движения элементов расширяющегося рабочего тела в фрикционно-вихревой турбины

Для подтверждения этого теоретического положения было выполнено стендовое моделирование дисковой фрикционно-вихревой турбины, которое позволило экспериментально установить, что данное устройство, показанное на рис.4 [12], может быть описано как аperiodическое звено первого порядка, исходя из характера полученных кривых разгона, типовая запись которой показана на рис. 5. Учитывая, что динамика (пусковые свойства) аperiodического звена первого порядка описывается дифференциальным уравнением:

$$T \frac{dy}{dt} + y = kx,$$

где x – входной параметр (входное давление), y – выходной параметр (частота f вращения ротора), k – коэффициент пропорциональности, зависящий от условий применения устройства, T – постоянная времени (показатель приемистости турбины).

В качестве критериального показателя приемистости такой турбины была выбрана постоянная времени T – время, за которое частота вращения ротора могла бы достичь своего установившегося значения при условии, что скорость нарастания частоты вращения оставалась бы такой же, как в начальный момент времени.

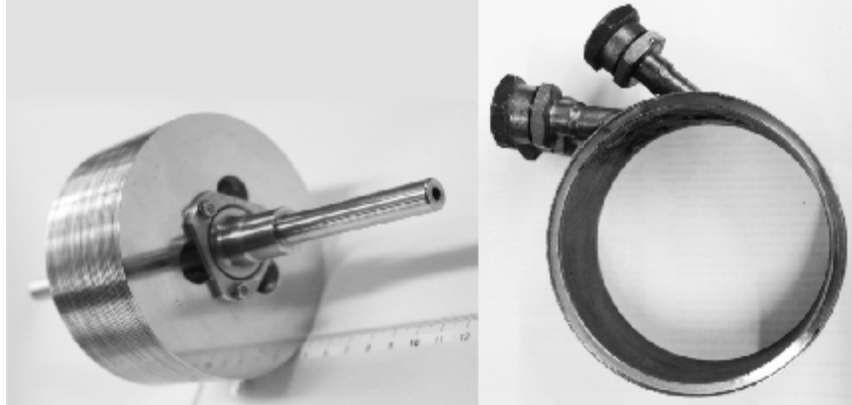


Рис.4. Сборочные конструктивные элементы модельной дисковой фрикционно-вихревой турбины

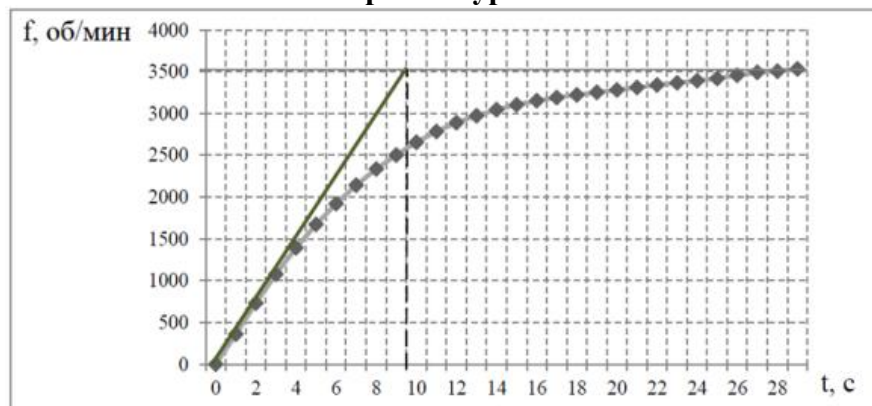


Рис.5. Типовая кривая разгона дисковой фрикционно-вихревой турбины и определение значения постоянной времени

После перекомпоновки дисков ротора с поэтапным изменением, в ходе экспериментов, шероховатости фрикционной поверхности (от класса чистоты 14 до класса чистоты 5), были получены зависимости постоянной времени T , приведенные на рис. 6

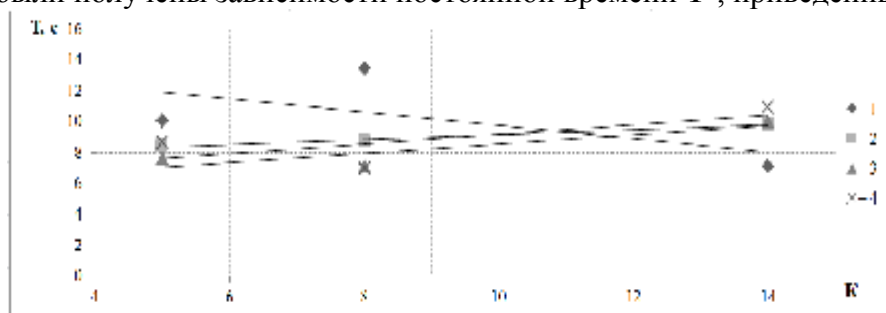


Рис. 6. Аппроксимированные зависимости значений постоянной времени от класса чистоты (K) фрикционной поверхности при различных междисковых зазорах: 1 – 0,45 мм, 2 – 0,9 мм, 3 – 1,35 мм, 4 – 1,8 мм

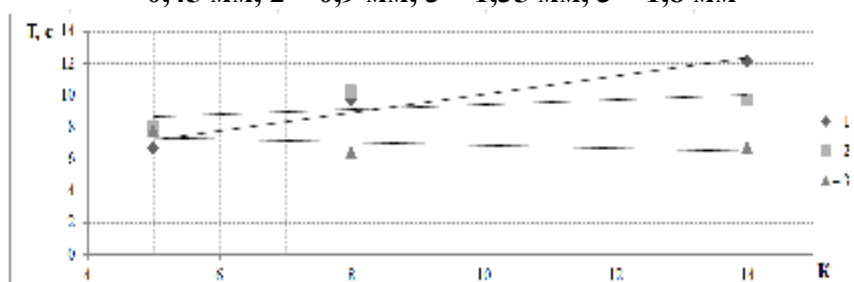


Рис. 7. Аппроксимированные зависимости значений постоянной времени от класса чистоты (K) фрикционной поверхности при различных значениях диаметров критического сечения сопел: 1 – 2 мм, 2 – 3 мм, 3 – 4 мм

Таким образом, экспериментальные исследования позволили установить, что влияние хаотической шероховатости фрикционной поверхности является незначительным, мало влияющим на значение постоянной времени бустерной турбины исследованной конструкции.

Выводы

1. Из аналитического рассмотрения вихревого движения рабочего тела и его взаимодействия с ротором в фрикционно-вихревой турбине следует, что в пространстве цилиндрического корпуса турбины имеются вихри паразитического свойства, упорядочить которые можно, например, путем спирального профилирования роторов бустерных турбин комбинированного турбопривода.

2. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили, что хаотическая шероховатость, соответствующая различным классам чистоты обработки фрикционной поверхности дисков ротора, существенного влияния на динамические характеристики опытного образца бустерной фрикционно-вихревой турбины не оказывала, что убеждает в необходимости специального спирального профилирования проточной части роторов фрикционно-вихревых бустерных турбин комбинированных турбоприводов насосных систем подпитки для АЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Погосов А.Ю. Предаварийные физические процессы и надежный теплоотвод в ядерных энергоустановках. Одесса: Наука и техника, 2014.– 264 с.
2. Корольов О.В. Комбінований турбопривід насоса для подачі водних середовищ / О.В. Корольов, О.В. Дерев'янку // Патент на корисну модель № 92070 [МПК F01D/F01K], опубл. 25.07.2014, Бюл.№ 14.
3. Королев А.В., Деревянку О.В., Погосов А.Ю. О выявлении латентных факторов, требующих превентивного срабатывания специализированной системы подпитки водных сред ЯЭУ// Энергетика та електрифікація, 2014, № 4 (368), С.44–50.

4. Деревянко О.В. Новые аппараты подпитки тепломассообменного оборудования в системе управления энергоблоком/ О.В. Деревянко, А.В. Королев, А.Ю. Погосов// Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – №8(126). – 2014. – С. 28–34.
5. Kirchhoff G.R. Vorlesungen über Mechanik, 1876: [Пер. с нем.] : Кирхгоф Г. Механика. – Ижевск: НИЦ «РХД», 2001. – 404 с.
6. Poincaré H. Théorie des tott,rbillions // Teubner, Leipzig, 1883 : Paris: Carre, 1893. [Пер. с фр.]: Пуанкаре А. Теория вихрей. – Ижевск: Изд-во РХД, 2001. – 160 с.
7. Горячев Д. Н. О некоторых случаях движения прямолинейных параллельных вихрей / Д. Н. Горячев // «Ученые записки Моск. унив.» отд. физико—математич., 1899. – Вып. 16. – С. 1–106.
8. Жуковский Н.Е. О трении жидкости при большой разности скоростей ее струй // Доклад на пятом водопроводном съезде в Киеве в 1901г. – [Собрание сочинений]. – Т. I, 1949.
9. Гельмгольц Г. Два исследования по гидродинамике. – М., 1902. – С. 5–51. // Int. J. Fussion Energy. 1978. – 1, №3/4. – P.P. 41–68.
10. Борисов А.В. Фундаментальные и прикладные проблемы теории вихрей / Под редакцией / А.В. Борисов, И.С. Мамаев, М.А. Соколовский. – Москва–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – 704 с.
11. Рамоданов С.М. Динамика твердых тел и вихревых структур в идеальной жидкости: автореф. дисс. док. ф.–м. Наук: 01.02.01. «Теоретическая механика» / Рамоданов Сергей Михайлович; Удмуртский гос. ун–т. – Ижевск, 2009 г. – 30 с.
12. Деревянко О.В. Проектирование и строительство новых энергоблоков АЭС повышенной безопасности с применением альтернативных технологий аварийной подпитки водой основного оборудования / О.В. Деревянко, А.В. Королев, А.Ю. Погосов // Строительство и техногенная безопасность. Сборник научных трудов. – Вып. 50, 2014. – С.61–68.

УДК 662.612—428.4

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДВУХ НЕСООСНО-ВСТРЕЧНЫХ ЗАКРУЧЕННЫХ ГАЗОВЫХ СТРУЙ В ТОПКАХ КОТЛОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Зайцев О.Н.¹, Богатикова Н.П.¹

¹Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Зайцев Н.О.²

²Одесский национальный политехнический университет

Приведены результаты теоретических исследований поля скорости при взаимодействии встречных, смещенных закрученных газовых струй, показавшие нестабильность получаемой структуры вследствие воздействия прецессирующего вихревого ядра. При этом увеличение скорости происходит в более широкой области и на всем расстоянии между взаимодействующими струями, по сравнению с рассмотренными ранее видами взаимодействия закрученных струй, в тоже время, эволюция пика скорости, вызванного сложением скоростей взаимодействующих струй, определяет оптимальное соотношение между величиной смещения струй в горизонтальной плоскости и расстоянием между точками их истечения.

Вихревое ядро, прецессия, аэродинамика топки

ВВЕДЕНИЕ

Анализ современного состояния теории взаимодействующих закрученных потоков показывает, что свободные одиночные закрученные потоки применяются редко, в

основном в теплоэнергетике используются взаимодействующие закрученные потоки, при этом в настоящее время исследовались одноименно и противоположно закрученные потоки при коаксиальном, параллельном и встречном взаимодействии [1].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Математическое описание результирующего движения в указанных исследованиях основывалось на уравнениях Новье-Стокса и теории Прандтля о пути смещения, однако при этом не учитывалось влияние на образующиеся при таком взаимодействии структуры прецессии вихревых ядер закрученных потоков, то есть область существования ПВЯ, определяемая числами Рейнольдса ($Re > 1,8 \cdot 10^4$) [1,2], когда поток нестабилен, практически не изучена и требует теоретических исследований в данной области для встречных, параллельных, встречных, смещенных в горизонтальной плоскости взаимодействующих закрученных потоков.

Кроме того, учитывая данные, полученные в [3], свидетельствующие о значительном влиянии ПВЯ на устойчивость одиночного закрученного потока и предложенную концепцию появления, развития и разрушения вихревого ядра в нем при развитой зоне обратных токов, необходимо рассмотреть вопросы, связанные с наложением колебаний вихревых ядер при взаимодействии закрученных струй и выявить условия возникновения резонансных явлений, а также обеспечения устойчивости вихревых структур в случаях нутации ПВЯ.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование взаимодействия двух встречных, смещенных в горизонтальной плоскости струй для управления аэродинамикой в топках котлов малой мощности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Для получения поля скоростей при взаимодействии двух встречных, смещенных, в горизонтальной плоскости свободных закрученных струй центр координат располагался на равном расстоянии от осей струй, схематично представленных на рисунке 1.

Расчет осуществлялся согласно алгоритма приведенного в [3].

При расчетах последовательно варьировались $t = 1 \dots 1700$ с., $f = 0 \dots 500$ Гц, координаты $x, y = 0 \dots 1.3$ м, $n = 1 \dots 18$.

Полученные результаты представлены в виде графических зависимостей варьируемых параметров от результирующей скорости.

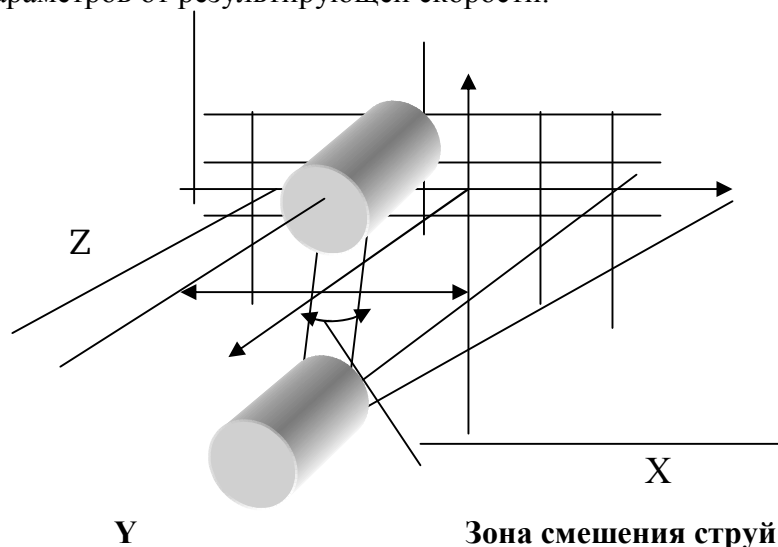


Рис.1. Схема расположения координат при взаимодействии встречных, смещенных в горизонтальной плоскости закрученных струй.

