

Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

**СБОРНИК ТРУДОВ
АСПИРАНТОВ И МАГИСТРАНТОВ**

Технические науки

Нижний Новгород
ННГАСУ
2010

ББК 94,3; я 43

Сборник трудов аспирантов и магистрантов. Технические науки. –
Н.Новгород: ННГАСУ, 2010. – 361 с.
ISBN 978-5-87941-663-3

В сборник вошли работы, выполненные аспирантами и магистрантами на кафедрах: архитектуры; безопасности жизнедеятельности; водоснабжения и водоотведения; железобетонных и каменных конструкций; информационных систем и технологий; конструкций из дерева, древесных композитов и пластмасс; металлических конструкций; начертательной геометрии, машинной графики и теоретических основ САПР; информационных систем в экономике; оснований и фундаментов; отопления и вентиляции; строительных материалов; теоретической механики; технологии строительного производства; теплогазоснабжения.

Составители:

Н.Д.Жилина, Н.Б. Камаева (отдел аспирантуры и докторантуры)

Редакционная коллегия:

В.Н. Бобылев, С.В. Соболев, В.И. Бодров, А.Ф. Борисов, Е.А. Горбачев, С.П. Горбиков, А.И. Колесов, А.Г. Кочев, Г.А. Маковкин, И.В. Молев, С.И. Ротков, А.Н. Супрун, В.П. Сучков, А.А. Яворский



Уважаемые коллеги, читатели сборника!

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет ежегодно издает «Сборник трудов аспирантов и магистрантов», где публикуются результаты исследований научной молодежи вуза. Данный сборник выпускается в год 80-летия университета, поэтому причислен к юбилейным изданиям.

Сегодня в нашем университете обучается 251 магистрант и 209 аспирантов. В своем большинстве они плодотворно ведут научные исследования как фундаментальные, так и прикладные, в области строительства, архитектуры и других отраслей экономики. Вуз всемерно содействует их обучению, назначая ведущих ученых научными руководителями, предоставляя лабораторную базу, современные компьютерные классы, оргтехнику, библиотечный фонд, возможности поездок на стажировки, научные сессии, конференции, семинары, в том числе за рубежом нашей страны. В активе вуза – завоеванные нашими молодыми учеными дипломы и медали областных, региональных, российских и международных конкурсов, выставок, салонов инноваций.

Лучшие из магистрантов и аспирантов, защитив диссертации, получив академические и ученые степени, останутся работать в нашем университете, избрав нелегкую, но интересную и созидательную научно-педагогическую карьеру.

В год 80-летия ННГАСУ обращаюсь к молодым ученым университета: дерзайте, упорно продвигайтесь в науке, добивайтесь успеха, Вы наша смена, за Вами будущее России!

Ректор ННГАСУ,

доктор технических наук, профессор, Е.В.Копосов

УДК 378.1(470.341)

Н.Д.Жилина, Д.В. Мониц, С.В.Соболь

Научные исследования и подготовка кадров высшей квалификации в Нижегородском государственном архитектурно-строительном университете

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет является одной из ведущих учебно-научно-исследовательских организаций Приволжского Федерального округа. Традиционно научно-исследовательская деятельность университета нацелена на решение актуальных фундаментальных научных проблем и проведение практически важных прикладных научных исследований.

Современные фундаментальные и прикладные исследования на кафедрах ННГАСУ проводятся в соответствии с приоритетными направлениями развития науки, технологий и техники, утвержденными Президентом Российской Федерации 30.03.2002 Года, в рамках тематического плана по заданиям Министерства образования и науки Российской Федерации, научно-техническим программам и грантам по 14 отраслям науки.

За последние годы ученые университета приняли участие в научно-технических программах: «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники»; «Оздоровление экологической обстановки на р. Волге и её притоках, восстановление и предотвращение деградации природных комплексов Волжского бассейна» («Возрождение Волги»); «Здоровье населения России»; «Народы России: возрождение и развитие»; «Архитектура и строительство»; «Товары народного потребления»; «Нелинейные динамические системы: качественный анализ и управление»; «Поддержка малого предпринимательства и новых экономических структур в науке и научном обслуживании высшей школы»; «Трансферные технологии, комплексы и оборудование»; «Университеты России»; «Информатизация народного образования»; «Научные исследования высшей школы в области топлива и энергетики»; «Научное, научно-методическое, материально-техническое и информационное обеспечение системы образования»; «Развитие научного потенциала высшей школы» и др.

Научно-исследовательская работа в университете ведется по приоритетным научным направлениям: реставрация и реконструкция памятников историко-архитектурного наследия; геоинформационные технологии для планирования устойчивого экономического и социального развития регионов; технологии экологически безопасного градостроительного освоения территорий со сложными инженерно-строительными условиями; экологическая и геоэкологическая безопасность



Сотрудники центра экспертизы зданий и сооружений «Промбезопасность» проводят исследования на промышленном объекте



Научные исследования в лаборатории кафедры металлических конструкций



Эксперимент в лаборатории кафедры гидротехнических сооружений



Молодые ученые кафедры гидротехнических сооружений в экспедиции по изучению перестроения берегов на Горьковском водохранилище, 2009 г.



Серебряная медаль 37-го Международного салона изобретений, новой техники и товаров, г. Женева (Швейцария). Авторы изобретения: канд. техн. наук, профессор, зав. кафедрой строительных материалов Сучков В. П., канд. техн. наук, доцент кафедры строительных материалов Мольков А. А. (молодой ученый), д-р хим. наук, профессор Дергунов Ю. И.



Золотая медаль Международного салона инноваций, научных исследований и новых технологий «Брюссель-Эврика/2009» (Бельгия). Авторы: канд. техн. наук, профессор кафедры теплогазоснабжения Лебедева Е. А., аспирант Лошилова Е. В. (молодой ученый), старший преподаватель Гордеев А.В. (молодой ученый)



Аспирант кафедры строительных материалов М.Н. Панин на вручении Золотой медали «За успехи в научно-техническом творчестве»

I-я Международная научно-практическая конференция и выставка «Научно-техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях» (Всероссийский выставочный центр, г. Москва)



Аспиранты ННГАСУ на 15-й Нижегородской сессии молодых ученых (технические науки), база отдыха «Красный плёс» Семёновского района Нижегородской области, 15 - 19 февраля 2010 г.



Заседание совета молодых ученых ННГАСУ, 5 февраля 2010 г.

ность регионов; высокоэффективные, экологически безопасные ресурсосберегающие технологии, сооружения и аппараты по очистке природных и сточных вод; создание систем жизнеобеспечения населенных пунктов; разработка систем оперативной диагностики и оценки технического состояния строительных материалов и конструкций зданий и сооружений различного функционального назначения на основе методов неразрушающего контроля; моделирование процессов деформирования и разрушения материалов и конструкций; архитектурно-строительная физика (акустика, светотехника); разработка теоретических основ, алгоритмического и программного обеспечения геометрического моделирования сложно-структурных объектов архитектуры, строительства и машиностроения; современные технологии монолитного домостроения; разработка методов прогноза и регулирования взаимодействия гидроузлов и водохранилищ с природной средой, строительство гидросооружений в сложных природных условиях; повышение эффективности использования гипсосодержащего сырья; теоретические и прикладные проблемы информатизации строительной отрасли; методология управления резервами экономического развития предприятий в условиях трансформации экономической системы; математические методы теории устойчивости и теории управления динамическими системами: геодинамические исследования геодезическими методами; излучение и распространение волн в случайно-неоднородных средах; синтез, исследование, применение элементов органических соединений III, V, VI групп; история и теория архитектуры; здоровьесформирующие технологии в образовании; теория социума: общая теория человека; отечественная история: методологические проблемы уголовно-процессуального познания.

За многие годы работы в ННГАСУ сформировались и получили известность в нашей стране научные школы: механика деформирования и разрушения материалов и конструкций (профессора А. Г. Угодчиков, А. Н. Супрун, С. А. Капустин. Ю, М. Кулагин); дифференциальные уравнения, теория устойчивости, теория управления динамическими системами (профессора В. А. Брусин, М. М. Коган. С. П. Горбиков); инженерная геометрия и компьютерная графика (профессора В. С. Полозов, С. И. Ротков); строительные конструкции (металлические, железобетонные, деревянные и полимерные), здания и сооружения (профессора И. В. Молев, А. И. Колесов, В. А. Цапаев, Б. Б. Лампси); архитектурно-строительная физика (профессора М. С. Седов, В. Н. Бобылев, В. А. Тишков); гидротехническое строительство в сложных природных условиях (профессора П.А. Богословский, Б.М. Ерахтин, Е. С. Гоголев, С.В.Соболь); строительные материалы (профессора В. П. Сучков. А. Ф. Борисов); замкнутые системы водопользования промышленных предприятий и населенных пунктов, обеспечивающие использование очищенной воды, утилизацию осадков и шламов (профессора П.И. Пискунов, В.В. Найденко,

Е.А.Горбачев, Л.Н.Губанов, Ю.Ф.Колесов, Л.А.Васильев); теплогазоснабжение, энергосберегающие технологии (профессора В. И. Бодров, Л. М. Дыскин, Б. В. Шанин); инженерная экология и геоэкология (профессора В. В. Найденко, Е. В. Копосов, Л. Н. Губанов); экономика и управление (профессора М. Г. Седов, О. П. Коробейников, Б. В. Щуров, М.Н.Дмитриев, И.О.Коробейников, Н.Ф.Пермичев, Д. В. Хавин); здоровьесберегающие технологии обучения (профессора Ю.А.Лебедев, Л.В.Филиппова, В. А. Кручинин); отечественная история (профессора А.А.Кулаков, Г. В. Серебрянская); философия (профессора Л. А. Зеленов, А. В. Дахин).

Большое значение в университете придается подготовке научно-педагогических кадров высшей квалификации и, в первую очередь, поддержке молодых ученых университета, так как именно они являются основой кадрового резерва университета. Подготовка осуществляется через аспирантуру и докторантуру.

Аспирантура университета функционирует с 1937 года. Сегодня в ней ведется подготовка кандидатов наук по 31 специальности следующих отраслей наук:

- физико-математические науки;
- химические науки;
- технические науки;
- архитектура;
- науки о Земле;
- исторические науки;
- экономические науки;
- философские науки;
- педагогические науки;
- психологические науки.

Большинство аспирантов ННГАСУ активно ведут научную работу. Наиболее отличившиеся получают:

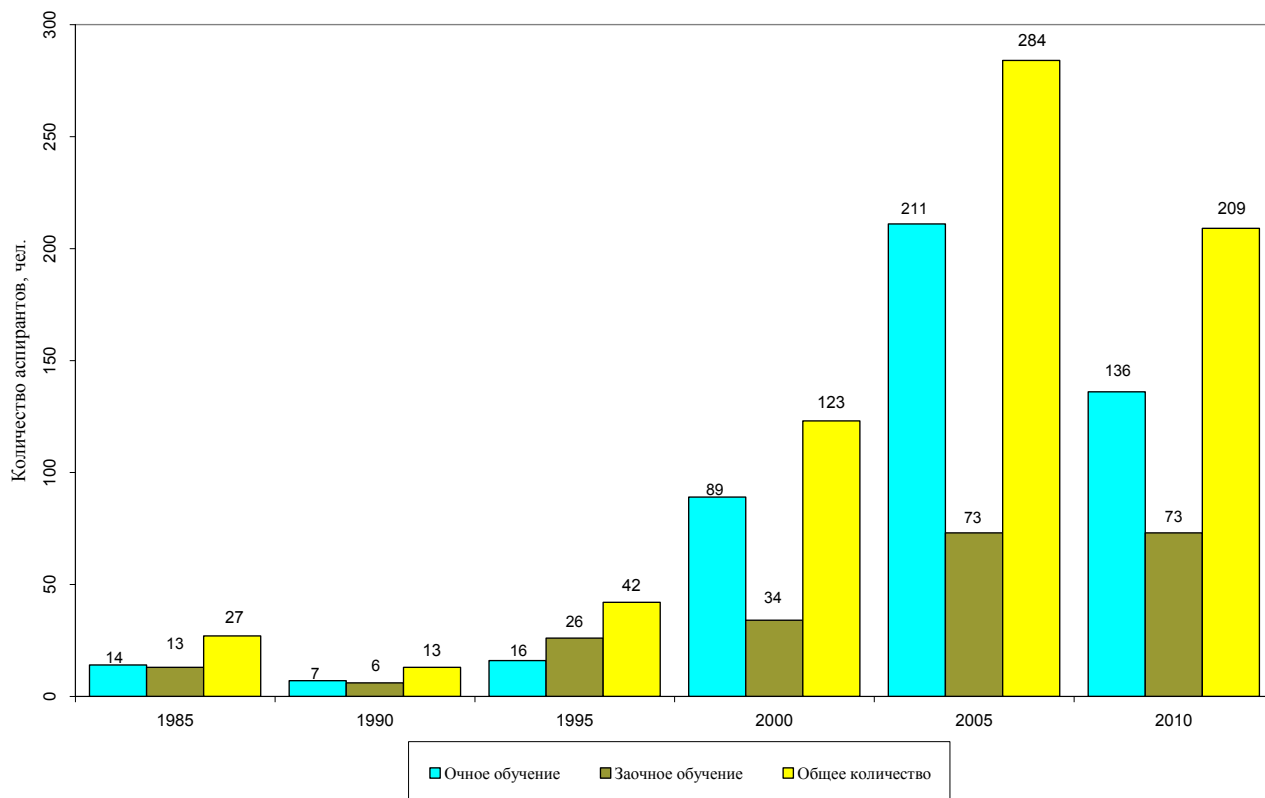
стипендии Администрации Нижегородской области им. академика Г.А. Разуваева: в 2008/2009 уч. году стипендиатов – 7 человек; в 2009/2010 учебном году - 12 человек.

- стипендии Правительства РФ и Президента РФ: в 2008/2009 уч. году – аспирант Панкосьянов Д.Н. - лауреат стипендии Правительства РФ, Мурыгин Д.В. – лауреат стипендии Президента РФ; в 2009/2010 году присуждена стипендия Правительства РФ аспиранту Дрягаловой Е.В.

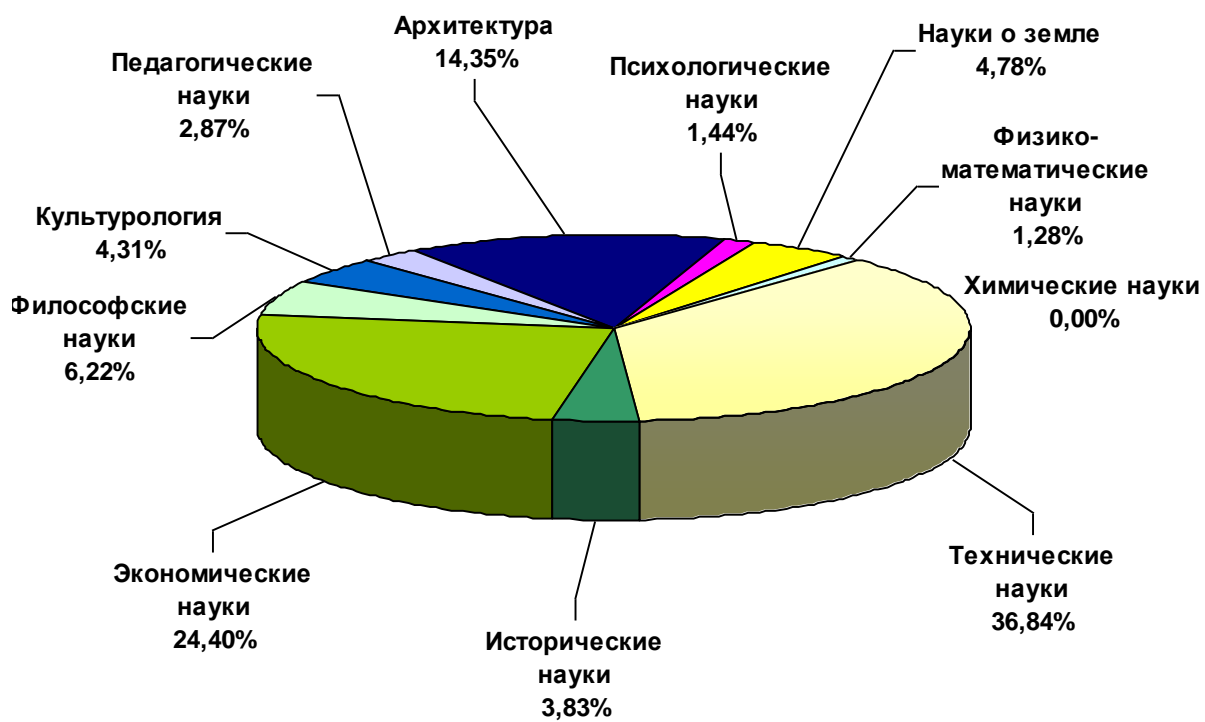
В университете установлено 10 именных стипендий для аспирантов очного обучения им. академика В. В. Найденко, проводится ежегодный открытый конкурс на право получения внутривузовских грантов для молодых ученых.

Аспиранты ННГАСУ - участники Нижегородской сессии молодых ученых, проводимой Министерством образования Нижегородской области, поощряются за успехи в науке премиями и дипломами.

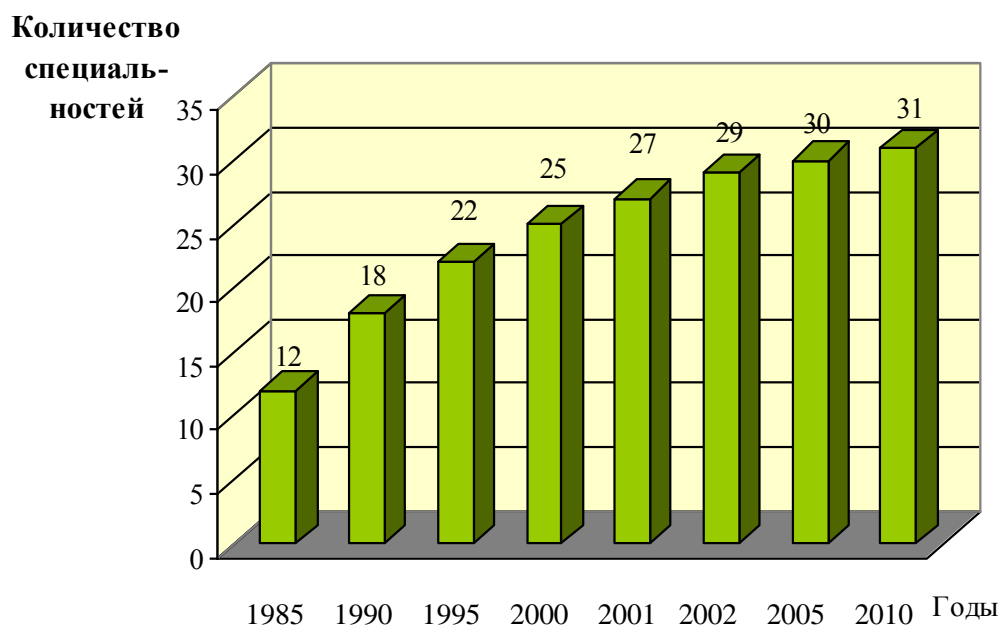
Динамика количества аспирантов в аспирантуре ННГАСУ



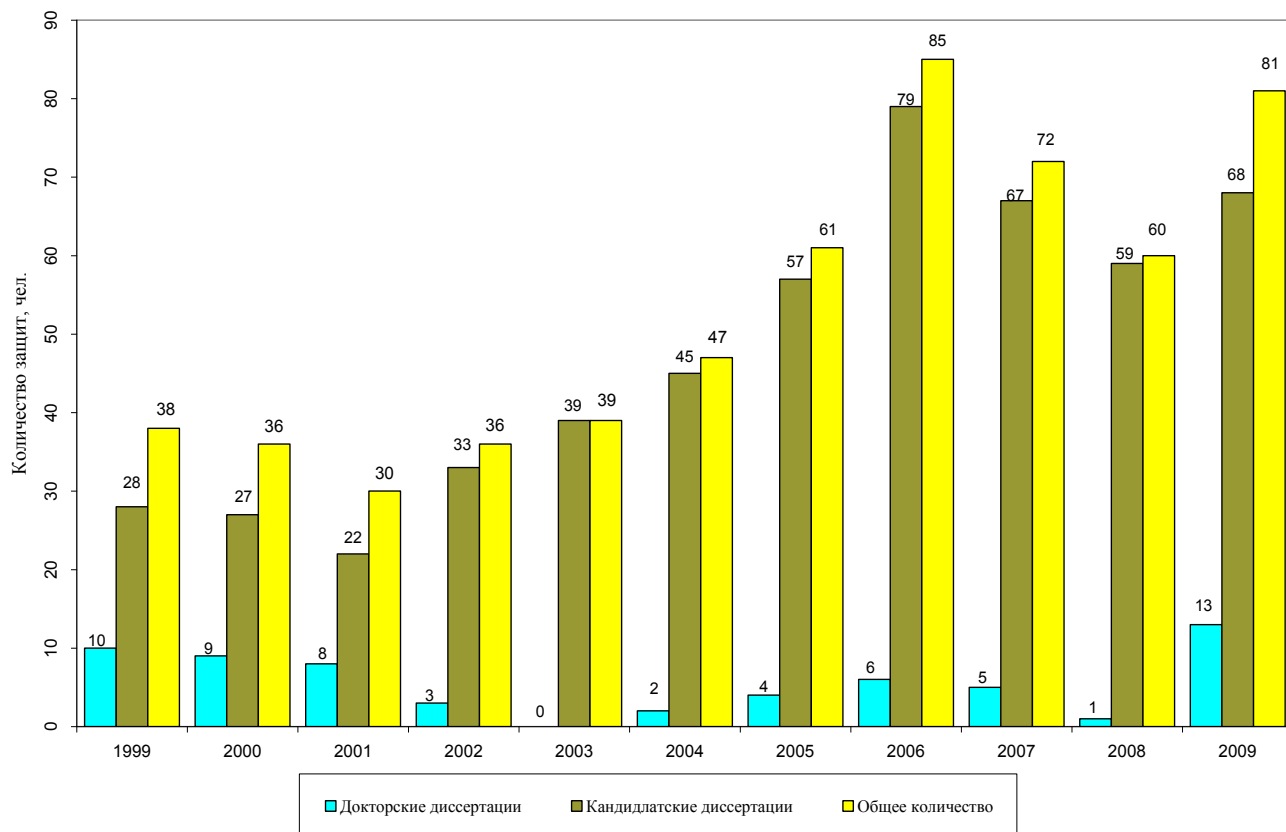
Распределение контингента аспирантов по отраслям наук



Динамика количества специальностей в аспирантуре ННГАСУ



Динамика защит кандидатских и докторских диссертаций в диссертационных советах ННГАСУ



С 1998 года в университете функционирует докторантура, в которой 17 специальностей по следующим отраслям наук:

- Технические науки;
- Архитектура;
- Науки о Земле;
- Экономические науки;
- Философские науки.

Важным звеном в системе аттестации научных кадров являются диссертационные советы. С 1991 года вновь начала создаваться и сейчас действует сеть из 5 диссертационных советов, в которых за период с 2005 по 2009 годы защищены 330 кандидатских и 29 докторских диссертаций.

В решении задач, стоящих сегодня перед университетом, молодые кадры должны принимать непосредственное и активное участие. Для этого в университете создан Совет молодых ученых, который становится постоянно действующим координирующим органом, обеспечивает связь молодежи с руководством вуза, отвечает за организацию и реализацию научных, образовательных, общественных мероприятий, помогает в решении жизненных проблем вузовской молодежи.

Профессура университета, его молодые ученые и аспиранты вносят достойный вклад в развитие вузовской науки, с оптимизмом смотрят в будущее России.

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.
СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ.
СТРОИТЕЛЬНАЯ И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**

УДК 72.03 (470.341)

Е.В. Акилова

**Развитие внешнего облика ул. Большая Покровская
Нижего Новгорода с середины XVIII до начала XXI века**

Города имеют неповторимый внешний вид, возникая и развиваясь в своеобразных природных условиях и в разные исторические времена. Их архитектурный облик отражает эстетико-культурные и экономические взгляды общества. Исторические улицы образованы многофункциональными архитектурными объектами, принадлежащими различным стилевым эпохам и обладающими культурно-исторической и архитектурно-градостроительной ценностью. Понимание механизмов и специфических характеристик общественной жизни во взаимосвязи с рукотворным пространственным миром архитектурных объектов позволяет целенаправленно формировать окружающую человека среду, сохраняя ее ценные исторические качества. Это особенно актуально в наше время, когда инвестиционная привлекательность земли в центрах российских городов (в частности, Нижего Новгорода) является главной причиной градостроительных преобразований архитектурной среды.

Цель исследования заключается в изучении особенностей формирования архитектурного облика исторических, выявлении морфологических основ композиционно-пространственной структуры, облике и выработке научно-практических рекомендаций по его сохранению, развитию и обогащению.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задания.

1. Выявление социально-экономических, градостроительных, объемно-планировочных, композиционно-художественных особенностей формирования архитектурного облика исторических улиц крупнейшего поволжского города.

2. Разработка исходных положений и теоретико-методологических начал синтетической теории эволюции архитектурного облика улиц.

3. Определение факторов и принципов, влияющих на развитие облика улиц в контексте морфологического подхода в единстве типологического и композиционного анализа застройки.

4. Проведение анализа специфических особенностей проектирования и строительства в исторической среде.

5. Выработка методических критериев и правил формирования облика исторических улиц как ансамблевого архитектурно-градостроительного объекта.

Предметом исследования являются особенности формирования архитектурного облика исторических улиц города.

Объектом исследования в настоящей работе являются историческая улица Большая Покровская города Нижний Новгород.

Практическое значение заключается в том, что результаты этих исследований могут лечь в основу принятия решений не только в области возрождения, но и развития архитектурного облика города, его исторических улиц.

Особенности ул. Большая Покровская (композиция силуэта, ансамблей зданий, членений фасадов, колористических гармоний и т.д.) придают своеобразие городу.

Художественная ценность архитектурных сооружений определяется решением внешнего и внутреннего облика зданий. Функциональные, конструктивные и художественные особенности архитектуры являются категориями, находящими свое воплощение в архитектурном стиле.

Критерии оценки архитектуры, предложенные Е.И.Кириченко, позволяют моделировать основные формообразующие принципы стиля и его направления:

- 1) соотношение полезного и прекрасного, утилитарной (конструктивной) и художественной формы;
- 2) соотношение формы внешнего объема и внутренней структуры;
- 3) взаимосвязь человека и архитектурного объекта (точка зрения на объект, дающая максимально полное представление о нем, и время, необходимое для его восприятия);
- 4) взаимосвязь между отдельными зданиями, зданием и ансамблем, ансамблем и городской средой.

Архитектура в сравнении с другими искусствами обусловлена социальными и экономическими причинами, поскольку реализует основные потребности человека.

Во второй половине XVIII века в Нижнем Новгороде начал развиваться классицизм. На изучаемой исторической улице Большая Покровская еще сохранились постройки стиля классицизм. Особо примечательными из них можно считать, например, здание Дворянского собрания (ныне Дом культуры имени Я.М.Свердлова).

Процессы либерализации и промышленного развития второй половины XIX и начала XX веков в социально-экономическом плане коснулись многих исторических городов. Городское пространство обогатилось новыми постройками, выполненными в стилях эклектики, его разновидности – стилизаторства, ретроспективизма. Это были общественные здания, производственно-жилые комплексы, чьи архитектурно-градостроительные качества позволяют сегодня отнести их к

ценным историко-культурным. Менялись детали убранства зданий, но неизменными оставались их морфотипы (масштабы построек в 2-3 этажа, а протяженность зданий зависела от функционального назначения).

Период конца XIX - начала XX веков – эпоха многостилья, в то время существовала свобода выбора форм. Поздняя эклектика уже отказывалась от простого копирования исторических деталей. Это вело к раскрепощению художника от канонов и норм, к переходу на более свободное формотворчество.

В последнее десятилетие XIX века в России началась борьба за создание нового стиля. Таким стилем стал модерн, который выступил с программой обновления зодчества. Модерн стремился к созданию нового, совершенно не похожего на предыдущее.

Исследуемую улицу в настоящее время украшают постройки в стиле модерн: городской концертный зал (ныне кинотеатр «Орленок», дом № 39), доходные дома М.И.Сизовой, Д.Н.Колчина (дома № 52, 57).

Изменения советского периода, связанные с внедрением чуждой для сложившейся исторической городской среды системы ценностей и соответствующей ей политики планировки и застройки не обошли и Нижний Новгород. В эту эпоху было утрачено почти все наследие культового зодчества. В композицию облика улиц эта эпоха внесла большие изменения, ликвидировав силуэтные доминанты и предоставив им взамен невыразительную несомасштабную историческим улицам архитектурную среду, а именно: протяженные 4-5-этажные дома прямоугольного силуэта. Эту потерю до сих пор не удается восполнить. Система застройки улиц и кварталов советского периода, имеющая укрупненный масштаб построек и рассчитанная на обобществленные формы жизнедеятельности, уже не соответствует потребностям сегодняшнего дня, поэтому становится объектом потенциальной реконструкции.

Историческая архитектурно-планировочная городская среда оказалась удобной для функционирования в современных условиях рыночной экономики, поскольку большей ее процент создавался в условиях частной собственности. На улице Большая Покровская сохранился комплекс общественных пространств и типов застройки, которые снова становятся необходимыми для успешного существования в новых экономических условиях: торговые ряды, гостиные дворы, соборные и ярмарочные площади, комплексы присутственных мест, учебные центры, жилые дома и многое другое.

Эволюция архитектурных стилей в облике исследуемой улицы в целом соответствует общим тенденциям, наблюдавшимся в архитектуре России:

- в 1830-1940-х годах господствовал стиль классицизм и усадебный тип застройки (дисперсный тип);

- с 1840-х по 1900-е годы появляются постройки в стилях эклектика, ретроспективизм, историзм, стилизаторство и брандмауэрный тип;
- 1900-1910-е годы характеризуются появлением стиля модерн;
- 1910-1920-е годы оставили свой след постройками конструктивизма, рационализма, функционализма со строгостью линий, форм, отсутствием деталей. На Большой Покровской – это здание Красного Креста.

Важным средством пластической выразительности облика здания всегда являлся цвет. Например, в модерне использовались серые, серо-голубые, оливковые цвета с выделением естественного материала (бетона, кирпича, плитки), не нарушалась тектоника здания, практически отсутствовала многоцветность.

Начиная с 1950-х годов выступающие части карнизов зданий, наличники, рустики окрашивались в темные цвета (желтый, серый), имитируя камни на белых оштукатуренных стенах. Кирпичный стиль охарактеризовался тем, что дома перестали красить. Для создания гармоничного цветового облика улиц необходимо было создавать колористические проекты среды и четко реализовывать.

Сочетание наследия с современностью рождает новые формы способствует формированию гуманистической среды города. В архитектуру сегодня возвращаются цвет и деталь, которые вновь участвуют в создании архитектурного облика зданий, улиц. Наблюдается процесс воссоздания силуэта города, утраченного в 1920-1930-е, а также в 1960-1970-е годы.

Архитектурный облик исторических улиц города состоит из множества элементов (архитектурных деталей, зданий, комплексов зданий), которые нужно систематизировать, следовательно, облик улиц необходимо изучать с точки зрения морфологии.

По мере ветшания строений, после ликвидации фрагментов застройки (например, после пожаров) происходила их замена новыми постройками. Таким образом, происходило формирование облика улиц.

В работе проведен анализ планировок улиц по выявлению существующих морфотипов в зависимости от изменения каркаса архитектурно-планировочной системы.

Формирование уличного облика происходило поэтапно:

1. *Дисперсный тип* застройки в плане характеризуется разреженностью расположения строений относительно друг друга. Улицы фиксировались одиночными зданиями. Пример: Большая Покровская, дома № 42, 44;

2. *Узловой тип* застройки характеризуется, как правило, ключевым расположением зданий на перекрестках, в акцентных точках города, угловыми и акцентными зданиями. Пример: здание Дворянского собрания на Большой Покровской.

3. *Осевой или брандмауэрный тип* застройки характеризуется фронтальной застройкой по периметру улицы. Примеры: Большая Покровская, дом № 29.

4. *Сетевой тип* застройки характеризуется не только плотным уличным фасадом, но и плотной застройкой квартала по периметру (по прилегающим к «красным линиям» территориям). Примеры: улица Большая Покровская, комплекс зданий Дома связи).

Большая Покровская представлена, в основном, осевым и узловым типом застройки, сетевой и дисперсный каркас выявлен в малых фрагментах.

Анализ облика: симметрия и асимметрия фасадов, рядовое или угловое решение, этажность, количество окон, протяженность фасадов, тип кровли силуэтные характеристики, система горизонтальных и вертикальных членений масштабность объемов, пропорции, типы акцентных форм, цветовые характеристики, детали и т.д.

По мере увеличения масштаба застройки повышалась ее этажность, менялось количество окон, часто нарушалась симметрия фасадов. Иногда были изменения настолько существенные, что переставала чувствоваться преемственность в решении облика здания, в этом случае образовывался новый морфотип. Таким образом, происходила эволюция морфотипов облика зданий улиц.

Таким образом, на основе картографических источников, натуральных обследований, публикаций, посвященных русскому градостроительству и нижегородской архитектуре, в работе прослеживается эволюция планировки исторических улиц в период с середины XVIII до начала XXI веков.

Развитие Нижнего Новгорода протекало по общим для всех русских городов этапам. Уникальная планировочная структура города сложилась из сочетания и взаимодействия средневековой радиально-полукольцевой сетки улиц, регулярных улиц екатерининских планов и живописного рельефа местности.

Сравнительный анализ исторического и современного облика фрагментов исследуемых улиц выявил особенности трансформации морфотипов застройки, к которым относятся: реконструкция зданий за счет включения их в новый объем; надстройка, постепенная обстройка зданий; ликвидация доминант – снос культовых построек (в основном, в 1930-е годы), возведение на их месте, как правило, протяженных 4-5-этажных зданий в 1950-х годах; попытки образного восполнения утраченных ранее доминант в современных постройках; аналоговое цитирование или использование исторических морфотипов зданий в современной застройке (1990-2004 годы).

Для анализа формирования архитектурного облика исторических улиц теория эволюции позволяет выявить особенности облика, выработать концепцию реконструкции как всей улицы, так и отдельных зданий.

Численное исследование сжато-изогнутых стержней на пространственных конечно-элементных моделях

Современное состояние требований к проектированию зданий и сооружений нуждается в дополнительных научных исследованиях по выявлению влияния пластических деформаций на напряженно-деформируемое состояние (НДС) конструкций. Для сжато-изогнутых стержней, широко применяющихся в строительных конструкциях, это актуально, так как их расчет по действующим нормам [1], [2] производится приближенными методами.

Инженерная методика проектирования и расчета сжато-изогнутых элементов сложилась в конце XIX – начале XX веков. Научные работы, связанные с расчетом стержней, подверженных действию осевой силы с изгибом, были опубликованы Эйлером, Карманом, Рошем и Бруннером, Вестергором и Осгудом, Хвалла, Ежеком, Юнгом, Блейхом, Стрелецким, Геммерлингом, Пинаджаном, Климовым, Энгессером и Ясинским, Тетмайером и Консидером, Тимошенко, Власовым, Горевым, Белым.

По существующим нормативным методикам [1], [2] конструкции проектируют на основе упругих расчетов, когда предельное состояние характеризуется достижением предела текучести в наиболее напряженных волокнах сечения. При этом не используется благоприятное перераспределение напряжений в наиболее напряженных сечениях, а также перераспределение внутренних сил в статически неопределимых конструкциях.

Однако начало текучести материала в наиболее напряженных волокнах не является предельным состоянием, ибо несущая способность конструкции зачастую далеко не исчерпана.

В настоящей статье приведены результаты выполненных в ППП *MSC «NASTRAN»* численных исследований сжато-изогнутых стержней из горячекатаных прокатных профилей двутавров №22. Посчитаны 85 конечно-элементных моделей с гибкостями 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 22, 25, 30, 40, 60, 70, 80, 90, 100, 120 с граничными условиями в виде шарниров на пять сочетаний сжимающей силы N и изгибающего момента M .

На концах модели стержня (см. рис. 1) установлены цилиндры, предназначенные для снятия концентрации напряжений в точках закрепления и приложения нагрузки. Точки закрепления стержня расположены на оси, проходящей через центры тяжести сечений.

С одного конца точка закреплена от перемещения во всех направлениях, а с другого – только от перемещений, перпендикулярных оси стержня. Таким образом, обеспечиваются граничные условия в виде полных шарниров.

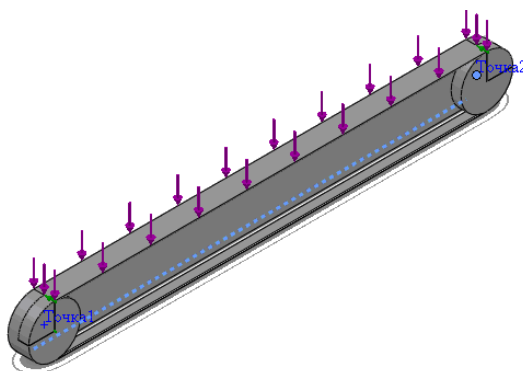


Рис. 1. Схема конечно-элементной модели с шарнирным закреплением

В результате численных расчетов получены напряженно-деформированные состояния рассматриваемых моделей стержней различных гибкостей. На рис. 2 представлен график изменения предельной нагрузки стержня в зависимости от его гибкости (для второго сочетания N и M). Выявлены запасы несущей способности по сравнению с существующей инженерной методикой расчета по [2], а также участки, на которых точки фактической кривой несущей способности лежат ниже нормативных значений.

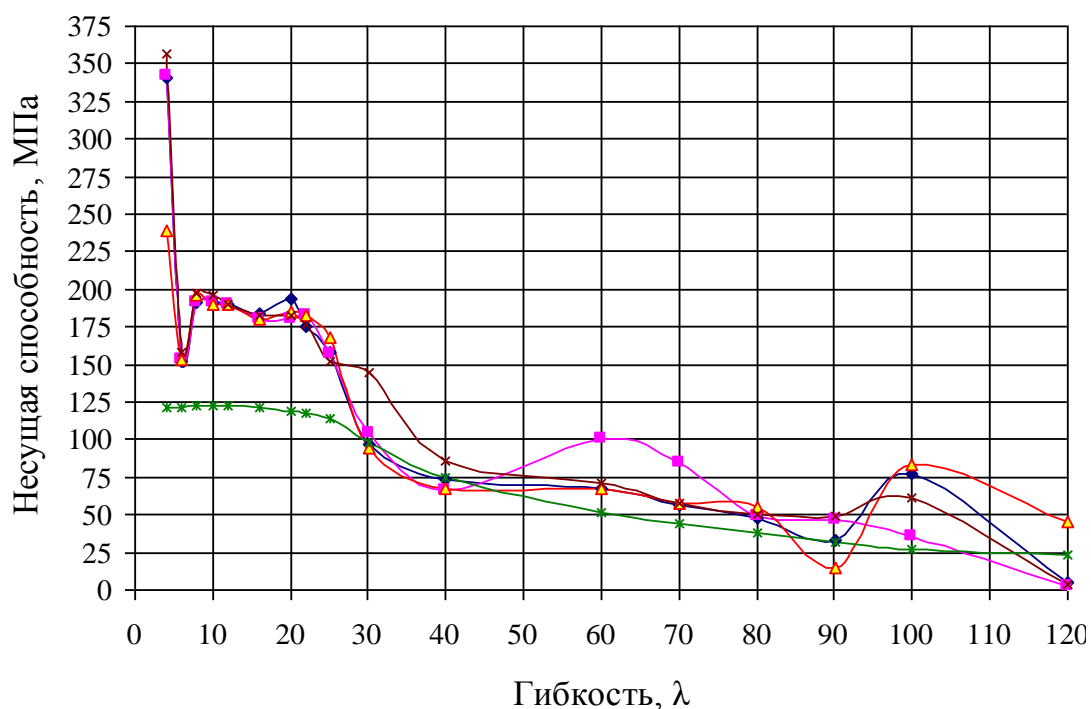


Рис. 2. График изменения несущей способности сжато-изогнутого стержня в зависимости от его гибкости (на примере модели двутавра №22)

- ◆ несущая способность моделей, МПа, сетка 50 мм
- то же, сетка 55 мм
- ▲ то же, сетка 60 мм
- × то же, сетка 75 мм
- * предельные напряжения, рассчитанные по методике [2], МПа

Как видно из приведенных графиков, исчерпание несущей способности моделей с гибкостью в интервале 4..10 происходит вследствие

потери местной устойчивости верхнего пояса. Стержни с гибкостью более 10 теряют несущую способность из-за потери общей устойчивости в плоскости либо из плоскости действия нагрузки (см. рис. 3).

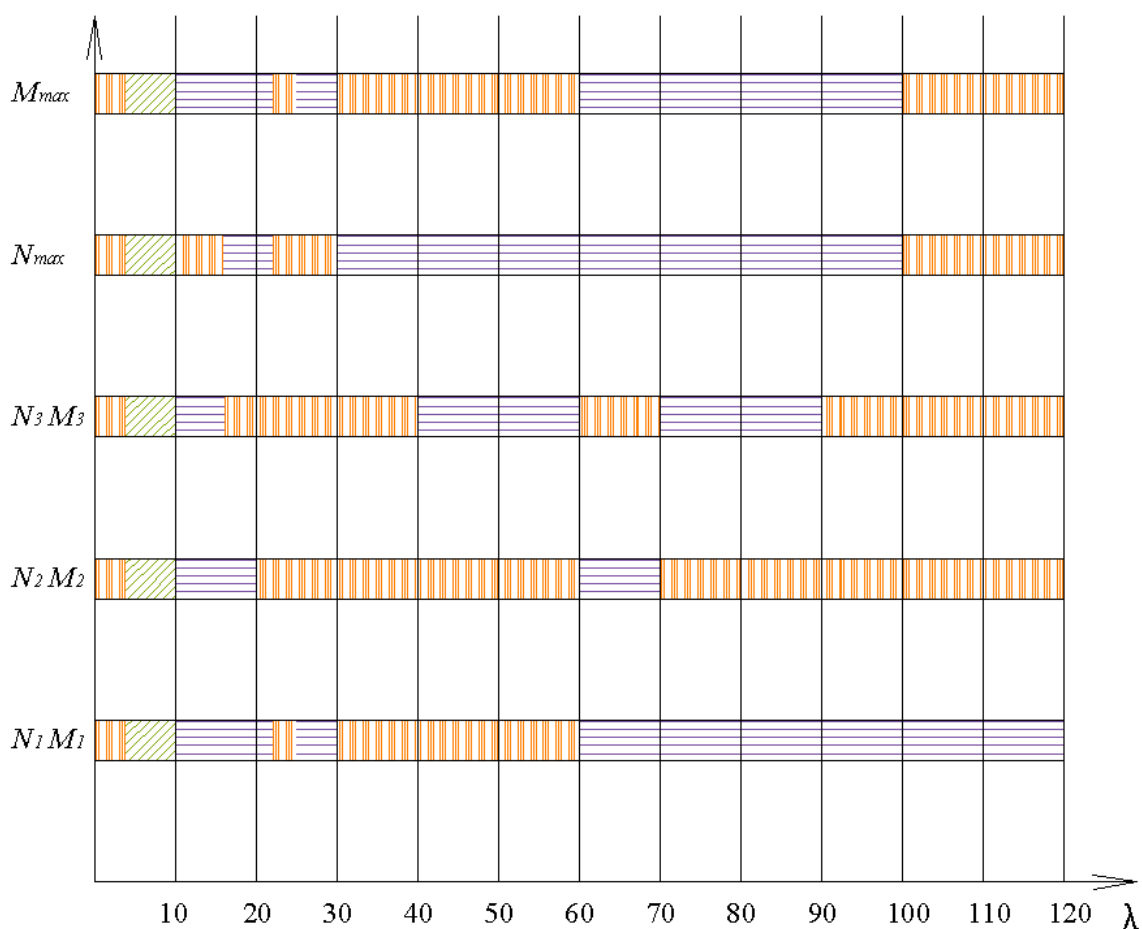
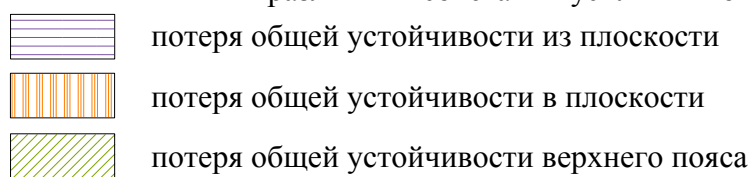


Рис. 3. График потери несущей способности для различных сочетаний усилий и моментов



Модели гибкостью до 30 работают за пределом упругости достаточно надежно; гибкостью более 40 при нагружении теряют устойчивость, не достигая предела текучести стали. Для моделей стержней гибкостью 5 и менее расчет в ППП MSC «NASTRAN» не является определяющим, т.к. напряжения достигают расчетного сопротивления местному смятию под нагрузкой.

Для моделей гибкостью менее 30 получен запас прочности до 60% по сравнению с расчетом по методике [2], в интервале 50..110 – до 30%. Для стержней гибкостью в интервале 30..50 при рассматриваемом сочетании N и M получили расчетные напряжения ниже значений по [2].

В центральной лаборатории ННГАСУ разработана экспериментальная установка для испытаний холодногнутых сжато-изгибаемых элементов (рис. 4).

Для подтверждения результатов численных расчетов планируется провести испытания в лаборатории ННГАСУ.



Рис. 4. Лабораторная установка для испытаний сжато-изгибаемых элементов

Литература

1. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2001. – 96 с
2. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81* «Стальные конструкции») ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 148 с.

УДК 624.072.331.2

Л.А. Дудкина

Влияние комбинаций нагрузок на расчетные длины стоек и устойчивость большепролетной хребтовой рамы переменного сечения

В данной статье рассматривается задача оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) стоек большепролетной тонкостенной рамы переменного сечения из сварных элементов с параметрами, показанными на рис.1, с учетом уточненных расчетных длин на основе анализа их деформированных осей от разных комбинаций нагрузок, учитываемых согласно действующим нормам.

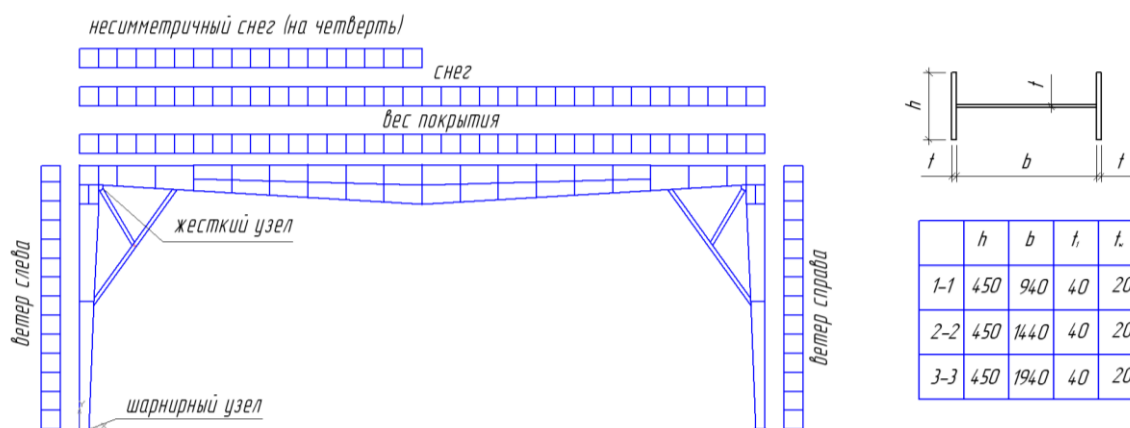


Рис.1. Конструктивная схема хребтовой рамы переменного сечения с нагрузками док-ангара для самолета ИЛ-96

Расчетная схема (рис.2) каркаса ангара представлена пространственной конечно-элементной стержневой моделью, которая рассматривается в линейной и нелинейной постановке. Хребтовая рама состоит из двух тонкостенных ветвей, соединенных между собой стержневыми связями: по ригелю – горизонтальными; по стойкам – вертикальными. Узел сопряжения ригеля со стойками выполнен жестким, а узел сопряжения стоек с фундаментом – шарнирным. Продольные рамы опираются на хребтовую при помощи неподвижного шарнира. Нагрузка на покрытие задается равномерно распределенной на прогоны. Ветровая нагрузка приводится к сосредоточенной, которая прикладывается к продольным рамам. Для обеспечения пространственной жесткости продольных рам каркаса по колоннам, на которые опираются продольные ригели, вводится крестовая связь. Для обеспечения жесткости покрытия в плоскости верхних поясов ригелей вводятся треугольные связи по контуру покрытия и в середине (рис.2). Покрытие запроектировано из кровельных сэндвич-панелей, уложенных на разрезные однопролетные прогоны, выполненные из прокатных двутавров.

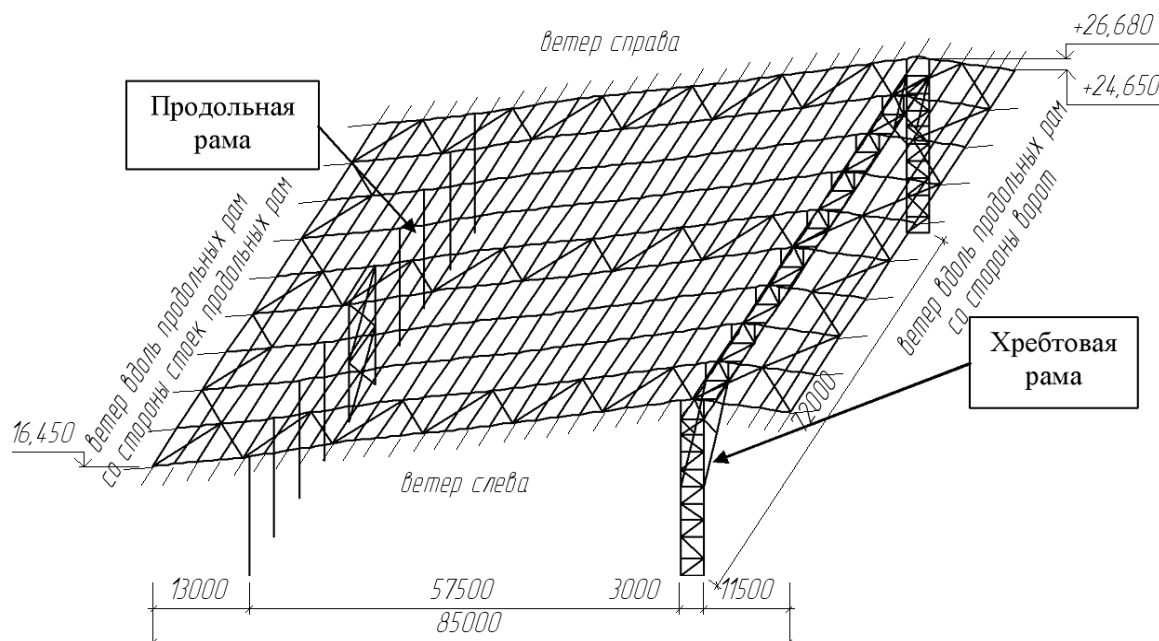


Рис.2. Расчетная схема каркаса ангара

Исследование деформированного состояния хребтовой рамы с непрерывным переменным сечением элементов выполнялось в следующей последовательности:

1. По значениям перемещений, полученным в результате **линейного** расчета **пространственной стержневой конечно-элементной модели (КЭМ)** рамы переменного сечения в **ППП SCAD**, построены графики формы деформированной оси правой и левой колонн в новых осях координат от комбинаций нагрузок

2. По значениям перемещений, полученным в результате **линейного и нелинейного** расчета **пространственной стержневой КЭМ** рамы переменного сечения **ППП MSC.Nastran**, построены графики формы деформированной оси правой и левой колонны в новых осях координат от комбинаций нагрузок.

3. По значениям перемещений, полученным в результате **линейного и нелинейного** расчета **пространственной пластинчатой КЭМ** рамы переменного сечения **ППП MSC.Nastran**, построены графики формы деформированной оси правой и левой колонны в новых осях координат от комбинаций нагрузок.

4. По координатам деформированной оси подобраны функции перемещений осей колонн. Функции $y=A*\sin(Bx)+C*\sin(Dx)$, $y=A*\sin(Bx)*\cos(Cx+D)$ и $y=A*\sin(Bx)+C*\cos(Dx)$ подбирались с помощью программы Graphical Analysis 3.1 путем последовательного приближения их графиков к графикам деформированной оси колонны.

5. Далее были построены графики этих функций и проведен анализ функций с помощью производных. Из теории известно, что расстояние между точками перегиба функции соответствует расчетной длине

колонны. А точкой перегиба называется точка, при переходе через которую функция меняет выпуклость на вогнутость или наоборот. Необходимое условие точки перегиба: если x_0 – точка перегиба функции $f(x)$, то в ней выполняется условие для второй производной $f''(x_0)=0$.

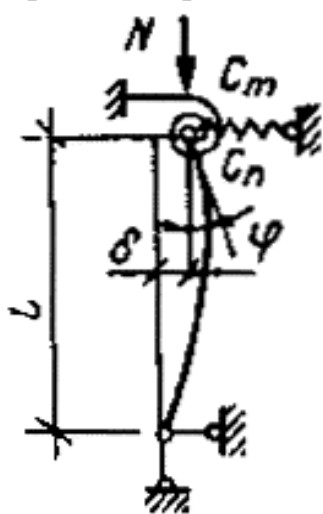
6. По графикам вторых производных функций найдены координаты точек перегиба. Далее эти точки перенесены на графики деформированной оси и определены расстояния между ними. Это и есть расчетная длина стойки переменного сечения. А отношение расчетной l_0 к геометрической длине l есть коэффициент расчетной длины μ_{ef} .

Так определены коэффициенты расчетных длин колонн переменного сечения для каждой комбинации нагрузок.

Рассмотрено семь комбинаций от расчетных нагрузок, которые были использованы для анализа расчетных длин. Такие как:

1. Собственный вес + Собственный вес покрытия + Снег на весь ангар + Кран справа;
2. Собственный вес + Собственный вес покрытия + Снег несимметричный (на четверть) + Кран справа;
3. Собственный вес + Собственный вес покрытия + Снег на весь ангар + Кран слева + Ветер слева;
4. Собственный вес + Собственный вес покрытия + Снег на весь ангар + Кран справа + Ветер вдоль продольных рам со стороны ворот;
5. Собственный вес + Собственный вес покрытия + Снег на весь ангар + Кран справа + Ветер вдоль продольных рам со стороны стоек продольных рам;
6. Собственный вес + Собственный вес покрытия + Кран справа;
7. Собственный вес + Собственный вес покрытия.

Полученные коэффициенты расчетной длины сравнивались с коэффициентами расчетной длины стоек, определенными согласно [2, п.6.5, табл.23], где приведены уточненные схемы определения расчетных длин. В частности стойкам (левой и правой) в составе исследуемой хребтовой рамы соответствует следующая схема (рис. 3):



$$\mu = \pi \sqrt{\frac{3 + 1,3n}{nn_1 + 3(n + n_1)}}; \quad \mu \geq 1,0 \quad n = \frac{C_m l}{EI} \quad n_1 = \frac{C_n l^3}{EI},$$

где C_m - коэффициент жесткости упругого защемления, равный значению реактивного момента, возникающего в опорном сечении при повороте его на угол, равный 1,0;

C_n - коэффициент жесткости упругой опоры, равный значению реактивной силы, возникающей в опорном сечении при смещении его на 1,0.

Рассмотрены те же 7 расчетных комбинаций нагрузок, от которых получены усилия в стойках в ППП SCAD.

Рис.3. Уточненная схема стойки

Аналогично полученные коэффициенты сравнивались с коэффициентами, определенными по методике [1, п.6.10]:

- для свободных рам при одинаковом нагружении верхних узлов по формуле (68) табл.17,а;

$$\mu = 2 \cdot \sqrt{1 + \frac{0,38}{n}} = 2 \cdot \sqrt{1 + \frac{0,38}{0,696}} = 2,487$$

- для несвободных рам по формуле (70,в)

$$\mu = \sqrt{\frac{1 + 0,46(p+n) + 0,18pn}{1 + 0,93(p+n) + 0,71pn}} = \sqrt{\frac{1 + 0,46(0 + 0,696) + 0,18 \cdot 0 \cdot 0,696}{1 + 0,93(0 + 0,696) + 0,71 \cdot 0 \cdot 0,696}} = 0,895$$

Однозначно ответить, к какому виду рам относится исследуемая хребтовая рама нельзя. К свободным рамам отнести ее мешает то, что на нее опираются продольные рамы и тем самым препятствуют перемещению в направлении, перпендикулярном оси стойки в плоскости рамы. Таким образом, исследуемая хребтовая рама занимает промежуточное положение между свободными и несвободными рамами.

По полученным новым коэффициентам расчетных длин сделан проверочный конструктивный расчет стоек хребтовой рамы на устойчивость (табл.1). Согласно нормативной методике расчет на устойчивость сжато-изогнутых стержней проводится от наиболее невыгодных сочетаний нагрузок (усилий) при наибольшей расчетной длине. В табл.1 расчетные длины стержней согласованы со своими комбинациями усилий. Анализ коэффициентов расчетных длин, полученных как расстояния между точками перегибов деформированных осей стоек, показывает следующее: чем больше расчетные сочетания усилий, тем меньше расстояние между точками перегибов и, следовательно, меньше расчетная длина и коэффициент приведения. Однако значения напряжений по устойчивости во всех случаях удовлетворяют расчетному сопротивлению стали при меньших сечениях стержней, чем при нормативной методике. Экономическая эффективность составляет 36%.

Выводы

1. Коэффициенты расчетной длины стоек, полученные при расчете хребтовой рамы согласно [1], приблизительно составляют $\mu=2,5$ – как для **свободной** рамы. А как для **несвободной** рамы, удерживаемой продольными рамами, – $\mu=0,9$. Следовательно, действительное значение коэффициента расчетной длины стоек μ находится между этими значениями $0,9 < \mu < 2,5$.

2. При расчете всего каркаса ангара как **пространственной** конечно-элементной **стержневой** модели в ППП SCAD и MSC «Nastran» коэффициенты расчетной длины находятся в пределах $0,9 < \mu < 1,5$, то есть расчетная схема хребтовой рамы ближе к несвободной.

**Сводная таблица результатов проверки сечений левой и правой стойки с полученными коэффициентами
расчетной длины для разных комбинаций**

	№ Комб	№ эл.	N_{max} , кН	M_{cor} , кНм	N_{cor} , кН	M_{max} , кНм	L , см	μ	L_{ef} , см	$\frac{N_{max}}{\varphi \cdot A} < R_y$	$\frac{N_{cor}}{\varphi \cdot A} < R_y$	$\frac{M_{max}}{\varphi_b \cdot W_c} < R_y$	$\frac{N_{max}}{A} + \frac{M_{cor}}{W} < R_y$	$\frac{N_{cor}}{A} + \frac{M_{max}}{W} < R_y$
Левая стойка	1 к	1210	-2559,29	0,002	-2553,82	-967,297	1342	1,062	1425,204	5,15<30,5	9,33<30,5			
	2 к		-2033,45	0,002	-2027,98	-726,012	1342	0,942	1264,164	4,02<30,5	7,21<30,5			
Прав.ст	2 к	1213	-1924,17	-0,002	-1918,7	698,181	1342	1,183	1587,586	3,94<30,5	7,13<30,5			
Лев.ст.	3 к	1210	-2402,55	0,003	-2397,08	-938,646	1342	0,974	1307,108	4,77<30,5	8,86<30,5			
Прав.ст	3 к	1213	2756,64	0,002	2751,17	989,471	1342	1,086	1457,412	5,56<30,5	10,0<30,5			
Левая стойка	4 к	1210	-6533,72	0,001	-6528,25	-955,542	1342	1,065	1429,23	13,15<30,5	17,24<30,5			
	5 к		-383,787	0,003	-378,317	-973,148	1342	1,064	1427,888	0,772<30,5	4,87<30,5			
	6 к		-1232,61	0,001	-1227,14	-408,162	1342	1,044	1401,048	2,47<30,5	4,22<30,5			
	7 к		-1237,65	0,001	-1237,17	-399,348	1342	1,012	1358,104	2,47<30,5	4,16<30,5			
Левая стойка	1 к	1187	1070,2	6616,56	1070,2	6727,6	1324	1,062	1406,088				21,84<30,5	22,18<30,5
	2 к		-57,088	-7914,53	-57,088	-7914,53	1324	0,942	1247,208			26,84<30,5		
Прав.ст	2 к	1203	323,794	6633,779	317,056	7611,133	1324	1,183	1566,292				20,74<30,5	23,72<30,5
Лев.ст.	3 к	1187	240,322	-8950,95	233,584	-10232,5	1324	0,974	1289,576				27,69<30,5	28,4<30,5*
Прав.ст	3 к	1203	946,696	6492,04	946,696	6583,98	1324	1,086	1437,864				21,27<30,5	21,55<30,5
Левая стойка	4 к	1187	-483,51	6413,07	-483,51	6466,07	1324	1,065	1410,06			23,38<30,5		
	5 к		1825,21	6418,49	1825,21	6512,2	1324	1,064	1408,736				22,4<30,5	22,68<30,5
	6 к		9,048	-3889,58	2,311	-4449,52	1324	1,044	1382,256				11,88<30,5	13,58<30,5
	7 к		-18,971	-4353,44	-18,971	-4353,44	1324	1,012	1339,888			15,20<30,5		
Левая стойка	1 к	1531	84,502	3158,723	84,502	3158,723	1324	1,062	1406,088				6,92<30,5	6,92<30,5
	2 к		-265,367	1049,584	-256,344	2193,453	1324	0,942	1247,208	1,72<30,5	3,96<30,5			
Прав.ст	2 к	1533	403,624	2495,01	403,624	2495,01	1324	1,183	1566,292				5,92<30,5	5,92<30,5
Лев.ст.	3 к	1531	29,87	3019,355	29,87	3019,355	1324	0,974	1289,576				6,55<30,5	6,55<30,5
Прав.ст	3 к	1533	125,89	3278,49	125,89	3278,49	1324	1,086	1437,864				7,24<30,5	7,24<30,5
Левая стойка	4 к	1531	-389,54	1759,486	-380,516	3313,233	1324	1,065	1410,06	3,31<30,5	6,05<30,5			
	5 к		338,757	3072,291	338,757	3072,291	1324	1,064	1408,736				7,08<30,5	7,08<30,5
	6 к		-11,35	685,209	-2,326	1340,428	1324	1,044	1382,256			3,77<30,5		
	7 к		-22,398	669,012	-13,374	1309,903	1324	1,012	1339,888			3,48<30,5		

*) – проверка на прочность при данном сочетании усилий выполняется по формуле (49) [1]

Литература

1. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции/Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР 1990. – 96 с.
2. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81* «Стальные конструкции») ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. –148 с.

УДК 624.014

О.А. Егорова

К вопросу проектирования фланцевых болтовых соединений рамных конструкций

Рамные конструкции с элементами постоянного и переменного сечения в виде сварных двутавров нашли широкое применение в практике строительства одноэтажных и многоэтажных зданий и сооружений. По сравнению со сквозными конструкциями они имеют ряд преимуществ.

К очевидным преимуществам следует отнести высокую технологичность изготовления, возможность автоматизации и роботизации производства, надежность в восприятии нагрузок, повышенную коррозионную стойкость, малую строительную высоту.

К дополнительным преимуществам можно отнести следующее:

- использование ограниченного сортамента листовой стали;
- единообразие технологической базы при изготовлении;
- получение оптимальных сечений элементов;
- логичность и архитектурная выразительность конструкций.

Изготовлением и монтажом таких конструкций за рубежом занимаются такие фирмы, как BUTLER, ARMCO STEEL Corp, ASTRON, Robertson System, CONDOR и др. В нашей стране тем же занимаются фирмы «Венталл», «Маяк», «Уникон».

Рамные конструкции поставляются на объекты в виде габаритных отправок марок, соединяемых монтажными узлами.

Наиболее современным видом монтажных соединений рамных конструкций с элементами из сварных двутавров являются фланцевые соединения на высокопрочных болтах. Такие соединения имеют следующие преимущества:

- простота операций, позволяющая отказаться от специалистов высокой квалификации;
- независимость сборочных операций от климатических условий;
- высокая надежность и контролируемость соединений;
- отсутствие процедуры подготовки поверхности и отказ от дополнительных элементов по сравнению с соединениями на накладках;
- возможность сборки монтажных марок без дополнительных операций.

Расчет фланцевых соединений – сложная контактная задача, особенно в случае совместного действия на соединение продольной и поперечной сил, а также изгибающего момента.

Существующее руководство [1] предполагает наличие в соединении незначительного момента, тогда как в рамных конструкциях в монтажных соединениях действуют существенные моменты. В связи с этим изложенная в [1] методика требует поправок.

«Общие правила проектирования стальных конструкций» (СП 53-1021-2004) не содержат указаний по расчету фланцевых соединений.

Фланцевые соединения можно проектировать с помощью подпрограммы COMET расчетного комплекса SCAD. Реализована возможность набора параметрических конструктивных решений с учетом применяемых Норм и материалов. Результатом работы является чертеж узла и данные о прочности его отдельных элементов.

Представляет интерес методика расчета, изложенная в [2]. Здесь используются методы расчета конструкций с учетом ограниченных упругих или пластических деформаций, методы предельного равновесия и элементы нелинейной механики. Методика разработана в предположении реализации заданных напряжений во фланцах и околофланцевых зонах соединения. Толщина фланцев и параметры болтов определяются исходя из условий достижения заданного напряженного состояния соединяемых элементов.

Фланцевое соединение рассматривается как система совместно работающих элементов: болтов, фланцев, сварных швов и сечений элементов вблизи от фланца либо между ними.

При разработке методики приняты следующие предположения.

1. Расчетное сечение нагружено распределенными реактивными усилиями, передающимися с деформируемой поверхности фланцев. В сжатой зоне максимальная величина реактивных усилий ограничена расчетным сопротивлением стали, а в растянутой – предельным усилием, необходимым для достижения заданных напряжений во фланце.

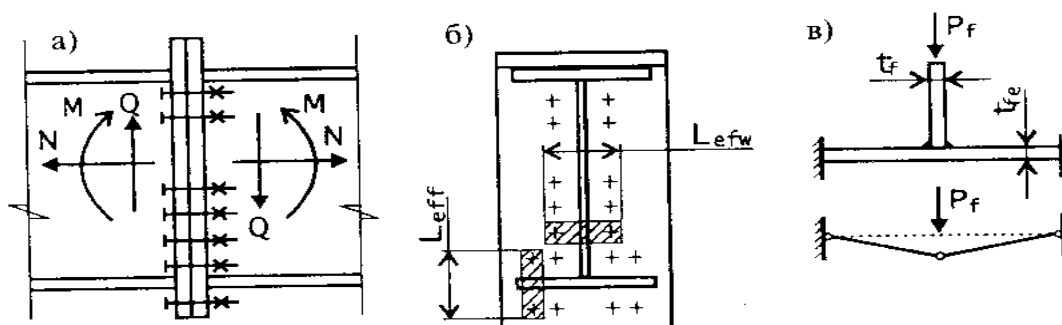


Рис.1. К определению реактивных напряжений в околофланцевой зоне соединения

2. Зоны фланца, примыкающие к растянутым полке и стенке, работают независимо.

3. При определении несущей способности фланцев рассматривается

предельное равновесие Т-образного фланца, жестко заземленного в зоне болтов и нагруженного в средней части усилиями, передающимися с растянутых полки или зоны стенки. Податливость болтов, влияние поперечных сил и степень развития пластических деформаций учитываются специальными коэффициентами, которые определены опытным путем.

4. Положение нейтральной оси соединения определяется из условия равновесия реактивных напряжений, действующих в околофланцевом сечении.

В настоящее время подходы к проектированию узлов сопряжения элементов зданий и сооружений изменились. В отличие от решений, полученных «на кончике пера», появилась возможность получать результаты с помощью прикладных комплексов программ. К таким программным комплексам можно отнести NASTRAN, ANSYS, Robot Structural Analysis, MicroFe, Staad Pro, Lusas, ЛИРА, SCAD и др. Большинство перечисленных комплексов имеют удобный механизм 3D-моделирования, разнообразный перечень нагрузок и граничных условий, возможность учета физической и геометрической нелинейности, истории нагружения. Интерактивный режим позволяет отслеживать все параметры напряженно-деформированного состояния рассчитываемого объекта, изменять условия работы и, в конечном итоге, получать оптимальное решение.

Недостатком такого подхода является то, что решается конкретный пример, а не задача в общем виде. Для формирования общего решения требуется реализация большого количества отдельных примеров и последующая их обработка для вывода «инженерных» формул.

В данной работе ставится актуальная задача численного исследования работы фланцевого соединения на высокопрочных болтах с помощью одного или нескольких вышеперечисленных расчетных комплексов с целью более глубокого изучения работы узла и получения новых результатов.

Литература

1. Руководство по проектированию, изготовлению и сборке монтажных фланцевых соединений стропильных ферм с поясами из широкополочных двутавров/ Центр. науч.-исслед. и проект. ин-т строит. металлоконструкций им. Н. П. Мельникова. – М.: ЦНИИпроектстальконструкция, 1982. – 59 с.

2. Катюшин, В. В. Здания с каркасами из стальных рам переменного сечения / В. В. Катюшин. – М. : Стройиздат, 2005. – 656 с. : ил.

Методика расчета индекса приведенного уровня ударного шума однослойного перекрытия

В рамках работы над магистерской диссертацией по теме «Исследования звукоизоляции конструкций перекрытий зданий и сооружений» была разработана методика расчета индекса приведенного уровня ударного шума сплошной однослойной плиты перекрытия. Данная методика расчета основывается на теоретических методах, изложенных в [3]. Рассмотрим последовательность действий при расчете индекса приведенного уровня ударного шума однослойным перекрытием.

1) Рассчитывается приведенный уровень ударного шума на граничной частоте по формуле:

$$L_n^{pr} = 140 - 10 \lg k \rho^{1.5} E^{0.5} h^3 \eta,$$

где $k = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{с}/\text{кг}^2$; ρ – плотность материала, $\text{кг}/\text{м}^3$; E – модуль Юнга, Па; h – толщина плиты, м.

Для построения частотной характеристики приведенного уровня ударного шума приняты следующие предпосылки и допущения [3]:

- Фактический уровень ударного шума до f_{cp} возрастает на 3 дБ на октаву, что вызвано уменьшением коэффициента потерь с ростом частоты;
- Спад частотной характеристики L_n в сторону низких частот объясняется уменьшением коэффициента излучения плиты при $f < f_{cp}$, а снижение уровня шума на высоких частотах ($f > f_{cp}$) связано с виброизолирующим действием местного смятия.

2) Для определения граничной частоты f_{cp} , с которой уровень шума возрастает на 3дБ, используют формулу:

$$f_{cp} = 2.3 / (2\pi\tau) = 0.37 / \tau.$$

где τ – продолжительность удара, сек;

В соответствии с требованиями [2] определяется индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw} , дБ.

В качестве примера рассмотрим расчет реальных конструкций плиты толщинами $h = 108, 120, 160, 200$ мм.

1) Определяется приведенный уровень ударного шума на граничной частоте L_n (дБ). Для этого используют следующие исходные данные:

$k = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{с}/\text{кг}^2$; ρ – плотность материала = $2500 \text{ кг}/\text{м}^3$; E – модуль Юнга = 3×10^{10} , Па; h – толщина плиты = $0,108; 0,120; 0,160; 0,200$ м.

Результаты вычислений L_n^{pr} на граничной частоте представлены в таблице 1.