Так, представленные на рисунках 2-3 графики изменения скорости по поперечному сечению при увеличении расстояния от начала струи, и смещении осей встречных закрученных потоков в горизонтальной плоскости от 0,1 до 0,4 м, показали, что поле результирующей скорости в точках истечения струй аналогично полю одиночной струи до расстояния 0,5 (по срезу), далее профиль соответствует взаимодействию встречных закрученных потоков. Наблюдаемый при этом пик скорости не зависит от смещения осей струй и, очевидно, вызван прецессирующим вихревым ядром, при этом в отличие от встречных потоков, он более значителен и имеет на своих границах провалы скорости, что позволяет сделать вывод о вкладе в скорость встречной, смещенной струи (которая на этом расстоянии имеет более широкие границы, но меньшую скорость). Однако, при удалении от начала струи поле скоростей расслаивается на расстоянии 0,35 по срезу, в зависимости от величины смещения, что объясняется изменением области взаимодействия струй, при этом изменение указанного пика скорости явно указывает на определяющее влияние в его формировании поля скорости второй струи, что позволяет оценить ширину взаимодействия встречных, смещенных в горизонтальной плоскости закрученных струй — 0,35 — 0,65 в поперечном сечении. В остальной области прослеживается аналогия с встречными закрученными потоками. В целом можно констатировать, что увеличение скорости происходит в более широкой области и на всем расстоянии между взаимодействующими струями, по сравнению с рассмотренными ранее видами взаимодействия закрученных струй, а влияние прецессии вихревых ядер значительно только на расстояниях, близких к местам истечения струй. Также, исходя из анализа эволюции пика скорости, вызванного сложением скоростей взаимодействующих струй, определено оптимальное соотношение между величиной смещения струй в горизонтальной плоскости и расстоянием между точками их истечения — $l_{см}/l_p = 0,25$.

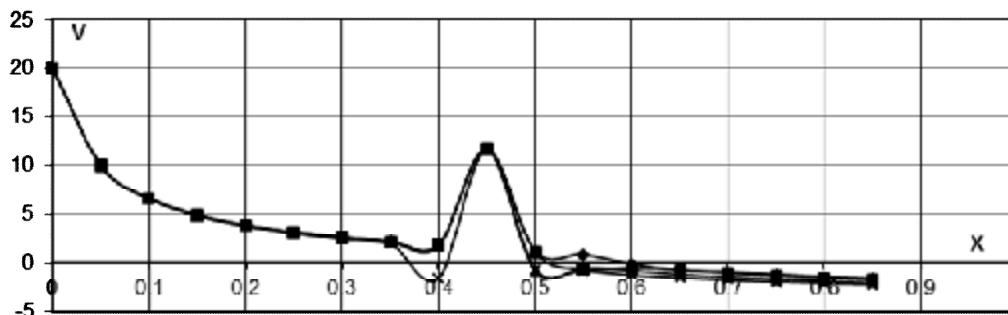


Рис.2. Изменение результирующей скорости по сечению при $y=0,00001$ м:

◆ — смещение 0,1 м; ■ — 0,2 м; ▲ — 0,3 м; x — 0,4 м.

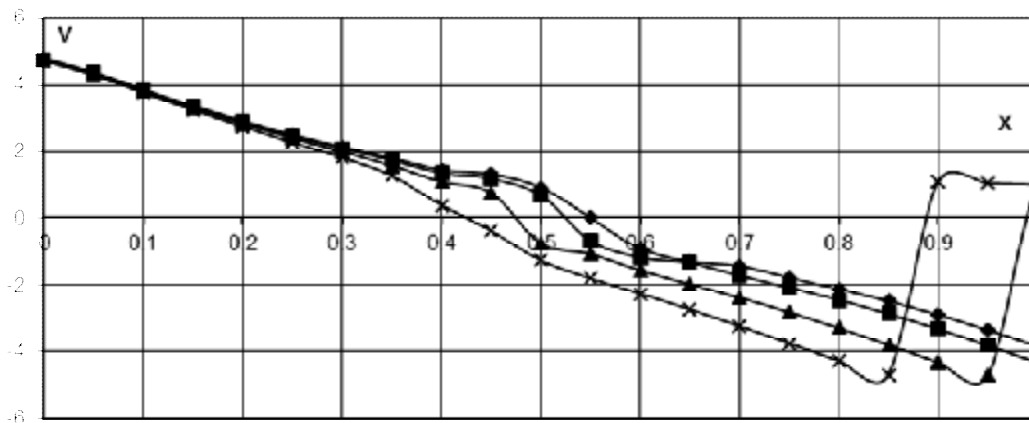


Рис.3. Изменение результирующей скорости по сечению при $y=0,2$ м:

◆ — смещение 0,1 м; ■ — 0,2 м; ▲ — 0,3 м; x — 0,4 м.

Изменение результирующей скорости при взаимодействии двух встречных, смещенных закрученных струй во времени, представленное на рисунках 4 - 5, позволяет сделать вывод, что о наличии двух видов колебаний — первое, имеющее частоту 60 с., с незначительной амплитудой, имеется во всех рассмотренным ранее взаимодействиям закрученных потоков, вызвано их турбулентным характером движения, второе — имеющее амплитуду 400 с., вызвано, очевидно, сложением колебаний, индуцируемых прецессирующими вихревыми ядрами. При этом необходимо отметить, что второй вид колебаний имеет амплитуду, сравнимую с результирующей скоростью в данной точке, чего не наблюдается в рассмотренных ранее случаях (кроме встречных закрученных струй). Максимальная величина первого вида амплитуды имеет аналогичную параллельным струям зависимость от смещения струй в горизонтальной плоскости — при смещении 0,1 и 0,3 — амплитуда меньше, чем при 0,2 и 0,4. В случае второго, более «долгого» колебания наблюдается обратная зависимость (максимальная амплитуда при смещении 0,1 и 0,3 превосходит аналогичную при смещении 0,2 и 0,4). То есть при использовании встречных, смещенных в горизонтальной плоскости закрученных струй в технических устройствах необходимо предусматривать механизм подавления второго типа колебаний, как наиболее опасного для стабильного протекания процесса взаимодействия потоков.

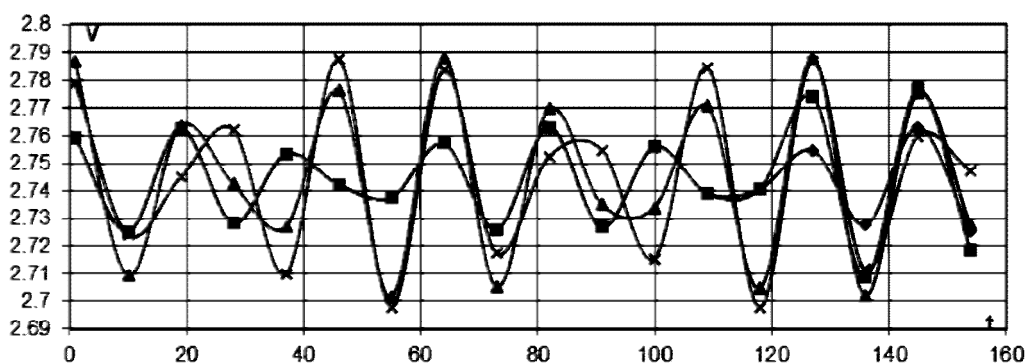


Рис.4. Изменение результирующей скорости по времени при $y=0,2$, $x=0,05$ м:
◆ — смещение 0,1 м; ■ — 0,2 м; ▲ — 0,3 м; x — 0,4 м.

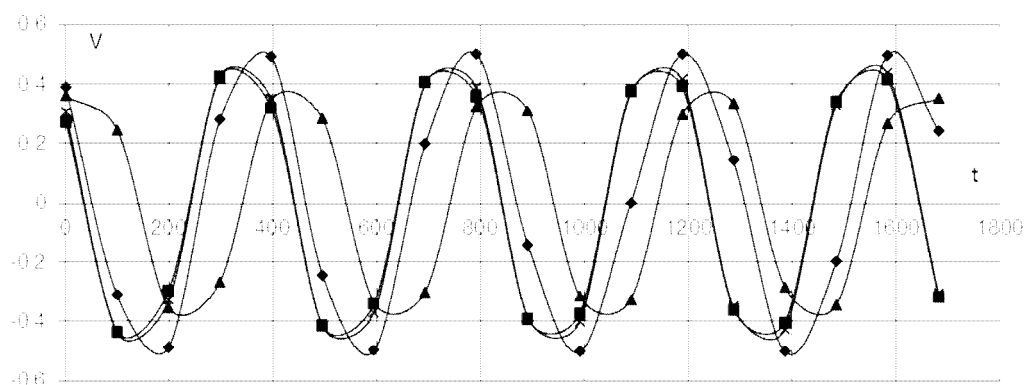


Рис.5. Изменение результирующей скорости по времени при $y=0,2$, $x=0,05$ м:
◆ — смещение 0,1 м; ■ — 0,2 м; ▲ — 0,3 м; x — 0,4 м.

Выводы

Анализ результатов моделирования поля скорости двух встречных, смещенных в горизонтальной плоскости, закрученных струй с прецессирующими вихревыми ядрами показал, что:

- увеличение скорости происходит в более широкой области и на всем расстоянии между взаимодействующими струями, по сравнению с рассмотренными ранее видами взаимодействия закрученных струй;
- эволюция пика скорости, вызванного сложением скоростей взаимодействующих струй, определяет оптимальное соотношение между величиной смещения струй в

горизонтальной плоскости и расстоянием между точками их истечения равным $l_{\text{ск}}/l_p = 0,25$;

- максимум скорости при увеличении смещения между струями смещается к горизонтальной оси, и имея меньшую величину, превосходит другие пики по ширине, что происходит вследствие вовлечения в движение покоящегося воздуха между струями, при этом такая же прослойка с нулевой тангенциальной скоростью будет возникать за счет ширины этого взаимодействия и при проникновении струй друг в друга;

- изменение результирующей скорости во времени имеет два колебательных контура — с периодом в 60 с., и незначительной амплитудой, второй — 400 с., при этом второй вид колебаний имеет амплитуду, сравнимую с результирующей скоростью в данной точке, что при использовании встречных, смещенных в горизонтальной плоскости закрученных струй в технических устройствах требует предусматривать механизм подавления второго типа колебаний, как наиболее опасного для стабильного протекания процесса взаимодействия потоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закрученные потоки: Пер. с англ. / А. Гупта, Д.Лилли, Н.Сайред,-М.: Мир, 1987,— 588с.
2. Штихлинг Г. Теория пограничного слоя.-М.: Наука, 1974,—711 с.
3. Зайцев О.Н. Управление аэродинамической обстановкой в рабочем объеме теплогенерирующих установок.// Вісник ОДАБА №7, 2002, с. 60—64.

УДК 697.329

ГЕОТЕРМАЛЬНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З БІНАРНИМ ЦИКЛОМ

Ільїна К.О.

Одеський національний політехнічний університет

Рассмотрены перспективы развития геотермальной энергетики. Представлен потенциал геотермальной энергии Украины. Проанализированы преимущества и недостатки использования геотермальных электростанций с бинарным циклом. Приведенная схема геотермальной установки электростанции данного типа и принцип ее действия. Геотермальные электростанции, уступая ветровым по суммарной установленной мощности, существенно превосходят их по выработке электроэнергии, что свидетельствует о высокой эффективности геотермальных энергетических технологий. Коэффициент использования мощности на современных ГеоЭС в 3-4 раза выше, чем в энергоустановках, работающих на солнечной, ветровой и приливной энергии. Стоимость произведенной на современных ГеоЭС электроэнергии в среднем на 30% меньше чем на солнечных и в 10 раз ниже чем на ветровых электростанциях.

Возобновляемый источник энергии, геотермальная энергетика, экономически эффективные технологии, электроэнергетика, экологическая чистота, геотермальная электростанция, бинарный цикл, низко кипящее рабочее тело, термальная вода

ВСТУП

З кожним днем все більше зростає дефіцит природного газу і вугілля. У зв'язку з цим велика увага приділяється нетрадиційним джерелам енергії. Геотермальна електроенергетика становить значну частину енергетики, заснованої на поновлюваних джерелах енергії, і є однією з самих економічно ефективних технологій. Щорічно спостерігається світовий приріст встановленої потужності геотермальних електростанцій (ГеоЕС) на 10–20%, а їх сумарна потужність перевищує 8000 МВт [1].

Новітні енергетичні технології з використанням геотермальних ресурсів відрізняються екологічною чистотою й по ефективності наближаються до традиційних. На ГеоЕС із геотермальними циркуляційними системами (ГЦС) і бінарним циклом повністю виключаються викиди диоксиду вуглецю в атмосферу, що є найважливішою перевагою таких енергетичних установок.

АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ

Геотермальні електростанції, поступаючись вітровим по сумарній установленій потужності, суттєво перевершують їх за виробіткою електроенергії, що свідчить про високу ефективність геотермальних енергетичних технологій. Коефіцієнт використання потужності на сучасних ГеоЕС в 3–4 рази вище, ніж в енергоустановках, що працюють на сонячній, вітровій і приливній енергії. Вартість виробленої на сучасних ГеоЕС електроенергії в середньому на 30% менше ніж на сонячних і в 10 разів нижче ніж на вітрових електростанціях [1].

Застосування ГеоЕС такого типу значно збільшує число регіонів, перспективних для розвитку геотермальної енергетики. Аналіз світових геотермальних ресурсів показує, що переважають родовища з температурою пластової води нижче 150 °С. В Україні також є геотермальні родовища з температурою 150–180 °С, запаси яких дозволяють виробляти близько 200 МВт електроенергії. Зокрема, до них відносяться Закарпаття, де по геологічним і геофізичним даним на глибинах до 6 км температури гірських порід досягають 230–275 °С. АР Крим також є одним з перспективних регіонів в плані розвитку геотермальної енергетики. Завдяки неглибокому проходженню термальних вод, глибини пробурених свердловин тут становлять усього до 2000 м, при цьому температура термальних вод на виході становить 50–70 °С, їхня мінералізація – 20–70 г/л. На сьогодні дані геотермальні енергоресурси Криму використовуються для теплопостачання, а запаси геотермальної енергії в основному сконцентровані в Тарханкутському районі й на Керченському півострові. Однак більша частина родовищ характеризується температурним режимом нижче 130 °С. При температурі, що гріє теплоносій, 65–150 °С важко побудувати парову енергетичну станцію, яка може мати ефективні економічні параметри. Як показує зарубіжний досвід, чим нижче температура геотермального джерела, тим потрібне застосування більш складної технології [2].

Величезні запаси геотермальних ресурсів з температурою 100–200 °С зосереджені в пластових водонапірних системах осадових басейнів. Характерними рисами термальних вод цих систем є висока мінералізація (20–200 г/дм³), підвищена газовмісткість, схильність до солевідкладень і висока корозійна агресивність до конструкційних матеріалів. Освоєння таких ресурсів обумовлене використанням технологій бінарних ГеоЕС на низькокиплячих робочих агентах. Така ГеоЕС містить у собі ГЦС, у контурі якої циркулює термальна вода, і паротурбінну установку, у якій циркулює низько киплячий вторинний теплоносій. У паротурбінній установці реалізується цикл Ренкіна [4].

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

На рис. 1 зображена схема геотермальної електростанції з бінарним циклом.