Таблица 1

Толщина плиты, м	0,108	0,120	0,160	0,200
Приведенный уровень ударного шума на граничной частоте L_n^{zp} , дБ	86	84	81	78

Результаты расчета частотной характеристики приведенного уровня ударного шума с учетом принятых предпосылок представлены в таблице 2 и на рис. 1.

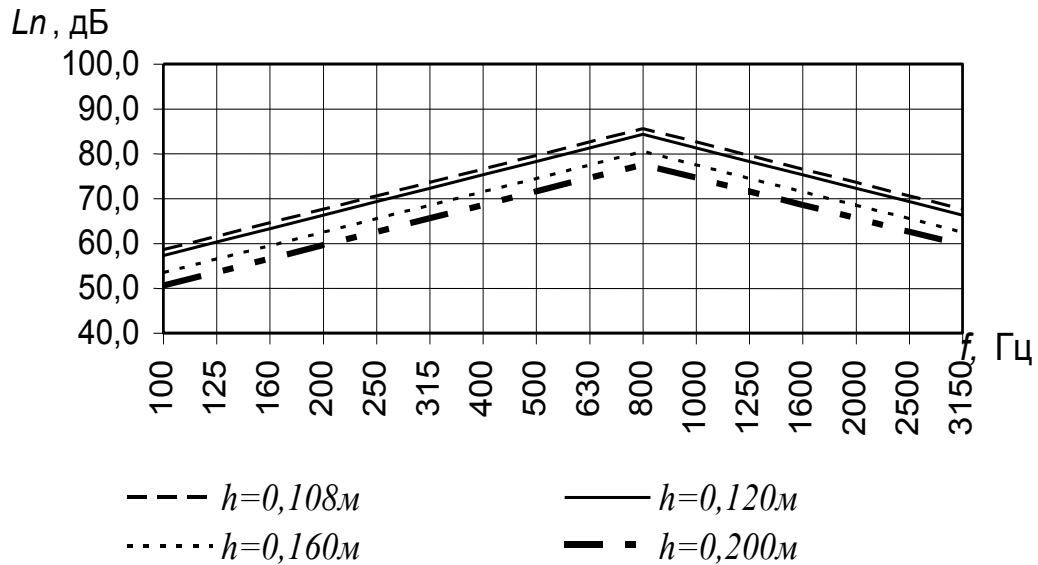


Рис. 1. Частотные характеристики приведенного уровня ударного шума, вычисленные по предложенной методике.

2) Определяем значение граничной частоты f_{zp} .

$$f = 2.3 / (2\pi\tau) = 0.37 / \tau$$

$$f_0 = 2.3 / (2\pi\tau) = 0.37 / 5 \times 10^{-3} = 740 \text{ Гц}$$

Округлим полученное значение до ближайшей средне-геометрической частоты третьоктавном интервале $f_{zp} = 800$ Гц.

Таблица 2

Частота, f , Гц	Значения приведенного уровня ударного шума L (дБ) при толщине конструкции, м			
	0.108	0,12	0,16	0,20
100	58,6	57,3	53,5	50,6
125	61,6	60,3	56,5	53,6
160	64,6	63,3	59,5	56,6
200	67,6	66,3	62,5	59,6
250	70,6	69,3	65,5	62,6
315	73,6	72,3	68,5	65,6
400	76,6	75,3	71,5	68,6
500	79,6	78,3	74,5	71,6
630	82,6	81,3	77,5	74,6
800	85,6	84,3	80,5	77,6

1000	82,6	81,3	77,5	74,6
1250	79,6	78,3	74,5	71,6
1600	76,6	75,3	71,5	68,6
2000	73,6	72,3	68,5	65,6
2500	70,6	69,3	65,5	62,6
3150	67,6	66,3	62,5	59,6

3) По методике, изложенной в [2], вычисляем индекс приведенного ударного шума L_{nw} , дБ. Результаты расчета индекса приведенного уровня ударного шума представлены в таблице 3.

Таблица 3

Толщина плиты, мм	$L_{nw}^{СП}$, дБ	L_{nw} , дБ
108	82	82
120	80	83
160	77	81
200	75	74

В качестве сравнения в таблице 3 приведены значения индексов приведенного уровня ударного шума для сплошных ж/б конструкций по методу, представленному в СП [1]. Как видно из сравнения, разница между значениями, определенными по предложенной методике и по методу СП составляет от 0 до 4 дБ, что в целом соответствует инженерной точности расчетов, но в отличие от метода, предложенного в СП, предложенная методика позволяет определить не только индекс, но и частотную характеристику приведенного уровня ударного шума.

В качестве еще одной иллюстрации на рисунке 2 представлено сравнение частотных характеристик приведенного уровня ударного шума для ж/б плиты толщиной 108 мм, вычисленной теоретически по предложенной методике и определенной экспериментально в лаборатории акустики ННГАСУ (стационарная плита).

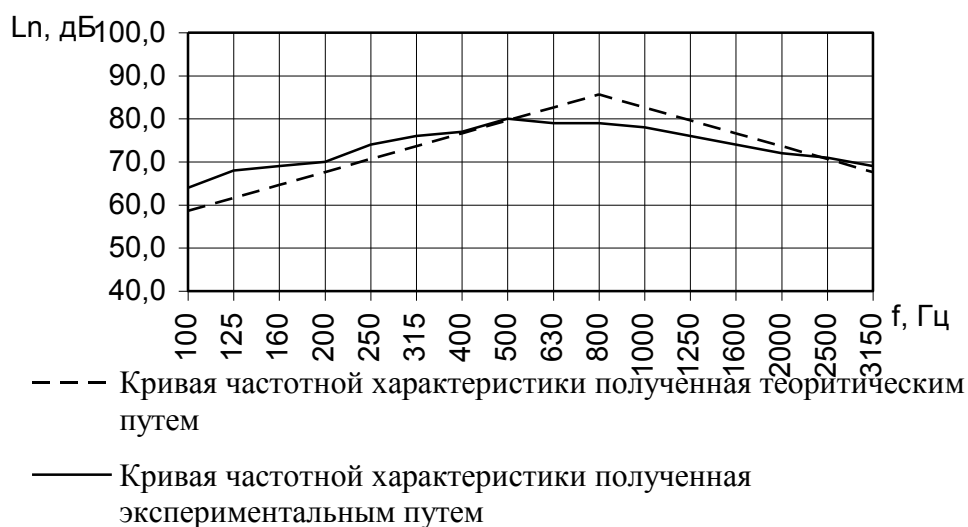


Рис. 2. Частотные характеристики приведенного уровня ударного шума

Из сравнения частотных характеристик видно, что практически во всем нормируемом диапазоне частот наблюдается хорошая сходимость экспериментальных и теоретических значений.

Литература

1. СП 23-103-2003 Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий: свод правил по проектированию и строительству : утв. Госстроем России 25.12.2003 : взамен Руководства по расчету и проектированию звукоизоляции ограждающих конструкций зданий : дата введ. 01.01.2004. – М. : ФГУП ЦПП, 2004. – 41 с.

2. СНиП 23-03-2003. Защита от шума: строительные нормы и правила : утв. Госстроем России 01.01.2004 : взамен СНиП II-12-77 : дата введ. 01.01.2004. – М. : ФГУП ЦПП, 2004. – 43 с.

3. Заборов, В.И. Звукоизоляция в жилых и общественных зданиях: учебник / В.И. Заборов, Э.М. Лалаев, В.Н. Никольский. – М. : Стройиздат, 1979. – 254 с.: ил.

УДК 624.011.2:694.14

М.В. Колобов

Металлические зубчатые пластины – перспективный вид соединения деревянных конструкций

Металлические зубчатые пластины являются индустриальным видом связи, в наибольшей мере отвечающим требованиям скоростного строительства при массовом производстве конструкций. Деревянные конструкции с соединениями на металлических зубчатых пластинах применяются в качестве покрытия жилых, общественных, производственных, сельскохозяйственных и складских зданий [1]. Они изготавливаются либо в заводских условиях на стационарном оборудовании (пресс, устанавливаемый в цехах) (рис. 1), либо на стройплощадке на мобильном оборудовании (подвесная пресс-скоба с кондуктором) (рис. 2, рис. 3). Металлические зубчатые пластины изготавливаются из листовой малоуглеродистой стали марок 08 КП и 10 КП толщиной от 1 до 2 мм методом холодной штамповки. В результате штамповки образуется система зубьев, отогнутых относительно поверхности пластины под прямым углом. Для изготовления конструкций на МЗП используются обструганные с четырех сторон пиломатериалы толщиной 40...60 мм.

К настоящему времени в мире известно свыше 100 видов МЗП, используемых в узловых соединениях деревянных конструкций. Они отличаются между собой формой зубьев, формой пластины и, в основном,

не имеют выраженных преимуществ друг перед другом.

Наибольшее распространение в зарубежной практике строительства получили МЗП системы «Gang-Nail» (США), «TTS-100» (ФРГ), «N» и «Торех-81» (Финляндия), «MiTek» (Великобритания) – рис. 4, «Arpad» (Венгрия), а в СССР применялись соединения на МЗП типа МЗП-1,2 и МЗП-2, которые были разработаны ЦНИИСК им. Кучеренко, МЗП 1,2 × 70 фирмы «Металлипресс» – рис. 5, пластины толщиной 1,0 и 1,2 мм ЗАО «Техкомплект». Это пластины с однонаправленным расположением зубьев, отличающиеся размерами, толщиной листа, сечением зубьев. Для большинства пластин соотношение основных геометрических параметров к толщине металла сохраняется практически постоянным.

В Англии деревянные фермы с соединениями на пластинах системы «Gang-Nail» изготавливает фирма «Dartington – Timberwork» [2]. Во Франции металлические зубчатые пластины применяются при изготовлении ферм системы «Hydro – Air» [3]. Производство деревянных ферм на металлических зубчатых пластинах было освоено в Швеции [4, 5]. В США предприятиями фирмы «Automated Building Components, Inc» выпускаются фермы различного очертания [6].



Рис. 1. Стационарный пресс



Рис. 2. Изготовление ферм в построечных условиях с помощью подвесной пресс-скобы с кондуктором

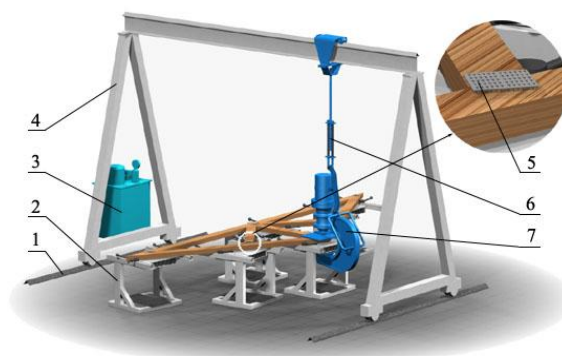


Рис. 3. Оборудование для запрессовки МЗП ЗАО «Техкомплект»:
1- рельсы; 2-магнитный стол; 3- гидростанция; 4-козловой кран; 5- МЗП;
6- демпфер; 7- пресс-скоба

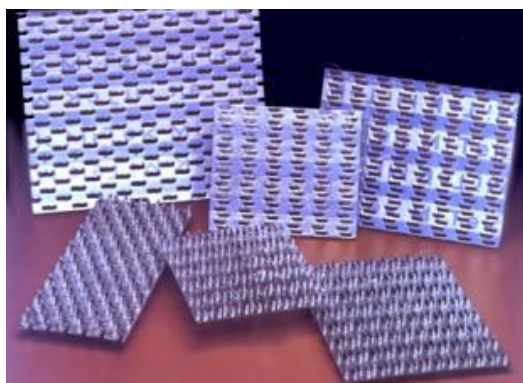


Рис. 4. Зубчатые пластины фирмы «MiTek»

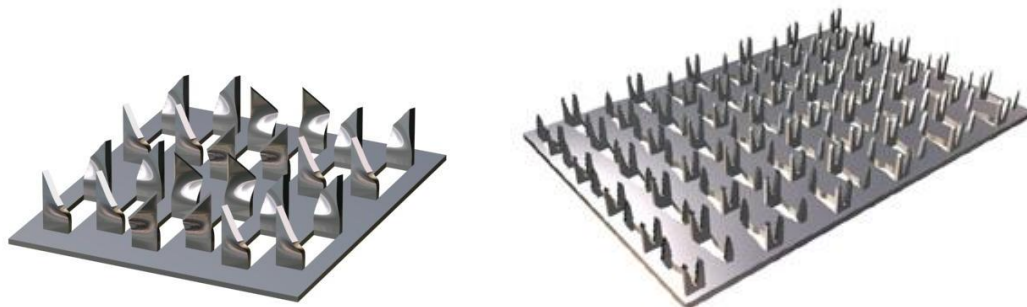


Рис. 5. Зубчатые пластины толщиной 1,0 и 1,2 мм,
изготавливаемые ЗАО «Техкомплект»

Необходимо отметить хорошие экономические показатели конструкций на МЗП. Во-первых, это низкий расход древесины на единицу площади покрытия здания по сравнению с другими деревянными конструкциями с традиционными видами узловых соединений. Во-вторых, малая масса конструкций положительно сказывается на скорости их монтажа. Небольшие легкие конструкции могут устанавливаться вручную или с применением кранов небольшой грузоподъемности. Компактная конструкция соединений позволяет перевозить готовые изделия в пакетах, благодаря чему рационально используется грузоподъемность транспорта. Наконец, дороговизна земли в центре крупных городов приводит к необходимости реконструкции существующих зданий с плоской или

холодной чердачной кровлей. Надстройка мансардного этажа с легкими несущими деревянными конструкциями на металлических зубчатых пластинах позволяет успешно решить эту задачу как с технической точки зрения (незначительная нагрузка на фундамент, легкость монтажа), так и с архитектурной (возможность создания выразительной кровли любой формы (рис. 6). С учетом вышеизложенного происходит снижение цены на 15-20 % за счет резкого уменьшения трудозатрат на строительномонтажные работы, а экономия материала при применении деревянных строительных конструкций на МЗП достигает 40 %, по сравнению с конструкциями, изготовленными по традиционным технологиям.

Экономическая эффективность сквозных деревянных конструкций с соединениями на МЗП подтверждена опытом строительства зданий различного назначения в разных странах.

В настоящее время, когда заказчик заинтересован не только в качестве, но и в ярком дизайнерском решении, особенно востребованы деревянные стропильные конструкции для покрытий со сложными архитектурными формами. С помощью промышленно выпускаемых стропильных конструкций на основе МЗП можно построить практически любые типы крыш, мансард, чердачных помещений, окон в крыше и т.д.

Кровли с использованием металлических зубчатых пластин применимы во всех типах сооружений. Незаменимы МЗП также при реконструкции зданий и плоских крыш. Кроме стропильных конструкций, по данной технологии можно изготавливать панели для стен, решетчатые рамы, опалубку для бетонных конструкций, большепролетные помещения, полностью изготовленные из древесины. Широко используется возникшая в связи с использованием соединительных пластин возможность создания ферм с пролетом более 30 метров без внутренних опор (например, теннисные корты). Идея металлических зубчатых пластин проста, а эффективность исключительно высока. Все вышесказанное убедительно свидетельствует о целесообразности применения МЗП в строительстве и сооружении деревянных конструкций любого назначения.

Литература

1. Кравцов, Е.А. Треугольные стропильные дощатые фермы для покрытий производственных, сельскохозяйственных и складских зданий / Е.А. Кравцов, В.А. Цапаев // Информационный листок Горьковского ЦНТИ. – №308-80, 1980.
2. Wider roof spane with stranger joints. – Farmers weekly. – 1973. vol. 79. – №6. – P. 73.
3. Un nouveau procede construction des toits reduit de 50% le coat des materiaux et de 90% le temps necessair au montage. – Journal

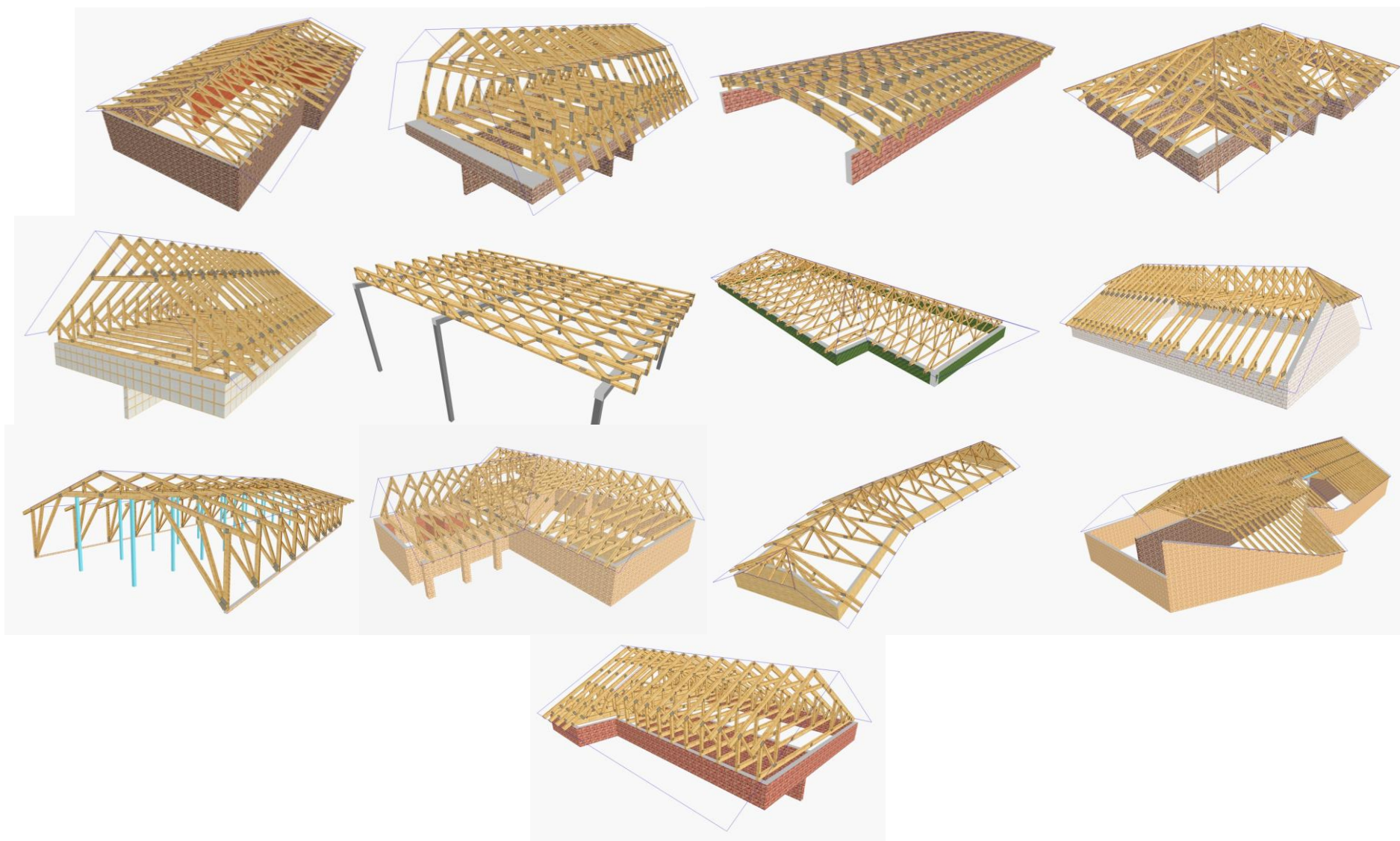


Рис. 6. Виды конструкций с соединениями на МЗП

4. de la Construction de la suisse romande. – 1972. – № 7. – P. 103-105.
5. Унифицированные деревянные фермы заводского изготовления с соединительными зубчатыми накладками (Швеция) [Текст] // Реф. информ. Строительство и архитектура / ЦИНИС. – Серия VIII. – Вып. 15. – С. 16-17.
6. Harryson Ch. Stångbörwerk av trämed spikplätsförband / Ch. Harryson. – Byggmä staren. – 1973. – №04. – P. 16-20.
7. Gang-Nail trusse systems / Sweets Architectural Catalog Pile. – 1972. – Vol. 2. – division 6. – P. 6.

УДК 624.074.2

И.В. Клиньшов

Применение стальных купольных конструкций из профилей повышенной жесткости при реставрации православных храмов

Начиная с конца XX века восстановление и строительство православных храмов стало особо актуально и встречается широко, в том числе и государственную, поддержку. Самый распространенный и вместе с тем один из самых сложных строительных процессов, встречающихся при восстановлении и строительстве церквей, – процесс создания церковного покрытия – купола. Поэтому вопрос оптимизации строительства купольных конструкций – один из самых важных вопросов в этой области.

Купольные покрытия храмовых сооружений имеют несколько особенностей. Как правило, они выполняются из двух оболочек: наружной, выполняющей ограждающие функции, и внутренней, влияющей на интерьер и акустику помещения храма. Пролет таких куполов относительно небольшой – до 30 м. Их форма довольно жестко регламентирована традициями архитектуры: купола проектируются подъемистыми, со стрелой подъема примерно равной половине диаметра.

В качестве основы исследования нами был выбран купол реставрируемого Никольского Морского собора в г. Кронштадт. Собор является одним из наиболее грандиозных храмовых сооружений. Построенный в 1913 году по проекту В.А. Косякова, он имеет размеры в плане 64x84м, высота вместе с крестом 71 м, диаметр купола 27 м.

На настоящий момент в строительстве в основном применяются деревянные, железобетонные и металлические купола. В храмовом строительстве также применяют кирпичные купола. Но применение именно металлических купольных конструкций является наиболее целесообразным. Это связано с их легкостью, высокой прочностью, простотой изготовления и монтажа, долговечностью и, как результат, высокой экономической эффективностью. Всеми этими свойствами в особой степени обладают легкие металлические тонкостенные

холодноформованные профили повышенной жесткости (ППЖ).

Легкость играет особую роль в конструкциях покрытий. Применение ППЖ для их сооружения дает существенное снижение веса, что, кроме простоты монтажных работ, уменьшает нагрузки и, соответственно, затраты на нижележащие конструкции, делает возможным строительство на слабых грунтовых основаниях.

Существует несколько конструктивных схем металлических куполов: ребристые, ребристо-кольцевые, ребристо-кольцевые со связями, сетчатые. Производство купола из ППЖ требует выбора оптимальной схемы.

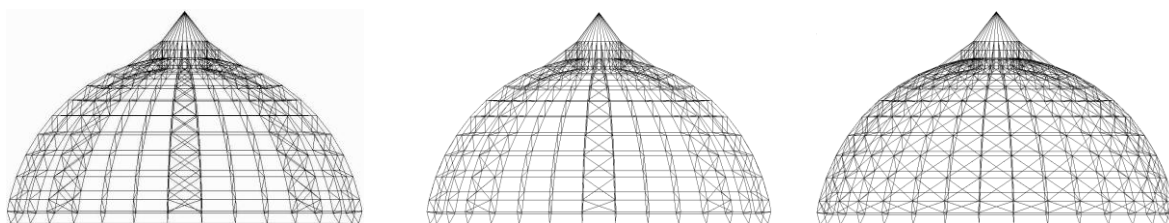
Поскольку работа ППЖ на восприятие больших нагрузок связана с возможностью потери местной устойчивости элементов стенок и полок и профили располагают в каркасах с небольшим шагом, то логичным будет их применение в конструкциях с максимальным распределением материала по поверхности – сетчатых куполах. Оптимальным способом разрезки сетчатого купола из ППЖ является геодезическая сеть на основе многогранников, вписанных в сферу, как схема, позволяющая свести к минимуму количество типоразмеров стержней и узловых элементов. Кроме того, изгиб ППЖ вдоль продольной оси является крайне нежелательным, поэтому элементы купола должны оставаться прямолинейными, что достижимо в геодезических куполах.

Необходимо отметить, что проектирование, производство и монтаж геодезического купола отличаются повышенной сложностью и трудоемкостью по сравнению с другими конструктивными схемами. И, хотя работа геодезического купола является наиболее эффективной, его применение при небольших пролетах и, соответственно, небольших нагрузках, характерных для церквей, не является рациональным.

В рамках данной работы проводится сравнительный анализ трех конструктивных схем купола реставрируемого собора в г. Кронштадт (рис.1):

- ребристо-кольцевой купол с крестовыми связями через каждые четыре ребра по верхним и нижним поясам ребер;
- ребристо-кольцевой купол с крестовыми связями через каждые четыре ребра по верхним поясам ребер и диаметрально расположенными связями по нижним поясам для геометрической неизменяемости системы;
- сетчатый купол системы Шведлера, представляющий собой ребристо-кольцевой купол с крестовыми связями в каждой ячейке.

Ребра куполов выполняются из полуарок в виде ферм с поясами, собранными из прямолинейных стержней в силу проблем изгиба ППЖ. Для сокращения числа типоразмеров стержней и узловых элементов узлы поясов располагаются на двух параллельных дугах окружностей с одинаковым шагом на отдельных дугах. В таком случае размеры стержней решетки получаются одинаковыми для каждой панели ребра. Во всех схемах купол состоит из 32 ребер по числу оконных проемов барабана.



Купол со связями по ВП и НП Купол со связями по ВП Купол системы Шведлера

Рис.1. Конструктивные схемы купола

На первом этапе исследования статический расчет конструкций на воздействие постоянных и временных снеговых и ветровых нагрузок был выполнен в одной программе *SCAD 11.3*. Сечения элементов приняты из парных С-образных профилей.

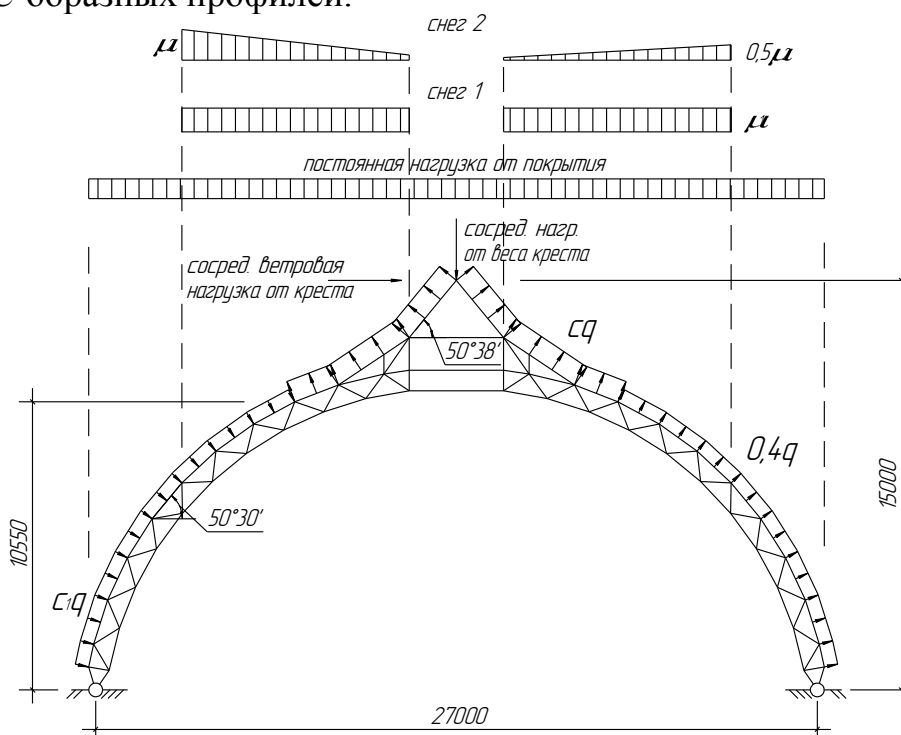


Рис.2. Схема нагрузок на купол.

Результаты расчета показали малые величины поперечных сил и изгибающих моментов, поэтому в дальнейшем они не принимаются в расчет. Полученные максимальные продольные усилия, максимальные перемещения и собственный вес для каждой из рассмотренных конструктивных схем представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты расчета купола

Конструктивная схема купола	Параметр	N_{\max} , кН	Δ_{\max} , мм	Вес, т
Рибристо-кольцевой купол со связями через четыре ребра по верхним и нижним поясам		-111,4	6,0	7,3
Рибристо-кольцевой купол со связями через четыре ребра по верхним поясам		-102,9	7,4	6,8
Купол системы Шведлера		-70	4,1	8,5

Расчет конструкций показал, что из первых двух конструктивных схем более рациональной является схема с введением связей по верхним поясам. Максимальные осевые усилия купола со связями по обоим поясам получились большими при незначительных в обоих случаях перемещениях. Это объясняется следующими соображениями.

В обеих схемах максимальные осевые усилия появляются в ребрах, соединенных крестовыми связями, что можно объяснить их более активным восприятием нагрузки, как более жесткими по сравнению с остальными. При связях по верхним и нижним поясам разница в жесткости и восприятии нагрузки возрастает, делая ребра, не соединенные связями, еще менее эффективными. Увеличение общей жесткости конструкции дает незначительно меньшие перемещения и большие осевые усилия. Расход стали на купол со связями по обоим поясам получился выше.

Купол системы Шведлера, по сравнению с ребристо-кольцевым куполом, воспринимает нагрузку более равномерно, вследствие расположения крестовых связей в каждой ячейке и лучшего включения их в работу. Перераспределение усилий в элементах конструкции влечет за собой уменьшение максимальных осевых усилий в 1,5 раза. При этом из-за увеличения числа стержней происходит повышение массы купола. Кроме того, расход стали на купол системы Шведлера получился самым большим.

Однако при большем собственном весе купол системы Шведлера вызывает более равномерно распределенные, без скачков на отдельных опорах, реакции. При реставрации, если несущая способность старых конструкций мала, этот фактор может быть решающим. При новом строительстве уменьшение передаваемых нагрузок может сыграть решающую роль при проектировании купола вместе с нижележащими конструкциями. При этом сооружение купола системы Шведлера заведомо является наиболее трудоемким из рассмотренных типов куполов, вследствие большего количества элементов и их соединений, большего количества сложных узлов крепления крестовых связей к поясам.

Стоит отметить, что собственный вес любого из рассмотренных куполов, выполненных из ППЖ, в 10-15 раз ниже веса металлических конструкций купола, возведенного над собором изначально, масса которого по предварительной оценке составляет около 100 т.

Более детальный анализ отдельных элементов, выполненный в программе *SolidWorks*, показал, что максимальные напряжения сосредотачиваются в узлах купола, поэтому нами проведено численное исследование НДС узлов при различных типах соединений.

Были сконструированы и заданы в *SolidWorks* (рис.3) узловыи элементы купола на фасонках с использованием соединений на болтах класса точности А, класса прочности 4.6 и соединений на самосверлящих самонарезающих винтах (ССВ). Для облегчения применения ССВ толщина фасонки была принята 4 мм, что оказалось возможным из-за низких

напряжений в ней, полученных в ходе исследований.

С целью имитации действия на стержни их отсеченных частей, для учета совместной работы пары профилей и для центрирования усилий в узле на концах рассматриваемых частей стержней были заданы передающие нагрузку жесткие пластинки. Закрепление узлов принималось в пересечении осей стержней, что в максимальной степени изображает работу узла, находящегося в равновесии.

На данный момент получены результаты для слабонагруженного узла (рис.4). Максимальные напряжения и максимальные перемещения в узле для различных видов соединений представлены в таблице 2.

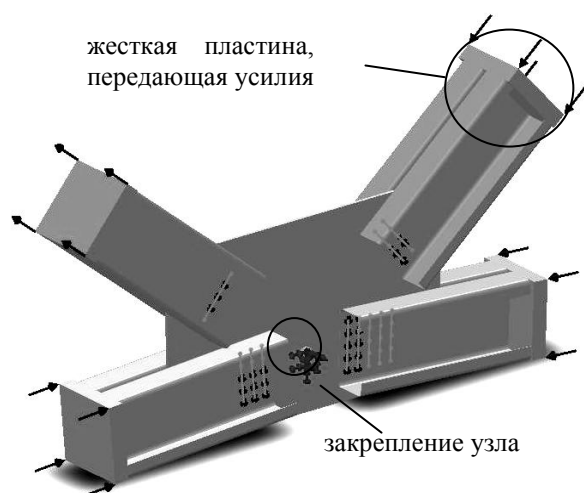


Рис.3. Расчетная схема узла

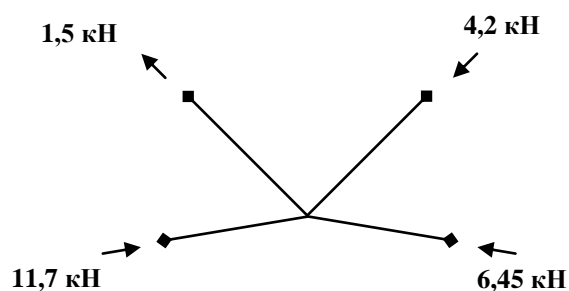


Рис.4. Схема усилий в рассматриваемом узле

Таблица 2

Результаты исследования узла

Вид соединения	Параметр	σ_{\max} , МПа	Δ_{\max} , мм
Болтовое соединение		126	0,33
Соединение на ССВ		126,5	0,3

Из результатов видно, что НДС узла при болтовом соединении и соединении на ССВ практически одинаково. В обоих случаях максимальные напряжения появляются в зоне смятия стержня самонарезающим винтом или болтом, максимальные перемещения имеют крайние точки полков профилей.

В дальнейшем планируются исследования более нагруженных узлов.

Выводы

1. Применение ребристо-кольцевого купола со связями по верхним поясам через каждые четыре ребра дает меньший расход стали.
2. Несмотря на низкий вес, повышенные опорные реакции могут быть препятствием для применения этой схемы при реставрации в случае низкой несущей способности нижележащих конструкций.

3. В случае низкой несущей способности нижележащих конструкций возможно применение купола системы Шведлера, имеющего большую массу, но более равномерную, без скачков, передачу нагрузок. Однако возведение купола Шведлера является более трудоемким.

4. Узловые элементы могут с одинаковым успехом быть выполнены на болтовых соединениях или на соединениях на ССВ.

Литература

1. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2001.

2. Рекомендации по проектированию, изготовлению и монтажу конструкций каркаса малоэтажных зданий и мансард из холодногнутых стальных оцинкованных профилей производства ООО «БалтПрофиль». Под ред. Э.Л. Айрумяна. – М., 2004.

3. Горев, Б.Ю. Металлические конструкции: учебник/ Под ред. В.В.Горева. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2002.

УДК 699.844

Д.Г. Колесников

Экспериментальная оценка звукоизоляции ортотропных конструкций

Высокий уровень шума в современных городах (в гражданских и промышленных зданиях) вносит существенные коррективы в композиционное и объемно-планировочное решение этих зданий и застройки в целом. В создании акустического комфорта помещений важное место занимают мероприятия акустической изоляции ограждающими конструкциями. Многообразие типов ограждающих конструкций в их конструктивных сопряжениях приводит к необходимости детального решения вопросов звукоизоляции на стадии проектирования. Возникает потребность в специальном разделе архитектурно-конструктивного проектирования – разделе проектирования акустической изоляции.

На сегодняшний день всё чаще применяются легкие ортотропные ограждающие конструкции, у которых сопротивление механическим воздействиям различно для разных направлений (профилированный настил). Однако сознательному применению подобных ограждений в качестве звукоизолирующих конструкций существенно мешает отсутствие знаний об их акустической эффективности.

В целях изучения механизма прохождения звука через ортотропные конструкции, в частности для уточнения влияния массы такого ограждения на его звукоизоляцию, в лаборатории акустики ННГАСУ были проведены

экспериментальные исследования. Измерения проводились в малых реверберационных камерах в соответствии со стандартной методикой ГОСТ 27296 – 87.

Испытываемый образец №1 представляет собой стальной профилированный лист поверхностной массой 4 кг/м^2 . Образец №2 общей поверхностной массой 72 кг/м^2 – тот же лист профилированного настила со слоем песка. Тем самым значительно меняется масса ограждения при сопоставимой жёсткости. Образец №3 – профлист со слоем бетона той же поверхностной массой 72 кг/м^2 . Образец №4 – ж/б плита поверхностной массой 72 кг/м^2 и процентом армирования, равным проценту армирования образца № 3. Здесь при неизменной массе изменяется жесткость конструкции.

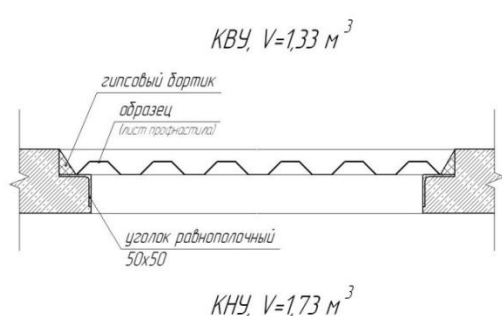


Рис. 1. Схема установки образца №1 в проёме малых камер

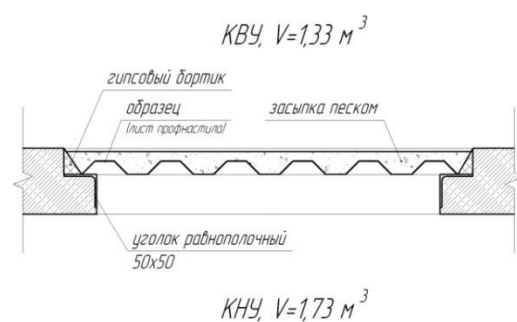


Рис. 2. Схема установки образца №2 в проёме малых камер

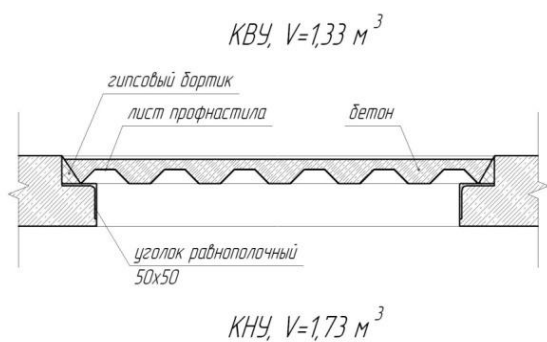


Рис. 3. Схема установки образца №3 в проёме малых камер

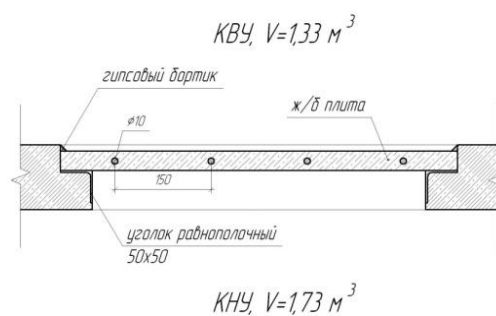


Рис. 4. Схема установки образца №4 в проёме малых камер

В результате проведённых экспериментов были получены частотные характеристики звукоизоляции образцов (рис. 5.).

Индекс изоляции воздушного шума профилированного настила, вычисленный в соответствии со СНиП 23-03-2003, составляет для образца №1 $R_w=21$ дБ, а при засыпке песком, заливке бетоном, а также у плиты (образцы №2, 3,4) $R_w=41$ дБ.

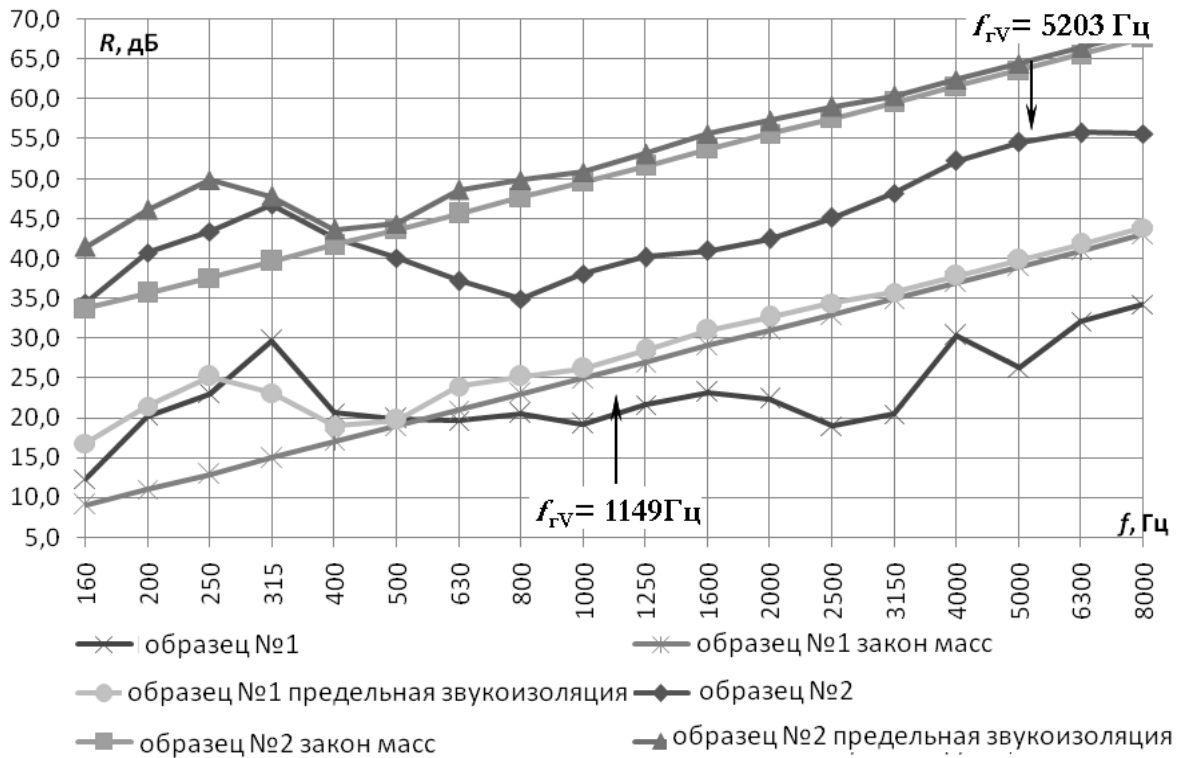


Рис.5. Сравнение частотных характеристик звукоизоляции образцов

Анализируя частотные характеристики, можно заключить, что присоединение массы с нулевой жесткостью повышает звукоизоляцию конструкции во всём диапазоне частот на величину от 15 до 25 дБ (рис. 5), в то время как увеличение индекса звукоизоляции составляет $\Delta R_w=20$ дБ. Необходимо отметить, что повышение звукоизоляции в основном обусловлено массой, что видно из рис.5. Кроме того, при засыпке конструкции песком происходит сглаживание резонансных провалов за счёт эффекта демпфирования (рис.5, 6).

Рост звукоизоляции на низких частотах (160-400 Гц) относительно закона масс обусловлен влиянием размеров ограждения. Это видно по одинаковому характеру экспериментальной кривой с кривой закона масс с учётом функции отклика.

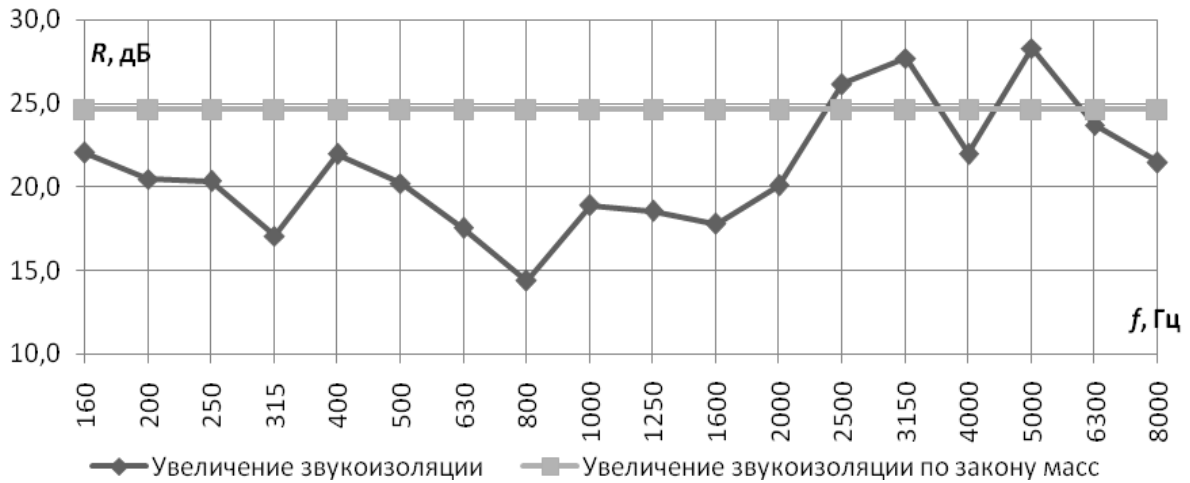


Рис. 6. Разность численных значений звукоизоляции образцов

Таким образом, в результате экспериментов установлено, что основными факторами, влияющими на звукоизоляцию ортотропных ограждающих конструкций, являются масса ограждения и изгибных жёсткостей.

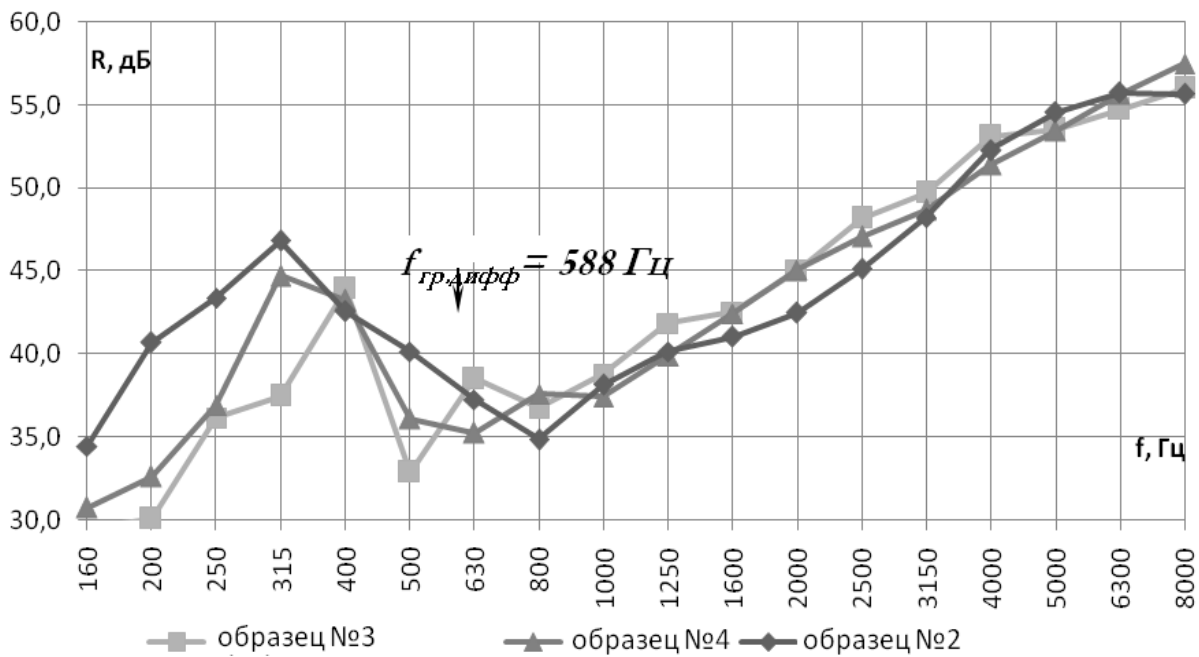


Рис. 7. Сравнение частотных характеристик звукоизоляции образцов

Сравнение частотных характеристик образцов № 3 и № 4 (рис.7) позволяет сделать предположение о возможности применения профилированного настила в качестве несъёмной опалубки монолитного перекрытия, что не повлечёт за собой ухудшения звукоизоляционных свойств.

На основании эксперимента можно заключить, что при равной массе конструкций индекс изоляции воздушного шума одинаков и равен 41 дБ.

Разница между частотными характеристиками не превышает погрешности измерений. Также необходимо отметить, что способ создания анизотропии не влияет на звукоизоляцию, так как частотные характеристики ж/б плиты и конструкции из профнастила и бетона практически совпадают. Основным параметром, который влияет на звукоизоляцию, – это масса.

Также в рамках исследований были проведены эксперименты на принцип взаимности измерения звукоизоляции ортотропных конструкций. Частотные характеристики звукоизоляции образца № 3 были построены при прямом и обратном ходе измерения – то есть в одном случае камерой высокого уровня являлась верхняя малая камера, а в другом случае – нижняя (рис. 8).

Эксперимент подтвердил принцип взаимности измерений – выше граничной частоты диффузности расхождения в частотных характеристиках образца незначительны.

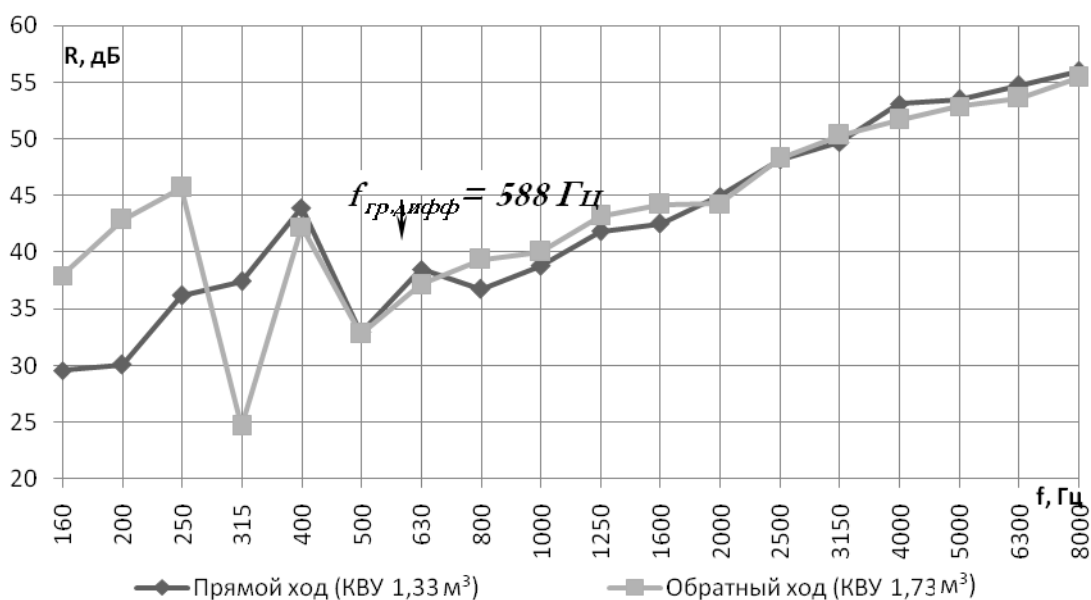


Рис. 8. Принцип взаимности измерений

Литература

1. Седов, М.С. Проектирование звукоизоляции/ М.С. Седов. - Горький: ГГУ им. Н.И. Лобачевского, 1980. - 54 с.
2. Бобылев, В.Н. Частотная характеристика звукоизоляции ортотропной пластины/ В.Н. Бобылев, В.А. Тишков, С.А.Паузин // Сб. тр. XV Сессии Рос. акуст. об-ва. – М.: ГЕОС, 2004. – Т.3. – С. 157-161.

К вопросу о надежности строительных конструкций

При проектировании зданий и сооружений одним из главных этапов является расчет несущих и ограждающих конструкций здания. Для определения напряжений, деформаций и перемещений в зданиях и сооружениях, подверженных воздействию постоянных и временных нагрузок, используются методы строительной механики, теории упругости, теории пластичности и т.д. Вычисленные значения напряжений, деформаций и перемещений не должны превышать допустимые нормативные значения. Исключительная важность этого этапа проектирования состоит в том, что именно здесь решается вопрос выбора достаточно надежной, долговечной и экономической конструкции. Для обоснования этого выбора и служат методы теории надежности [1].

Расчет строительных конструкций на надежность еще не имеет единого, общепринятого содержания. Нередко под этим понятием подразумевают обычный расчет конструкций на прочность и устойчивость, а в более общем смысле и любой ее расчет. В Государственном стандарте СССР 13377-75 «Надежность в технике. Термины и определения» надежность определяется как свойство объекта, заключающееся в его способности выполнять определенные задачи в определенных условиях эксплуатации, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей. Однако в более узком понимании надежность представляет собой меру сохранности необходимых свойств конструкции или объекта и способности противостоять случайным факторам разного рода, разрушающим эти свойства. Таким образом, понятие надежности оказывается связанным со случайной природой величин, характеризующих работоспособность объекта, и выявляется количественно аппаратом теории вероятности.

В качестве меры надежности можно использовать некоторую количественную отвлеченную величину, равную вероятности сохранения кондиционных свойств конструкции в течение заданного промежутка времени.

При построении теории надежности строительных конструкций целесообразно все расчетные величины разделить на две основные группы. Первую группу условно назовем параметрами прочности. Она включает в себя все характеристики, относящиеся к свойствам самой конструкции. Другую группу – параметрами нагрузки; сюда отнесем характеристики внешних воздействий на конструкцию. Такое разделение расчетных величин на две группы оправдано тем, что между ними обычно отсутствует корреляционная связь. Случаи, когда корреляционная связь существует, можно считать особыми и подлежащими отдельному рассмотрению.

Разделение расчетных величин на две основные группы позволяет сформулировать задачу расчета конструкций на надежность в виде требования о выполнении с некоторой достаточно большой вероятностью неравенства [2]:

$$\tilde{R} - \tilde{Q} > 0, \quad (1)$$

где \tilde{R} – обобщенная прочность конструкции; \tilde{Q} – обобщенная нагрузка.

\tilde{R} и \tilde{Q} могут зависеть от ряда случайных и детерминированных величин, причем определение статистических свойств величин \tilde{R} и \tilde{Q} производится самостоятельно, независимо одна от другой.

В общем случае нагрузка и прочность являются случайными функциями времени, но при заданном сроке службы сооружения время удаётся в большинстве случаев исключить из расчета и считать \tilde{R} и \tilde{Q} не случайными функциями, а случайными величинами с определенными законами распределения. Вероятность неравенства (1) представляет собой вероятность неразрушения конструкции $P = 1 - V$, а величина V – вероятность разрушения или вероятность отказа.

Необходимо иметь точное определение понятия разрушения или отказа. В данном случае оно представляет собой лишь невыполнение неравенства $\tilde{R} - \tilde{Q} > 0$, не более. Однако в конкретных случаях это невыполнение неравенства влечет за собой различные последствия, начиная от повреждения какого-нибудь элемента (с требованием небольшого ремонта) и кончая катастрофическим обрушением всего сооружения. Очевидно, что допустимая вероятность разрушения V должна определяться последствиями нарушения неравенства $\tilde{R} - \tilde{Q} > 0$ и, в частности, для катастрофических разрушений практически равна нулю.

Теоретически можно принять, что абсолютной надежности, численно равной единице, не существует и что всегда имеется хотя бы чрезвычайно малая вероятность потери эксплуатационной способности конструкции. Это положение часто вызывает возражения, поскольку во многих случаях удаётся обеспечить полную надежность относительно того или иного свойства, которое становится таким образом детерминированным. При этом и расчет становится детерминированным, не нуждающимся в применении методов теории надежности. В других же случаях абсолютная надежность оказывается недостижимой из-за объективных закономерностей природного характера. Примером могут служить конструкции, воспринимающие ветровую нагрузку, статические свойства которой не ограничивают ее сверху. В этих случаях приходится мириться с каким-то достаточно малым риском выхода конструкции из строя. Часто бывает так, что полная надежность достигается в результате больших затрат, в то время как во много раз меньшие затраты создают надежность, очень близкую к единице, с практически неощутимым риском. При этом целесообразно выбирать в качестве нормативной эту последнюю надежность или же определять ее исходя из экономических соображений.

Таким образом, задача расчета на надежность состоит в определении вероятности выхода конструкции из строя в заданных условиях ее работы или же нахождении по заданной экономически целесообразной надежности требуемых размеров конструкции, допустимых нагрузок или оптимального срока эксплуатации.

В настоящее время большинство задач теории надежности строительных конструкций еще только поставлено и не получило необходимого для практики решения. Разработка этих задач представляет собой важную и актуальную проблему. Вместе с тем можно сказать, что уже намечилось содержание основных разделов теории надежности строительных конструкций, выделившейся в самостоятельную дисциплину.

Литература

1. Райзер, В.Д. Методы теории надежности в задачах нормирования расчетных параметров строительных конструкций / В.Д. Райзер. – М.: Стройиздат, 1986. – 192 с.

2. Ржаницин, А.М. Теория расчета строительных конструкций на надежность / А.М. Ржаницин. – М.: Стройиздат, 1978. – 239 с.

УДК 691.32

Д. А. Ламзин

Экспериментальные исследования поведения бетона и фибробетона при импульсном нагружении

Введение

Представленная статья посвящена изучению динамической прочности образцов из бетона и бетона с добавлением металлической стружки (фибробетон) с помощью метода Кольского с использованием разрезного стержня Гопкинсона и его модификации – «бразильского теста».

Данная задача является актуальной при решении вопроса о качественном повышении физико-механических характеристик бетонов, испытывающих динамические воздействия. Эти воздействия могут возникать в чрезвычайных ситуациях, таких как техногенные аварии, катастрофы, террористические акты и т. п., сопровождающиеся взрывными и ударными нагрузками и, как следствие, большими материальными потерями и жертвами. Для изучения влияния этих нагрузок как на уже существующие, так и на проектируемые конструкции, а также для указания путей снижения их вредного воздействия необходимо знать динамические свойства материалов, применяемых для создания этих конструкций.

Известно, что динамические свойства структурно-неоднородных материалов сильно отличаются от данных, полученных при статических испытаниях. В работах [1,2] рассмотрены испытания бетонов на 3 точечный изгиб, авторами [3] были исследованы армированные стекловолокном образцы из раствора, трещиностойкость железобетонных балок с разным коэффициентом армирования исследована в [4]. Однако экспериментальных данных о поведении бетона и фибробетона при динамическом нагружении не так много, поэтому были экспериментально определены динамические характеристики этих материалов.

Методы испытаний

Среди известных к настоящему времени методик динамических испытаний наибольшее распространение получила методика разрезного стержня Гопкинсона (РСГ) ввиду ее теоретической обоснованности и простоты. Эта методика, впервые предложенная Г. Кольским [5], позволяет проводить испытания широкого круга материалов в диапазоне скоростей деформации $10^2 \div 10^4 \text{ с}^{-1}$.

Основными преимуществами метода РСГ являются простота реализации, корректное теоретическое обоснование волновых явлений, происходящих в системе стержни – образец, точное определение значительных (десятки процентов) деформаций образца, а также исключение изгиба образца ввиду его малой длины. Кроме того, эта методика обеспечивает точный контроль истории изменения скорости деформации в течение всего процесса деформирования образца.

Математическая модель РСГ представляет собой систему из трех стержней: двух бесконечно прочных и бесконечно длинных тонких стержней и «мягкого», очень короткого стержня-вставки (образца) между ними. В одном из стержней возбуждается одномерная упругая волна $\varepsilon^I(t)$, которая распространяется по стержням со скоростью c . При достижении образца эта волна ввиду разницы акустических жесткостей ρc материалов стержня и образца расщепляется: часть ее отражается обратно волной $\varepsilon^R(t)$, а часть проходит через образец во второй стержень волной $\varepsilon^T(t)$. Образец при этом претерпевает упругопластическую деформацию, в то время как стержни деформируются упруго. Предполагается, что при этом отсутствует дисперсия волны и распределение профиля деформации в пределах поперечного сечения стержней равномерное. Поперечными колебаниями частиц стержней пренебрегают. Амплитуды и профили импульсов $\varepsilon^R(t)$ и $\varepsilon^T(t)$ определяются соотношением акустических жесткостей материалов стержней и образца, а также реакцией материала образца на приложенную динамическую нагрузку. Регистрируя тензодатчиками упругие импульсы деформации в мерных стержнях, по формулам, предложенным Г. Кольским, можно определить напряжения, деформации и скорости деформации в образце как функции времени:

$$\sigma_n(t) = \frac{EA}{A_s^0} \varepsilon^T(t), \quad \varepsilon_n(t) = -\frac{2c}{L_0} \int_0^t \varepsilon^R(t) \cdot dt, \quad \dot{\varepsilon}_n(t) = -\frac{2c}{L_0} \cdot \varepsilon^R(t).$$

A - соответственно модуль Юнга и площадь поперечного сечения стержней, A_s^0 и L_0 – соответственно площадь сечения и длина образца.

Для испытания на растяжение материалов, имеющих разную прочность при сжатии и растяжении (например, бетон и фибробетон), применяется модификация метода Кольского – «Бразильский тест».

«Бразильский тест» – метод для определения предела прочности хрупких материалов при раскалывании [6]. Схема нагружения образцов в виде параллелепипедов при испытании на раскалывание приведена на рис. 1. Формула для расчета растягивающего напряжения: $\sigma_t = 0.5187 \frac{P_c}{bh}$. В

этой формуле b и h – размеры образца, P_c – продольное усилие в мерных стержнях, определяемое по показаниям тензодатчиков на опорном стержне. Максимальная величина растягивающего напряжения и будет искомой прочностью материала при растяжении.

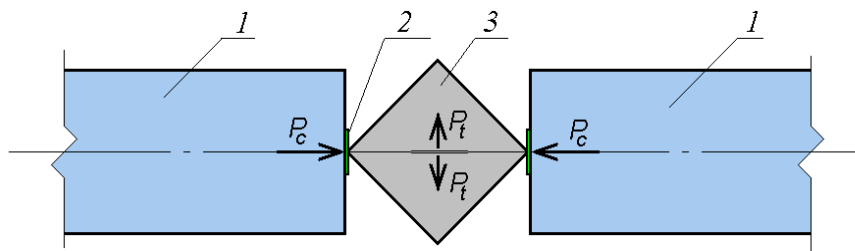


Рис. 1. Схема для определения предела прочности при раскалывании:
1 – мерные стержни; 2 – прокладка; 3 - образец

Установка

Экспериментальная установка для динамических испытаний (рис. 2), реализующая метод РСГ, состоит из пневматического нагружающего устройства (газовая пушка) с системой управления, комплекса измерительно-регистрирующей аппаратуры и сменного комплекта мерных стержней Гопкинсона (нагружающего и опорного). Измерение деформаций производится с помощью наклеенных на боковую поверхность стержней на значительном расстоянии от образца малогазных тензорезисторов. Сигналы от тензодатчиков через усилители поступают на многоканальную компьютерную измерительную систему (крейтовый конструктив) PXI-1042 фирмы NATIONAL INSTRUMENTS, где в среде инженерного графического программирования NI LabVIEW организовано несколько виртуальных измерительных приборов: измеритель скорости ударника и высокоскоростной двухканальный осциллограф. При испытаниях полученные с измерителя скорости и с мерных стержней импульсы визуализируются в виде осциллограмм и сохраняются в цифровом виде в памяти компьютера для последующей обработки.

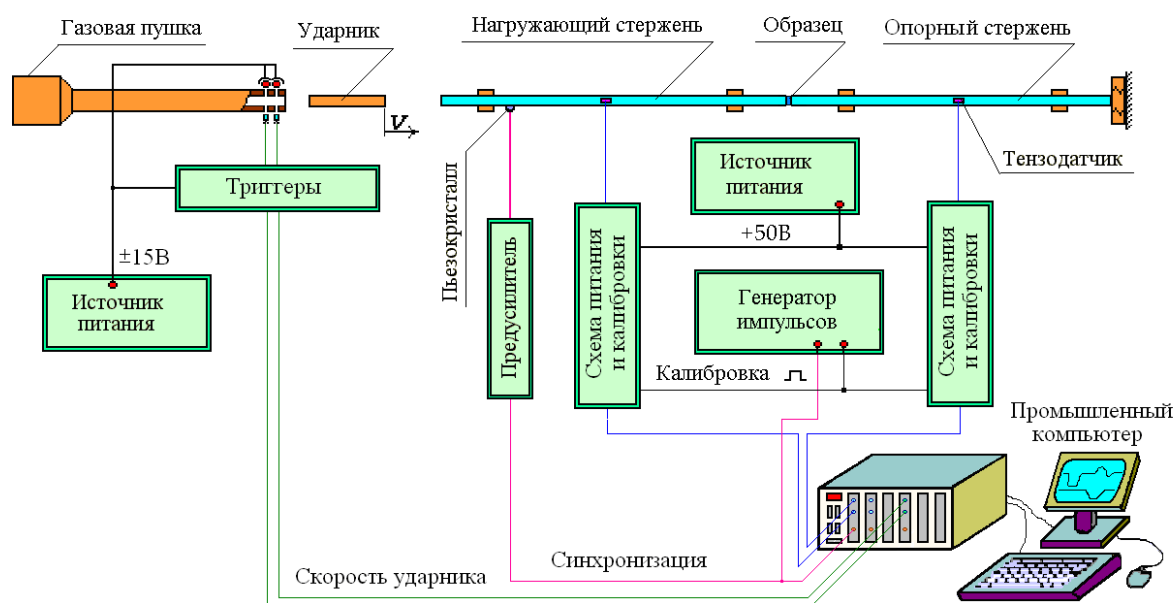


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

Результаты испытаний

Динамические испытания проводились на образцах из бетона и из бетона с добавлением металлической стружки (фибробетон). Образцы были выполнены в форме прямоугольных параллелепипедов размером $\sim 20 \times 20 \times 20$ мм. В испытаниях менялась скорость ударника. Результаты испытаний приведены в виде зависимостей на рис. 3, 4.

Из рис. 3 видно, что при увеличении амплитуды нагрузки, которая определяется скоростью ударника, повышается предел прочности при сжатии как у бетонных образцов, так и у образцов с добавлением металлической стружки (фибробетон), т. е. отмечено упрочнение материала. Так же из рис. 3 и 4 видно, что прочность при сжатии и раскалывании у образцов с добавлением металлической стружки повышается по сравнению с обычными бетонными образцами при одинаковых условиях нагружения, т. е. динамическая прочность фибробетона выше. Можно отметить, что так же, как и при статических испытаниях, прочность бетона и фибробетона на растяжение значительно меньше прочности на сжатие.

Выводы

С использованием метода Кольского проведены динамические испытания на сжатие образцов из бетона и фибробетона. В результате анализа опытных данных установлено, что динамическая прочность фибробетона выше в среднем на 28% по сравнению с обычным бетоном. Также установлено, что при увеличении амплитуды нагрузки происходит упрочнение материала. Отмечено, что прочность бетона и фибробетона на растяжение значительно меньше прочности на сжатие, так же как и при статических испытаниях.

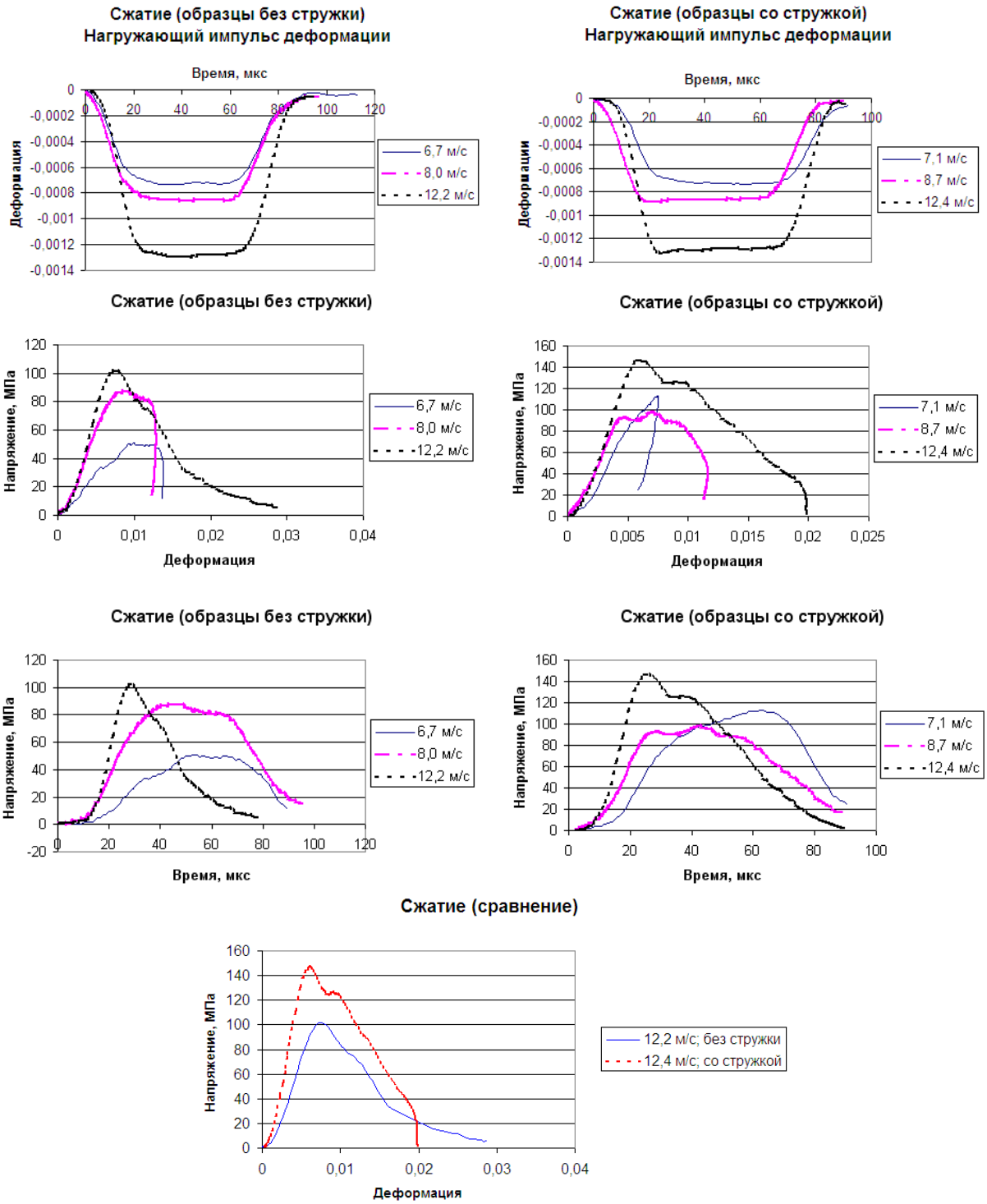


Рис. 3. Результаты динамических испытаний при сжатии

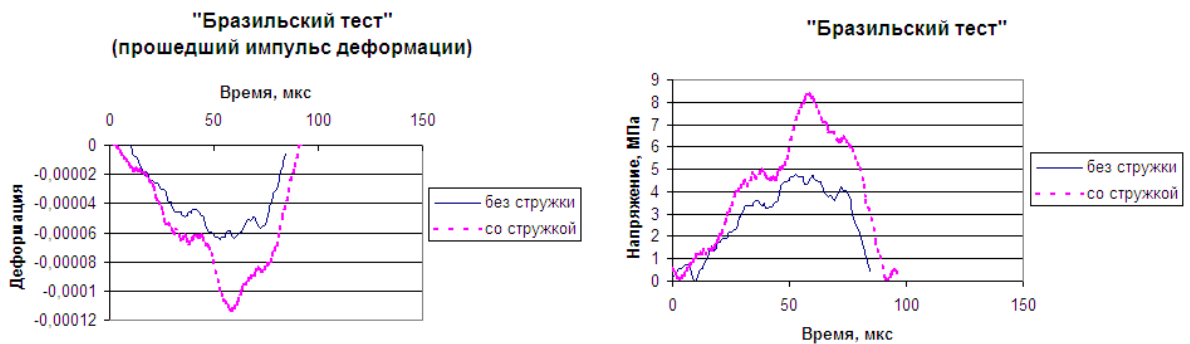


Рис. 4. Результаты динамических испытаний при раскалывании

1. Nguyen, G. D. Development of an approach to constitutive modelling of concrete: Isotropic damage coupled with plasticity/ Giang D. Nguyen, Alexander M. Korsunsky // International Journal of Solids and Structures. – №45. – 2008. – P. 5483–5501.
2. Xu Shilang. Determination of fracture parameters for crack propagation in concrete using an energy approach/ Shilang Xu, Xiufang Zhang // Engineering Fracture Mechanics. – № 75. – 2008. – P. 4292–4308.
3. Rabinovich, F.N. Stress-strain state of fiber bundles in glass-fiber-reinforced concrete structural elements / F. N. Rabinovich, L. L. Lemysh // Glass and Ceramics. – № 53. – 1996. – P. 373-376.
4. Aroni, S. Shear strength of reinforced aerated concrete beams with shear reinforcement / Samuel Aroni // Materials and Structures. – № 23. – 1990. – P.217-222.
5. Кольский, Г. Волны напряжения в твердых телах/ Г. Кольский. – М.: ИЛ, 1955.
6. Rodriguez, T. Navarro C. and Sanchez-Galvez V. Splitting tests: an alternative to determine the dynamic tensile strength of ceramic materials / T.Rodriguez, C. Navarro // Journal de Physique IV. – 1994. – P.101-106.