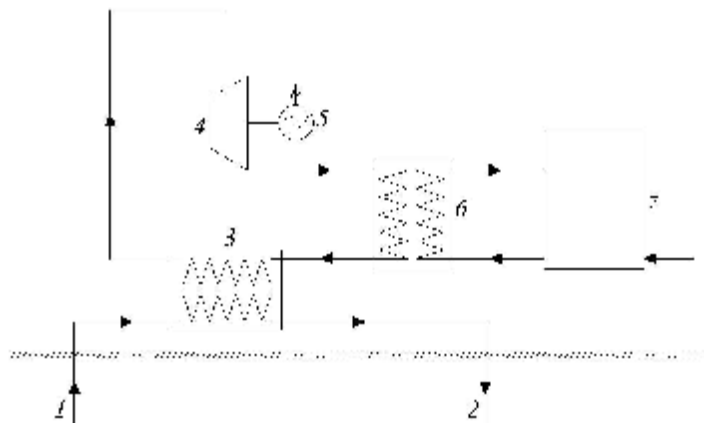


Рис. 1. – Схема геотермальної електростанції з бінарним циклом
1 – видобувна свердловина; 2 – нагнітаюча свердловина; 3 – теплообмінник; 4 – турбіна; 5 – генератор; 6 – конденсатор; 7 – градирня.

Принцип дії такої установки полягає в тому, що в первинному циклі геотермальна вода з видобувної свердловини 1 рухається в геотермальній циркуляційній системі (ГЦС), віддаючи теплоту від пласта поверхневому теплообміннику 3, і, охолоджена, закачується насосом назад у нагнітаючу свердловину 2. У другому контурі перегріта вода в теплообміннику 3 нагріває низькокиплячу робочу рідину (наприклад, ізопентан), яка циркулює в замкнутій петлі трубопроводу. У результаті виходить пар високого тиску, що приводить до дії турбіну 4. Генератор 5 перетворює механічну енергію в електричну і передає її в мережу. В свою чергу, відпрацьований пар надходить до конденсатора 6, де охолоджується водою з градирні 7 і вже охолоджена геотермальна рідина повертається в теплообмінник 3 [5].

Бінарний цикл має свої переваги й недоліки. До переваг відноситься більш повне використання тепла розсолу й накачування його в шар з меншою температурою, можливість використання геотермальних ресурсів зі зниженою температурою для виробітки електроенергії; агресивні компоненти геотермального теплоносія не попадають у турбіну, конденсатор та інше устаткування, що забезпечує більш тривалий строк їх експлуатації; супутні шкідливі гази не надходять у навколишнє середовище. Недоліками циклу є ускладнення схеми й деяка втрата температурного потенціалу, оскільки для передачі тепла від флюїду до робочого тіла необхідна певна різниця температур [3].

Для бінарної ГеоЕС важливий вибір робочого тіла у вторинному контурі. Воно повинне мати сприятливі хімічні, фізичні й експлуатаційні властивості при заданих умовах роботи, тобто бути стабільним, негорючим, вибухобезпечним, нетоксичним, інертним стосовно конструкційних матеріалів, озонобезпечним і дешевим. Треба вибирати робоче тіло з більш низьким коефіцієнтом динамічної в'язкості (менше гідравлічні втрати) і з більш високим коефіцієнтом теплопровідності (поліпшується теплообмін).

Найбільш важливими вимогами при виборі робочого тіла є достатня термодинамічна ефективність циклу й мінімальні габаритні показники основного устаткування. Використання води й водяної пари в області низьких температур приводить до погіршення термодинамічних показників і до збільшення габаритів паротурбінних установок, що суттєво підвищує їх вартість. Щільність пари низькокиплячого робочого тіла суттєво вище щільності водяної пари тієї ж температури, що забезпечує більш високий питомий виробіток електроенергії, меншу масу й габарити енергоустановки в порівнянні з установкою на водяній парі з тими ж параметрами. У той же час допоміжне устаткування, теплообмінники й конденсатори виходять більш металомісткими в порівнянні зі звичайними, тому що в силу теплофізичних властивостей коефіцієнти тепловіддачі від робочого тіла до стіни для низькокиплячих речовин суттєво нижче, ніж у води й водяної пари [4].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ АНАЛІЗ

При виборі низькокиплячих робочих тіл визначальним є значення питомої виробітки електроенергії на 1 кг/с витрати первинного теплоносія, тому ефективність перетворення тепла в таких установках залежить від термодинамічних і теплофізичних властивостей низькокиплячих робочих тіл, характеру їх зміни при підведенні й відводі тепла. Найбільш перспективними і добре освоєними в енергетиці робочими тілами є аміак та ізобутан. Також застосовується суміш робочого тіла з ізобутану (90%) і ізопентана (10%).

Застосування на ГеоЕС турбін і циклів, що працюють на водоаміачній суміші, дозволяє підвищити ефективність використання низькопотенційного геотермального тепла й оптимізувати теплові цикли в результаті зміни співвідношення часток води й аміаку в робочій суміші [4].

ВИСНОВКИ

Таким чином, один з найбільш ефективних способів освоєння теплової енергії земних надр – її перетворення в електричну енергію шляхом будівництва бінарних ГеоЕС на низькокиплячих робочих агентах. Ефективність такого перетворення залежить від

багатьох факторів, зокрема від вибору низькокипячого робочого тіла, параметрів термодинамічного циклу вторинного контуру й режиму експлуатації первинного контуру ГеоЕС. Перспективи розвитку геотермальної енергетики обумовлені її конкурентоспроможністю й перевагами в порівнянні із традиційної: екологічною чистотою, відсутністю транспортних витрат на доставку палива й відносно короткими строками будівництва. Викиди в атмосферу диоксида вуглецю на ГеоЕС, яка працює на пароводяній суміші, у десятки разів нижче, ніж на ТЕС, що працюють на вугіллі, мазуті і природному газі. На сучасних ГеоЕС, де застосовується технологія зворотного накачування відпрацьованого геотермального теплоносія, викиди CO₂ повністю виключені.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Поваров О.А. Развитие геотермальной энергетики в России и за рубежом / О.А., Поваров, Г.В. Томаров – Теплоэнергетика. – 2006. – № 3. – С. 2–10.
2. Барканов В.И. Геотермальный потенциал Украины / <http://rudocs.exdat.com/docs/index-33136.html?page=2#1403625>.
3. Накорчевский А.И. Экспериментальная проверка достоверности математических моделей грунтового аккумуляирования теплоты / А.И Накорчевский, А.Н. Недбайло и др. – Пром. теплотехника. – 2006. – Т. 28, №2. – С. 51 – 60.
4. Алхасов А. Б. Электроэнергетическое освоение геотермальных ресурсов осадочных бассейнов / А. Б. Алхасов, Д. А. Алхасова – Теплоэнергетика. – 2011. – № 2. – С. 59–66.
5. Редько А.А. Термодинамические параметры геотермальной электрической станции с бинарным сверхкритическим циклом / А.А. Редько – Інтегровані технології та енергозбереження. 2009. – № 4. – С. 81–85.

УДК 536

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИХ МОЩНОСТЕЙ ДЛЯ УСЛОВИЙ КРЫМА

Клименко А.А., Олесевич Е.К., Ткаченко К.С.

Одесского национального политехнического университета

Представлены результаты анализа особенностей выбора энергогенерирующих мощностей для условий Крыма. Сформулированы основные рекомендации по выбору типа, структуры и характеристик оборудования перспективных теплоэлектростанций с учетом: суммарной установленной электрической мощности энергосистемы, существующего дефицита электроэнергии и теплоты, климатических условий, возможных схем топливоснабжения и технического водоснабжения. Приведены возможные технические решения отдельных вопросов. Оценены проектная себестоимость отпускаемых киловатт-часа электроэнергии и Гигакалории теплоты в зависимости от цены природного газа, как топлива.

Энергогенерирующие мощности, атомная электростанция, парогазовые установки, теплоэлектростанции, тепло электроцентрль

ВВЕДЕНИЕ

Одной из особенностей электроснабжения Крыма является его энергетическая зависимость от материковой части Украины. Местные энергогенерирующие мощности Крыма обеспечивают только 19 % потребностей электроэнергии. Кардинальным решением проблемы энергетической независимости Крыма должно было стать строительство Крымской АЭС с мощностью первой очереди 2000 МВт. Однако, в 1987 г.

строительство было прервано по ряду причин, основная из которых была и остается сегодня - неудовлетворительное состояние экономики.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Решение существующей проблемы энергетической безопасности Крыма нашло отражение в разработках института «Укрэнергопроект» (г. Харьков) на базе предлагаемого строительства парогазовой электростанции, как альтернативы нереализованного проекта строительства Крымской АЭС [1]. Принимался, как обоснованный, ввод новых мощностей на 450 МВт, что позволило бы довести суммарную электрогенерирующую мощность системы полуострова до 650 МВт.

Достоинства парогазовых установок (ПГУ) общеизвестны, они в полной мере соответствуют условиям Крыма. Однако, реализация проекта - строительство парогазовой электростанции, в свое время, не было начато по той же причине, по которой было прекращено строительство Крымской АЭС.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Выбор перспективных энергогенерирующих мощностей для условий Юго-Восточного Крыма производится с учетом требуемых объемов электроснабжения, годовых и сезонных графиков нагрузок, климатических условий, требований экологической чистоты района, соответствующих рекреационной зоне, наличия гидроресурсов, транспортных схем обеспечения топливом и т.д.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработки выполнены как альтернатива прекращенному строительству Крымской АЭС (п.г.т. Щелково). Высокое значение установленной мощности спроектированной Крымской АЭС требовало больших капитальных вложений в ее строительство, выделение которых, в свое время, по состоянию экономики Украины оказалось проблематичным. Сегодня представляется более рациональным разработка для Крыма проектов нескольких ТЭС средней мощности. Возможности последовательного строительства нескольких ТЭС, т.е. децентрализация создания новых генерирующих мощностей, должна способствовать возможному привлечению частного капитала как за счет ограничений размеров капитальных вложений, зависящих от установленной мощности каждой ТЭС, так и за счет снижения эффекта их «замораживания» при сокращении сроков строительства.

Опыт проектирования и принятые технические решения в проекте Одесской парогазовой электростанции на площадке действующей городской ТЭЦ который был выполнен Одесским отделением Инженерной академии Украины, подтверждает экономическую целесообразность в современных условиях децентрализации строительства электростанции, т.е. строительство поэтапное, очередями.

Задача выбора структуры электрогенерирующей мощности ТЭС в выполняемых предварительных разработках может быть ограничена решением следующих вопросов:

- оценка установленной мощности станции, единичной мощности энергоблоков и их числа;
- выбор типа энергоблоков и их основных характеристик;
- выбор вида топлива, схемы его доставки;
- выбор системы технического водоснабжения;
- компоновочные решения размещения оборудования;
- оценка влияние станции на экологию региона;
- оценка капитальных затрат в строительство и себестоимости единицы продукции.

Предполагается, что предлагаемые решения отдельных вопросов являются технически осуществимыми, экономически оправданными; их реализация возможна в будущем.

Перспективным типом новых генерирующих мощностей считаются парогазовые энергоблоки. Единичная мощность таких агрегатов в настоящее время достигает 420 МВт и более. Но для конкретных условий Крыма оптимальная мощность блоков ПГУ может быть принята ниже.

Известно, что безусловными достоинствами ПГУ являются их высокая тепловая экономичность, относительно низкие значения удельных капитальных вложений, компактность компоновки оборудования, низкие расходы технической воды по сравнению с обычными КЭС, высокая маневренность и мобильность оборудования. Приведенные особенности парогазовых установок определяют целесообразность их применению в Крыму.

Основной существенный недостаток ПГУ – необходимость использования природного газа, как топлива, с его высокой стоимостью, в определенной степени компенсируется высокими КПД энергоблоков парогазовых ТЭС, потенциальной возможностью доставки сжиженного газа в Крым морским путем. В частности, глубина залива в г.Феодосии у входа в залив составляет 20 м, что достаточно для приема танкеров и сухогрузов большого водоизмещения [2]. Безусловно, такой путь доставки газа потребует строительства специальных терминалов, что повысит стоимость топлива. Но такая схема топливоснабжения тепловых электростанций в Крыму будет способствовать энергетической независимости Крыма.

Парогазовые энергоблоки, в сопоставлении с конденсационными одинаковой мощности, требуют примерно в три раза меньше технической воды для охлаждения конденсаторов паротурбинной части ПГУ при примерном соотношении мощностей газотурбиной и паротурбинной части ПГУ с конденсационными турбинами 2 :1.

В структуре генерирующей мощности единичного парогазового энергоблока число ГТУ может достигать четырех. По разработкам фирмы АВВ, выполненным в свое время, единичная номинальная мощность парогазового энергоблока может составлять от 14 МВт до 876 МВт в зависимости от единичной мощности ГТУ (10-140 МВт) и их количества в структуре ПГУ (от 1 до 4). Диапазон расчетных значений КПД нетто ПГУ (42,8 – 51,1) получен в зависимости от типа и числа рассматриваемых газотурбинных установок.

В системах технического водоснабжения ТЭС Крыма целесообразнее всего, при возможности, использовать морскую воду, учитывая низкие значения ее температуры в течение года при относительно малой глубине забора. В частности, это обусловлено рельефом дна морской прибрежной зоны, а также явлением апвеллинга в летний период вблизи берегов Крыма и Кавказа [3]. Среднегодовая температура воды в Черном море в районе Евпатории, Феодосии на глубине порядка 20 м составляет 11,5 при относительно небольших сезонных отклонениях. На глубине 40 м температура воды не превышает 10,5 0С в течение года. Многолетний опыт эксплуатации Одесской ТЭЦ, на которой используют для охлаждения конденсаторов турбин морскую воду глубинного забора со среднегодовой температурой примерно 9⁰ С, подтверждает экономическую целесообразность использования таких систем технического водоснабжения.

Разуплотненный график электрических нагрузок Крыма, связанный с отсутствием крупных промышленных предприятий, ставит актуальный вопрос набора и сброса нагрузок (т.е. вопросы мобильности и маневренности электрогенерирующих установок). Такому требованию наиболее полно отвечают газотурбинные установки, эксплуатируемые как основные агрегаты электрической станции, а также ГТУ работающие в составе парогазовых энергоблоков. Особенно это характерно для ГТУ разработанных на базе авиационных и корабельных газотурбинных установок. Повышению мобильности и маневренности ПГУ с котлами-утилизаторами способствуют относительно низкие параметры рабочего тела паротурбинной части, определяющие низкую металлоемкость теплосилового оборудования.

На пуск ГТУ, с которого начинается пуск парогазовой установки, затрачивается время и, соответственно, топливо. Расход топлива учитывается в расчетах издержек производства, что вносит коррективы в расчеты себестоимости выработанной и отпущенной электрической энергии, особенно при работе энергоблока (станции) в пиковых режимах при, как минимум, двух остановах и, соответственно двух пусках в течение суток.

По имеющимся данным время пуска ГТУ простого цикла, созданных на базе транспортных установок (GE Power Generation) мощностью до 123 МВт составляет максимум 20 мин (нормальный пуск) и (9 – 10) мин – режим ускоренного пуска. Для газотурбинной установки LM6000 мощностью 42,3 МВт время пуска из холодного состояния равно примерно 10 мин., в течение которых расходуется примерно 31,7 млн.