УДК 339.138

М.А. Лебедев

Маркетинговые исследования применения в строительстве опилкобетонного кирпича

На протяжении последнего десятилетия можно отметить тенденцию строительства домов коттеджного типа. При этом традиционно малоэтажное строительство ведется из керамического или силикатного кирпича. Но их относительно невысокие теплоизоляционные свойства и большая стоимость ставят задачу применения более совершенных и недорогих строительных материалов. Решением этой проблемы может стать создание малых предприятий по производству опилкобетонного кирпича (рис. 1).



Рис. 1. Цех по производству опилкобетонного кирпича

По данным исследований [1, 2], опилкобетонный кирпич может с успехом применяться для малоэтажного строительства. Применение опилкобетонного кирпича в качестве стенового материала при строительстве зданий различного назначения (малоэтажные жилые дома, приусадебные постройки, животноводческие помещения, мастерские, гаражи и т.п.) позволит сократить дефицит таких строительных материалов, как древесина, кирпич, бетон, сталь, а также снизить стоимость строительства. Эффективность применения изделий определяется также снижением массы зданий и повышением их теплозащиты, уменьшением транспортных затрат за счёт использования местных материалов.

В Нижнем Новгороде производство опилкобетонного кирпича было освоено на установке фирмы ООО «Стройсервис–2». На данный момент выпускается кирпич размером $250 \times 120 \times 88$ мм. Совместно с Нижегородским государственным архитектурно–строительным университетом были проведены испытания столбов кирпичной кладки из опилкобетона в лабораториях кафедры конструкций из дерева, древесных композитов и пластмас» и центральной лаборатории конструкций ННГАСУ. Проведенные исследования позволили получить численные значения расчётного сопротивления кладки сжатию при кратковременном и длительном действии нагрузки, упругой характеристики кладки и начального модуля деформации [3,4].

В табл. 1 приведены данные для количественной оценки конкурентоспособности опилкобетонного кирпича по сравнению с силикатным кирпичом. Исследования проводились согласно рекомендациям, подробно изложенным в [5,6].

Таблица 1

**Количественная оценка конкурентоспособности опилкобетонного кирпича
(5-балльная шкала)**

Критерий	Борский силикатный завод	Дзержинский силикатный завод	ООО «Стройсервис– 2»
Уровень розничных цен	5	5	4
К весомости	0,36		
Качество	5	4,5	5
К весомости	0,45		
Уровень сервиса (обслуживание покупателей, доставка продукции)	3	3	5
К весомости	0,19		
Показатель конкурентоспособности	4,62	4,4	4,64

На первый взгляд, при очевидных плюсах применения в строительстве опилкобетонного кирпича, его минусом может стать более высокая цена. Но по сравнению с силикатным кирпичом опилкобетонный кирпич обладает более низкой теплопроводностью. Это позволяет экономно использовать кирпич при строительстве малоэтажных зданий. Например, для постройки здания толщина стены, удовлетворяющая нормам проектирования по теплофизическим характеристикам, должна быть из силикатного кирпича не менее 4 кирпичей, а опилкобетонного – 1,5 кирпича.

Обоснованным становится вопрос об увеличении производственной мощности. Тогда можно будет расширить ассортимент товара и поднять уровень сервиса – внедрить метод продаж на основе самообслуживания, что позволит ускорить операции по продаже товаров и расширить объем реализации товаров.

На данный момент система сбыта ООО «Стройсервис–2» характеризуется одноуровневыми каналами распределения, что и определяет направление продвижения продукции путем непосредственного воздействия на конечного потребителя: оптовая и розничная торговля.

ООО «Стройсервис–2» использует смешанный канал товародвижения продукции, т.е. имеет 3 канала распределения: 1) через оптовую торговлю; 2) через коммерческих агентов; 3) через розничную торговлю.

Оптовый канал сбыта является довольно значимым для предприятия. Для расширения этого канала распределения необходимы следующие мероприятия:

- сбыт продукции через оптовые строительные базы;
- предоставление скидок и отсрочки платежа покупателям.

Исходя из высокой эффективности фирменной розничной торговли, предприятию необходимо наращивать данный потенциал путем расширения уже имеющейся розничной торговли.

Одним из вариантов решения этой проблемы является сотрудничество фирмы ООО «Стройсервис–2» с архитекторами и проектировщиками малоэтажных зданий. Благодаря этому сотрудничеству, при проектировании зданий будет учитываться возможность строительства именно из опилкобетонного кирпича.

Еще одним вариантом решения данной проблемы является участие фирмы ООО «Стройсервис–2» в Российском архитектурно–строительном форуме на Нижегородской ярмарке. Такое участие позволит наглядно представить образцы товара, раздать буклеты с информацией о товаре и, возможно, привет к сотрудничеству с заинтересованными лицами.

Завоевание рыночного сегмента в Нижегородской области обеспечит реализацию возможности распространения собственной продукции не только на своей территории, но и соседних областях. Такая возможность появится при увеличении производственной мощности фирмы ООО «Стройсервис–2», так как по сравнению с выпусками конкурентов годовой выпуск кирпича данной фирмы значительно меньше (рис. 2).

Для увеличения потребительского спроса необходимо использовать дополнительные рекламносители, например, наружную рекламу. Так можно порекомендовать установку рекламного щита, расположенного на подъездном пути к оптовому складу ООО «Стройсервис–2». Тогда цветовая гамма и изображение фирменного знака будет ассоциироваться с производимой продукцией.

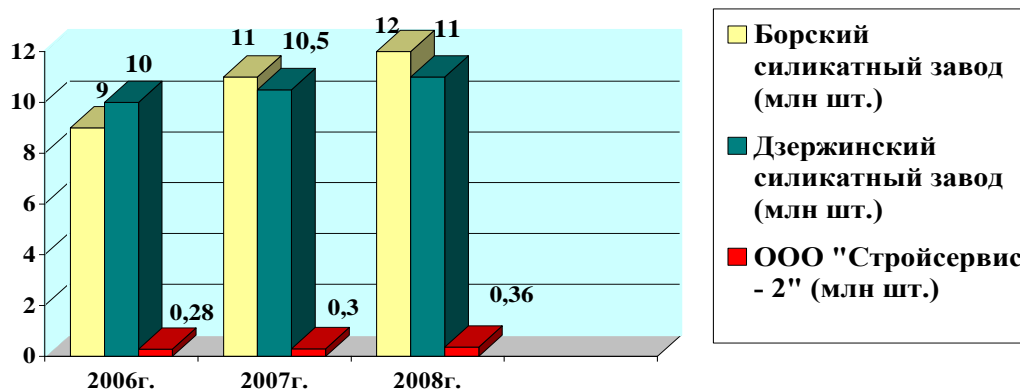


Рис. 2. Объем выпуска продукции

Наряду с традиционными каналами распределения в настоящее время все большее значение приобретает новый канал сбыта – интернет. Интернет обладает уникальными возможностями для продвижения товара и выступает в качестве двух основополагающих элементов:

- во-первых, интернет – новое средство коммуникации, представляемое коммуникационной моделью «многие–многим». Кроме того, интернет является средством массовой информации с интерактивной природой, высокой гибкостью и большими масштабами;

- во-вторых, интернет – глобальный виртуальный электронный рынок, не имеющий каких-либо территориальных или временных ограничений, позволяющий производить интерактивную продажу товаров без дистрибьюторских фирм.

Продажа продукции через интернет позволит не открывать новых торговых точек. Тем самым сократятся расходы по реализации продукции.

При этом можно использовать следующие элементы рекламной кампании: корпоративный web-сервер – для создания web-страницы, баннеров, электронной почты и т.д.

Таким образом, использование средств интернета позволит предприятию расширить собственную сбытовую сеть и создаст предпосылки для улучшения фирменного образа.

Появление на рынке строительства новых строительных материалов и изделий – это возможность для покупателей сделать правильный выбор для реализации своих потребностей. И необходимо предпринять все возможные действия, чтобы опилкобетонный кирпич занял свою нишу на современном рынке строительных материалов.

Литература

1. Алехин, Ю. А. Экономическая эффективность использования вторичных ресурсов в производстве строительных материалов / Ю.А. Алехин, А.Н. Люсов. – М.: Стройиздат, 1998. – 344 с.

2. Цепаев, В. А. Легкие конструкционные бетоны на древесных заполнителях / В.А. Цепаев, А.К. Яворский, Ф.И. Хадонова. – Орджоникидзе: Ир, 1990. – 134 с.

3. Цепаев, В.А. Нормирование расчетных характеристик опилкобетона / В.А. Цепаев // Изв. вузов. Строительство. – 1998. – № 11 – 12. – С. 50 – 54.

4. Цепаев, В.А. О предельном уровне напряжения сжатия в кладке из опилкобетона/ В.А.Цепаев, М.А. Лебедев // Жилищное строительство. – 2008. – № 9. – С. 8-9.

5. Дурович, А.М. Маркетинг в предпринимательской деятельности / А.М. Дурович. – М.: Дело, 1997. –287 с.

6. Кретов, И.И. Маркетинг на предприятии / И.И. Кретов. – М.: Инфарм, 1997. – 251 с.

Некоторые особенности оценки акустического качества небольших учебных помещений

Основной задачей акустического благоустройства небольших учебных помещений является создание в них хорошей слышимости. Это достигается путем:

- исключения проникающего шума извне за счет обеспечения надежной звукоизоляции ограждающих конструкций и снижения шума инженерного и санитарно-технического оборудования;
- создания оптимального времени реверберации и выбора звукопоглощающей облицовки;
- обеспечения четкости и разборчивости речи (артикуляция);
- усиления уровня прямого звука на удаленных участках помещения (при его длине более 10 м) и обеспечения всех слушательских мест достаточной звуковой энергией за счет первых полезных отражений с временем запаздывания отраженного звука, не превышающего 20-25 мс.

Для простых форм небольших учебных помещений (прямоугольника, трапеции) пределы основных отношений длины, ширины, высоты находятся в интервале от 2,5:1,5:1,0 до 4,5:2,5:1,0. Общий воздушный объем учебного помещения рекомендуется принимать исходя из удельного объема (3,5-4,5 м³ на одно место).

Для наилучшей разборчивости речи желательно, чтобы разность ходов отраженного и прямого луча не превышала 8,5 м. При этом следует брать истинные длины указанных отрезков, а не их проекций на чертеже.

При расчетах разности ходов высота источника над полом кафедры принимается равной 1,5 м (уровень рта лектора), а высота точки приема над полом – равной 1 м для детей и подростков и 1,2 м для студентов (уровень уха сидящего слушателя).

Для наилучшей слышимости наиболее удаленных от источника звука слушательских мест необходимо при проектировании аудитории контролировать распределение и запаздывание первых звуковых отражений от стен и потолка с помощью геометрических построений.

Плоское горизонтальное очертание потолка способствует отражению поступающего на него звука на заднюю стену, а не на слушателей. К тому же, примыкая под прямым углом, потолок дает после вторичного отражения звука запаздывающее обратное отражение к источнику (так называемое «гулкое» или «театральное» эхо). Часть звука, отраженного от потолка, попадает в расположенные на расстоянии менее 10 м от источника передние ряды слушателей, для которых слышимость достаточно обеспечить одним прямым звуком.

Для улучшения слышимости задних мест аудитории необходимо

участок потолка, примыкающего к задней стене, выполнить наклонным. В результате этого отраженный наклонной частью потолка звук, мало запаздывая по сравнению с прямым, направляется непосредственно на задние ряды слушателей.

Для увеличения звуковой энергии первых отражений от стен, приходящую к слушателям, наклон настенных щитов должен быть в сторону слушателей.

При очень высокой передней части аудитории запаздывание отраженного потолком звука по отношению к прямому может превысить установленные пределы. Для улучшения распределения отраженного передней частью потолка звука и направления его к более удаленным рядам нужно устанавливать над кафедрой отражатели. Поверхностная плотность отражателя должна быть не менее 20 кг/м^2 , а материал, из которого он сделан, должен иметь малый коэффициент звукопоглощения ($\alpha \leq 0,1$).

Отклонения от параллельности двух стен на $2,5-3^\circ$ или одной на $5-6^\circ$ ослабляет возможность образования порхающего эха.

При проектировании главным образом должны учитываться требования СНиП 23-03-2003 «Защита от шума».

Одним из основных критериев оценки акустических качеств помещения является время реверберации, то есть время, в течение которого происходит затухание звука. Следовательно, сам процесс затухания звука в помещении после выключения источника называется реверберацией. Время реверберации хорошо характеризует общую гулкость аудитории.

Для достижения высокой разборчивости и четкости речи в учебном помещении частотная характеристика времени реверберации прежде всего должна быть ровной в диапазоне частот от 250 до 4000 Гц.

С целью оценки акустического качества учебного помещения проводились измерения времени реверберации аудитории П-422 (объемом 217 м^3) в ННГАСУ. При измерении использовался двухканальный шумомер-анализатор спектра Larson&Davis типа 2900В.

В ходе измерения времени реверберации аудитории П-422 была использована установка, состоящая из двух трактов.

В качестве звукового сигнала (передающий тракт) использовались звуковые импульсы взрывного типа (холостые выстрелы из пистолета).

Приемный измерительный тракт состоял из:

- микрофона конденсаторного ненаправленного – приемник давления;
- двухканального шумомера-анализатора спектра Larson&Davis типа 2900В заводской № 1089 с капсулями микрофона типа 2559 заводской № 2879 и № 2832, предусилителем типа КММ 400 заводской № 01154 и № 01179.

Измерения времени реверберации помещения проводилось в 16

третьоктавных полосах со средними геометрическими частотами от 100 до 3150 Гц.

При проведении измерений времени реверберации звуковое поле в аудитории создавалось при холостом выстреле пистолета (передающий тракт).

Регистрация процесса реверберации проводилась приемным трактом после холостого выстрела.

При проведении измерений в каждой точке необходимо было получить требуемое для статистического анализа число записей с динамическим диапазоном сигнал/фон не менее 35 дБ.

В ходе эксперимента в аудитории было выбрано 4 точки измерения. В каждую из них последовательно устанавливался микрофон. Микрофон при измерениях располагался на расстоянии не менее 1 м от ограждающих конструкций и от источника звука не менее чем на 1/4 длины помещения.

Процесс реверберации записывается в памяти прибора (двухканальный шумомер-анализатор спектра Larson&Davis типа 2900B).

Каждую из полученных записей уровнеграмм процесса реверберации, которые выводятся на дисплей прибора из его памяти, аппроксимировали прямой линией на участке от -5 до -35 дБ по отношению к начальному уровню звукового давления.

Измерения представлены в виде таблицы частотной зависимости времени реверберации (таблица 1) и построен график частотной характеристики времени реверберации (рисунок 1) с помощью программы Microsoft EXCEL.

Таблица 1

Частотная зависимость времени реверберации

Гц	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	среднее значение
100	0,64	0,64	0,6	0,6	0,62
125	0,44	0,44	0,48	0,48	0,46
160	0,56	0,56	0,52	0,52	0,54
200	0,76	0,76	0,78	0,69	0,75
250	0,65	0,66	0,56	0,55	0,61
315	0,64	0,56	0,44	0,63	0,57
400	0,56	0,58	0,6	0,6	0,59
500	0,64	0,77	0,59	0,65	0,66
630	0,61	0,67	0,65	0,6	0,63
800	0,67	0,73	0,64	0,78	0,71
1000	0,68	0,67	0,63	0,67	0,66
1250	0,61	0,69	0,65	0,71	0,67
1600	0,62	0,61	0,57	0,72	0,63
2000	0,55	0,61	0,61	0,71	0,62
2500	0,6	0,57	0,58	0,53	0,57
3150	0,54	0,56	0,57	0,61	0,57

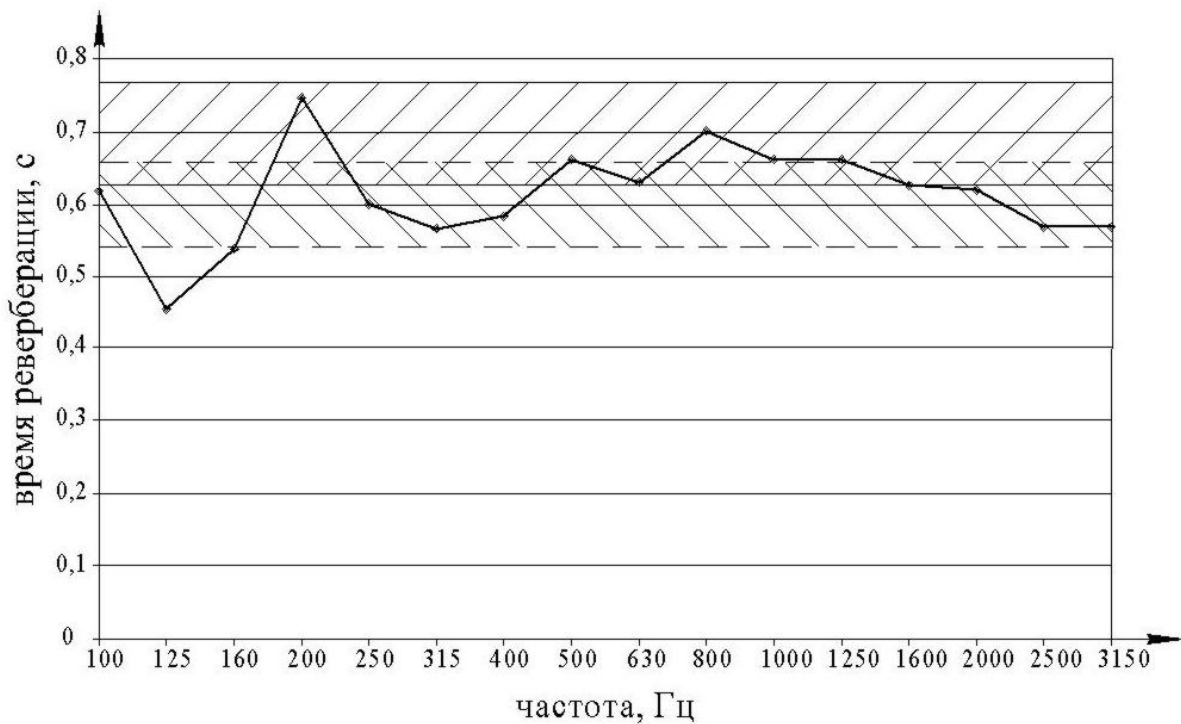


Рис. 1. График частотной характеристики времени реверберации

Для аудитории объемом 217 м^3 рекомендуемое оптимальное время реверберации $0,6-0,7 \text{ с}$. На графике указаны области $+10\%$ и -10% от $0,6 \text{ с}$ и от $0,7 \text{ с}$. В итоге измеренное время реверберации аудитории П-422 в ННГАСУ находится в области оптимальных значений на всех частотах за исключением частоты 125 Гц .

Литература

1. СНиП 23-03-2003. Защита от шума: строит. нормы и правила: утв. Госстроем России 30.06.03: взамен СНиП П-12-77: дата введ. 01.01.04. — М.: ГУП ЦПП, 2004. — 34с.
2. Рекомендации по созданию оптимального акустического режима в учебных помещениях: рекомендации для архитекторов, проектировщиков, инженеров-акустиков / ЦНИИЭП учебных зданий Госгражданстроя. — М.: Стройиздат, 1983. — 48с.: ил.
3. Ковригин, С.Д. Архитектурно-строительная акустика: учеб. пособие для вузов. — М.: Высш. шк., 1980. — 184 с.: ил.

УДК 624.943

А.С. Майоров

К вопросу об экономичном проектировании большепролетных рам непрерывного переменного сечения

В своем развитии проектирование металлоконструкций имеет стремление к уменьшению их стоимости «в деле». В этом контексте сварные рамы непрерывного переменного сечения решают

рассматриваемую проблему энергосбережения несущих конструкций по сравнению с традиционными рамами со ступенчатыми колоннами и сквозными ригелями. Наиболее весомое значение это имеет в большепролетных рамах.

В данной статье выполнен расчет и проектный анализ трех вариантов двухпролетных рам пролетами по 51м из сварных двутавров переменной жесткости с различными геометрическими параметрами в характерных сечениях ригеля. Анализ проводился по расходу стали на ригель, как наиболее металлоемкий элемент рамы, при удовлетворении его условиям прочности и устойчивости.

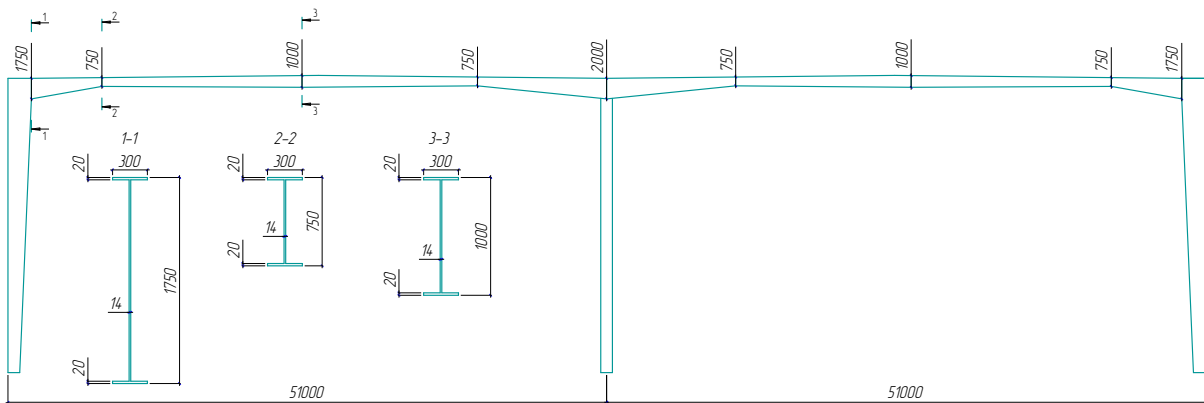


Рис.1. Расчетная схема двухпролетной рамы (вариант 1)

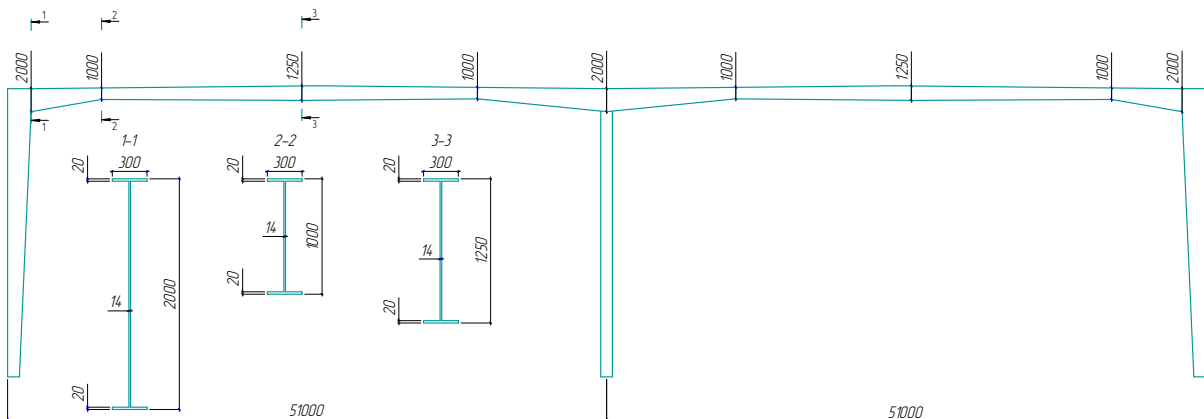


Рис. 2. Расчетная схема двухпролетной рамы (вариант 2)

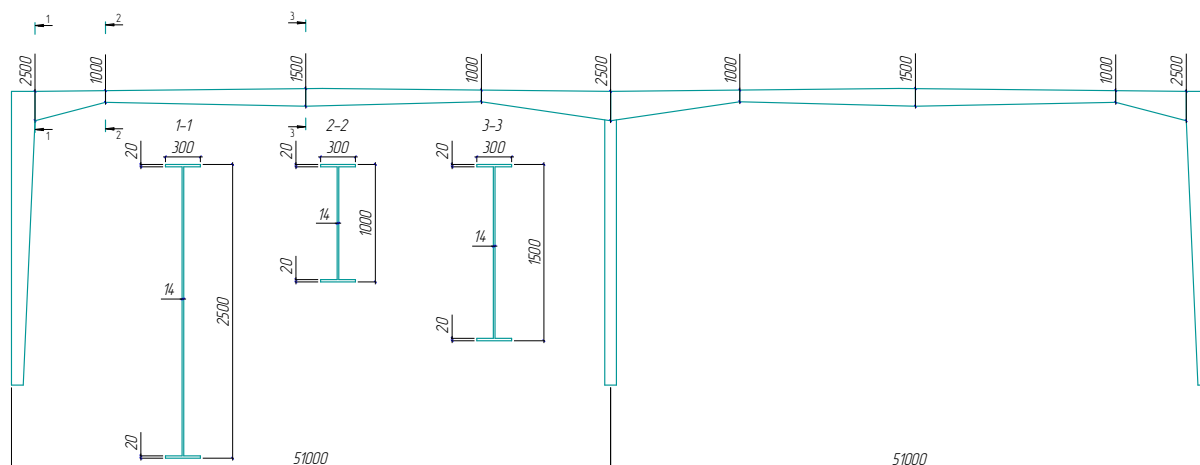


Рис. 3. Расчетная схема двухпролетной рамы (вариант 3)

За показатель экономичности сечения ригеля принят параметр W/A , где W – момент сопротивления профиля; A – площадь сечения профиля. Чем выше это отношение, тем меньшая масса металла необходима для увеличения сопротивления профиля на изгиб. Необходим оптимальный выбор размеров.

Прокат двутавровых профилей производительнее изготовления сварных элементов. Но сварные конструкции с желаемыми соотношениями размеров снижают расход металла и делают их более экономичными и более рентабельными по стоимости по сравнению с прокатными. Поэтому здесь и рассматриваются сварные рамы.

Для загрузки данных рам основными нагрузками (снег, вес покрытия, собственный вес, ветер) требуются весьма значительные моменты сопротивления W . Соответственно необходимо выбрать экономичные размеры сечений, чтобы не только добиться экономии в расходе материала, но и чтобы они удовлетворяли обоим условиям прочности и устойчивости по I и II предельным состояниям.

При расчете этих 3 вариантов рам без строительного подъема оказалось, что некоторые из них не удовлетворяют условию по II предельному состоянию. Величины прогибов f ригелей в первых двух вариантах оказались выше допустимых $[f_{ult}] = 107$ мм:

вариант 1 - $f = 274$ мм $h_p = 1000$ мм

вариант 2 - $f = 175$ мм $h_p = 1250$ мм

вариант 3 - $f = 90$ мм $h_p = 1500$ мм

Для снижения прогиба большепролетных ригелей от собственного веса покрытия в них, как правило, устраивают строительный подъем. Приближенный расчет в первом приближении показал, что его надо принимать в пределах $(0,2 \div 0,1)$ м. в зависимости от варианта высоты ригеля. Соответственно высота строительного подъема в первых двух вариантах была принята (в 1-м – 0,2 м, во 2-м – 0,1 м). Значения прогибов получились в пределах допустимых.

Вариант увеличения размеров сечений (высота стенки, ширина и толщина поясов), которые влияют на изменение прогиба, тоже имеет место, но такой вариант экономически нецелесообразен, поскольку по сравнению со строительным подъемом расход металла намного больше.

Статический расчет рамы со строительным подъемом производился с помощью ППП SCAD v11.1. При выполнении расчета использовалась стержневая аппроксимация элементов рамы. Ригель рамы разбивался на отдельные участки. Высоту сечения на участках принимали постоянной и равной среднему значению высот на концах участка. Шаг разбиения приняли 1м, который дал достаточно точные результаты. За исходные геометрические параметры двутавров, которые необходимы при расчете в первом приближении принимались исходя из материалов [4]. Усилия M, N и Q определялись от каждого нагружения в отдельности. На все виды нагрузок (снег, ветер, вес покрытия, собственный вес) составлена таблица расчетных сочетаний усилий. Сравнение расчетных усилий (M) в рамах без строительного подъема и с принятым строительным подъемом показывает, что последний существенно перераспределяет изгибающий момент в сторону относительного выравнивания его по абсолютной величине. Так в середине пролета уменьшение величины M составило 14,3%.

Расчет на прочность (по I предельному состоянию) производился от двух расчетных сочетаний усилий: $M_{max} - N_{соотв}, Q_{соотв}$; $N_{max} - M_{соотв}, Q_{соотв}$. Комбинации нагружения – все постоянные нагрузки + две временных с коэффициентом сочетаний 0,9. Определяющим для расчета элементов ригеля на прочность и устойчивость служит приведенный относительный эксцентриситет m_{ef} . При $m_{ef} < 20$ расчет на прочность не требуется и элементы рассчитываются только на устойчивость; если $m_{ef} > 20$, то для сплошностенчатых стержней расчет выполняется как для изгибаемых элементов. В расчете сжато-изгибаемых элементов рамы ($m_{ef} < 20$) при определении коэффициента φ_e возникает проблема определения расчетной длины l_{ef} ригеля. Ее можно найти, используя материалы [4] или [3], но точнее и экономичнее с точки зрения расхода металла расчетную длину следует определять по деформированной схеме ригеля рамы.

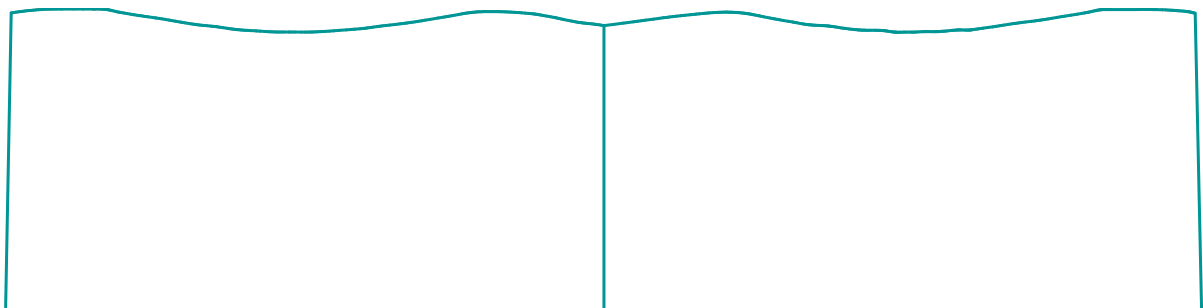


Рис. 4 . Деформированная схема ригеля от действия вертикальных нагрузок (собственный вес покрытия + снег на всю длину ригеля)

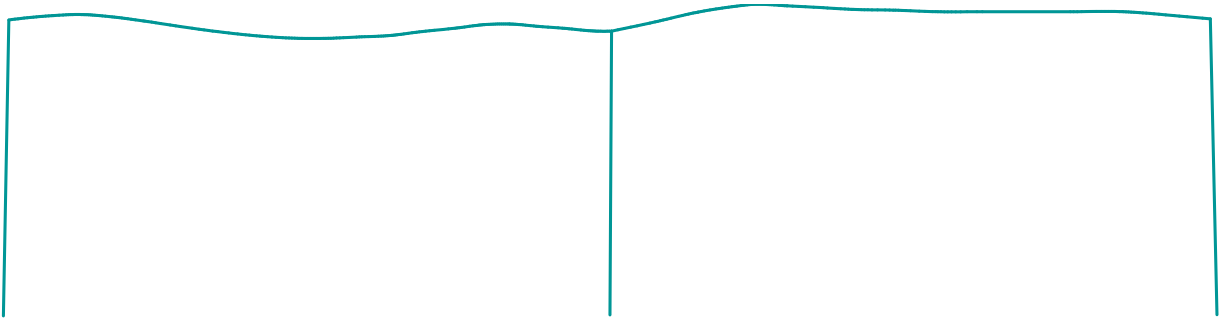


Рис.5. Деформированная схема ригеля от действия вертикальных нагрузок (собственный вес покрытия + снег на половину длины ригеля)

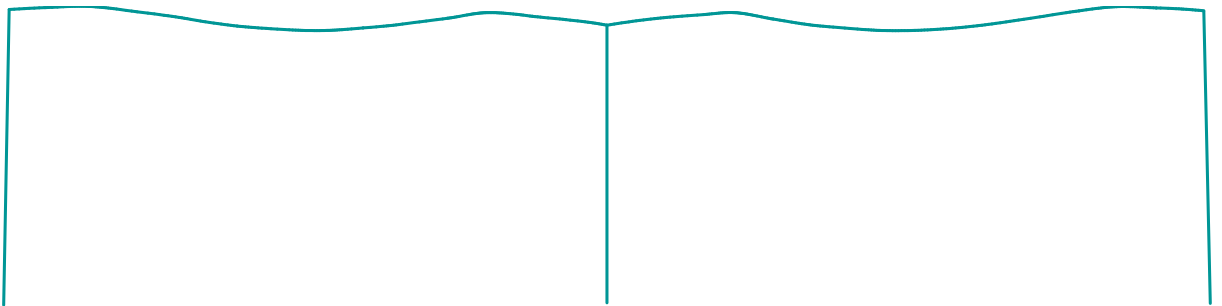


Рис.6. Деформированная схема ригеля от действия вертикальных нагрузок (собственный вес покрытия + снег на середину длины ригеля)

Расстояние между точками перегиба и будет являться расчетной длиной ригеля. Точное положение точек перегиба определяют путем дифференциального анализа деформированной оси элемента (в нашем случае ригеля). В данной статье в первом приближении за точки перегибов деформированной оси принято значение изгибающего момента $M = \frac{d^2W}{dx^2} = 0$, полагая, что в них имеют место точки перегиба на основании исследований [6].

В результате расчета по I предельному состоянию все характерные сечения ригеля во всех трех вариантах удовлетворяли условиям прочности и устойчивости.

Расчет по II предельному состоянию производился в соответствии с [1] от действия нормативных нагрузок. Максимальный прогиб f определяется от загрузки – собственный вес покрытия + снег на половину длины ригеля, с помощью ППП SCAD v.11.1. Результаты по прогибам за вычетом строительного подъема получены следующие: (в 1-м варианте – $f = 60$ мм, во 2-м – $f = 94$ мм). На основании всех расчетов к проектированию принят вариант – 1, как наиболее экономичный по расходу металла.

Выводы

1. Строительный подъем ригеля существенно изменяет перераспределение усилий в сторону снижения изгибающего момента M в расчетных сечениях.

2. Конструктивный расчет 1-го варианта рамы со сплошностенчатым ригелем и строительным подъемом показал, что сравнительный расход стали оказался относительно больше, чем в аналогичных рамах со сквозными ригелями [5].

Однако, учитывая более высокую трудоемкость изготовления сквозных ригелей по сравнению со сплошностенчатыми сварными, выполненными автоматической сваркой, приведенные затраты по стоимости конструкции «в деле» делают более экономичными сплошностенчатые ригеля рам.

Литература

1. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия : утв. Госстроем СССР 29.08.85 : дата введ. 01.01.87. – М. : ГП ЦПП, 2003. – 44 с.

2. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции: строит. нормы и правила : утв. Госстроем СССР 14.08.81: взамен СНиП II-В.3-72 ; СНиП II-И.9-62 ; СН 376-67 : дата введ. 01.01.82. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1990. – 96 с.

3. Металлические конструкции: учебник для строит. вузов. – В 3 т. / В. В. Горев [и др.] ; под ред. В. В. Горева. – 3-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2004. – Т. 2. – 528 с. : ил.

4. Здания с каркасами из стальных рам переменного сечения (расчет, проектирование, строительство) : науч. изд. / В. В. Катюшин; под ред. О.Санкина. – М. : Стройиздат, 2005. – 656 с. : ил.

5. Металлические конструкции. Современное состояние и перспективы развития : науч. изд. для инженер.-техн. работников проект., конструкт. и науч.-иссл. организаций / Н. П. Мельников ; под ред. В. Л. Соколова. – М. : Стройиздат, 1983. – 543 с. : ил.

6. Фролагин, А. А. Устойчивость двухпролетной стальной рамы переменного сечения с внутренней этажеркой : дис... магистра техн. наук. – Н. Новгород, 2009.

УДК 691.5

М.С. Михайлов

Применение строительных материалов на основе гипсовых вяжущих при строительстве малоэтажных зданий

Объемы малоэтажного жилищного строительства растут из года в год. По некоторым оценкам доля такого строительства составляет более 45% от общего объема вводимого жилья в стране, а в некоторых регионах

– до 75%. Использование для такого строительства материалов и изделий, применяемых в массовом жилищном строительстве больших городов часто не эффективно ввиду высокой стоимости материалов и изделий, сосредоточения их производства в промышленных центрах.

Современные методы энергосбережения, архитектурной выразительности, долговечности, комфортности малоэтажного жилья требуют новых подходов к разработке и выбору строительных систем, технологии и монтажа конструкций и инженерного обеспечения жилых домов. Существующая база промышленности строительных материалов нуждается в значительной модернизации, направленной на применение новых технологий и создания новых видов строительных материалов и изделий, позволяющих строить доступное качественное жилье.

Использование составов на основе гипсовых вяжущих обусловлено во многом совокупностью положительных свойств, присущих только данной группе материалов. В первую очередь, это отсутствие усадочных деформаций, быстрый набор прочности, хорошие тепло- и звукоизолирующие свойства, огнестойкость, также хорошие экологические характеристики и высокая паропроницаемость.

Широкое использование гипсовых вяжущих при возведении и отделке зданий и сооружений в нашей стране особенно актуально, так как:

- половина запасов мировых разведанных месторождений гипса находится на территории России;
- себестоимость производства гипсового вяжущего более чем в 5 раз ниже себестоимости производства цемента;
- на производство 1 т гипсовой продукции расходуется до 6 раз меньше энергии, чем при производстве такого же количества цемента;
- использование материалов на основе гипсовых вяжущих создает более комфортные условия для пребывания человека в помещении в различных климатических зонах при большом диапазоне изменения температурно-влажностных параметров;
- сроки производства работ с использованием бетонов и растворов на основе гипсовых вяжущих в несколько раз ниже, чем при работе с аналогичными материалами на основе портландцемента.

Повышение цен на топливо обусловило быстрый рост добычи, потребления природного гипсового камня и производства из него гипсовых вяжущих и строительных материалов на его основе во всех развитых странах.

В 60-70-х годах прошлого столетия широко применялись гипсобетонные крупноразмерные панели перегородок и оснований под полы (более 600 тыс. м² в год), мелкоштучные перегородочные плиты (перегородки из кирпича или железобетона встречались очень редко), широко применялись для отделочных работ гипсокартонные листы. Возводились здания со стенами из бетонов на основе влагостойких гипсовых вяжущих и заполнителей из различных техногенных отходов

(шлаки, опилки). Выпускались гипсобетонные стеновые камни, из которых построено большое количество малоэтажных зданий.

В настоящее время перегородки в жилых и административных зданиях в основном возводят из кирпича, бетонных, керамзитобетонных стеновых камней, блоков из ячеистого бетона. В офисных помещениях широко применяются комплектные системы Кнауф из гипсокартонных листов. Началось применение гипсоволокнистых листов при устройстве полов, подвесных потолков внутри помещений с относительной влажностью воздуха до 75 %. Слабо применяются влагостойкие гипсовые вяжущие, несмотря на большие достижения в данной области.

Это можно объяснить недостаточной информированностью технической и предпринимательской общественности, боязнью строителей применять гипсовые бетоны в несущих и наружных конструкциях зданий. Наиболее эффективным способом повышения влагостойкости гипсовых вяжущих является введение в него веществ, вступающих с ним в химическое взаимодействие с образованием влагостойких и твердеющих в воде продуктов.

Последние исследования по повышению влагостойкости гипсовых вяжущих позволили получить влагостойкие гипсовые вяжущие нового поколения - гидравлические композиционные гипсовые вяжущие низкой водопотребности и бетоны на их основе.

Новые вяжущие представляют собой гомогенную активированную смесь любого гипсового вяжущего с гидравлическим компонентом – органоминеральным модификатором (ОММ) гипсовых вяжущих, предварительно получаемым механохимической активацией портландцемента, кремнеземистой добавки и суперпластификатора. Введение его в гипсовое вяжущее в надлежащем количестве обеспечивает высокие показатели прочности, влагостойкости и долговечности.

Для регулирования сроков схватывания вводят замедлители и ускорители схватывания.

Разработаны и изучены различные бетоны на основе модифицированных вяжущих. Эти бетоны могут применяться аналогично бетонам на портландцементе.

Наибольшее значение имеют стеновые и перегородочные изделия, а также отделочные, включая декоративные, производство и применение которых будут развиваться.

Экспериментальное строительство малоэтажных домов с применением несъемной опалубки из ЦСП и модифицированного пеногипса подтвердило высокую эффективность такой строительной системы. Строительство одноквартирного дома по данной технологии (без отделки) занимает 5 – 7 дней (при готовом фундаменте).

Производство изделий из гипсовых вяжущих отличается быстротой приобретения распалубочной (через 7...30 мин), отпускной и конечной

прочностей (через 1...3 сут.). Изделия на вяжущих низкой водопотребности твердеют и приобретают отпускную влажность без сушки.

Производство и применение изделий из бетонов на основе влагостойкого гипсового вяжущего низкой водопотребности характеризуются рядом преимуществ перед изделиями из бетонов на других вяжущих, в том числе и на портландцементе, а именно:

- используются только экологически чистые исходные материалы;
- малый расход условного топлива и энергии за счет изготовления изделий без тепловой обработки;
- увеличивается оборачиваемость формовочного оборудования (бортоснастки, опалубки, форм) в несколько раз, т.к. уже через 15...20 мин может осуществляться распалубка;
- не требуется искусственная сушка изделий;
- снижается себестоимость за счет использования местного сырья и техногенных отходов с одновременным решением экологических проблем.

Примером длительной эксплуатации жилых домов из гипсовых материалов являются здания, возведенные в Нижегородской области в 1930–1960 гг. В этот период были построены жилые дома и промышленные здания в г. Н.Новгород, г. Кулебаки, селах Арзамасского и Бутурлинского районов. На территории Горьковского инженерно-строительного института под руководством заведующего кафедрой строительных материалов профессора, доктора технических наук А.Г. Панютина были построены опытные здания из гипсошлаковых блоков. Постройки гипсовых зданий оказались настолько эффективными с технической и экономической стороны, что в селах строились целые улицы новых домов только из гипсовых блоков.

Результаты обследований и наблюдений показали, что за время эксплуатации материалы сохранили высокие физико-механические показатели, и вместо планируемых 10-15 лет эксплуатировались 30 лет и более. По отзывам жильцов, дома имели хорошую тепло- и звукоизоляцию и достаточно комфортный микроклимат.

В настоящее время в г. Н.Новгороде эксплуатируются несколько зданий, построенных в середине прошлого столетия. Безусловно, за это время у зданий появились отдельные дефекты, но в основном причиной дефектов стала неправильная эксплуатация, ошибки проектирования и отдельные конструктивные недостатки зданий. Следует отметить, что в конструкциях домов использовались не влагостойкие гипсовые вяжущие, имеющие невысокие прочностные характеристики. Как правило, коэффициент размягчения для таких материалов не превышает 0,4, а марочная прочность при сжатии 4-6 МПа.

Мониторинг эксплуатации этих зданий и состояния несущих и ограждающих конструкций, позволил выявить недостатки отдельных конструктивных решений зданий и разработать рекомендации по

проектированию несущих и ограждающих конструкций из материалов на основе модифицированных гипсовых вяжущих.

В Австралии и Китае построены и эксплуатируются более 100 зданий различного назначения. В Индии для реализации национальной программы по строительству социального жилья планируется построить миллионы квадратных метров жилья с применением гипсовых вяжущих. Экспериментальные малоэтажные здания построены в США, где почти 60% гипсовых материалов производится из импортного сырья.

На данный момент в России сложилась парадоксальная ситуация с применением гипсовых вяжущих в строительстве, при огромных запасах природного гипса в России его потребление в несколько раз ниже, чем в развитых зарубежных странах, в России практически не используются синтетический гипс и гипсодержащие отходы.

Несмотря на большое количество преимуществ, используются они в основном при производстве достаточно дорогой продукции – гипсокартонных и пазогребневых плит, а также сухих строительных смесей для отделочных работ и устройства полов в помещениях с нормальным режимом эксплуатации.

Также одним из сдерживающих факторов применения материалов на основе гипсовых вяжущих при возведении зданий и сооружений является отсутствие информации об опыте их эксплуатации, условиях воздействия влажности и знакопеременных температур.

Результаты лабораторных испытаний в данном случае не могут побороть инертности строителей, у которых сформировалось отношение к ним как к материалам, не обладающим достаточной прочностью, водостойкостью и долговечностью. Даже в традиционных областях применения гипсовых вяжущих, таких как штукатурки и полы, среди строителей часто бытует мнение, что гипсовые материалы лучше не использовать.

Следует подчеркнуть, что организация производства применения гипсовых материалов не требует больших инвестиций, которые к тому же быстро окупаются. Такие производства по плечам малому и среднему предпринимательству.

Учитывая кризисную ситуацию, складывающуюся в экономике страны, для Нижегородской области, обладающей большими гипсовыми месторождения, применение модифицированных гипсовых вяжущих может стать своевременным решением при выборе материала для различных видов строительных конструкций, которое позволит стать реальным вкладом в реализацию национальной программы «Доступное и комфортное жилье гражданам России». Прежде всего это значительное снижение стоимости квадратного метра за счет применения местных строительных материалов, создание дополнительных рабочих мест, привлечение инвестиций в регион.

Литература

1. Гипс в малоэтажном строительстве/ А. В.Ферронская (и др) ; под общ. ред. Ферронской А.В. – М.: АСВ, 2008.
2. Коровяков, В.Ф. Эффективные строительные материалы для малоэтажного строительства / В.Ф. Коровяков // Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий: матер. семинара. – Волгоград, 2008.
3. Панютин, А.Г. Строительный гипс в стеновых конструкциях малоэтажных зданий / А.Г. Панютин. – М.: Госстройиздат, 1959.
4. Ферронская, А.В. Опыт применения гипсовых материалов и изделий в строительстве (отечественный и зарубежный) / А.В. Ферронская // Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий: матер. семинара. – Уфа, 2004.

УДК 624.074.433

Е.К. Мокеичева

Зависимость показателей масс цилиндрических сетчатых оболочек от изменения основных проектировочных параметров

В мировой строительной практике пространственные покрытия в виде оболочек из металлических стержней получили очень широкое распространение. Оболочка представляет собой изогнутую поверхность, которая при минимальной толщине и соответственно минимальной массе и расходе материала обладает очень большой несущей способностью. Основными условиями конструирования пространственных стержневых систем будут усилия сжатия.

Статический расчет пространственно стержневых конструкций в настоящее время выполняется на ЭВМ по специальным универсальным программам, в нашем случае использовалась программа SCAD.

При выборе расчетных схем главной и первоочередной задачей является отражение конструктивных особенностей существующего здания. Для решения этой задачи требовалось проанализировать и рассмотреть все возможные варианты.

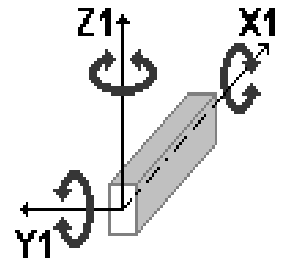
Было составлено 22 расчетных схемы, различающиеся между собой следующими параметрами: использованием различного типа элементов (ТЭ №4, ТЭ №5), то есть задавались ограничения поворота стержней в пространстве относительно местных осей; наличием в узлах примыкания стержней к опорам связей с разными степенями свободы, вводом дополнительных элементов – затяжек. Рассматривались расчетные схемы в виде: одинарной пространственной шарнирно-стержневой системы; двух параллельных одинарных оболочек, соединенных дополнительными стержневыми элементами; двух параллельных оболочек, соединенных

стержневыми элементами, при этом каждая из оболочек представляет собой пространственную шарнирно-стержневую систему с направлением стержней только в одном направлении; одинарных пространственных шарнирно-стержневых систем с введенными в различных направлениях шарнирами.

Оболочка задается в соответствии с реальными размерами, но анализируется и рассматривается только отдельная полоса. Данная полоса берется из центра части оболочки, где на работу стержней не оказывают влияния распределение усилий от торцовых ферм (которые имеются в наличии) и в результате чего получаем усилия, возникающие непосредственно в самой оболочке от действия задаваемых нагрузок.

Сравнение расчетных схем проводится по значениям усилий и перемещений, а также по схожести с результатами, полученными при расчете цилиндрической оболочки приближенным методом.

В результате проведенного анализа была отобрана одна схема, которая отвечает всем выше изложенным требованиям. Расчетная схема оболочки представляет собой две параллельные плоскости, соединенные дополнительными стержневыми элементами. При этом каждая из плоскостей представляет собой пространственную шарнирно-стержневую систему с направлением стержней только в одном направлении. Дополнительный элемент имеет длину, равную высоте сечения 90мм, по концам поставлены шарниры, позволяющие поворот относительно оси Z .



Следующим этапом исследования являлось определение оптимального и экономически выгодного сечения. Для возможности экономического сравнения вариантов был принят метод направленного перебора попыток. По существующей методике расчета металлических конструкций подбор сечения связан с нахождением оптимальных размеров сечения элементов при условии минимального веса.

Рассматривались различные варианты сечений: двутавр, швеллер, труба, составное сечение из двух уголков. Применяя их ко всей оболочке в целом, получили расчетные характеристики и коэффициент использования для каждого сечения, и уже по этим данным можно провести сравнительный анализ для нахождения эффективного и экономически выгодного сечения.

В результате проведенного расчета оказалось, что Z - образный профиль, примененный в цилиндрической оболочке В.Г. Шуховым, не отвечает требованиям действующих норм [1], [2]. Все элементы проверенной полосы оболочки имеют значительное превышение коэффициента использования от $1,62-3,49 > 1$. Сечения не проходят проверки на прочность при действии изгибающих моментов M_y и прочности при совместном действии силы и изгибающего момента без учета пластики [1, С.12, С.14-15]. Не проходят проверки на устойчивость

при сжатии с изгибом в двух плоскостях X, O, Y [1, С. 18, С. 24]. Полученные при расчете деформации оказались не допустимыми – перемещения относительно оси Z составили 186,95 мм и превышают значение, заложенное нормами $l/200 = 99$ мм [1] п.6.1. Это говорит о том, что стержни теряют несущую способность, а система подвергается не допустимым деформациям и теряет устойчивость, то есть разрушается.

В таблицу 1.1 собраны сведения о примененных сечениях, площади поперечного сечения и массы оболочек при использовании данных профилей.

Таблица 1

Зависимость расхода материала от вида поперечного сечения

Тип сечения	Площадь сечения, мм ²	Полоса		Оболочка		Расход материала, кг/м ²
		L , м	m , т	L , м	m , т	
Z-образный профиль	1392	45,56	0,498	1366,8	14,940	16,39
Двутавр нормальный 18Б1	1958	45,56	0,700	1366,8	21,00	23,04
Труба квадратная 100x5	1900	45,56	0,679	1366,8	20,37	22,35
Труба прямоугольная 140x100x4	1790	45,56	0,640	1366,8	19,20	21,07
Труба круглая D127x5	1915	45,56	0,685	1366,8	20,55	22,54
Швеллер с параллельными гранями полк 12П	1810	45,56	0,647	1366,8	19,41	21,29
Уголки равнополочные L60x10	4560	45,56	1,631	1366,8	48,93	53,68
Уголки неравнополочные L90x56x8	2812	45,56	1,006	1366,8	30,18	33,11

Из таблицы видно, что масса оболочки минимальна при использовании сечения в виде прямоугольной трубы 140x100x4 и массой оболочки $m = 16,460$ т, хотя и превышает массу оболочки при использовании Z - образного профиля.

В соответствии с выходными данными таблицы была построена диаграмма расхода материала от типа поперечного сечения. Расход материала определяется отношением массы оболочек по заданным поперечным сечениям к площади перекрываемой поверхности.

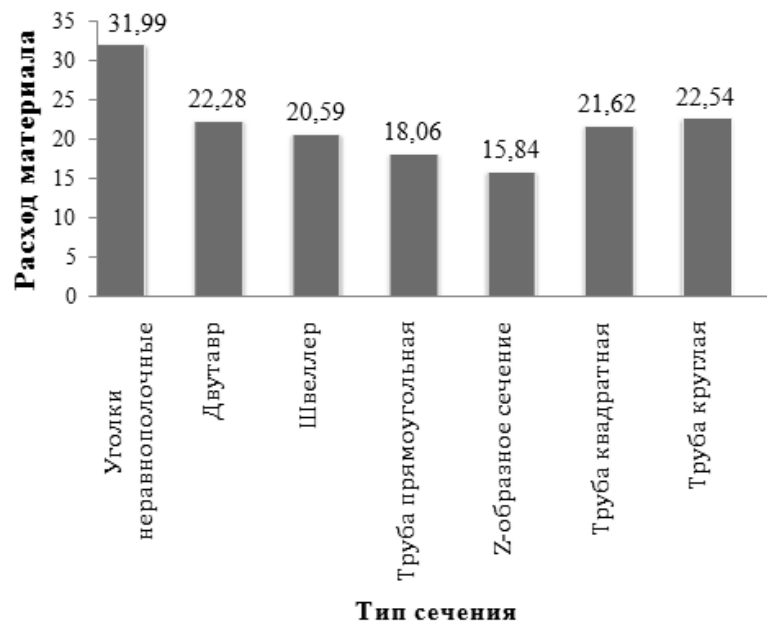


Рис. 1. Диаграмма расхода материала от типа поперечного сечения

Анализируя данные диаграммы можно сделать вывод о том, что имеется закономерность распределения расхода материала от геометрических характеристик сечения и выгодным является сечение в виде прямоугольной трубы.

Исследование закономерностей веса сетчатой оболочки в данной работе относится к первой категории технико-экономических задач конструирования и связано с компоновкой элементов конструкции; в этой задаче основными аргументами являются: пролет, стрела подъема.

При анализе изменения веса сетчатых оболочек от изменения различных параметров сравниваются показатели веса подобных оболочек. Подобными считаются оболочки, обладающие геометрическим подобием схемы каркаса и сечений элементов.

Экономический эффект достигается в результате выбора рациональных систем элементов конструкций и надлежащего их размещения, приводящий к оптимальному соотношению экономии и надежности конструкции.

Исследование осуществлялось методом перебора, то есть проведением сравнительных расчетов сетчатых оболочек, отличающихся различными параметрами. Определение весовых характеристик производилось с помощью проектно-вычислительного комплекса (ПВК) SCAD.

Для оценки весовой характеристики оболочки используется показатель веса [4], представляющий собой затрату металла на единицу перекрываемой площади

$$q = \frac{G}{A_{\text{ОБОЛ}}},$$

где q – расход материала, кг/м²;

G – вес оболочки, кг;

$A_{\text{ОБОЛ}}$ – площадь перекрываемой поверхности, м^2 .

Для исследования закономерности веса оболочки от изменения величины пролета было рассмотрено 6 расчетных схем со стрелой подъема $f=4,4\text{м}$ (остается неизменной) и величиной пролета: 12м, 15м, 18м, 21м, 24м, 27м. В результате расчета для каждого пролета определили размер поперечного сечения и соответственно получили массу оболочки и расход материала. Оказалось, что подобранное прямоугольное сечение при пролете 19,82м (такой пролет применен Шуховым в цилиндрической оболочке) имеет меньший показатель расхода материала.

Таблица 2

Изменение величины пролета

Расчетная схема шириной	Результаты расчета				
	Прямоугольное сечение по ГОСТ 12336-66	Площадь сечения, мм^2	$L_{\text{обол}}$, м	$m_{\text{обол}}$, т	Расход материала, $\text{кг}/\text{м}^2$
$b_1=12\text{ м}$	100x70x4	1230	989,4	9,553	10,48
$b_2=15\text{ м}$	110x80x5	1690	1055,1	13,997	15,36
$b_3=18\text{ м}$	160x110x4	2030	1273,5	20,294	22,26
$b=19,82\text{ м}$	140x100x4	1790	1366,8	19,20	21,07
$b_4=21\text{ м}$	160x110x6	2940	1427,7	32,95	36,15
$b_5=24\text{ м}$	180x125x6	3360	1596,6	42,112	46,20
$b_6=27\text{ м}$	200x100x7	3790	1752,6	52,142	57,31

Для исследования закономерности веса оболочки от изменения стрелы подъема было рассмотрено 4 расчетных схемы со стрелой подъема: $f_1=\frac{1}{6}l$, $f_2=\frac{1}{4}l$, $f_3=\frac{1}{3}l$, $f_4=\frac{1}{2}l$. По результатам расчета получили меньший расход материала при стреле подъема, равной $f=\frac{1}{5}l=4,4\text{м}$, такое значение стреле подъема применял Шухов для цилиндрической оболочки.

Таблица 3

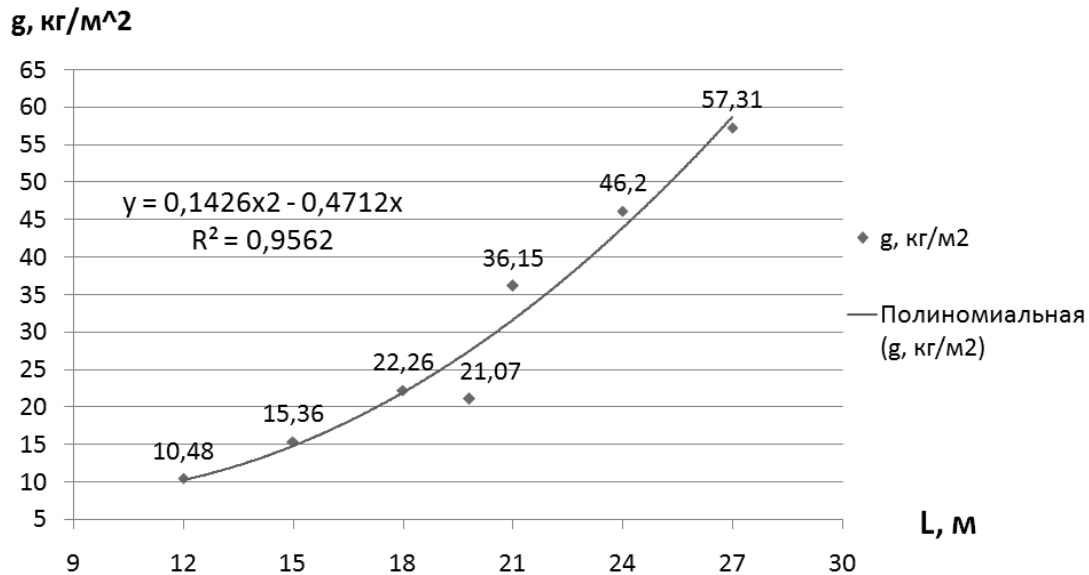
Изменение стрелы подъема

Расчетная схема со стрелой подъема	Результаты расчета				
	Размеры сечения	Площадь сечения, мм^2	$L_{\text{обол}}$, м	$m_{\text{обол}}$, т	Расход материал, $\text{кг}/\text{м}^2$
$f_1=\frac{1}{6}l=3,3\text{ м}$	160x110x5	2490	1328,4	25,966	28,54
$f=\frac{1}{5}l=4,4\text{ м}$	140x100x4	1790	1366,8	19,20	21,07
$f_2=\frac{1}{4}l=4,95\text{ м}$	160x110x5	2490	1426,5	27,883	30,65
$f_3=\frac{1}{3}l=6,6\text{ м}$	160x110x5	2490	1557	30,434	33,45

$f_4 = \frac{1}{2} l = 9,9\text{м}$	200x140x6	3780	1896,6	56,278	61,86
-------------------------------------	-----------	------	--------	--------	-------

На основании полученных данных построены графики зависимости расхода материала от длины пролета и зависимость расхода материала от стрелы подъема.

а)



б)

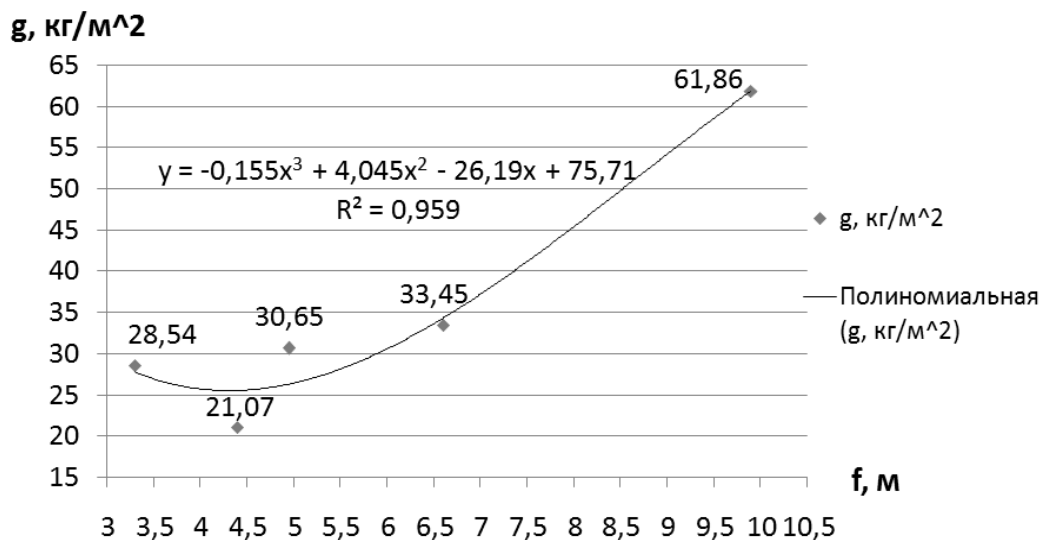


Рис. 2. Графики зависимостей:

а) расхода материала от длины пролета; б) расхода материала от стрелы подъема

Выводы

1. Расчетная схема оболочки представляет собой две параллельные плоскости, соединенные дополнительными стержневыми элементами. При этом каждая из плоскостей представляет собой пространственную шарнирно-стержневую систему с направлением стержней только в одном

направлении. Дополнительный элемент имеет длину, равную высоте сечения 90мм, по концам поставлены шарниры, позволяющие поворот относительно оси Z.

2. Оптимальным и экономически выгодным сечением для сетчатой цилиндрической оболочки является сечение в виде прямоугольной трубы.

3. Примененное Z-образное сечение Шуховым лежит в зоне минимального расхода материала. Но не отвечает требованиям действующих норм, не проходит проверки на прочность и устойчивость и является не достаточным.

4. Проведены исследования закономерности массы в зависимости от величины таких проектных параметров, как пролет и стрела подъема. Получены рациональные области этих параметров и аппроксимирующие формулы для определения показателя массы при вариантном проектировании.

Литература

1. СНиП II – 23 – 81* Стальные конструкции. Ч. 2 : [взамен СНиП II-В. 3-72; СНиП II-И. 9-62; СН 376-67: Срок введ. 01.01.82]. – М. : Центр. Ин-т типового проектирования, 1990. – 94с.

2. СНиП 2.01.07–85*. Нагрузки и воздействия: строит. нормы и правила: утв. Госстроем России 29.05.2003: взамен СНиП II-6-74: дата введ. 01.01.87.-М.: ГУП ЦПП, 2003. – 44с.

3. Стрелецкий, Н. С. Проектирование и изготовление экономичных металлических конструкций : материалы к курсу метал. конструкции. Вып.IV / Н. С. Стрелецкий, Д. Н. Стрелецкий. – М. : Стройиздат, 1964. – 360 с.

4. Веденников, Г. С. Металлические конструкции: учеб. для студентов вузов / Г. С. Веденников [и др.] ; под. ред. Г. С. Веденникова. – 7-е изд., перер. и доп. – М. : Стройиздат, 1998. –759 с.

5. Кузнецов, В. В. Металлические конструкции. Т. 2. : Стальные конструкции зданий и сооружений / под общ. ред. В. В. Кузнецова. – М. : Изд-во АВС, 1999. – 526 с. : ил. – (Справочник проектировщика).

6. Морозов, А. П. Пространственные конструкции общественных зданий / А. П. Морозов ; Ленингр. зон. науч.-исследоват. и проектный ин-т типового и эксперим. проектирования жилых и обществ. зданий. – Л. : Стройиздат, 1997. – 168 с.

7. Файбишенко, В. К. Металлические конструкции. учеб. пособие для архитектур. специальностей вузов / В.К. Файбишенко. – М.: Стройиздат, 1984. – 336 с.

8. Steel Buildings. First Edition November 35/2003. – London : The British Constructional Steelwork Association Ltd., 2003. – 272 p.

Актуальность использования железобетонных изделий в жилищном строительстве

Сборный железобетон был и остается одним из ведущих конструктивных строительных материалов в мире. Для большинства людей понятие «сборный железобетон» ассоциируется, в первую очередь, с индустриальным домостроением – «пятиэтажками» первого и второго поколений. Но сборный железобетон – это и пришедшие им на смену 9-12-этажные жилые крупнопанельные здания, а сегодня уже и 17–22-этажные, это крупногабаритные конструкции для самых престижных зданий, заводских корпусов, подземных коммуникаций и т.п.

В последние десятилетия железобетонные строительные конструкции, применяемые в развитых странах, значительно изменились. Пожалуй, можно выделить три основных направления изменений.

Во-первых, это общая тенденция к индустриализации строительства. Она основана на дальнейшем развитии идеи сборности строительных конструкций.

Во-вторых, это совершенствование технологии в области производства строительных материалов и конструкций, благодаря чему материалы стали эффективнее, конструкции в целом стали намного легче, а пролеты зданий и сооружений – больше.

В-третьих, развивается общественная потребность в архитектурной выразительности зданий, с одной стороны, и в функциональности их эксплуатации – с другой.

Индустриализация строительного производства и развитие железобетонных конструкций в СССР происходили быстрыми темпами. В 1927 году председатель ВСНХ В.В. Куйбышев подписал постановление о создании Государственного института сооружений (ГИС). Разрабатываемые этим институтом идеи полносборного крупнопанельного домостроения получили экспериментальное подтверждение при возведении в Москве первого в стране четырехэтажного каркасного жилого дома на Соколиной Горе, а затем целого жилого квартала крупнопанельных домов на Хорошевском шоссе.

С принятием постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 19 августа 1954 года «О развитии производства сборных железобетонных конструкций и деталей для строительства» потребовалось создать мощную производственно-техническую базу, способную удовлетворить растущий спрос индустриального капитального и жилищного домостроения в строительной продукции. Таковую задачу предстояло решить ОАО «Моспромстройматериалы» (МПСМ).

Создание компании МПСМ и ее роль во внедрении новой техники,

механизации и автоматизации производства, совершенствовании технологии позволили в 1959–1969 гг. построить из материалов, изготовленных на предприятиях ЖБИ, более 30 млн м² жилья, большое количество школ, детских садов, кинотеатров, больниц.

Столичная промышленность стала своеобразным полигоном для распространения передового опыта по всей стране. Здесь получали путевку в жизнь новые виды легких и специальных бетонов, методы армирования и станки для изготовления арматуры, технологии формования и тепловой обработки – все было нацелено на ускорение темпов и увеличение объемов домостроения.

В настоящее время отечественные предприятия строительной отрасли, являясь активными участниками реализации федеральной целевой программы «Жилище» (2002–2010 гг.) и национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России», возводят жилые здания из сборного и монолитного железобетона, продолжая осваивать новые технологии европейских стандартов.

Современные жилые здания из сборного железобетона до 20-ти этажей и более самых разных планировочных решений можно запроектировать безопасными и экономичными. При этом созданные на сегодняшний день технические решения позволяют удовлетворить всем требованиям по качеству строительства в части пожаробезопасности, звукоизоляции, теплоизоляции и комфорта.

Вместе с тем существуют веские причины, тормозящие развитие сборного железобетона России, основными из которых являются:

- износ производственного оборудования;
- низкая квалификация строительных рабочих и отсутствие налаженной системы обучения;
- «обветшалый имидж» сборного железобетона в среде потенциальных заказчиков.

В то же время тенденции индустриализации строительства и применения сборного железобетона, в том числе и при возведении жилья, наблюдаются на протяжении нескольких последних десятилетий; и не вызывает сомнений прогноз, что они еще более усилятся. Все большее количество необходимых строительных материалов и конструкций изготавливается индустриальными методами на промышленных предприятиях, а время, затрачиваемое непосредственно на строительство, в результате повышения уровней унификации и стандартизации, а также возможности подгонки материалов и конструкций по месту установки, резко сокращается. Применение сборного железобетона способствует снижению сметной стоимости строительства, что особенно важно при строительстве жилья.

Одно из самых перспективных направлений в совершенствовании железобетона – предварительное напряжение железобетонных конструкций, что позволяет применить высокопрочные арматурные стали

и бетоны и тем самым облегчить и удешевить сборные элементы. В большинстве развитых зарубежных стран из сборного предварительно напряженного железобетона во все возрастающих объемах изготавливают конструкции перекрытий и покрытий зданий различного назначения, в том числе и жилых, большую часть изделий используют в инженерных сооружениях и в транспортном строительстве.

Важным этапом индустриализации строительства жилья является разработка новых типов продукции из железобетона. Вот несколько возможных примеров промышленного производства сборных строительных конструкций:

- стеновые конструкции со встроенными элементами систем водоснабжения, отопления, вентиляции, канализации, электроснабжения и информационных сетей;
- готовые к монтажу каркасные конструкции сложной конфигурации, например криволинейные несущие и ограждающие конструкции;
- готовые элементы помещений с отделкой, вплоть до покрытий.

В настоящее время сборный железобетон изготавливают более чем на 4500 заводах. За сравнительно короткий срок создана и действует новая огромная отрасль народного хозяйства, выпускающая ежегодно продукцию на многие миллиарды рублей. В промышленности сборного железобетона трудится свыше 640 тыс. человек.

Таким образом, железобетон – один из самых востребованных материалов на рынке России. Но, несмотря на положительную динамику, развитие отечественной железобетонной индустрии, особенно при строительстве жилья, уступает таковой в зарубежных странах. Необходима разработка новой и корректировка существующей нормативно-технической, методической и другой документации по проектированию, строительству и эксплуатации жилых домов из сборного железобетона в нашей стране. В то же время реализация в строительной практике преимуществ сборного железобетона должна идти параллельно с технологической модернизацией его производства.

Литература

1. Балюк, В. В. Развитие промышленности железобетонных изделий/ В. В. Балюк // Промышленное и гражданское строительство.– 2008. – №9. – С. 48-50.
2. Строительство, ремонт, отделка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.domys.ru>

Исследование влияния цемента на кратность и стабильность пены

При сборно-монолитном способе строительства, который постепенно становится основным, важным является выбор системы утепления, звукоизоляции стен и перекрытий. Одним из оптимальных материалов для этих целей являются ячеистые бетоны. Пенобетоны неавтоклавного твердения способны обеспечить высокую эффективность теплозащиты и звукоизоляции и имеют при этом относительно низкую стоимость.