кДж теплоты топлива. Этому соответствует расход природного газа, с теплотой сгорания 8910 ккал/нм³ (37,33 МДж/нм³), в 849,2 нм³.

Другие газотурбинные установки, аналогичные по мощности LM6000, расходуют на один пуск 52,8 млн. кДж, время пуска равно примерно 15 мин. Для этих ГТУ при двух пусках за сутки при стоимости топлива \$420 за 1000 нм³ расход составляющей годовых издержек на топлива на пусковые операции составляет \$173300.

Продолжительность отопительного периода в городах южного побережья Крыма не превышает 150 суток (табл. 1).

Таблица 1

Температуры наружного воздуха и продолжительность отопительного периода в городах на побережье Черного моря в Крыму

Город	Температура наружного воздуха, °С			Отопительный период при среднесуточной температуре воздуха < 8 °С	
	Средне-годовая	Абсолютная минимальная	Средняя наиболее холодной пятидневки	Продолжительность, суток	Средняя температура, 0С
Евпатория	11,0	-28	-16	149	2,4
Симферополь	10,2	-29	-16	158	1,9
Феодосия	11,7	-25	-15	144	2,9
Ялта	13,9	-15	-6	126	5,2

С целью повышения экономической эффективности когенерационных энергоблоков в летний период избыточные мощности ТЭС Крыма могут быть использованы для опреснения морской воды. Такая тепловая схема ПГУ может быть выгодной, учитывая снижение дебита источников пресной воды в Крыму в летний период. Естественно, тепловые схемы такого типа энергоблоков требуют специальных технико-экономических проработок с привязкой к конкретным потенциальным потребителям пресной воды. Сочетание обеспечения отопительной нагрузки в зимний период и опреснительной нагрузки в летний период выравнивает годовой график теплофикационной нагрузки ТЭЦ в течение года, повышая эффективность ее эксплуатации. Необходимость обеспечения двух видов теплофикационной нагрузки (отопление и опреснение морской воды) последовательно в течение года требует применения в схеме энергоблока электростанции паровых теплофикационных турбин (тип «Т»). В режимах работы с опреснением морской воды конденсатор турбины может быть использован как первая ступень подогрева. Последующий нагрев морской воды осуществляется паром регулируемого отбора турбин типа «Т». Одним из существенных преимуществ работы энергоблока с опреснением является возможность аккумулирования полученной пресной воды без жесткой привязки к ее потреблению.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Климатические условия Крыма способствуют использованию полуоткрытых компоновок оборудования тепловых электростанций, особенно парогазовых с котлами-утилизаторами, в которых применяются котлы открытой компоновки, а газотурбинные установки размещены в контейнерах. Такой тип полуоткрытой компоновки основного оборудования существенно сокращает капитальные вложения в строительство электростанции.

Периодические изменения курса доллара и цены природного газа осложняют выполнение финансового анализа проектов тепловых электростанций. Неизбежны риски при оценке технико-экономических показателей на будущее. Как пример можно привести выполненный в 2005 году в Одесском отделении Инженерной академии Украины и в Одесском национальном политехническом институте предэскизный проект Одесской

парогазовой когенерационной электростанции (Одесская ПГ ТЭЦ) в двух вариантах. По первому варианту была принята структура основного оборудования: три ПГУ на базе UGT 25000CC2 (НПО «Машпроект- Зоря», г.Николаев). В состав каждого из энергоблоков входит две газовые турбины, один котел-утилизатор, одна паровая турбина. Суммарная установленная электрическая мощность станции равна 223,2 МВт при отпуске теплоты потребителю 118,5 Гкал/час. По второму варианту предлагается установить два парогазовых энергоблока, в составе каждого одна ГТЭ-45-3М2 (ОАО «Турбоатом», г.Харьков), один котел-утилизатор, одна паровая турбина Т-35. Суммарная установлена электрическая мощность ТЭЦ 194,2 МВт, отпуск теплоты потребителю 140 Гкал/час. Удельные капитальные вложения в строительство были оценены, соответственно в 571 и 607,11 долл.USD. Полные капитальные вложения в строительство составят 127,512 млн. долл. USD по первому варианту и 117,123 млн. долл.USD по второму. Среднее значение удельных капитальных вложений по зарубежным ПГТЭС оценивалось в 584 долл.USD.

На время выполнения проекта курс валют составлял 1 долл. USD – 5,24 грн.UAH. Цена 1000 нм3 природного газа с теплотой сгорания 8050 ккал/м3 была равна 325,6 грн (62 долл. USD). По рассмотренным вариантам себестоимость 1 кВт.ч отпущенной электроэнергии получена равной, соответственно, 10,82 коп. и 10,30 коп, а себестоимость 1 Гкал отпущенной теплоты – 51,62 грн. и 51,37 грн.

Однако, с 2005 г. по 2014 г. стоимость природного газа в Украине периодически росла, что оказывало существенное влияние на ожидаемые значения себестоимости продукции новой Одесской ТЭЦ (табл. 2).

Таблица 2

Проектная себестоимость отпускаемой продукции ТЭЦ электрической мощностью 220 МВт в зависимости от стоимости топлива

Вариант проекта	Курс \$ 1, грн.	Цена 1 тыс.м3 газа, грн (долл.USD)	Себестоимость отп. 1 кВт.ч, коп	Себестоимость отп. 1 Гкал, грн
Машпроект	5,24	325,6 (62)	10,82	51,62
Турбоатом			10,30	51,37
Машпроект	5,24	611,2 (117)	15,67	82,42
Турбоатом			14,98	82,35
Машпроект	7,95	2600 (321)	52,32	327,3
Турбоатом			49,45	327,0
Машпроект	8,1	3113 (384)	89,7	481,8
Турбоатом			88,75	474,4

Полученные результаты существенно снижают привлекательность проекта для потенциальных инвесторов при высокой стоимости газа. Вместе с тем данные табл.2 позволяют оценить ориентировочно себестоимость отпускаемых электроэнергии и теплоты от парогазовой ТЭЦ аналогичной мощности при любых конкретных значениях топлива – газа.

Выводы

Приведенные рекомендации по выбору структуры электрогенерирующих мощностей, а также их характеристик предлагается использовать при разработке проектов новых парогазовых ТЭС в Крыму.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГП Крымские генерирующие системы. Сайт предприятия.mht
2. http://kimmeria.com/kimmeria/feodosiya/nature_main_04_htm
3. Феодосия отдых-климат.
4. <http://meteopost.com/info/upwelling/>Метеопост.Апвеллинг в Черном море

ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ ТВЕРДЫМИ И ЖИДКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Климчук А.А., Шевчук В.И., Шраменко А.Н.

Одесский национальный политехнический университет

В работе выполнен сравнительный анализ эксергетической ёмкости твёрдых и жидких аккумулирующих веществ. Показано температурный диапазон эффективного применения аккумулирующих твердых и жидких материалов. Получены графические зависимости изменения эксергии при аккумулировании тепла различными материалами. Полученный диапазон использования воды ограничен 100 °С, дальнейшее увеличение температуры ведёт к необходимости повышения давления и, следовательно, стоимости аккумулятора. Одним из основных вопросов является выбор аккумулирующего материала. Для аккумулирования электрической энергии в виде тепла целесообразно использовать твёрдые и жидкие вещества. Самой распространённой аккумулирующей жидкостью является вода, оптимальными свойствами среди твёрдых веществ обладает хромомagnesит.

Аккумуляторы тепла, эксергетический анализ, тепловая ёмкость, преобразование энергии, тепловой поток

ВВЕДЕНИЕ

Одной из проблем современной энергетики является выравнивание нагрузки потребления электроэнергии в течении суток. Это пересекается с постановлениями правительства на переход систем отопления в жилищно-коммунальном секторе на использование электроэнергии [1,2]. По большей мере это связано с ночными провалами энергопотребления в коммунальном секторе. Существует много программ, направленных на решение этого вопроса, одной из них является введение двух и трехтарифных счетчиков электроэнергии с существенным снижением стоимости в ночное время. Однако прямое использование электроэнергии в ночное время суток не позволяет в значительной мере решить вопрос выравнивания энергопотребления в течении суток, другое дело если перенести суточное потребление энергии на ночной период. Это можно решить за счет аккумулирования энергии [3]. Однако аккумулирование электрической энергии требует значительных капиталовложений и эксплуатационных издержек (срок службы аккумуляторов электрической энергии как правило не более 10 лет). Другим направлением решения данного вопроса может быть использование электроэнергии (по ночному тарифу) для нужд теплоснабжения здания за счет использования аккумуляторов тепла. В отличии от электрических аккумуляторов – тепловые имеют гораздо больший срок службы.

Эффективность аккумулирования тепла зависит от многих факторов [4]. Одним из основных вопросов является выбор аккумулирующего материала. Для аккумулирования электрической энергии в виде тепла целесообразно использовать твёрдые и жидкие вещества. Самой распространённой аккумулирующей жидкостью является вода, оптимальными свойствами среди твёрдых веществ обладает хромомagnesит.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Провести сравнение эффективности аккумулирования тепла различными веществами.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Эффективность преобразования энергии следует оценивать сопоставлением фактической работы, отдаваемой потребителю, с максимальным количеством работы, которое можно было бы получить потребитель от донной системы за счёт её внутренней энергии. Если полезная энергия отдаётся в форме теплоты, то для оценки эффективности

используют максимально возможную работу, которую можно получить за счёт тепловой энергии. Для этих целей используют понятие эксергии теплоты [5].

Как тепловая, так и эксергетическая ёмкость аккумулятора в общем случае зависит от температуры зарядки и характеристик аккумулирующего материала.

Относительная эксергетическая ёмкость аккумулятора равна:

$$\frac{E}{mC_p T_0} = \frac{T}{T_0} - 1 - \ln \frac{T}{T_0} \quad (1)$$

Относительная тепловая ёмкость:

$$\frac{Q}{mC_p T_0} = \frac{T}{T_0} \quad (2)$$

Из графика (рис.1) видно, что чем больше температура зарядки аккумулятора, тем большая часть аккумулированного тепла может быть преобразована в полезную работу.

Диапазон использования воды ограничен 100 °С, дальнейшее увеличение температуры ведёт к необходимости повышения давления и, следовательно, стоимости аккумулятора. Хромомагнетит относится к огнеупорным материалам, поэтому его рабочая температура может достигать 600 °С и более.

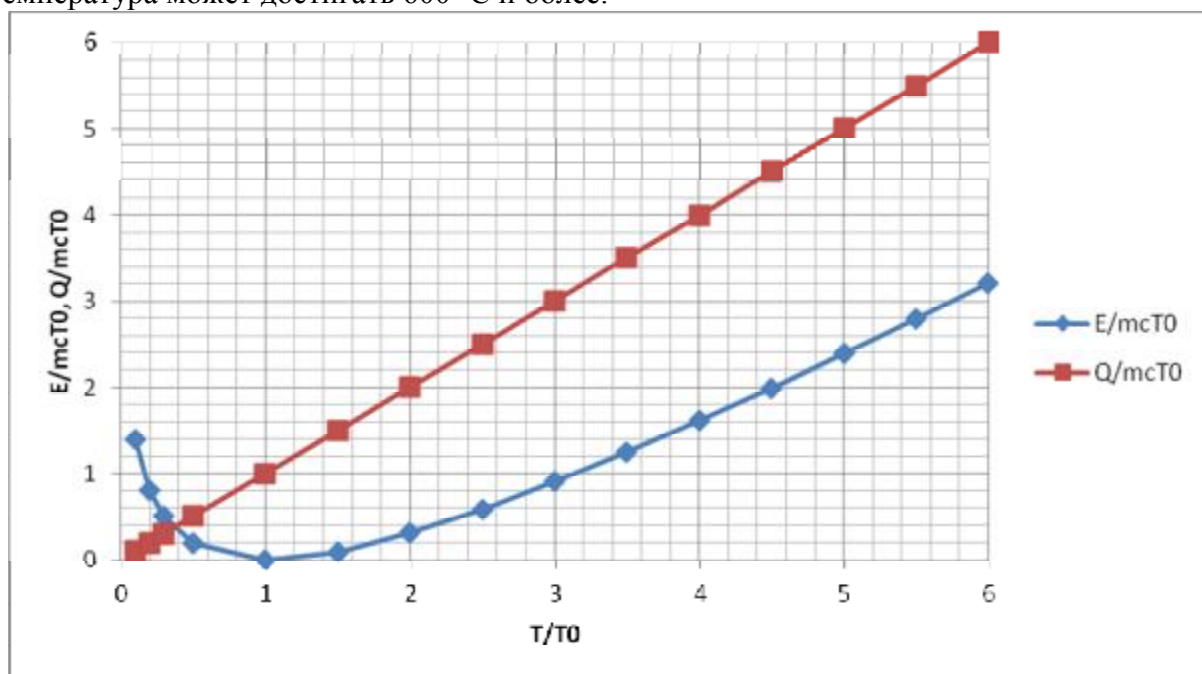


Рис 1. График зависимости относительной эксергетической и тепловой ёмкости аккумулятора от температуры зарядки.

Для сравнения рассчитаем эксергетические ёмкости аккумуляторов тепла на основе жидких (вода) и твёрдых (хромомагнетит) веществ при аккумулировании 50 МДж тепла. Для этого воспользуемся выражением эксергии теплоты:

$$E = Q - T_0 \cdot m \cdot C_p \cdot \ln \frac{T}{T_0} \quad (3)$$

где Q – количество тепла, отданное материалом при охлаждении от заданной температуры T до температуры окружающей среды T_0 . кДж

T , T_0 - температура зарядки аккумулятора и температура окружающей среды соответственно, К;

m - масса аккумулирующего вещества, кг;

C_p - изобарная теплоёмкость, кДж/(кгК)

Таблица 1.

Характеристики аккумулирующих веществ

Параметр	Вода	Хромомагnezит
Темпера зарядки, °С	95	600
Температура разрядки, °С	30	100
Масса, кг	183,6	93,1
Теплоёмкость, кДж/(кгК)	4,19	1,074

Из результатов расчета (рис.2) видно, что при аккумулировании одного и того же количества теплоты эксергетическая ёмкость хромомагnezита больше, следовательно, при разрядке аккумулятора тепла на основе можно получить больше полезной работы.

Эксергия, отданная аккумулирующим материалом при разрядке от температуры T_2 до температуры T_1 .

Для хромомагnezита:

$$\begin{aligned} \Delta E &= Q - T_0 \cdot m \cdot C_p \cdot \ln \frac{T_2}{T_1} = m \cdot C_p (T_2 - T_1 - T_0 \cdot \ln \frac{T_2}{T_1}) = \\ &= 93,1 \cdot 1,074 \cdot (873 - 373 - 293 \cdot \ln \frac{873}{373}) = 25082 \text{ кДж} \end{aligned} \quad (4)$$

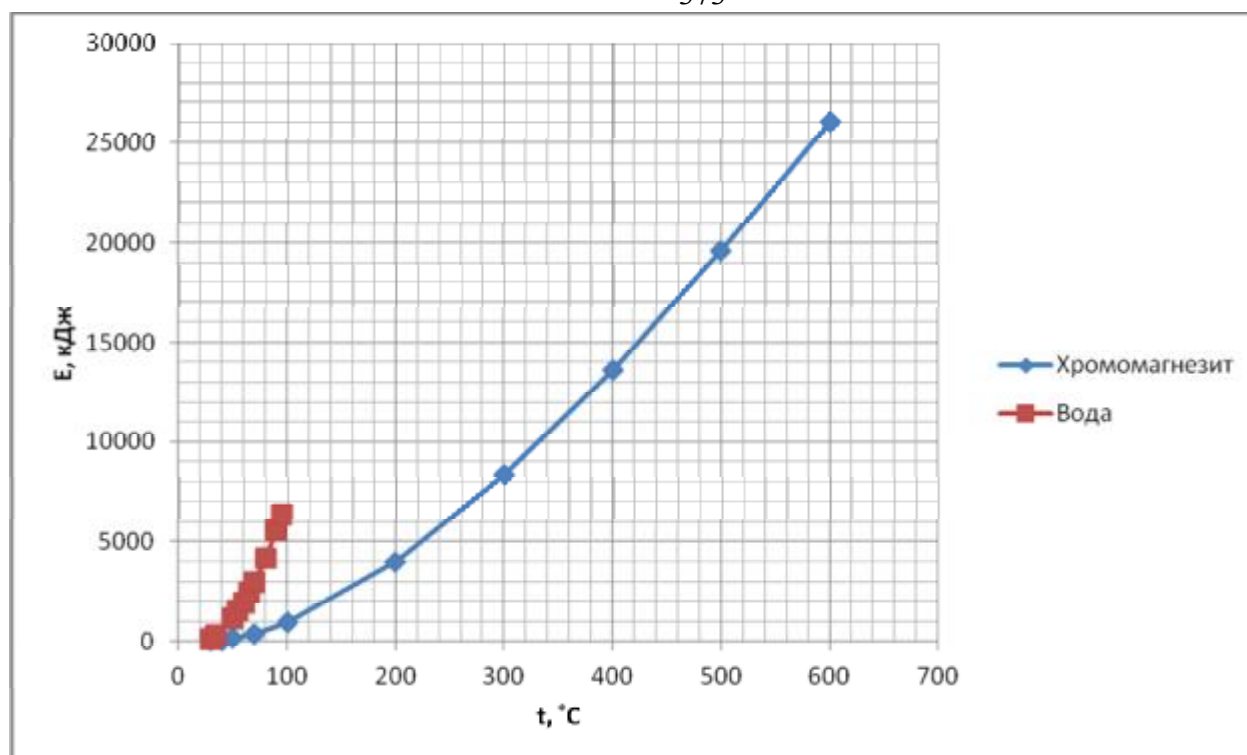


Рис. 2. График зависимости эксергетической ёмкости воды и хромомагnezита от температуры зарядки.

Для воды:

$$\Delta E = m \cdot C_p (T_2 - T_1 - T_0 \cdot \ln \frac{T_2}{T_1}) = 183,6 \cdot 4,19 \cdot (368 - 303 - 293 \cdot \ln \frac{368}{303}) = 6197 \text{ кДж} \quad (5)$$

Выводы

1. Чем выше температура зарядки аккумулятора, тем большая часть аккумулированного тепла может быть использована для получения полезной работы при его разрядке.

2 При рабочих температурах аккумулятора до 100 °С целесообразно использовать воду. Однако использование хромомагnezита позволяет повысить эксергетическую ёмкость аккумулятора тепла более чем в 4 раза.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України про енергозбереження: №74/94 від 1.07.1994 р.// Закони України. – Київ, 1997. – Т.7. – С. 281 – 291.
2. Постанова кабінету міністрів «Про стимулювання споживачів природного газу і теплової енергії до переходу на електричне опалення та гаряче водопостачання» від 9.07.2014.
3. Климчук А.А. Аккумуляционные системы теплоснабжения общественных зданий с использованием ночного тарифа на электро-энергию. /Климчук А.А., Шраменко А.Н.// Сборник научных трудов «Стоительство и техно-генная безопасность», Симферополь 2011 с. 154-156.
4. Бекман Г., Гилли П. Тепловое аккумулялирование энергии Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. - 272 с.
5. Мазуренко, А.С. Эксергетические характеристики биогазовых энергоустановок [Текст] / А.С.Мазуренко, А.Е.Денисова, А.А.Климчук, Нго Минь Хиеу, П.А.Котов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. Вип. 1. – №8 (67). С.7–12.

УДК 626.8

МИНИМИЗАЦИЯ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ОРОШЕНИЯ ДОЖДЕВАНИЕМ НА ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМЕЛЬ

Лунёв Д.В., Обручева Л.В.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Рассмотрены причины негативного влияния орошения дождеванием эксплуатационного и неэксплуатационного характера на эколого-мелиоративное состояние земель. Разработана методика минимизации этого влияния за счёт создания в корнеобитаемом слое почвы буферной зоны влажности. Определена оптимальная величина буферной зоны влажности и эколого-экономическая эффективность её внедрения на этапах проектирования и эксплуатации оросительных систем с использованием для полива дождевальных машин кругового действия.

Влагозапасы, поливная норма, корнеобитаемый слой, зона влажности, водная эрозия, грунтовые воды, инфильтрация, засоление почвогрунтов, дренаж

ВВЕДЕНИЕ

Мелиорация земель является мощным фактором воздействия на природную среду. К сожалению, на современном этапе недостаточный учет природных закономерных процессов и принятие идеи получения максимальной сельскохозяйственной продукции без учета охраны окружающей среды привели в ряде стран и регионов к экологическим кризисным ситуациям.

Эколого-мелиоративное состояние орошаемых земель определяется рядом факторов: качеством поливной воды, степенью дренированности территории, уровнем залегания грунтовых вод и их минерализацией после подъема на критическую глубину, типами водного и солевого режима, уклонами местности, степенью развитости микрорельефа и генетическими свойствами почв. Большое значение имеет также соблюдение режима орошения, длительность ирригации, агротехника и др.

Выделяются следующие основные негативные признаки влияния орошения дождеванием на эколого-мелиоративное состояние территорий: водная эрозия; почвенная

эрозия; поднятие уровня грунтовых вод; засоление почв; ухудшение плодородия почв; загрязнение водоисточников сбрасываемыми оросительными и дренажными водами.

На основании анализа признаков и причин негативного влияния орошения дождеванием на эколого-мелиоративное состояние территорий при различных способах и технике полива, можно сделать вывод о том, что большинство причин зависит от технического состояния оросительных систем или имеет эксплуатационный характер их проявления. Для их минимизации необходимо повысить КПД оросительных сетей за счёт использования закрытой трубопроводной сети и каналов с противофильтрационной облицовкой, соблюдать сроки и нормы проведения поливов, внесения удобрений, соблюдать нормативные требования по условиям впитывания воды в почву и допустимым уклонам.

Основной проблемой остаётся инфильтрация воды за пределы корнеобитаемого слоя почвы, приводящая к подпитке горизонта грунтовых вод и как следствие к их подъёму. Подъём уровня грунтовых вод выше критических отметок на орошаемых землях приводит к вторичному засолению почвогрунтов, подтоплению, как самих орошаемых земель, так и территорий, примыкающих к ним. Данная проблема в подавляющем большинстве случаев решается за счёт строительства искусственного дренажа.

В статье предлагается методика минимизации проблемы за счёт создания буферной зоны влажности в корнеобитаемом слое почвы. Для этого использован комплексный подход, включающий разработку технологических, агро-мелиоративных мероприятий и технических решений по повышению эффективности полива, обеспечивающих снижение инфильтрации оросительных вод и осадков за пределы корнеобитаемого слоя почвы, снижение водной эрозии и повышение плодородия почв.

Реализация результатов исследований позволит получать стабильные и высокие урожаи сельскохозяйственных культур при сохранении необходимого уровня экологического равновесия.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Исследования, связанные с анализом влияния орошения на эколого-мелиоративное состояние земель приобретают все большую актуальность. Такой интерес вызван, прежде всего, активными негативными процессами, происходящими на орошаемых землях, приводящих к деградации почв и, как следствие, к снижению продуктивности земель и нарушению экологического равновесия.

Так, А.И. Голованов [1] утверждает, что уровень экологического нарушения природной среды предопределяется степенью изменения отношения между малым биологическим и большим геологическим круговоротами веществ, сформировавшимися в естественных условиях, размерами и техническим состоянием ирригационных систем, технологией орошения и культурой земледелия, качеством оросительных вод и естественной дренированностью территории.

При этом Магай С.Д., Вышпольский Ф.Ф. [2], предположили, что оптимизация технологических процессов, обеспечивающая экологическую безопасность функционирования агроэкосистем, должна осуществляться на основе выявления механизмов действия допустимых водных нагрузок на экологические системы, а экологическое благополучие на геосистемах будет достигаться при соблюдении главного условия: на орошаемых территориях объёмы фильтрационных потерь оросительной воды и подземный приток не должны превышать подземный отток.

Вышпольский Ф.Ф. [3] показал, что степень техногенной нагрузки водных масс на геосистему за счет фильтрационных потерь находится в прямой зависимости от техногенного состояния и размеров гидромелиоративной системы, коэффициентов полезного действия ирригационной сети и земельного использования, техники и технологии орошения. Следовательно, путем повышения коэффициентов полезного действия оросительной сети и совершенствования технологии орошения, оптимизации размеров агроэкосистем, в частности за счет уменьшения коэффициента земельного

использования, можно снижать степень воздействия водных нагрузок на геосистему и повышать экологическую защиту всех элементов агроландшафта.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Целью исследований является разработка методики минимизации негативного влияния орошения дождеванием на эколого-мелиоративное состояние земель путём создания в корнеобитаемом слое почвы буферной зоны влажности и оценки влияния данной методики на технологию проведения поливов и агромелиоративные мероприятия.

Задачи исследования:

1. Обоснование создания буферной зоны влажности в корнеобитаемом слое почвы;
2. Разработка методики расчёта режима орошения сельскохозяйственных культур с учётом создания буферной зоны влажности;
3. Определение оптимальной величины буферной зоны влажности;
4. Эколого-экономическое обоснование результатов исследований.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Основными причинами, неэксплуатационного характера, инфильтрации воды за пределы корнеобитаемого слоя являются:

- выпадение осадков в период проведения поливов или сразу по его окончании, когда почва имеет влажность соответствующую наименьшей влагоёмкости или близкую к ней;
- большая продолжительность проведения полива поля, что приводит к необходимости начинать полив до достижения влажности почвы критических значений.

С целью минимизации данных причин предлагается создание в корнеобитаемом слое (нижней части) буферной зоны влажности, где влажность почвы будет меньше наименьшей влагоёмкости. Влажность этой зоны будет увеличиваться и возможно достигать максимальных значений (наименьшей влагоёмкости) только в период выпадения осадков. Величина буферной зоны динамична и зависит от величины корнеобитаемого слоя почвы в различные фазы вегетации сельскохозяйственных культур.

Создание подобной зоны в корнеобитаемом слое почвы возможно за счёт корректировки значения максимальных влагозапасов, то есть влагозапасов соответствующих значению наименьшей влагоёмкости почвы.

Максимальные влагозапасы почвы определяются по формуле, м³/га:

$$W_{\max} = 100 * \alpha * H * \beta_{\max}, \quad (1)$$

где α – объёмная масса почвы, г/см³;

H – мощность корнеобитаемого слоя почвы, м;

β_{\max} – наименьшая влагоёмкость, % от веса почвы.

Минимальные влагозапасы почвы определяются по формуле, м³/га:

$$W_{\min} = 100 * \alpha * H * \beta_{\min}, \quad (2)$$

где β_{\min} – минимальная влажность, % от веса почвы.

При расчёте режима орошения в проектных условиях средняя дата поливов определяется при достижении текущих влагозапасов значения минимальных влагозапасов.

Поливная норма – это количество воды, даваемое на 1 га орошаемой площади за один полив, м³/га:

$$m = W_{\max} - W_{\min} = 100 * \alpha * H * (\beta_{\max} - \beta_{\min}), \quad (3)$$

Корректировка максимальных влагозапасов, с целью создания буферной зоны влажности в корнеобитаемом слое почвы, проводится путём введения коэффициента корректировки максимальных влагозапасов:

$$W_{\max} = 100 * \alpha * H * K * \beta_{\max}, \quad (4)$$

где K - коэффициент корректировки максимальных влагозапасов, $K \leq 1$.

Корректировка максимальных влагозапасов приведёт к снижению величины поливной нормы:

$$m = W_{\max} - W_{\min} = 100 * \alpha * H * (K * \beta_{\max} - \beta_{\min}), \quad (5)$$

Оптимальное значения коэффициента корректировки максимальных влагозапасов K определяем в ходе вычислительного эксперимента.

Методика проведения вычислительного эксперимента разработана в соответствии с методикой расчёта режима орошения академика Костякова А.Н. [4].

Определение числа, сроков и норм поливов по данной методике проводится путем расчета дефицитов водного баланса для коротких периодов вегетации (декад) и построения графика режима орошения сельскохозяйственных культур.

С целью анализа результатов вычислительного эксперимента рассчитываются дополнительные показатели техники полива: время полива поля; время работы насосного агрегата в течение вегетационного периода; коэффициент увеличения количества поливов.

Время продолжительности полива поля, сут:

$$t_{\text{пол}} = \frac{m * F_{\text{пол}} * \beta}{K_{\text{сут}} * Q_{\text{дм}} * 86400}, \quad (6)$$

где m – поливная норма культуры, м³/га;

$F_{\text{пол}}$ – площадь орошаемого участка нетто, га;

$K_{\text{сут}}$ – коэффициент использования времени суток, выражающий отношение чистого времени работы к количеству часов в сутках и учитывающий затраты времени на техосмотры, ликвидацию аварий;

$Q_{\text{дм}}$ – расход дождевальной машины, л/с;

β – коэффициент потерь воды на испарение при дождевании.

Время работы насосного агрегата в течение вегетационного периода, сут:

$$t_{\text{на}} = \sum t_{\text{пол}}, \quad (7)$$

где $\sum t_{\text{пол}}$ – сумма продолжительностей полива поля при различных значениях поливных норм, в соответствии с режимом орошения, сут.

В соответствии с [4] максимальное значение коэффициента увеличения количества поливов составляет 1,5.

В качестве методов исследования приняты вычислительный эксперимент, сравнительный анализ и синтез полученных результатов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Вычислительный эксперимент проводился для природных условий 23 хозяйств, расположенных в различных районах Республики Крым для года 75% обеспеченности дефицитами водного баланса.

В качестве техники полива принята дождевальная машина «Фрегат» базовой модификации ДМУ-Б-463-90. Основные технические характеристики дождевальной машины:

- средняя интенсивность дождя – $i_{\text{ср}}=0,29$ мм/мин;
- расход дождевальной машины – $Q_{\text{дм}}=90$ л/с;
- коэффициент использования времени суток, выражающий отношение чистого времени работы к количеству часов в сутках и учитывающий затраты времени на техосмотры, ликвидацию аварий – $K_{\text{сут}}=0,84$;
- площадь орошаемого участка нетто – $F_{\text{пол}}=74,9$ га.
- минимальная выдаваемая поливная норма – $m_{\text{мин}}=200$ м³/га.