Учитывая актуальность задачи, на кафедре строительных материалов ННГАСУ проводится работа по совершенствованию технологии пенобетонов неавтоклавного твердения. В рамках этой работы проводилось исследование влияния цемента на кратность и стабильность пен.

В работе использовалась добавка – пенообразователь SDO-LT, одна из широко распространённых добавок, сочетающая в себе удовлетворительные технические свойства и низкую себестоимость.

Методика определения кратности и стабильности пены [1]:

- в стеклянный мерный цилиндр объёмом 1 л наливается необходимое количество воды (в зависимости от расхода пенообразователя), засыпается портландцемент и добавляется пенообразователь, начальный объём жидкости (вода и пенообразователь) должен составлять 100 мл;

- закрывается цилиндр пробкой. Цилиндр в горизонтальном положении сильно встряхивается 30 раз;

- цилиндр ставится на ровную поверхность и сразу фиксируется начальный уровень пены. Записывается время τ_1 . Цилиндр накрывается плотной пластиной;

- фиксируется момент времени τ_2 , когда объём выделившейся жидкости из пены составит 50 мл;

- кратность пены (K_p) рассчитывается как отношение зафиксированного начального объёма пены к начальному объёму жидкости (100 мл);

- стабильность пены (C) определяется как разность между моментом времени τ_2 и временем τ_1 .

Определялась оптимальная концентрация раствора пенообразователя (по методике описанной выше, но без портландцемента) для получения пен с хорошими свойствами. Кратность и стабильность пен оптимальна при концентрации раствора добавки SDO-LT 1,35% и 2,13%. Для эксперимента принимаются эти концентрации добавки.

Сначала цемент перемешивался с водой, затем вводилась добавка. Опыты проделывались в двух вариантах:

- сразу (вскоре) после перемешивания воды с цементом;

- через 15...20 мин после выдерживания цементной суспензии при периодическом её перемешивании.

Результаты влияния цемента на кратность и стабильность пены представлены на рис. 1 – 3 (на рис. 1 пунктиром обозначена стабильность, которая до конца не определена при больших расходах портландцемента, так как стабильность превышает 200 мин).

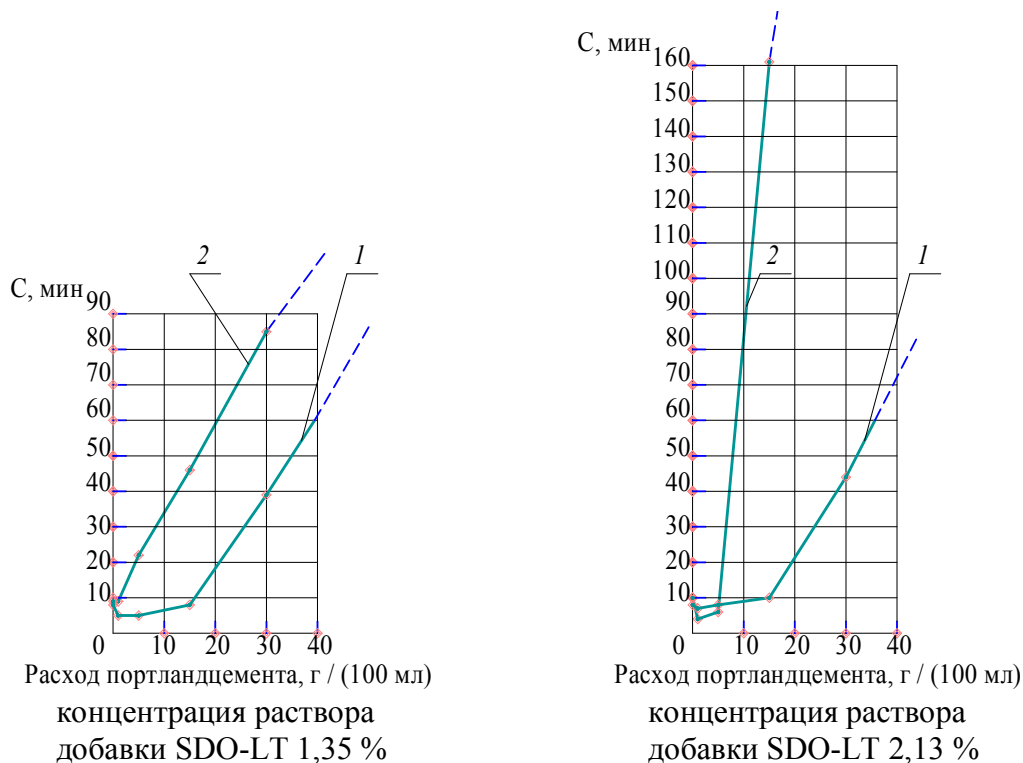


Рис. 1. Зависимость стабильности пены от расхода портландцемента:

1 – ввод добавки сразу после перемешивания воды с цементом; 2 – ввод добавки через 15...20 мин после выдерживания цементной суспензии при периодическом её перемешивании

Установлено, что введение портландцемента в раствор пенообразователя (SDO-LT) существенно влияет на стабильность пены (рис. 1).

Введение до 15 % цемента от массы воды непосредственно перед приготовлением пены не изменяет или на (10...38) % уменьшает стабильность, а введение большого количества цемента резко, в несколько раз, увеличивает стабильность пены.

Выдерживание цементной суспензии перед приготовлением пены, во-первых, уменьшает до (1...3) % концентрацию суспензии, превышение которой увеличивает стабильность пены, а во-вторых, существенно повышает эффект стабилизации пены.

Очевидно, это объясняется тем, что за время выдержки суспензии образуется достаточно большое количество гидроксида кальция, который, как известно, вступает в обменные реакции с омыленными смоляными и

жирными кислотами, составляющими основу добавки SDO-LT. Образуются кальциевые смоляные мыла, практически не растворимые в воде, в результате формируется более прочная структура пенных плёнок [2].

Кроме того, очевидно, имеет место и «бронирование» продуктами гидратации цемента пены.



Рис. 2. График зависимости кратности пены от расхода портландцемента при концентрации раствора добавки SDO-LT 1,35 %



Рис. 3. График зависимости кратности пены от расхода портландцемента при концентрации раствора добавки SDO-LT 2,13 %

Введение портландцемента в воду перед приготовлением раствора пенообразователя снижает кратность пены (рис. 2, 3). При этом уже введение (1 – 5) % цемента вызывает снижение кратности пены в 1,3-2 раза, а дальнейшее увеличение расхода цемента мало влияет на кратность.

Таким образом, введение примерно 10 % портландцемента в рабочий

раствор пенообразователя SDO-LT обеспечивает значительное повышение стабильности при применении низкократных пен в технологии пенобетонов.

Литература

1. ГОСТ Р 50588-93. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний. – Введ. 01.07.94. – М. : Изд-во стандартов, 1994. – 15 с.
2. Ружинский, С. Все о пенобетоне / С. Ружинский, А. Портник, А.Савиных. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – СПб. : ООО «СтройБетон», 2006. – 630 с.

УДК 72.013

О.Ю. Ощерина

О влиянии ориентации сооружений пирамидальной формы по сторонам света на психофизическое состояние людей

Точная пространственная ориентация по четырем сторонам света характерна для большинства древних строений пирамидальной формы, принадлежащих самым разным культурам: египетских пирамид, пирамид майя, нубийских и мексиканских пирамид, группы пирамид в Северной Америке и др. Стороны основания всех этих пирамид соориентированы по оси север-юг.

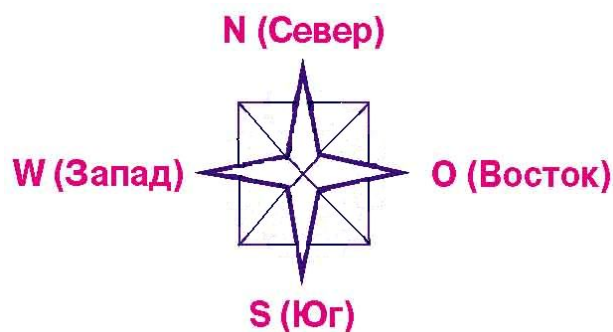


Рис.1. Ориентация пирамид по сторонам света

О положительном и отрицательном влиянии граней пирамид на человека было уже известно в 80-90 годы прошлого века. Немецкий исследователь Манфред Димде провел ряд экспериментов по изучению влияния египетских пирамид на организм человека. Методом опроса изучалось самочувствие туристов в зависимости от места нахождения в той или иной зоне возле пирамид. Результаты опроса показали, что когда люди находились с южной стороны пирамиды Хеопса, наблюдался самый острый приступ усталости. Отрицательное воздействие замечалось и с восточной стороны. На северной и западной стороне, наоборот, люди ощущали прилив бодрости и сил.

Дальнейшие исследования проводились при помощи метода

биолокации с использованием Г-образных металлических рамок. Было выявлено, что в окрестностях пирамиды Хеопса действуют силы, «укрепляющие – плюс-силы и расслабляющие – минус-силы». «Минус-силы» преимущественно действуют на восточной и южной сторонах пирамиды Хеопса, «плюс-силы» – на западной и северной сторонах.

Такое воздействие на психофизиологическое состояние человека сооружений пирамидальной формы может быть объяснено как влиянием геоактивных особенностей места расположения пирамид, так и влиянием на человека самой формы пирамиды.

Для подтверждения влияния формы пирамиды на психофизическое состояние человека нами был проведен эксперимент с уменьшенной копией пирамиды Хеопса. Для этих целей была сделана экспериментальная пирамида из картона высотой 15см, которая при установке была точно сориентирована по сторонам света. Затем группе людей было предложено оценить свое состояние у каждой из граней данной пирамиды. В эксперименте приняло участие 55 человек разного возраста и профессии.

Максимальное число испытуемых – 29 человек (53%) – признали энергию на северной грани самой положительной. Люди отмечали приятное ощущение со стороны этой грани, тепло и притяжение. 11 человек (20%) выбрали наиболее привлекательной восточную грань пирамиды, немного меньше – западную – 9 человек (16%). Наименьшее число людей (9%) отдало предпочтение южной стороне. 1 человек (2%) отреагировал безразлично.

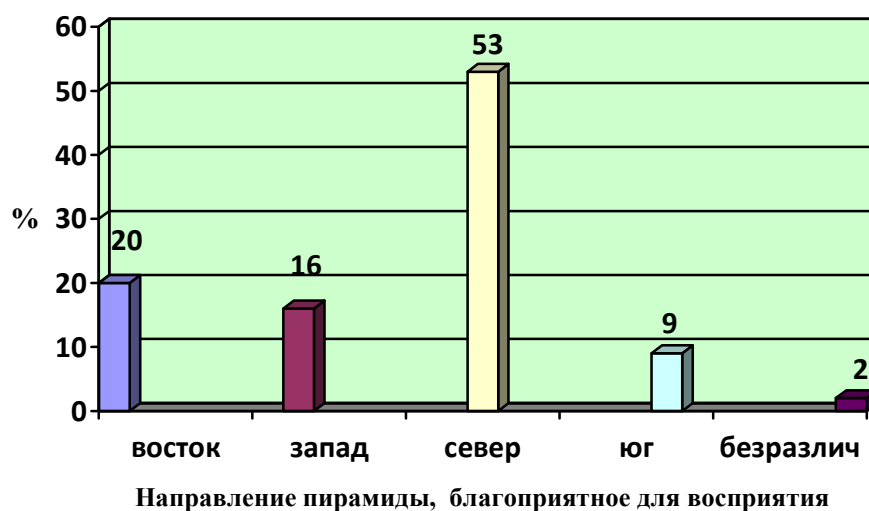


Рис.2. Эксперимент по выявлению зависимости психофизиологического состояния людей от ориентации пирамиды по сторонам света

Этот эксперимент подтвердил данные ранее проведенных другими учеными экспериментов о зависимости самочувствия человека от места нахождения в той или иной зоне возле пирамид и о негативном влиянии на психофизиологическое состояние большинства людей южной стороны

пирамиды и о благотворном влиянии северной стороны. Западное и восточное влияние по благоприятности получилось примерно одинаковым. Несмотря на то, что причины возникновения данного явления до конца пока не выяснены, можно говорить о необходимости постановки широкой серии экспериментов для определения возможностей использования его в различных областях человеческой деятельности, в том числе и в архитектурно-строительной практике.

УДК 621.315.669

Л.С. Разживина

К расчету мачт

Мачта на оттяжках является достаточно специфическим объектом расчета, который характеризуется следующими особенностями:

- нелинейной работой вантовых элементов (оттяжек);
- необходимостью задания усилий предварительного натяжения;
- необходимостью учета «эффекта силы направленной в полюс для передачи усилий от оттяжки на ствол»;
- критичностью проверок устойчивости равновесия ствола.

1. Вантовые элементы

Простейшая модель вантового элемента имеет вид стержня, способного воспринять растяжение и выключающегося из работы при появлении сжатия (рис. 1). Этот стержень может быть установлен с зазором Δ_0 в односторонней связи или же иметь преднапряжение $H_0 \geq 0$, что может быть интерпретировано и как наличие отрицательного зазора, то есть $\Delta_0 < 0$.

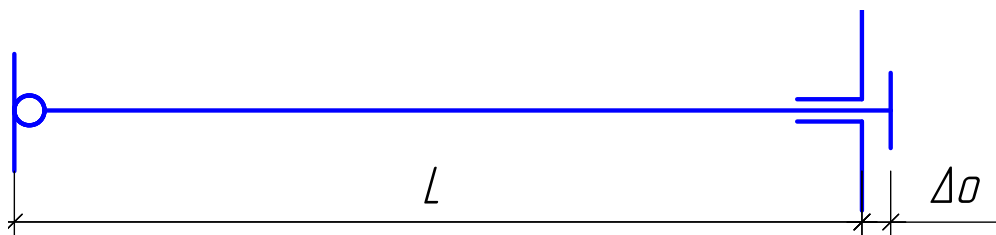


Рис. 1. Односторонне работающий стержень

Два варианта диаграммы работы такого элемента в виде зависимости продольной силы N от увеличения расстояния между концевыми точками Δ представлены на рис. 2, где случаю по рис. 2 а) соответствует вариант с предварительным напряжением, а случаю по рис. 2 б) – вариант системы с зазором.

Тангенс угла наклона диаграммы равен величине EA/L (EA – жесткость стержня на растяжение, L – длина стержня)

Такая упрощенная модель вантового элемента на самом деле представляет собой упругую одностороннюю связь и не учитывает эффект

распрямления провисшей оттяжки при перемещении ствола мачты, что допустимо лишь в случае высоких мачт с сильно натянутыми и, следовательно, мало провисающими оттяжками.

Более адекватный по постановке задачи вариант расчетной модели вантового элемента это гибкая нить с малой стрелкой провисания. В исходном состоянии, характеризуемом температурой T_0 и напряжением H_0 нить нагружена некоторой поперечной нагрузкой $q_0(x)$, а при удлинении хорды на величину Δ , изменении поперечной нагрузки до величины $q(x)$ и температуры до значения T напряжение становится равным H .

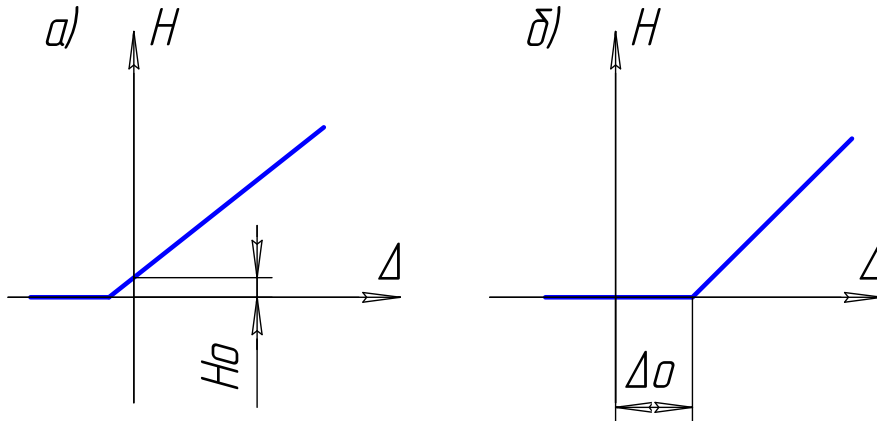


Рис. 2. Варианты диаграммы $H - \Delta$

Уравнение, связывающее эти величины, для пологих нитей имеет вид

$$\Delta = \frac{(H - H_0)L}{EA} + \alpha(T - T_0)L - \frac{D}{2H^2} + \frac{D}{2H_0^2} \quad (1)$$

$$D = \int_0^L Q^2(x) dx, \quad D_0 = \int_0^L Q_0^2(x) dx \quad (2)$$

$Q(x)$ – поперечная сила, возникающая в шарнирно опертой балке пролета L до действия нагрузки $q(x)$, направленной поперек хорды вантового элемента;

где $Q_0(x)$ – то же, но от нагрузки $q_0(x)$;

α – коэффициент температурного расширения;

E – коэффициент упругости материала нити;

A – площадь поперечного сечения нити.

Если ввести безразмерный параметр K , характеризующий влияние поперечной нагрузки на нить

$$K = \frac{D}{2L(EA)^2} \quad (3)$$

и безразмерные переменные

$$\delta = \Delta / L, \quad \delta_0 = \Delta_0 / L, \quad t = H / (EA), \quad (4)$$

$$\Delta_0 = \frac{H_0 L}{EA} - \alpha(T - T_0)L - \frac{D_0}{2H_0^2}, \quad (5)$$

то уравнение (1) приобретает форму

$$\delta = t - \frac{K}{t^2} - \delta_0. \quad (6)$$

Диаграмма зависимости δ от t при $\delta_0 = 0$ представлена на рис. 3, величину δ_0 легко учесть смещением начала координат.

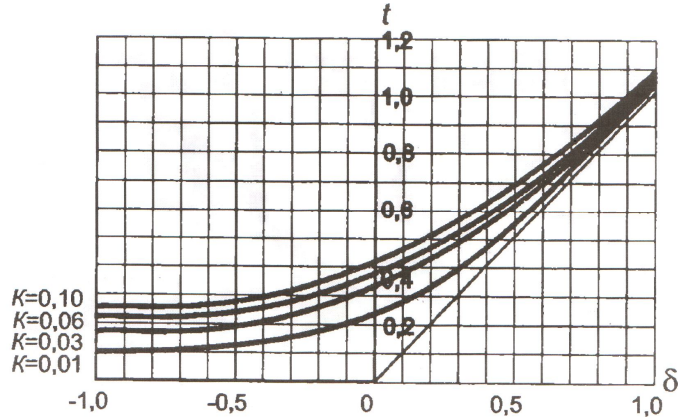


Рис. 3. Безразмерная зависимость между натяжением и увеличением хорды

Из этого рисунка видно, что с уменьшением K кривая $t = t(\delta)$ прижимается к своим асимптотам, в роли которых выступают ось абсцисс при $\delta < 0$ и прямая с тангенсом угла наклона EA/L при положительных δ , т.е. линии, представленные на рис. 2. В этом проявляется связь между двумя рассмотренными расчетными моделями.

2. Задание параметров преднапряжения

При расчете вантовых систем важно правильно задать отсчетное состояние, которое характеризуется начальными значениями поперечных нагрузок на вантовых элементах q_0 (как правило, это перпендикулярная к хорде вантового элемента составляющая нагрузки от собственного веса ванты) и значениями натяжений $H_0 \geq 0$.

Основная сложность состоит в том, что все значения H_0 должны соответствовать равносному состоянию системы, в котором предварительные напряжения создают некоторую картину внутренних сил, соответствующую начальной внешней нагрузке q_0 (в частном случае нулевой внешней нагрузке). Обычно существует множество возможных равновесных состояний системы, каждое из которых отвечает своему распределению усилий предварительного напряжения в вантах $H_{0,i}$ ($i=1, \dots, m$), где m – количество вант в системе. В связи с этим при проектировании вантовых конструкций перед инженером стоит задача выбора рационального начального напряженного состояния из множества допустимых, основываясь на некоторых критериях оптимальности и конструктивных ограничениях. Сами эти критерии и ограничения могут

варьироваться в зависимости от конкретной проектной задачи.

При проектировании мачтовых конструкций обычно требуют, чтобы ствол мачты находился в безизгибном состоянии и оттяжечные узлы имели достаточную жесткость. При этом необходимо помнить, что, задав избыточную величину преднапряжения, мы передаем на ствол дополнительные усилия сжатия, что может привести к преждевременной потере устойчивости.

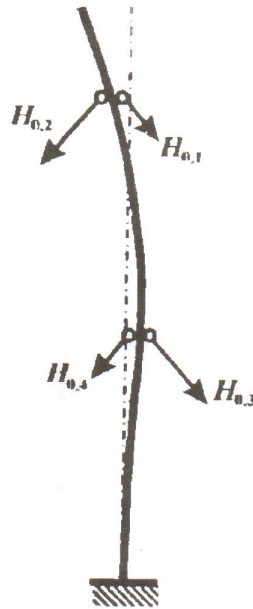


Рис. 4. Неравновесное преднапряжение

3. Варианты нагружения

Поскольку в нелинейной системе не действует принцип суперпозиций, то необходимо выбирать самостоятельно все необходимые случаи комбинации действующих нагрузок:

- собственный вес;
- ветровая нагрузка по опасным направлениям;
- гололедное загрузение с ветром по опасным направлениям;
- температурные воздействия.

Для мачт с тремя и четырьмя оттяжками в плане рекомендуется рассмотреть характерные направления действия ветровой нагрузки, показанные на рис. 5.

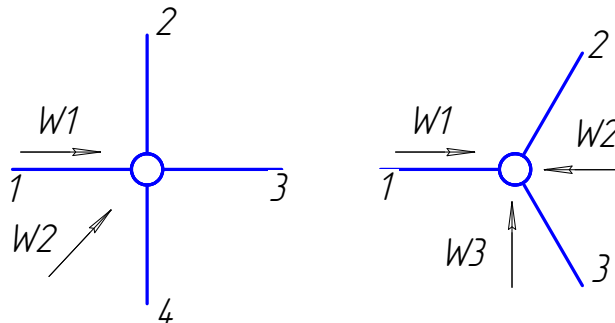


Рис. 5. Расчетные направления ветра

Следует сказать несколько слов о варианте для расчета мачт с тремя оттяжками в плане. Он часто оказывается расчетным по устойчивости, поскольку оттяжка 2 оказывается провисшей и практически не работает, а оттяжка 1 не воспринимает нагрузку в направлении, ортогональном ее плоскости.

Для всякой нелинейной задачи, в том числе и для мачты, полезно промоделировать цикл «нагрузка–разгрузка». Сопоставление окончательного результата (после разгрузки) с исходным состоянием дает прекрасную оценку точности выполнения расчета.

4. Линеаризация модели

Кроме выполнения статических расчетов требуется и проведение расчетов на свободные колебания, так как иначе невозможно определить пульсационную составляющую ветровой нагрузки, выполнить расчет на сейсмические воздействия и т.д.

Вместе с тем спектральный анализ системы (определение частот и форм её свободных колебаний) имеет смысл только в линейной постановке. В нелинейных задачах можно говорить о разложении движения системы по формам свободных колебаний в окрестностях изучаемого равновесного положения при линеаризации поведения системы в этой окрестности. Определение напряженно деформированного состояния системы при статическом её нагружении должно выполняться с учетом отмеченных выше геометрически нелинейных эффектов. При динамическом же анализе, зная напряженно деформированное состояние конструкции от действующих статических нагрузок, необходимо построить динамическую модель так называемой линеаризованной системы.

Под этим термином понимается конструкция, работающая в геометрически линейной постановке, но учитывающая достигнутый уровень усилий сжатия в соответствующих сжатых элементах расчетной схемы.

Обычно под линеаризованной системой понимается исходная система, в которой все составляющие ее элементы рассматриваются в линейной постановке, но с касательными (мгновенными) матрицами жесткости.

Построение такой системы можно выполнить путем замены вантовых элементов стержнями, жесткость которых вычисляется по формуле

$$E\bar{A} = \frac{1}{\frac{1}{EA} + \frac{D_y + D_z}{LH^3}}, \quad (7)$$

которая легко получается из (8) и учитывает тот факт, что вантовый элемент может быть нагружен в двух плоскостях.

Для линеаризованной системы можно выполнить расчет на

устойчивость. Коэффициент запаса устойчивости, в общем, будет отличаться от того, который можно получить, увеличивая интенсивность нагрузки на нелинейную систему, поскольку в линеаризованной системе «заморожены» жесткости вантовых элементов. Но расчет линеаризованной системы может дать форму потери устойчивости, что окажется важным при выборе способа усиления недостаточно устойчивой мачты.

Представленная выше методика расчета мачт имеет ряд преимуществ по сравнению со стандартным расчетом. Она позволяет более точно смоделировать работу ствола и оттяжек конструкции, что обеспечивает выбор более экономичных сечений мачты.

Литература

1. Перельмутер, А. В. Основы расчета вантово-стержневых систем / А. В. Перельмутер. – М. : Стройиздат, 1969.
2. Савицкий, Г. А. Основы расчета радиомачт / Г. А. Савицкий. – М. : Связьиздат, 1953.
3. Соколов, А. Г. Металлические конструкции антенных устройств / А. Г. Соколов. – М. : Стройиздат, 1973.

УДК 624.0

Д.А. Романов

Варианты условий работы опорных узлов в многоэтажных стальных каркасах

Опорные узлы стальных колонн могут иметь два конструктивных решения – шарнирное сопряжение колонны с фундаментом и жёсткое. И в зависимости от этого меняется конструкция базы, опорной части колонны. В современной учебной литературе [3] можно встретить традиционное конструктивное решения шарнирной и жёсткой базы с методиками расчёта данных узлов (см. рис.1). Шарнирный узел не способен воспринимать полную составляющую реакции изгибающего момента, а лишь её незначительную часть (которой пренебрегают), жёсткий же напротив, воспринимает полную составляющую реакции момента. На самом же деле, рассмотренные узлы идеализированы, и в некоторых ситуациях характер их работы может не соответствовать принятой их расчётной схеме.

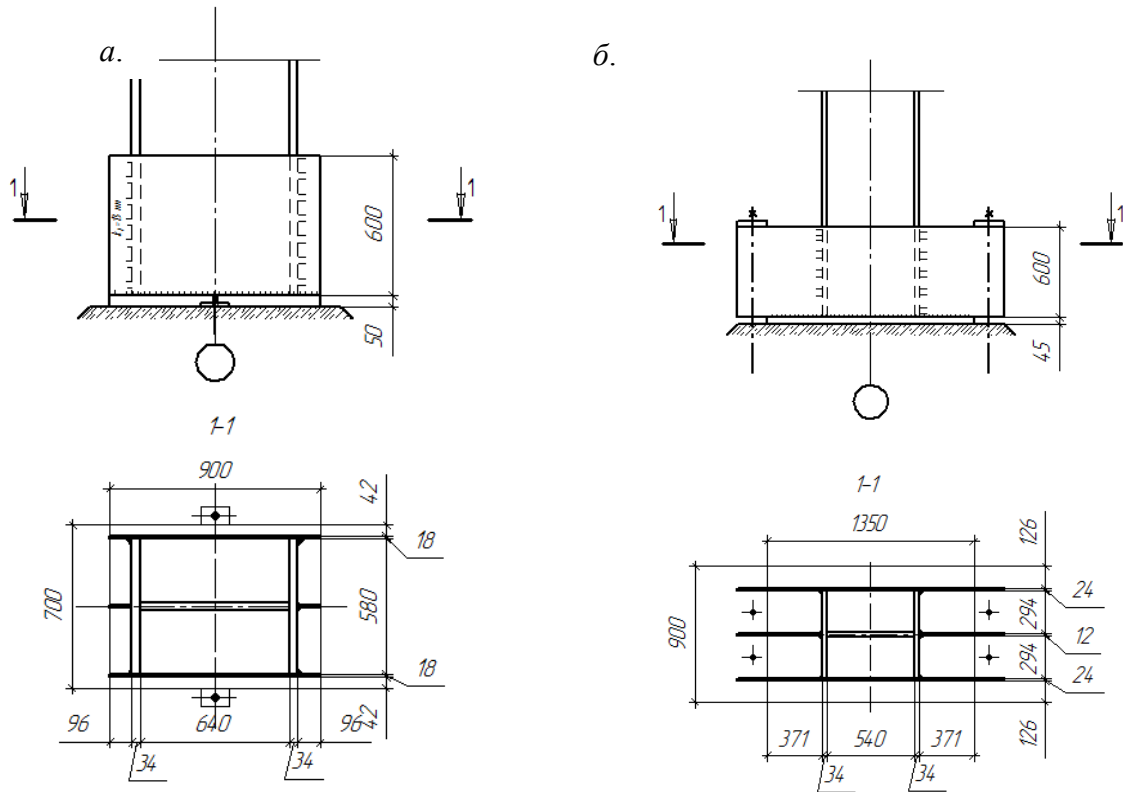


Рис. 1. Конструктивное решение узлов:
 а – шарнирного; б – жёсткого

Для нижних стоек стальных многоэтажных каркасных зданий свойственен ряд особенностей, а именно: большие величины продольных усилий, в ряде случаев высокие величины изгибающих моментов и, как следствие, солидные размеры базы стойки и её элементов. На основе численного исследования 23-этажного рамного каркасного здания с тремя пролётами по 7,2 м и подземным этажом, был проведён анализ работы рассматриваемых опорных узлов. Выяснилось, что модель шарнирного узла не отвечает своей работе как шарнирного сопряжения. За счёт особенностей многоэтажных каркасных зданий создать шарнирное сопряжение традиционными методами довольно сложно или даже невозможно, не прибегая к специальным конструкциям опорных узлов (плиточный шарнир, пятниковый шарнир, балансирный шарнир, [3]), в противном случае он будет работать как жёсткий. Модель жёсткого узла, в свою очередь, обладает достаточной жёсткостью сопряжения, чтобы воспринимать реактивный момент, но имеет некоторую степень податливости сопряжения.

Так как в многоэтажных стальных каркасах практически всегда применяют конструкцию узла с жёстким сопряжением [2], появляется актуальность оценки податливости опорного узла. Наряду с перераспределением усилий, в каркасе за счёт податливости опорных узлов происходит изменение деформационной модели каркаса, а также

изменяются расчётные длины стоек нижних этажей [1], что приводит к серьёзной корректировке расчёта каркаса.

Факторы, влияющие на податливость опорного узла, можно разбить на две группы: линейные факторы, основные из которых – упругая работа опорной плиты базы и упругая работа бетона фундамента; нелинейные факторы – мгновенные и запаздывающие пластические деформации бетона фундамента, а также ползучесть бетона. В итоге при проектировании можно получить три расчётные схемы каркаса: 1 с жёстким опиранием стоек; 2 с податливым сопряжением в опорных узлах, с введёнием упругого коэффициента защемления стойки (связанного с линейными факторами); 3 с податливым сопряжением в опорных узлах, с упругим коэффициентом защемления и с заданным угловым поворотом в опорном узле (связанных с нелинейными факторами).

Таблица 1

Результаты сравнительного анализа

Вид расчёта	Горизонтальное перемещение, %		Углы поворота, %		Изгибающие моменты, %	
	расчётная схема 1 ¹⁾ – расчётная схема 2	расчётная схема 1 – расчётная схема 3	расчётная схема 1 – расчётная схема 2	расчётная схема 1 – расчётная схема 3	расчётная схема 1 – расчётная схема 2	расчётная схема 1 – расчётная схема 3
Статическая расчётная схема	около 1%	от 3 до 4%	0	около 1,5% (5 эт)	К ²⁾ -до 10% Р - до 2%	К - до 30% Р - до 9%
Динамическая расчётная схема	около 1%	-	0	-	К - до 5% Р - до 5%	-
Модель расчёта на устойчивость	около 1,5%	около 1,5%	0,5 – 4%	0,1 – 1,7%	К - до 1% Р - до 5%	К - до 2% Р - до 7%

Примечание: ¹⁾ – расчётная схема 1 соответствует схеме с жёсткими узлами; расчётная схема 2 – схеме с упругими заделками; расчётная схема 3 – схеме с упругими заделками и заданным углом поворота;

²⁾ – К – для колонны, Р – для ригеля

Выполняя для каждой расчётной схемы три варианта расчёта, можно сравнить полученные результаты, определив наиболее невыгодные расчётные схемы (см. табл.1). При этом производились следующие варианты расчёта:

- статический расчёт (от наиболее невыгодного сочетания нагрузок);
- динамический расчёт (от ветровой пульсационной составляющей);
- расчёт каркаса на общую устойчивость.

По полученным результатам можно сказать, что изменение деформационной модели не существенно (в пределах 1-4%), изменение усилий значительно лишь в отдельных элементах (стойках и ригелях первых этажей), критическая нагрузка по потере устойчивости каркаса в целом снижается на 1 %. При этом следует заметить, что с ростом числа этажности эффект от податливости опорных узлов будет расти, а в

связевых каркасах будут расти отклонения в расчётах на устойчивость как каркаса в целом, так и стоек первых этажей.

Для одной отдельно взятой конструктивной модели каркаса описать податливость сопряжения в зависимости от геометрии и физических свойств материалов не составляет особого труда. Но конструкций опорных узлов стальных каркасов существует большое количество и для каждого случая на податливость в большей степени влияют либо одни, либо другие факторы. Поэтому универсальных подходов и формул не существует и необходимо разрабатывать их для каждого класса узлов в отдельности. Для двух моделей, представленных в данной статье, разработан ряд формул определения приближённого значения податливости узлов. В отдельности можно определить влияние линейных факторов (коэффициентом жёсткости) и нелинейных (заданным углом поворота).

Таким образом, разрабатывая шарнирный узел многоэтажного каркасного здания, нужно точно представлять, когда он отвечает своей работе, а когда нет. А при проектировании жёстких узлов понимать, что они обладают податливостью, и если этим пренебрегать, то спроектированный каркас будет иметь не запас прочности по ряду позиций, а её отрицательное значение при учёте реального поведения опорных узлов.

Литература

1. Общие правила проектирования стальных конструкций: СП 53-102-2004: дата введ. 01.01.05 – М.: Технорматив, 2008. – 142 с.: ил.
2. Беленя, Е. И. Металлические конструкции: Спец. курс: Учеб. пособие для вузов/ Е.И. Беленя, Н.Н. Стрелецкий, Г.С. Веденников и др.; Под ред. Е.И. Беленя. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1991. – 687 с.
3. Кудишин, Ю. И. Металлические конструкции. Общий курс: Учебник для вузов/ Ю.И. Кудишин, Е.И. Беленя, В.С. Игнатьева и др. Под общ. ред. Ю.И. Кудишина. – 9-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 688 с.

УДК 72

А.А. Сверчков

Типизация архитектурно-строительных решений

Современный этап проектирования зданий и сооружений различного назначения характеризуется: комплексностью развития; высоким динамизмом; постоянным возникновением и переплетением новых задач и проблем, возрастанием количества их вариантов; сложными обратными связями; взаимообусловленностью социальных, архитектурных, технических, экономических аспектов и т.д.

Для выявления повторяющихся элементов всех подсистем функциональных блоков, которые могут быть положены в основу

последующей их унификации и комплексной типизации, выполнен системно-структурный анализ на примере функциональных блоков технического и санитарно-бытового назначения, составляющих одну из важнейших частей комплексной жилой единицы (КЖЕ). При этом анализировались прогрессивные проектные решения. В ходе анализа сделана попытка проследить системную взаимосвязь структурных элементов всех инженерных подсистем с планировочной, что должно явиться основой создания комплексных объектов типизации.

Полифункциональные КЖЕ по сравнению с функциональными блоками представляют собой систему более высокого уровня. В свою очередь функциональный блок представляет собой систему, состоящую из взаимодействующих подсистем: архитектурно-планировочной, конструктивной, отопления и вентиляции, водопровода и канализации, электротехнической, связи и сигнализации. Каждая подсистема состоит из элементов определенного функционального назначения, благодаря чему обеспечивается целенаправленное функционирование системы-блока.