Вычислительный эксперимент проводился для трёх сельскохозяйственных культур, выращиваемых в Крыму (люцерна, кукуруза на зерно, яровая пшеница) и различных коэффициентов корректировки максимальных влагозапасов ($k=1,00$; $k=0,95$; $k=0,90$; $k=0,85$)

Например, для хозяйства «Ударник» Нижнегорского района, расположенного в северо-восточной, степной части Крымского полуострова, в зоне Присивашья, были получены следующие результаты (табл.1, табл.2, табл.3).

Таблица 1

Показатели техники полива при орошении люцерны

Наименование	Коэффициент корректировки максимальных влагозапасов			
	$k=1,00$	$k=0,95$	$k=0,90$	$k=0,85$
Количество поливов, раз	9	11	13	17
Поливная норма, м ³ /га	600	500	400	300
Оросительная норма, м ³ /га	5400	5500	5200	5100
Время продолжительности полива поля, сут.	6,88	5,73	4,59	3,44
Время работы насосного агрегата за вегетационный период, сут.	61,92	63,07	59,63	58,48
Коэффициент увеличения количества поливов	1,00	1,22	1,44	1,89

Таблица 2

Показатели техники полива при орошении кукурузы на зерно

Наименование	Коэффициент корректировки максимальных влагозапасов			
	$k=1,00$	$k=0,95$	$k=0,90$	$k=0,85$
Количество поливов, раз	11	13	15	20
Поливная норма, м ³ /га	300-450	250-370	200-290	150-220
Оросительная норма, м ³ /га	3820	3760	3420	3420
Время продолжительности полива поля, сут.	3,44-5,16	2,87-4,24	2,29-3,33	1,72-2,52
Время работы насосного агрегата за вегетационный период, сут.	43,80	43,12	39,22	39,22
Коэффициент увеличения количества поливов	1,00	1,18	1,36	1,82

Таблица 3

Показатели техники полива при орошении пшеницы яровой

Наименование	Коэффициент корректировки максимальных влагозапасов			
	k=1,00	k=0,95	k=0,90	k=0,85
Количество поливов, раз	7	8	10	13
Поливная норма, м ³ /га	300-590	250-460	200-400	150-300
Оросительная норма, м ³ /га	2820	2640	2690	2640
Время продолжительности полива поля, сут.	3,44-6,77	2,87-5,50	2,29-4,59	1,72-3,44
Время работы насосного агрегата за вегетационный период, сут.	32,34	30,27	30,85	30,27
Коэффициент увеличения количества поливов	1,00	1,14	1,43	1,86

Обоснованием принятия оптимального коэффициента корректировки максимальных влагозапасов являются: оросительная норма, продолжительность работы насосного агрегата за вегетационный период, коэффициент увеличения количества поливов, минимальная поливная норма, которую может выдать дождевальная машина. На основании анализа результатов вычислительного эксперимента, оптимальное значение коэффициента корректировки максимальных влагозапасов составило 0,9. При этом уменьшилась величина поливных норм и, соответственно, увеличилось количество поливов. Сходимость результатов вычислительного эксперимента составила 94,6%.

Инфильтрация воды за пределы корнеобитаемого слоя почвы, вызванная неэксплуатационными причинами, при создании буферной зоны влажности уменьшается на 35-70%. Эффективность методики возрастает прямо пропорционально увеличению количеству осадков, выпавших за вегетационных период, то есть, увеличению водности года.

Уменьшение величины поливной нормы, при орошении дождеванием, приводит к уменьшению мгновенной интенсивности дождя, которая определяется отношением приращения слоя осадков в данной точке к приращению времени впитывания влаги почвой. Уменьшение мгновенной интенсивности дождя приведёт к следующим последствиям:

- на поверхности почвы скапливается минимальное количество воды;
- сохраняется правильная структура почвы;
- благодаря низкой кинетической энергии капель дождя минимизируется уплотнение поверхности почвы;
- сохраняется равномерное распределение мелких и крупных частиц почвы
- орошение низкой интенсивности позволяет сохранить и поддерживать на максимально высоком уровне способность почвы к впитыванию влаги
- хорошая способность почвы к впитыванию влаги повышает эффективность орошения, снижает эрозию почвы и сокращает затраты
- сохраняется доступ воздуха к корням растений;

Плодородие почв сохраняется за счёт снижения скорости нисходящих токов воды и уменьшения выноса питательных веществ из пахотного слоя в более глубоко расположенные слои.

Изменения в процессе солепереноса необходимо дополнительно исследовать в полевых условиях.

С экономической точки зрения увеличение количества поливов, приведёт к увеличению затрат на проведение технического обслуживания поливной техники, что компенсируется уменьшением времени работы насосной станции и снижением затрат на электроэнергию.

Данная методика экономически эффективна только для дождевальных машин кругового действия. Для дождевальных машин фронтального действия отсутствуют достаточные компенсаторы возрастающих затрат на холостые перегоны при увеличении количества поливов.

С эксплуатационной точки зрения уменьшение времени полива поля позволит более оперативно осуществлять управление поливами. На стадии проектирования оросительных систем это возможно позволит снизить пиковые нагрузки, что приведёт к их удешевлению, но этот вопрос требует дополнительных исследований.

Увеличение количества поливов при дождевании приведёт к изменению микроклимата приземного слоя воздуха, что особенно важно при выращивании кормовых культур. Увеличение их урожайности при этом составит 10-15%.

Выводы

1. Создание буферной зоны влажности в корнеобитаемом слое почвы позволит минимизировать негативное влияние орошения дождеванием на эколого-мелиоративное состояние земель, а именно: снизить инфильтрацию оросительных вод за пределы корнеобитаемого слоя почвы; сохранить структуру и плодородие почвы, снизить вероятность возникновения водной эрозии.

2. Создание буферной зоны влажности в корнеобитаемом слое почвы приведёт к снижению величины поливных норм сельскохозяйственных культур при увеличении их количества и общем снижении оросительных норм, за счёт повышения использования осадков и перераспределения влагозапасов в течение вегетационного периода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голованов А.И. Мелиорация ландшафтов // Мелиорация и водное хозяйство, 1993, № 3 – С. 6-8.
2. Магай С.Д., Вышпольский Ф.Ф. Экологические основы снижения техногенного воздействия агроэкосистем на природную среду // Метеорология и экология, 2007, №1 – С. 23-27.
3. Вышпольский Ф.Ф. Мелиоративные системы и методы снижения антропогенной нагрузки на природную среду. - Сб. науч. тр. КазНИИВХ.–Тараз, 1999.– С. 25-34.
4. Костяков А.Н. Основы мелиораций.// М. Сельхозгиз, 1960,- 6-е изд. Доп., 622с.

УДК 620.92

ЗАМЕЩЕНИЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА ДРЕВЕСНЫМ БИОТОПЛИВОМ (НА ПРИМЕРЕ УКРАИНЫ)

Редькин В.М.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В статье рассматриваются причины замещения части традиционного на возобновляемое топливо и возможность использования возобновляемых источников энергии на тепловые нужды. Проведен анализ возможности использования древесной биомассы и ее потенциальный объем, который можно использовать для производства энергии. Приведены экономические предпосылки для увеличения потребления биомассы и развития данной отрасли.

Возобновляемые источники энергии, древесная биомасса, эффективность использования

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одной из наиболее актуальных проблем для Украины, находящейся в сложной экономической и энергетической ситуации, является необходимость сокращения потребления традиционных источников энергии, а именно импортного природного газа. Не секрет, что значительная часть бюджета Украины уходила на оплату импортируемого топлива и это, как следствие, отразилось на экономической ситуации страны. Причем переход от российского поставщика энергоресурсов к поставщикам из Европы или Северной Америки никак не решает возникшую проблему, ввиду высокой цены на энергоресурсы.

Имея огромную задолженность за потребленный газ перед поставщиком, перспектива дальнейшего его подорожания, а также прекращение на сегодняшний день поставок энергоносителя, заставляет задуматься о срочной необходимости строить свою независимую систему энергообеспечения за счет местных видов топлива и внедрение энергосберегающих технологий. То есть переходить на европейский опыт использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для нужд в тепловой, электрической энергиях. Украиной в конце 2012 года были приняты обязательства в рамках Договора об Энергетическом сообществе, достичь 11 %-го потребления ВИЭ в структуре валового конечного энергопотребления к 2020 году. Это являлось одним из условий подписанного Соглашения об ассоциации Украины и Европейского союза. Для Украины, которая намерена интегрироваться в Европу необходимо развивать использование ВИЭ до средневропейского показателя (одно из требований к странам-кандидатам в ЕС) То есть предпосылки необходимости в освоении и внедрении ВИЭ есть. К тому же согласно проекту Энергетической стратегии Украины на период до 2030 года спрос на тепловую энергию будет расти и в 2030 году может увеличиться более чем на 15 % по состоянию на сегодняшний день. Сейчас усилия правительства направлены на поиски альтернативных путей поставок природного газа, оставляя без внимания биомассу — прямой заместитель природного газа для производства энергии, в первую очередь, тепловой. Необходимо искать дополнительные источники энергии. Такое развитие в области энергообеспечения и пассивное отношение к данной проблеме приведет экономику страны в плачевное состояние, а государство так и будет идти по пути энергетической зависимости от импортного топлива.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

До настоящего времени развитие области ВИЭ в Украине протекало вяло, несмотря на большое количество специалистов и возникших проблем. Импортное топливо по приемлемой цене, внедрение скидок на газ, субвенции из государственного бюджета на погашение разницы на тепловую энергию и много другое, и, как следствие, дешевое топливо для населения и некоторого сектора предприятий не давало возможности развитию ВИЭ на должном уровне, при постоянном увеличении энергопотребления.

Внедрение ВИЭ происходило по принципу политики «модного» освоения данного топлива, а не по необходимости в энергетической безопасности и независимости.

Большую работу проводит Биоэнергетическая ассоциация Украины (БАУ), в которую входят одни из ведущих специалистов в области биоэнергетики. Именно БАУ проводит активную работу, направленную на повышение роли биоэнергетики в энергетическом балансе Украины. БАУ не только постоянно публикует новые данные об исследованиях в области биоэнергетики, но и проводит международные конференции, целью которых является обмен опытом с зарубежными коллегами и освещение проблем и перспектив развития отрасли, связанной с выработкой энергии с помощью ВИЭ. Также работа в области биоэнергетики ведется в Институте технической теплофизики Национальной академии наук Украины. Институтом разработана концепция развития биоэнергетики в Украине, по которой внедрение и реализация программы дает возможность заместить до 5 млрд куб.м природного газа.

Но основным ориентиром для специалистов Украины является богатый опыт европейских стран, стран Северной Америки, которые уже давно внедряют ВИЭ и такой источник энергии занимает значительную долю в энергобалансе этих стран.

Из [1-3] видно, что основными потребителями древесной биомассы для выработки тепловой энергии продолжительное время являлись предприятия, в производстве которых, в следствии технологического процесса, образовывалось большое количество древесных отходов. Таким образом отпадала необходимость в источнике энергии со стороны и проблема утилизации отходов. Так, на сегодняшний день, биомасса используется на 2000 современных котлах, которые работают на древесной щепе (порядка 1400 котлов мощностью от 100 до 300 кВт, общей установленной мощностью до 250 МВт работают на предприятиях лесных ресурсов Украины). За последнее время более 1000 котлов было переведено с угля и мазута на древесную биомассу, которые эксплуатируются на предприятиях лесного хозяйства.

Также стоит учесть следующий фактор, что большинство крупных котельных выводят из эксплуатации и, по опыту европейских стран, заменяют их местными локальными котельными малой мощности. Целесообразно при модернизации или строительстве новых котельных в качестве основного или резервного топлива принимать именно местный ресурс. То есть сразу предусматривать возможность альтернативы природному газу.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель: обоснование применения древесной биомассы для получения тепловой энергии.

Задачи: оценить потенциальный объем древесной биомассы на сегодняшний день, которую можно использовать в энергетических целях; обосновать необходимость увеличения потребления биомассы и развития данной области.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Использование древесины для энергетических целей было всегда, но широкое развитие добычи и использование таких топлив как нефть и природный газ отодвинуло на второй план этот важный ресурс. И только энергетический кризис в первой половине 70-х годов XX века вновь заставил посмотреть на древесину как на качественное топливо. Новые технологии по использованию и внедрению ВИЭ осуществлялось в основном в Европейских странах и странах Северной Америки, которые наиболее остро ощутили на себе энергетический кризис. Страны же бывшего СССР довольствовались богатыми ресурсами природного газа и нефти. Но сегодня Украина чувствует энергетическую зависимость, так как собственная добыча энергоресурсов не покрывает полную их потребность. Данная проблема пока не нашла своего решения и продолжает только усугубляться.

В связи с тенденцией децентрализации систем теплоснабжения и модернизации старых котельных малой мощности есть все предпосылки переходить на местные виды топлива. В городской черте модернизация и внедрения новых технологий, ввиду плотной застройки, затрат на транспортировку альтернативного топлива, является чрезвычайно сложной задачей. Поэтому внедрение ВИЭ (в виде древесной биомассы) на нужды теплоснабжения наиболее ярко можно показать на примере учреждений пригородного, сельского типа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

До недавнего времени древесная биомасса находила применение только в домашних хозяйствах. Так около 3/4 общего объема использования дров сжигается в традиционных печах и печках (в основном в сельской местности). И только 1/4 утилизируются предприятиями.

Основными видами древесной биомассы для тепловых нужд могут послужить: дрова; отходы лесной промышленности (лесопиления и деревообработки — опилки,

стружка, кора, обрезки, ветви, пни, искривленные стволы и т. д.); древесная щепа; древесные топливные брикеты и гранулы (пеллеты) и др.

Украина имеет хорошие предпосылки для существенного расширения использования биомассы в энергетических целях, и, в первую очередь, для производства энергии для тепловых нужд. Запас древесины в лесах Украины оценивается в 1,8 млрд. куб.м. Сегодня прирост запаса древесной биомассы — 4,5 куб.м на 1 га. В целом по Украине прирост составляет около 35-40 млн. куб.м в год. Заготавливается около 15 млн. куб.м, то есть менее 50% годового прироста. Потенциальные запасы и возможности украинских лесов велики и, по мнению специалистов и международных экспертов, полностью не используются. Использование ежегодного прироста находится в пределах 50%, в то время как в странах Европы использование ежегодного прироста составляет 60-80%. К тому же сегодня в лесах Украины лежит на земле в разной степени гниения около 280 млн. куб.м. древесины [4]. Ежегодно отпадает вследствие природных факторов около 12 млн. куб.м. Её можно собрать без причинения ущерба природе и использовать с пользой для нужд. То есть 15-20 млн куб.м ежегодного прироста, который не используется и 12 млн куб.м., которые отпадают вследствие естественных природных процессов дают в сумме до 30 млн. куб.м. потенциального объема древесной биомассы, которую можно использовать в энергетических целях. Такой объем эквивалентен почти 3,3 млн. т.у.т. Возможное замещение за счет использования древесины может достигнуть замены порядка 10% импортируемого ранее топлива.

За период 2008-2012 гг. объем использования биотоплива для энергетических целей оставался в пределах 1,3-1,5% от общего энергопотребления, достигнув своего максимума в 2008 году. Наиболее активно из всего имеющегося потенциала биомассы для производства энергии используется древесная биомасса. В дальнейшем эта тенденция будет сохраняться, так как именно древесная биомасса является важным источником энергии. На примере Германии, имеющей примерно такую же площадь лесов, что и Украина, можно это наглядно показать, при этом стоит заметить, что население Германии почти в двое превышает население Украины, климат более суровый, страна имеет развитый промышленный сектор, а соответственно и потребность в тепловой энергии для нужд населения больше, чем для Украины. В общей сложности в промышленности Германии используется 72 млн. куб.м. древесины, кроме того порядка 55 млн. куб.м. используется для выработки энергии. Производство энергии из древесной биомассы превратилось в важный сектор экономики Германии, так в 2012 году уже порядка 130 тыс. немцев были заняты в сферах, связанных с биоэнергетикой. Как уже отмечалось ранее, энергия из биомассы является одной из наиболее перспективных, особенно в странах с большим агропотенциалом. И Украина — не исключение.

Перевод котельных на местный вид топлива — мероприятия, которые начали проводить сравнительно недавно. И на это есть причины. Данные мероприятия с экономической точки зрения являются рациональными действиями в сложившейся ситуации.

На 01.08.2014 стоимость природного газа для учреждений и организаций, которые финансируются из государственного и местного бюджетов составляет около 300 у.е., для промышленных потребителей и прочих субъектов хозяйственной деятельности 360 у.е. Теплотворная способность тысячи кубов газа составляет 8,7 Гкал.

для бюджетного предприятия одна Гкал тепловой энергии в среднем стоит $300/8,7=35$ у.е./Гкал. С учетом коэффициента полезного действия котла, который установлен на предприятии стоимость равна $35/0,8=44$ у.е./Гкал.

для коммерческого предприятия одна Гкал тепловой энергии в среднем стоит $360/8,7=41$ у.е./Гкал. С учетом коэффициента полезного действия котла, который установлен на предприятии стоимость равна $41/0,8=51$ у.е./Гкал.

Это прямые затраты на производство тепловой энергии, не считая других затрат на производство, а также затрат на транспортировку и поставку тепловой энергии.

Теперь стоит показать сколько будет стоить тепло, производимое из древесной биомассы. Стоимость древесной щепы колеблется в пределах от 45-55 у.е. за тонну. Цена топлива зависит от влажности, от условий хранения и от дальности транспортировки. Причем изменение влажности щепы ведет к изменению ее теплотворной способности. Теплотворная способность древесной щепы влажностью 40% составляет 2,4 Гкал/т.

одна Гкал тепла, получаемая из древесной щепы будет стоить $50/2,4=21$ у.е./Гкал. С учетом коэффициента полезного действия котла (современного твердотопливного котла), который может быть установлен на предприятии, стоимость будет равна $21/0,85=25$ у.е./Гкал. (без учета затрат на транспортировку).

То есть при прочих равных затратах на производство тепловой энергии использование древесной биомассы в качестве топлива намного выгоднее использования природного газа, причем для сектора частных предпринимательств эта выгода существеннее (в 2 раза), чем для административных и общественных учреждений (в 1,5 раза).

Ориентировочная экономия средств при использовании существующего потенциала биомассы на Украине составит: стоимость древесной биомассы 50 у.е., потенциальный объем древесной биомассы на сегодняшний день, которую можно использовать в энергетических целях — 3,3 млн. т.у.т.

$$50 \text{ у.е.} * 3,3 \text{ млн. т.у.т.} * 29,3/12 = 0,4 \text{ млрд. у.е./год,}$$

где: 29,3 МДж/кг — теплота сгорания условного топлива,

12 МДж/кг — средняя теплота сгорания древесной биомассы для расчета.

Стоимость замещенного объема природного газа: если учесть, что стоимость природного газа для Украины будет иметь среднеевропейскую стоимость, то:

$$450 \text{ у.е./}1000 \text{ куб.м} * 2,7 \text{ млрд. кубм/год} = 1,2 \text{ млрд у.е./год}$$

Ежегодная экономия средств замещения природного газа древесной биомассой может составить: $1,2 - 0,4 = 0,8$ млрд. у.е./год.

Так только применяя имеющийся потенциал древесной биомассы ежегодно можно экономить до 800 млн. у.е. в год.

По оценкам БАУ, для реализации концепции по внедрению биоэнергетического оборудования, которое может переработать до 4 млн. т.у.т. биомассы (древесная биомасса, отходы сельскохозяйственной продукции и т. д.) необходимо порядка 1,4 млрд у.е. Из расчетов видно, что вложенные средства окупаются за счет экономии по замещению природного газа биомассой примерно за 2 года. Такая экономия средств будет повторяться из года в год, срок окупаемости может сокращаться в связи с нестабильным курсом доллара и подорожанием природного газа. Древесная же биомасса, как местный вид топлива, менее подвержен колебаниям в цене.

Выводы

При прогнозируемых ценах на ископаемые топлива (в первую очередь, природный газ), тепловую энергию и биомассу, внедрение котлов на древесной биомассе для производства тепловой энергии - является одним из путей выхода Украины из затяжного энергетического кризиса. Котлы на древесной биомассе могут быстро заменить природный газ, как источник для производства тепловой энергии, с наиболее низкими инвестиционными затратами и, как видно из приблизительных расчетов, с кратчайшими сроками окупаемости проектов.

Если в производстве тепла использовать древесину или другую биомассу, получают преимущества по сравнению с использованием других видов топлива, в том числе: надежность поставок топлива, так как ресурсы древесины и других видов биомассы возобновляемые и в Украине имеются в достаточном объеме для длительного пользования; тепловая энергия, получаемая из древесной биомассы, как видно из расчетов, дешевле (стоимость биомассы как топлива в пересчете на единицу энергии ГДж существенно меньше стоимости природного газа); к тому же при сжигании древесины образуется меньше вредных выбросов, чем при сжигании других видов топлива, что

является неоспоримым достоинством при предъявляемых современных требованиях к топливам.

Для Украины производство тепловой энергии из древесной биомассы должно быть в приоритете, так как в процессе такого производства в большинстве случаев происходит прямое замещение потребления природного газа.

К тому же наиболее оптимально применение данных мероприятий для школьных учреждений, детских садов, располагаемых обычно рядом, и имеющих собственную котельную, сельских советов и примыкающих к ним небольших частных учреждений сельских районов, обладающих значительным запасом древесины и другой биомассы, которую можно использовать в качестве резервного топлива. Необходимо строить деревообрабатывающие и подготавливающие предприятия, тем самым повышая уровень работы и занятости населения в сельской местности.

Внедрение биоэнергетических технологий будет иметь положительное социально-экономическое влияние для региона, где оно реализуется.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мхитарян Н.М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. Опыт и перспективы / Мхитарян Н.М. - К.: Наукова думка, 1999. - 320 с.
2. Кибовский С.А. Энергосбережение в Крыму / приложение к научно-практическому дискуссионно-аналитическому сборнику «Вопросы развития Крыма»// Кибовский С.А., Ефимов С.А., Петрук С.К., Сафонов В.А., Слепокуров А.С. - Симферополь: Таврия-Плюс, 2001-208 с.
3. Гелетуха Г.Г. Перспективы производства тепловой энергии из биомассы в Украине. Аналитическая записка БАУ № 6 / Гелетуха Г.Г., Железная Т.А., Олейник Е.Н. - Биоэнергетическая ассоциация Украины, 2012 г.
4. Енергетичний потенціал біомаси в Україні / Лакида П.І., Гелетуха Г.Г., Василюшин Р.Д., та ін., відповід. наук. ред. проф. П.І. Лакида, Навчально-науковий інститут лісового і садово-паркового господарства НУБіП України. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2011. – 28 с.

УДК 658.264

РАЗГРІВ В'ЯЗКИХ НАФТОПРОДУКТІВ ПРОТЯГОМ ЇХ СБЕРІГАННЯ Й ТРАНСПОРТУВАННЯ

Титар С. С., Зайцев Д. В.

Одеський національний політехнічний університет

У статті представлено комплекс заходів з транспортування, розвантаження та зберігання рідких, в'язких продуктів на прикладі нафтового бітуму. Найбільш складним питанням є визначення параметрів бітуму, який охолоджується при транспортуванні. Були розглянуті дві можливі фізичні моделі теплообміну бітуму з навколишнім середовищем. Для знаходження шуканого чисельного рішення задачі безперервна нестационарна математична модель фізичних процесів, використовуваний в програмі, змінюється протягом часу. В результаті моделювання було отримано розподіл температур всередині цистерни.

Надалі необхідно провести натурні спостереження охолодження бітуму при русі цистерн на комплексі вивантаження і зберігання бітуму, а також лабораторні дослідження.

Теплообмін, коефіцієнт теплопередачі, конвекція, коефіцієнт тепловіддачі, температура

Вступ

Виробництво бітуму в нафтохімічній галузі промисловості відбувається при порівняно високих температурах (~ 140 – 150°C). Бітум є реонестабільною (неньютоновською) рідиною при температурах нижче 30 °С . При більш високих температурах цей матеріал знаходиться в рідкому стані й має в'язкість зіставну з в'язкістю води. У зв'язку з цим, транспортування бітуму від місця виробництва до місця споживання відбувається в залізничних цистернах (звичайні цистерни, цистерни-термоса, цистерни з паровою сорочкою). Цей матеріал різко збільшує в'язкість при зменшенні температури й частіше всього його вивантаження з цистерн без додаткового розігрівання стає неможливим.

АНАЛІЗ

Моделювання процесу було виконано за допомогою спеціальної програми, що дозволяє провести аналіз розподілу температур в середині цистерни, змінення температур впродовж часу та напрямку руху бітуму, під час розігріву.

Для знаходження шуканого чисельного рішення задачі безперервна нестационарна математична модель фізичних процесів, що використовується в програмі, змінюється впродовж часу.

МЕТА РОБОТИ

Визначення закономірностей теплообміну бітуму у цистерні з навколишнім середовищем та температури матеріалу наприкінці транспортування при різних температурах зовнішнього повітря.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Вихідні дані для розрахунку:

- питома теплоємність бітуму $c=1,68$ кДж/(кгК) ;
- температура навколишнього середовища $t_n = - 10$ °С, -5 °С, 0 °С, $+10$ °С, $+15$ °С;
- початкова температура бітуму $t_p = 140$ °С;
- маса бітуму в цистерні $G=57300$ кг;
- поверхня цистерни $F= 92$ м²;
- діаметр цистерни $D=2,8$ м;
- час цистерни в дорозі $\square = 4,6,8,10$ діб або 96, 144, 192, 240 годин відповідно;
- умовна середня температура бітуму в кінцевому пункті - t_b .

Найбільш важливим моментом є правильне визначення коефіцієнта теплопередачі від гарячого бітуму через стінку цистерни в навколишнє середовище. Для цього необхідно знати коефіцієнти тепловіддачі від бітуму до стінки й від стінки до оточуючого повітря при русі цистерни.

Для знаходження α від бітуму до стінки можливо використання відомої залежності [1]:

$$Nu = 0.5(Gr \cdot Pr)_p^{0.25} \cdot \left(\frac{Pr_p}{Pr_{cm}} \right)^{0.25} \quad (1)$$

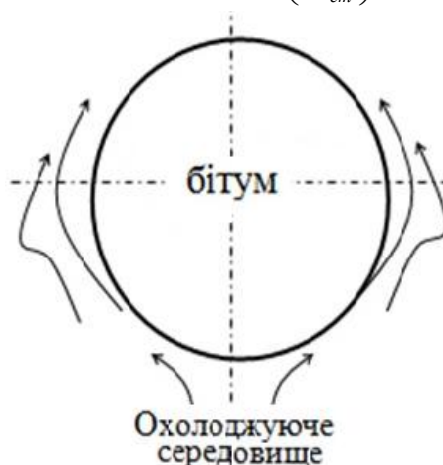


Рис. 1. Фізична модель теплообміну за формулою (1)

Цю залежність було отримано для фізичної моделі рис. 1, що справедлива для випадку вільної конвекції ньютонівської рідини зовні циліндру. В нашому випадку вільна конвекція має місце в середині циліндру (цистерни).

Коефіцієнт тепловіддачі від бітуму до стінки, враховуючи залежність (1), $\alpha_1=2,0\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$. По залежності для вимушеної конвекції (повітря уздовж циліндра) визначають коефіцієнт тепловіддачі від цистерни до оточуючого повітря $\alpha_2 = 14,2\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$. Враховуючи товщину прилиплому шару (умовно $\delta=15\text{мм}$), який утворюється при охолодженні біля стінки цистерни, і його теплопровідність, при цьому нехтуючи термічним опором цистерни по залежності (2) одержують значення коефіцієнта теплопередачі $k=1,75\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{mul}}}{\lambda_{\text{mul}}} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (2)$$

Задаючи різний час в дорозі, можна отримати середню температуру бітуму в пункті призначення по залежності [2].

$$t_{\bar{\sigma}} = t_n + \frac{t_n - t_H}{e^{\frac{Fk\tau}{Gc}}} \quad (3)$$

Результати розрахунків температури матеріалу наприкінці транспортування за цією моделлю наведені у табл. 1 та на рис. 2.

Таблиця 1

Результати розрахунків температури матеріалу наприкінці транспортування

τ , год.		96	144	192	240
t_n , °C	- 15	72,0	50,1	33,8	21,5
	- 10	74,2	53,0	37,2	25,4
	- 5	76,3	55,9	40,6	29,2
	0	78,5	58,8	44,1	33,0
	10	82,9	64,6	50,9	40,6
	15	85,1	67,5	54,3	44,5

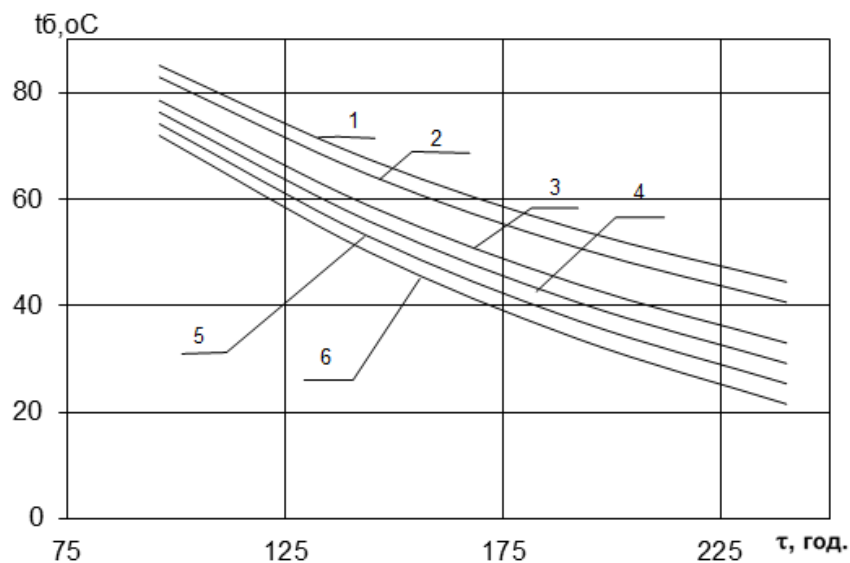


Рис. 2. – Температура бітуму в залежності від температури зовнішнього повітря та часу транспортування: 1 – $t_n = 15$ °C; 2 – $t_n = 10$ °C; 3 – $t_n = 0$ °C; 4 – $t_n = -5$ °C; 5 – $t_n = -10$ °C; 6 – $t_n = -15$ °C

Слід зазначити, що найбільш складним у цьому розрахунку є правильне визначення коефіцієнта тепловіддачі від бітуму до стінки цистерни. На вільну конвекцію бітуму в цистерні будуть накладатися коливання від розгойдування цистерни при русі, через що збільшуватиметься коефіцієнт тепловіддачі. З іншого боку, на стінці цистерни, внаслідок її охолодження, може утворюватися нерухомий прилиплий шар бітуму, який при низькій теплопровідності бітуму буде зменшувати коефіцієнт теплопередачі.

Є можливість спробувати визначити коефіцієнт теплопередачі, використовуючи іншу модель теплообміну між бітумом і стінкою цистерни, вважаючи стінку плоскою, як показано на рис. 3.

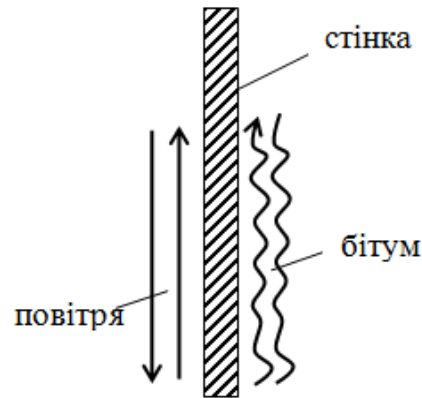


Рис. 3. Фізична модель теплообміну 2, для цистерни з плоскою стінкою

Ця модель дещо ближче до реальної ситуації, проте не зовсім ясно, яким повинен бути визначальний геометричний розмір (діаметр цистерни). Враховуючи порівняно невелику кривизну поверхні цистерни, правильніше, з нашої точки зору, за визначальний розмір вибрати діаметр цистерни. Крім того, будемо вважати, що в поверхні цистерни з боку бітуму утворився прилиплий шар.

При знаходженні залежності для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі від бітуму до стінки цистерни відповідно до цієї фізичної, необхідно визначити число Релея по залежності [1]:

$$Ra_6 = Gr_6 \cdot Pr_6 \quad (4)$$

Для цього було визначено середню температуру стінки t_{cp} і різницю температур між температурою бітуму і температурою стінки цистерни Δt .

При цьому зроблено такі припущення. При достатньо тривалому часі в дорозі температура стінки, температура бітуму і температура навколишнього середовища стануть рівними. У початковий момент температура бітуму рівна 140 °С.

Оскільки $109 < Pr_6 \cdot Gr_6 < 6 \cdot 10^{10}$, то режим руху - перехідний. При цьому режимі руху коефіцієнт тепловіддачі змінюється від максимального до мінімального. Ми розраховали і той і інший коефіцієнти тепловіддачі, а для подальшого розрахунку взяли середнє значення.

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки цистерни в навколишнє середовище визначено по залежності [2]:

$$\alpha_{нов} = 11,6 + 7\sqrt{\omega} \quad (5)$$

де ω - швидкість вітру, м/с.

Коефіцієнт теплопередачі в цьому випадку з урахуванням нерухомого і шару бітуму біля стінки цистерни визначаємо по залежності [1]:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_6} + \frac{\delta_{ни}}{\lambda_{ни}} + \frac{1}{\alpha_{нов}}} \quad (6)$$

Результати розрахунків температури матеріалу наприкінці транспортування за цією моделлю наведені у табл. 2 і на рис. 4.

Таблиця 2

Результати розрахунків температури матеріалу наприкінці транспортування

τ , ГОД.			96	144	192	240
t_n , °C	-15	t_6 , °C	58,2	35,3	19,6	8,8
	-10		61,3	39,2	23,9	13,4
	-5		64,2	42,8	28,0	17,8
	0		67,2	46,6	32,3	22,4
	10		73,3	54,1	40,8	31,5
	15		76,0	57,7	44,8	35,8

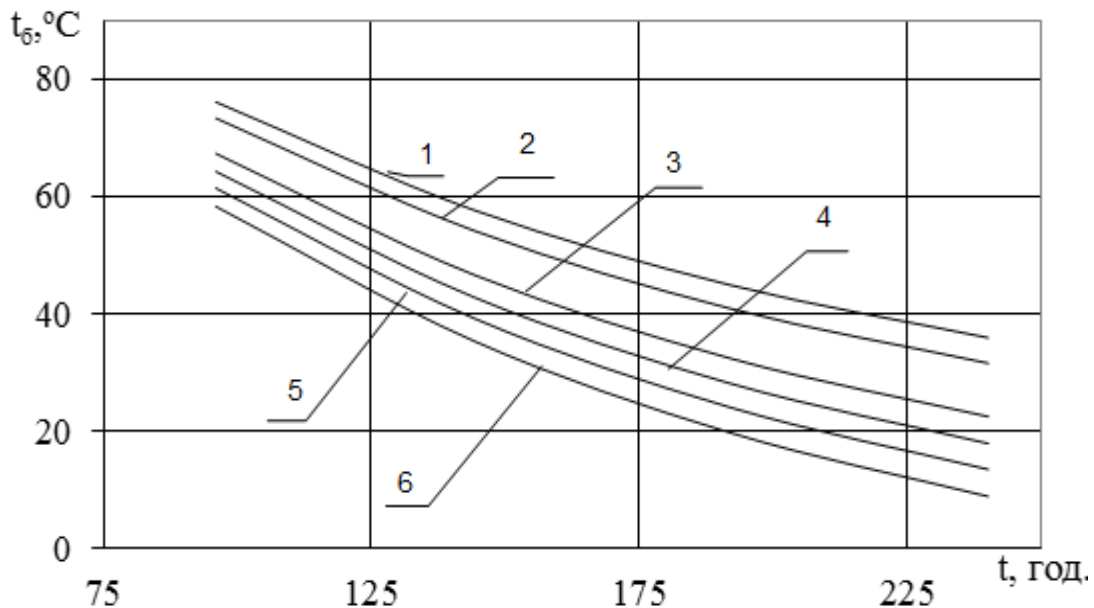


Рис. 4. – Температура бітуму в цистерні в залежності від температури зовнішнього повітря та часу транспортування:

1 – $t_n = 15$ °C; 2 – $t_n = 10$ °C; 3 – $t_n = 0$ °C; 4 – $t_n = -5$ °C; 5 – $t_n = -10$ °C; 6 – $t_n = -15$ °C

Моделювання процесу було виконано за допомогою спеціальної програми, що дозволяє провести аналіз розподілу температур в середині цистерни, змінення температур впродовж часу та напрямку руху бітуму, під час розігріву.

Для знаходження шуканого чисельного рішення задачі безперервна нестационарна математична модель фізичних процесів, що використовується в програмі, змінюється впродовж часу.

В результаті моделювання було отримано розподіл температур в середині цистерни рис.5

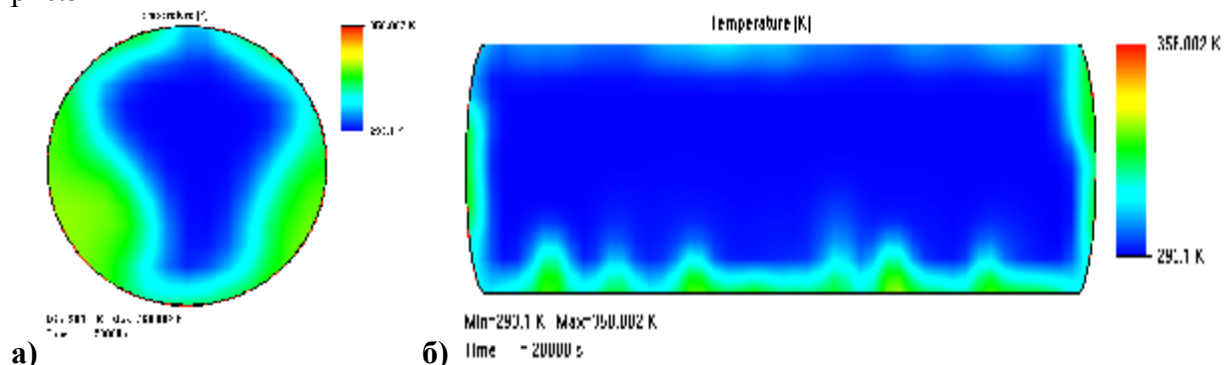
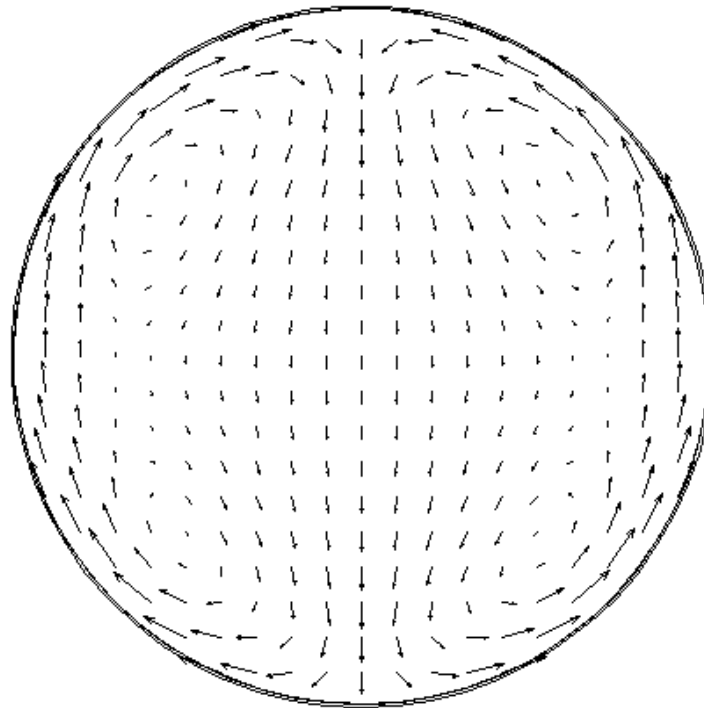


Рис.5. Розподіл температур в середині цистерни

а) Вид спереду; б) Вид збоку

Також напрямок руху бітуму, під час розігріву рис.6



Min=0 m/s Max=5.16636e-015 m/s
Time = 0.238103982 s

Рис.6. Напрямок руху бітуму, під час розігріву

На рис. 7 виконано порівняння розрахунків температури бітумів в цистерні в залежності від температури зовнішнього повітря та часу транспортування за різними моделями теплообміну.

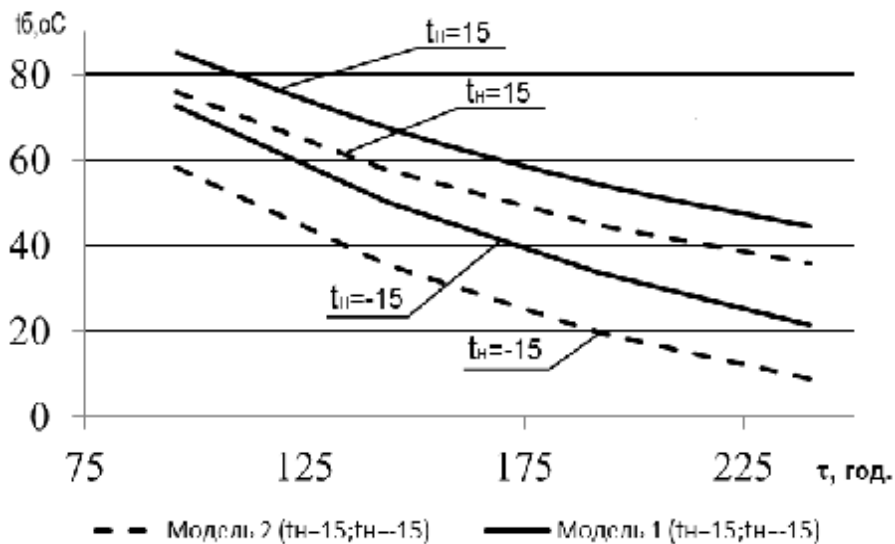


Рис. 7. - Порівняння розрахунків температури бітумів в цистерні в залежності від температури зовнішнього повітря та часу транспортування

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Моделювання процесу було виконано за допомогою спеціальної програми, що дозволяє провести аналіз розподілу температур в середині цистерни, змінення температур впродовж часу та напрямок руху бітуму, під час розігріву.

Для знаходження шуканого чисельного рішення задачі безперервна нестационарна математична модель фізичних процесів, що використовується в програмі, змінюється впродовж часу.

В результаті моделювання було отримано розподіл температур в середині цистерни

ВИСНОВКИ

1. Вперше зроблено аналіз рівнянь для розрахунку теплообміну між бітумом та навколишнім середовищем при транспортуванні у залізничних цистернах.

2. Опираючись на отриманні данні треба констатувати, що температура бітуму, по ходу транспортування, неминуче падає, при чому за певною залежністю. Це дає нам можливість зрозуміти, як і коли бітум віддає, чи приймає тепло.

3. Аналізуючи різні фізичні моделі теплообміну і порівнюючи результати, можна зазначити, що результати розрахунків за різними моделями будуть відрізнятися на 15...30 %.

4. На розбіжність між даними, отриманими за різними моделями, мають великий вплив припущення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Исаченко В.П. Теплопередача/ В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – Москва: Энергия, 1975. – 423с.
2. Титар С.С. Системи енергопостачання промислових підприємств/ С.С. Титар. – Одеса: АТ БАХВА, 2002. – 356с.
3. Гун Р.Б. Нефтяные битумы/ Р.Б. Гун. – Москва: Химия, 1989. – 323с.
4. Левенберг В.Д. Аккумуляирование тепла/ В.Д.Левенберг, М.Р.Ткач, В.А.Гольстрем. – Киев: Техника, 1991. – 84 с.

Збірник наукових праць
«Будівництво та техногенна безпека»
52/2014

Сборник научных трудов
«Строительство и техногенная безопасность»
52/2014

Под общей редакцией докт. техн. наук В.Т. Шаленного
Технический редактор Т.И. Пчелинцева

Компьютерная верстка

К.А. Янушковский

Формат 60x84/8. Ум. друк. арк. 15,6. Наклад 250 пр. Зам. № 27.