Известно, что одним из главных средств повышения эффективности проектирования является его многовариантность. В свою очередь, многовариантность поиска может быть обеспечена в условиях ограниченных сроков на основе использования агрегированных типовых элементов оптимальной крупности.

Крупность типовых элементов должна удовлетворять, с одной стороны, требования обеспечения высокой степени архитектурной маневренности разрабатываемых вариантов, с другой – снижения трудоемкости многовариантного проектирования. Отсутствие идентичности в значениях длин структурных элементов является главной причиной, препятствующей их конструктивно-планировочной, а следовательно, и комплексной типизации.

Проектировщики должны располагать набором объектов типизации для всех стадий многовариантных проектных проработок зданий – от форпроекта до выполнения рабочей документации. В противном случае эти процессы характеризуются значительным количеством рутинных работ, что затрудняет многовариантный поиск и выбор лучшего решения в условиях сжатых сроков проектирования.

Исходя из структурного анализа подсистем функциональных блоков, набор альтернативных вариантов габаритных параметров объектов типизации может быть различным. Это предопределяет необходимость выявления оптимальных их значений.

В основу анализа компоновочных решений КЖЕ положен опыт проектирования многоэтажных многофункциональных зданий. В анализе учтен прогрессивный отечественный и зарубежный опыт компоновки указанных зданий. В качестве основных критериев эффективности компоновочных решений рассматриваемых схем приняты функциональные и экономические критерии.

Габаритные размеры секции при разработке комплексной жилой единицы были приняты исходя из оптимизации планировочных решений, их универсальности, гибкости схем, проявляющейся в способностях к планировочным трансформациям в течение всего срока эксплуатации объекта. Конструктивная система здания принята каркасного типа с переменной сеткой колонн, основным шагом 7,2 м.

Для обеспечения гибкости с точки зрения градостроительной ситуации размещения принят набор секций 4 типов (рядовые, поворотные).

Рядовая секция в плане имеет размеры 64.8x16.8 м, при этом площадь одного этажа составляет – 1088 м², что отвечает требованиям противопожарной безопасности, согласно которым площадь жилого этажа не должна превышать 1500 м². Также здание разделено на противопожарные отсеки как по горизонтали, так и по вертикали.

КЖЕ относится к классу жилых зданий коридорного типа, длина коридора общего пользования принята таким образом, чтобы максимальное расстояние до лестнично-лифтового узла не превышало 12,5 м. КЖЕ оснащена двумя лестничными узлами с использованием лестниц типа Н1, а также одним лестнично-лифтовым узлом.

В структуре комплексной жилой единицы четко обозначены места прохода основных инженерных коммуникаций. Такой подход обеспечивает возможность гибкости и маневренности пространства.

Свободная планировка квартир обеспечивает возможность последующей трансформации квартир на любом из периодов эксплуатации. Одним из критериев оценки планировочных решений является степень их универсальности для различного набора квартир в зависимости от потребности (в том числе и квартир, расположенных в 2 уровня).

При формировании концепций различных методов типизации проектных решений зданий одним из главных является вопрос о выборе объекта типизации и определение его габаритных параметров.

Функциональные фрагменты, принимаемые в качестве объектов типизации, представляют собой интегрированные объемно-планировочные ячейки.

Многовариантность формирования комплексной жилой единицы обеспечивается путем набора функциональных фрагментов (блок-элементов). В типологическом отношении набор из блок-элементов предназначен для формирования зон помещений, лестничных клеток, санузлов и т.д.

Для удовлетворения требований многовариантности формирования объектов необходимы модификации блок-элементов с различным положением относительно неизменной точки отчета (в нашем случае положение колонны и места прохода инженерных коммуникаций).

Для формирования номенклатуры объектов типизации разработаны проектные решения санитарных узлов, зон принятия пищи,

внутриквартирных лестниц. Для беспрепятственного использования блок-элементов в решении различных проектных задач возможность получения всех видов изображений (правого, левого зеркального, симметричного и их сочетаний) обеспечивается с помощью компьютерных технологий.

Использование при проектировании любых типовых решений позволяет сократить сроки и повысить его качества по сравнению с индивидуальной разработкой проектов, однако это не означает, что найдена эффективная система типизации, удовлетворяющая требованиям совершенствования процесса компоновки зданий и экономики проектирования.

С позиций комплексного подхода должны быть оценены не только преимущества конкретного метода типизации при реализации задач практики проектирования, но и необходимые затраты на разработку и использование номенклатуры типовых решений. Чем меньше по объему номенклатура решений, тем меньше ресурсов потребуется на ее разработку. Практика типизации свидетельствует, что из-за громоздкости номенклатур оказались практически нереализованными многие попытки создания новых серий типовых элементов зданий. Кроме этого, большое число типовых элементов, входящих в номенклатуру, затрудняет пользование ею. Поэтому выбор оптимальных значений габаритных параметров объектов типизации должен базироваться на учете взаимовлияния характеристик метода типизации. С одной стороны, эта крупность объектов типизации, а, следовательно, объем их номенклатуры, с другой – возможности многовариантной компоновки зданий на их основе.

Для зданий с регулярной планировочной структурой и четко обозначенным шагом повторяемости элементов решение задачи выбора объектов типизации во многих случаях является очевидным. Эта относится к гардеробно-душевым блокам, состоящим из повторяющихся автономных планировочных фрагментов длиной, соответствующей шагу несущих конструкций (например, 6 м), интегрированной структуры, в состав которой входят элементы гардеробной, преддушевой, душевой, умывальной. Повторяющиеся фрагменты являются, по сути, блоками перечисленных элементов или блок-элементами санитарно-бытового назначения.

Блок-элементы, принимаемые в качестве объектов типизации функциональных блоков санитарно-бытового назначения, представляют собой интегрированные объемно-планировочные ячейки со всеми необходимыми системами инженерного обеспечения, длиной 6 м, высотой в один этаж. Ширина блок-элементов может иметь несколько значений в зависимости от ширины формируемых функциональных блоков в диапазоне от 9 до 36 м.

Формирование номенклатуры и разработка проектных решений объектов типизации базируются на результатах многоуровневой

декомпозиции административно-бытовых зданий, выбора оптимальных габаритных параметров блок-элементов, а также прогноза путей и средств повышения уровня индустриальности строительства зданий.

Результаты многоуровневой декомпозиции функциональных блоков являются основой классификации объектов типизации архитектурно-строительной и инженерной подсистем. В соответствии с количеством уровней декомпозиции объекты типизации архитектурно-строительной подсистемы могут быть разделены на четыре группы.

Первая группа объектов типизации состоит из блок-элементов, на основе которых формируется объемно-планировочная структура зданий. В состав второй группы объектов типизации входят планировочные нормалы, предназначенные для формирования соответствующих зон помещений, образованных блок-элементами. Третья группа объектов типизации включает унифицированные элементы внутренней отделки, полов. В состав четвертой группы объектов типизации входят варианты детали фасадов.

Проектные решения объектов типизации благодаря планировочной универсальности могут быть использованы в условиях мелко- и крупноячеистых конструктивных систем. Это открывает возможности переменного применения различных конструкций (крупнопанельных, объемно-блочных, каркасных, кирпичных) в зависимости от складывающейся ситуации реконструкции или строительства, позволяет повысить его индустриальность.

Таким образом, внедрение в проектную практику блок-элементного метода типизации показала:

- целесообразность создания функциональных фрагментов для компоновки жилища в рамках «открытой системы типизации»;
- возможность изменения планировочных решений с минимальными затратами на реконструкцию жилища в процессе эксплуатации, за счет гибкости конструктивного решения;
- тенденции к формированию концепции открытой системы типизации, создающей широкие возможности многовариантной компоновки.

УДК 72

Л.А. Сверчкова

Реконструкция жилой застройки 50-70х годов XX столетия

При определении наиболее вероятных, экономически целесообразных направлений реконструкции жилой застройки крупнейших городов одним из методов прогнозирования является практическая апробация. Разработка и формирование модели микрорайона будущего как нового элемента расселения на примере жилого района с

формированием перечня технико-экономических показателей и анализом их динамики являются в этом случае приоритетными задачами.

В рамках научно-исследовательской работы «Комплексная жилая единица при реконструкции жилой застройки крупнейших городов» в качестве объекта апробации принят микрорайон 1-2 Фили-Давыдково в Москве. Объект расположен в Западном административном округе Москвы, границами территории являются: Кутузовский проспект; Давыдовская улица; Кременчугская улица.

Фили-Давыдково – один из первых районов массового полносборного пятиэтажного домостроения, который в настоящее время не соответствует сложившемуся престижному городскому окружению и современному представлению о качестве жилой среды, также имеет низкую интенсивность использования территории (5-7 тыс.м²/га при норме 14.5-17тыс. м²/га).

Площадь микрорайона в границах красных линий составляет 60.8 га. Застройка микрорайона 1-2, выполненная в 60-е годы, в основном состоит из жилых пятиэтажных домов серии 1605, которая в соответствии с Постановлением правительства Москвы подлежит сносу. По функциональному использованию рассматриваемая территория распределяется на природные, общественные, жилые и производственные типы участков. Наибольший вес приходится на долю участков жилой многоквартирной застройки – 43,2га (49 %), территория которой используется неэффективно.

Объем существующего жилого фонда микрорайона 1-2 Давыдково на начало 2001 г. составляет 338,9 тыс. кв.м общей площади квартир, в котором проживает 17 800 человек (309 чел/га). Показатель средней обеспеченности общей площадью на одного человека составляет 18.0 кв.м общей площади, что ниже показателя по Западному административному округу (23.3 кв.м/чел.)

Застройка микрорайона осуществлялась в 1960-1980 гг. и в результате поэтапного освоения территории имеет смешанную этажность (средняя этажность – 7,5 этажей). В застройке преобладают 5-этажные жилые дома (50% от всего фонда микрорайона), 9-этажные занимают 5%, 12–14-этажные – 29%, 16–19-этажные – 15%.

Жилые дома микрорайона находятся в удовлетворительном физическом состоянии, т.е. имеют износ до 40%. В то же время 5-, 9-этажные жилые дома имеют уровень благоустройства, архитектурно-планировочное и конструктивное решения, которые не соответствуют современным требованиям (недостаточный размер кухонь и прихожих, отсутствие лифтов и мусоропроводов, наличие смежных комнат).

Проводимые ранее исследования показали, что ликвидация несоответствий (внешних и внутренних противоречий) в рамках типовых серий сопряжена со значительными капитальными вложениями и является в большинстве случаев экономически не выгодной. Сроки эксплуатации в

зданиях 1960-1970 годов приблизились к предельным, когда необходим комплексный капитальный ремонт, с усилением конструкций, повышением теплотехнических и звукоизоляционных свойств, перепланировкой квартир.

При исполнении постановления Правительства Москвы «О задачах комплексной реконструкции районов пятиэтажной застройки первого периода индустриального домостроения до 2010года» был разработан проект планировки микрорайона 1-2 района Фили-Давыдково.

Проект планировки разрабатывался на основе утвержденных в соответствии с законодательством города Москвы градостроительных регламентов территории, Генерального плана города Москвы, учитывал материалы градостроительного плана развития Западного административного округа Москвы.

Основным вариантом проекта планировки микрорайона 1-2 Фили-Давыдково развивается концепция устройства высотных акцентов, чередующихся с протяженными ступенчатыми домами (от 7 до 15) на втором плане Кутузовского проспекта. В группу высоток включаются существующие башни, что значительно усиливает роль заложенного в основной вариант решения. Ритм трех высотных акцентов поддерживается четвертой спаренной 26-этажной башней. Все высотные комплексы состоят из нескольких блоков разной этажности, соединенных между собой многоуровневыми озелененными платформами, расположенными через 4-6 этажей по всей высоте комплексов.

На контрасте с группами высоток строятся ветвеобразные в плане дома 7–15 этажей, опускающиеся к парку своей пониженной частью. Проектом предусмотрено раскрытие дворов на юг.

По проекту предполагается снос 5-этажных жилых домов серии 1605, общей площадью 168,8 тыс. кв.м, что составляет почти половину существующего фонда.

На территории сносимого фонда предполагается строительство 6–30-этажных жилых домов общей площадью 544,0 тыс.кв.м в том числе встроено-пристроенные помещения составляют 16,0 тыс.кв.м

В результате строительства на конец расчетного срока фонд жилой застройки, с учетом опорного, определился в размере 724,6 тыс. кв. м общей площади (11Ю91 тыс м²/га при норме 14,5-17 тыс м²/га).

По результатам реализации проекта расчетный показатель жилой застройки должен был в два раза превысить существующее положение, что подтверждено технико-экономическими показателями.

Однако проект в настоящее время не реализован, и основная причина в недостаточной эффективности использования территории. Престижное городское окружение и современное представление о качестве жилой среды способствует значительному увеличению показателей эффективности использования территории.

Осмысление и изучение современных тенденций в жилищном

строительстве показали, актуальность создания многофункциональных жилых единиц – на уровне первой ступени обслуживания населения. Перспективы проектирования жилых комплексов связаны с комплексами жилых зданий различных планировочных типов на основе развитых систем вертикальных и горизонтальных коммуникаций.

Такие комплексы – это уникальное городское образование, характеризующееся многофункциональностью жилой среды, многоуровневостью и вертикальным функциональным зонированием, повышенной плотностью, разделением пешеходов и транспорта, наличием многоэтажных гаражей-стоянок, в том числе и подземных (расчет количества мест хранения личного автотранспорта с учетом прогнозируемого уровня автомобилизации).

Многофункциональные жилые комплексы, возводимые в реконструируемых зонах города, в отличие от возводимых в районах нового строительства (микрорайонные комплексы на 15-20 тыс. жителей), имеют ряд отличий. В действительности в строительной практике основное направление внедрения жилой среды будущего – реконструкция и развитие города, предопределяющее сосуществование «старого» и «нового» в их органическом сочетании и взаимосвязи.

Одним из вариантов перспективного жилого дома для строительства на реконструируемой территории микрорайона 1-2 Давыдково (взамен подлежащей сносу 5–12-этажной застройки) может быть здание нового типа с развитым обслуживанием, предназначенным для жителей близлежащих домов и для его обитателей. Жилое образование нового типа с комплексом обслуживающих предприятий первого уровня – комплексная жилая единица (КЖЕ). Гибкая пространственно-планировочная структура КЖЕ – это новый тип жилища, основанный на комплексном прогнозном и ретроспективном анализе.

Если условно принять для размещения в реконструируемой зоне пятиэтажного, девятиэтажного строительства высоту базисного дома в 25 этажей и протяженностью 65 м, дает число проживающих 1020 человек (при норме обеспеченности для Западного административного округа – 23,3 кв.м/чел) Планировочно «базисные» дома будут тяготеть к центру группы сателлитов, связанных с ним.

Крупные, сложные по пластике и композиции жилые комплексы будут располагаться на относительно больших расстояниях друг от друга. Укрупнятся зеленные массивы окружающие эти здания, доступ солнца и воздуха в квартиры увеличится. Искусственная среда, становясь более компактной, должна образовывать очаги интенсивного освоения, чередующиеся с восстановленной естественной средой.

Предполагаемая структура микрорайона позволит решить проблему «жилище–отдых». Непосредственное окружение городских комплексов, восстановленных природой, позволит обеспечить кратковременный отдых и удобные коммуникации к местам отдыха.

При разработке концепции КЖЕ основными средствами реализации являются:

- увеличение степени концентрации застройки за счет повышения этажности;
- создание укрупненных многофункциональных жилых комплексов для оптимизации системы обслуживания населения с сокращением функциональных связей между местами проживания и обслуживания;
- блокировка помещений различного функционального назначения «под одной крышей» КЖЕ;
- создание благоприятного микроклимата на территории жилой застройки (в первую очередь инсоляция жилых помещений).

Основными территориальными резервами для дальнейшего размещения жилищного и других видов строительства являются реорганизация экстенсивно застроенных территорий и освоение свободных участков.

Технико-экономическое сопоставление предпроектного предложения с исходной ситуацией и проектом-аналогом свидетельствует об эффективности рассматриваемой концепции в условиях реконструкции жилой застройки крупнейших городов. В частности интенсивность использования территории составляет 17,9 тыс. м²/га, что сопоставимо с оптимальным нормативным показателем (14,5-17 тыс. м²/га).

Апробация КЖЕ в реальной градостроительной ситуации показала (на примере микрорайона 1-2 Давыдково):

- техническую возможность создания КЖЕ с размещением помещений различного функционального назначения «под одной крышей»;
- технико-экономическую эффективность, подтвержденную расчетными показателями.

Таким образом, КЖЕ можно признать наиболее перспективной пространственной формой расселения, отвечающей требованию в разнообразном и многозначном городском окружении, удовлетворяющем человека в жилье, работе, общении и в отдыхе.

УДК 726.5+624.1

Д.Н. Уткина

Типология фундаментов культовых сооружений

Строительству православных храмов в нашей стране всегда уделялось особое внимание. Тщательно подбирали самые лучшие материалы и совершенные конструкции. Из истории мировой архитектуры известно, что именно при строительстве храмов рождались новые архитектурные и конструктивные решения и приемы, которые впоследствии использовались в других видах строительства.

Большое разнообразие типов кладки фундаментов православных сооружений привело к отсутствию единых приемов при реконструкции и усилении подземных частей храмов.

Такое разнообразие объясняется различными техническими навыками, которые определялись гидрогеологическими условиями и временем строительства, а также стремлением к максимальному использованию легкодоступных местных материалов, причем для фундаментов, как для скрытой конструкции, не имели значения ни декоративные качества камня, ни то, насколько легко он поддавался обработке.

Наиболее ранние постройки (конец X-XI вв.) Киевской Руси имеют, как правило, ленточные перекрестные фундаменты. Позднее появляются наравне с ними фундаменты, отдельно заложенные под стены и под столбы. В основании фундаментов вдоль стен, а иногда и поперек укладывались деревянные лежни. Лежни закреплялись забиваемыми в землю деревянными колышками, а в некоторых случаях также железными костылями. Фундаменты южнорусских памятников сложены главным образом из бутового камня, иногда из булыжников, часто из того и другого вместе на известковом растворе, обычно с примесью цемьянки – мелкомолотой обожженной глины, иногда толченого кирпича.

Со второй половины XII в. кладка фундаментов становится более разнообразной. Встречается кладка на глине, иногда с заполнением кирпичным боем. В Новгороде для фундаментов преимущественно использовались валуны, которые укладывались на известковом растворе, иногда с заметной примесью цемьянки. В Полоцке в XII в. фундаменты выполняли из небольших валунов, которые насыпали в открытый ров без раствора. Верх фундамента проливался раствором, не проникавшим в глубину, после чего поверх него укладывалась выравнивающая платформа из двух-трех рядов кирпичной кладки, на которой разбивали план самих стен. При этом низ стен внутри и снаружи здания нередко присыпали песком на высоту до 0,5-0,7 м. Фундаменты построек Смоленска также исключительно валунные, у более ранних памятников – на растворе или на глине, с конца XII в. – уложенные насухо, по полоцкому образцу. Памятники Галицкой и Владимиро-Суздальской земель второй четверти XII в. имеют валунные фундаменты на известковом растворе без цемьянки. В конце XII в. техника выкладки фундаментов во Владимире меняется, их выполняют из рваного туфа или белого камня также на растворе. Такие фундаменты не заполняли весь открытый ров, а выводились в виде отдельной стенки с засыпкой краев рва после их возведения.

Фундаменты новгородских храмов XIII-XV вв. выполнялись из валунов с заполнением землей, песком или глиной, с проливкой верхнего ряда известковым раствором. В некоторых случаях в их основание укладывались деревянные лежни из бревен, но известны также случаи забивки свай или устройства одной лишь песчаной подсыпки под подошву.

Среднерусские княжества (Московское, Нижегородское, Рязанское) унаследовали технику каменного строительства Владимиро-Суздальской Руси. При этом надо отметить несколько своеобразный тип кладки из мелких блоков наиболее ранней из выявленных построек Москвы, остатки которой обнаружены под Успенским собором в Кремле. Последующие московские сооружения, а также храмы Нижнего Новгорода, Звенигорода и Троице-Сергиева монастыря конца XIV – начала XV в. имеют структуру фундаментов, восходящую к владимирским памятникам конца XII в.: фундаменты сложены из правильных, грубовато отесанных квадров в технике полубутовой кладки.

Для каменных сооружений периода конца XV-XVII вв. в целом характерно значительное единообразие приемов кладки на основной территории Русского государства. Новшеством в устройстве фундаментов стало повсеместное использование забиваемых под подошву деревянных свай, которые до этого встречались лишь в отдельных, достаточно редких случаях. Известен случай устройства сплошного свайного, точнее сказать столбчатого основания, практически без прослоек грунта, под столпом Ивана Великого в Московском Кремле. Свай, преимущественно из бревен хвойных пород, порой применялись без учета индивидуальных особенностей грунта, и образование пустот после их истлевания становилось причиной деформаций. Преобладающий тип фундаментов – из бутового камня на известковом растворе. При устройстве подвалов внутренние стены иногда вообще не имеют фундаментов, а у внешних фундамент со стороны подвального помещения облицован на всю высоту гладкой кладкой, каменной либо кирпичной. В северных районах фундаменты выполнялись по большей части из валунов, причем нередко случаи укладки их на глине либо насухо.

В XVIII в. в России начали распространяться европейские строительные приемы. В самых ранних постройках С.-Петербурга фундаменты выполнялись из кирпича и булыжника, причем под внутренними поперечными стенами их нередко делали в виде арок. В целом же в XVIII в. и позднее получают преобладание фундаменты, сложенные на известковом растворе из бутового камня (в некоторых местах из валунов, но также на растворе), заглубленные с учетом промерзания грунта. Свай применяются не всегда, а в зависимости от свойств подстилающих грунтов и их влагонасыщенности. В провинции долгое время еще бытуют приемы XVI-XVII вв.

В конце XIX-XX вв. появляются бетонные, а позднее и железобетонные фундаменты, которые получают широкое распространение и при строительстве православных храмов. Находят свое применение свайные фундаменты.

Рассмотрим основные типы конструкций фундаментов православных сооружений.

Ленточные фундаменты возводят непосредственно под стены храма

или под ряд отдельных опор. В первом случае они имеют форму непрерывных подземных стен, во втором – состоят из перекрестных балок. Ленточные фундаменты бывают симметричные (рис.1) и несимметричные (рис.2).

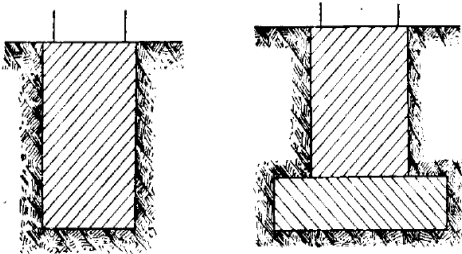


Рис. 1

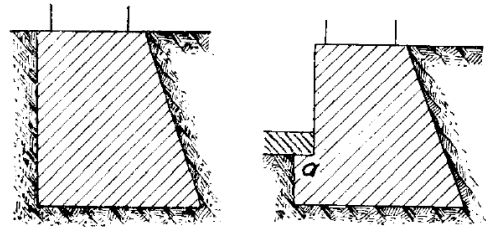


Рис. 2

В зданиях с полным каркасом при правильной сетке колонн проектируют перекрестные ленты в обоих направлениях (рис.3). Если на ленточный фундамент опирается не сплошная стена, а столбы, колонна или стена с разрывом, то в той части фундамента, над которой нет нагрузки, устраивают обратные арки или в верхней части такого фундамента укладывают железные балки (рис.4).

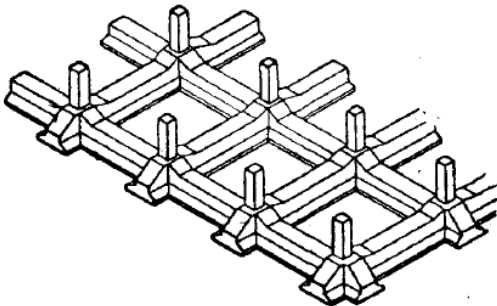


Рис. 3

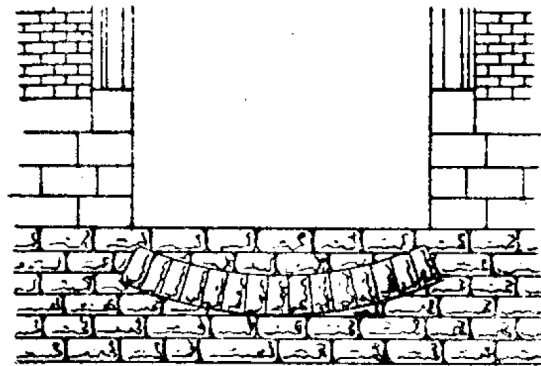


Рис. 4

Столбчатые фундаменты применяют при твердых грунтах и небольших нагрузках на подошву фундамента. Промежутки между столбами перекрываются арками из кирпич-железняк на известковом (позднее цементном) растворе или железными балками с заполнением промежутков между балками кирпичом, бутом или бетоном, поверх столбов укладывается железобетонная балка шириной, равной ширине стены.

Каменные глубокие столбы применяются при глубоко залегающем непросадочном слое грунта и при очень низком уровне грунтовых вод, что лишает возможности применения деревянных свай. Пролеты между столбами перекрывают арками (рис.5). Если непросадочный слой грунта недостаточно крепок, то столбы устанавливают на сплошную бетонную плиту (рис.6) или между ними устраивают обратные арки (рис.7).

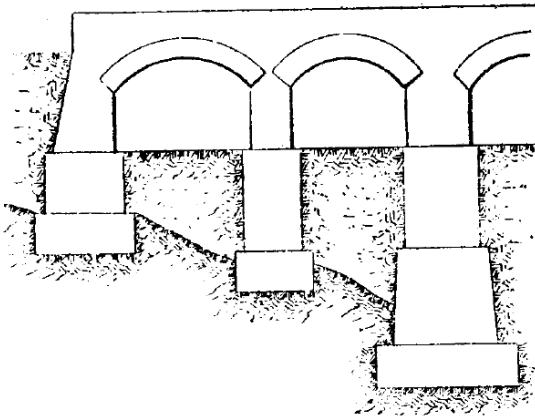


Рис. 5

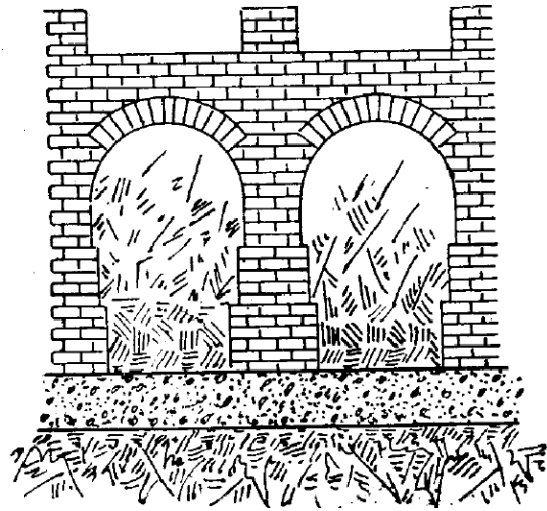


Рис. 6

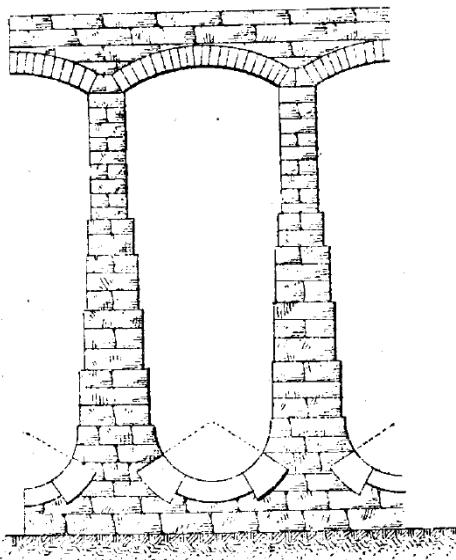


Рис. 7

Опускные колодцы или **опускные столбы** отличаются от предыдущего типа только способом возведения столбов. Вышеуказанные столбы возводят снизу вверх, а данные опускают сверху вниз. Опускные колодцы представляют собой обычно круглые, внутри пустые цилиндры, стенки которых устраивают из кирпича, бетона, железобетона, металла или дерева.

Деревянные фундаменты (стулья) делают из древесины сосны или дуба. Стулья устанавливают на непромерзаемый достаточно плотный грунт. В зависимости от нагрузки, приходящейся на один стул и от плотности грунта, стулья устанавливаются непосредственно на основание нижним торцом, спиленным перпендикулярно к длине стула, или на конец крепится шпала или крестовина (рис.8). В промежутках между стульями делается горизонтальная или вертикальная забирка из пластин или досок. Нижний край забирки опускается ниже уровня земли на 40-50 см, а верхний упирается в нижний венец стены.

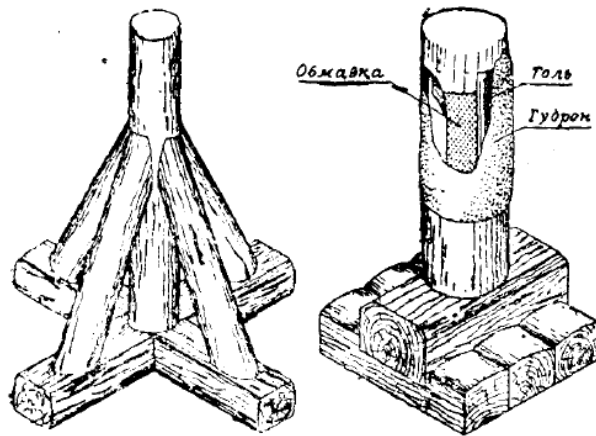


Рис. 8

Сплошной фундамент представляет собой один общий слой (бетонный, железобетонный или из каменной кладки) под целое здание. Сплошные фундаменты применяются в случаях, когда опасаются неравномерной осадки, при слабых грунтах и значительных нагрузках или когда фундаменты под отдельными частями здания очень близко подходят друг к другу.

Свайные фундаменты состоят из отдельных свай, перекрытых сверху плитой или балкой (ростверком). Свайный фундамент используют в случаях, когда на слабый грунт необходимо передать большие нагрузки. При этом нагрузка от здания передается на более плотные грунты, залегающие на глубине. По типу материала сваи могут быть деревянными, бетонными, железобетонными, стальными и комбинированными. При устройстве деревянных свай встречаются деревянные ростверки. Заполнение камнем промежутков между сваями применяют чаще, чем деревянные ростверки. Такие заполнения делают из бутового камня или булыги до уровня отпила сваи (рис.9). Чаще всего применяют каменные и бетонные ростверки, представляющие собой подушки, в которые утоплены головы свай (рис.10).

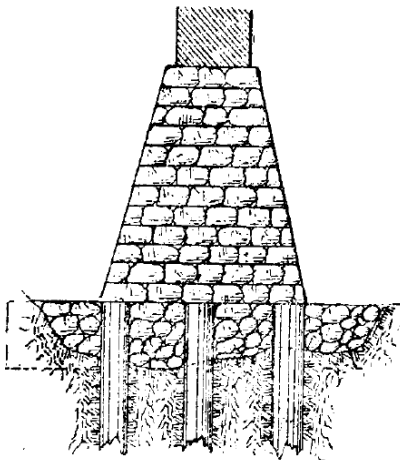


Рис. 9

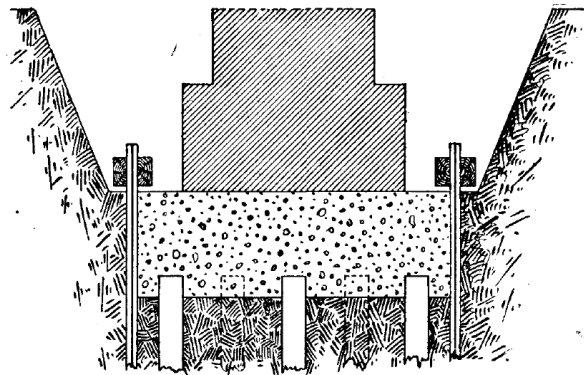


Рис. 10

Литература

1. Реставрация памятников архитектуры / С. С. Подъяпольский, Г. Б. Бессонов, Л. А. Беляев, В. Д. Коркин. – М.: Стройиздат, 2000. – 288 с.: ил.
2. Прейс, П. В. Конструкции зданий / П.В. Прейс – М.: Московское акционерное издательское общество, 1927. – 161 с.: ил.
3. Кузнецов, А. В. Архитектурные конструкции / А. В. Кузнецов – М.: Издательство Академии архитектуры СССР, 1944. – 728с.: ил.

УДК 624.014

П.А. Хазов

Применение законов математического анализа при расчете снеговых нагрузок

При рассмотрении покрытий зданий в виде пространственных поверхностей необходимо оценить систему на возможность возникновения снегового мешка. Снеговой мешок может возникать в местах, где функция, описывающая рассматриваемую поверхность, имеет минимальное значение в обоих направлениях.

Для того чтобы проверить это, предлагается воспользоваться формулами высшей математики. Любую поверхность можно описать уравнением вида:

$$z = f(x, y)$$

Возможны следующие случаи:

а) функция дифференцируема на всем рассматриваемом участке поверхности. Достаточным, но не обязательным условием для отсутствия снегового мешка будет являться выполнение во всех точках рассматриваемой области неравенств:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} < 0 \\ \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \leq 0 \end{array} \right. \quad \text{или} \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \leq 0 \\ \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} < 0 \end{array} \right.$$

При выполнении этих условий мы получим оболочку, выпуклую в обоих направлениях, либо выпуклую оболочку, имеющую прямолинейную образующую. Например, этим выражениям будут подчиняться следующие поверхности:

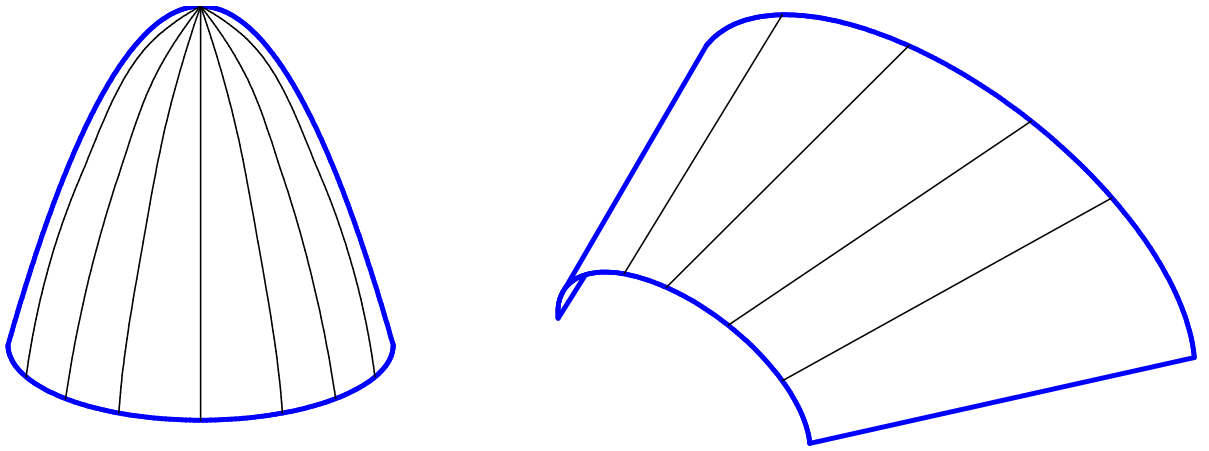


Рис.1. Примеры выпуклых поверхностей

Если оба неравенства не выполняются, значит, форма поверхности не является выпуклой. Тогда необходимо проверить наличие минимальных значений. Возможны два варианта в какой-либо точке $M(x,y)$:

$$\begin{cases} \frac{\partial z}{\partial x} = 0 \\ \frac{\partial z}{\partial y} \neq 0 \end{cases}$$

В этом случае снеговой мешок не образуется. Этому закону подчиняются подобные поверхности:

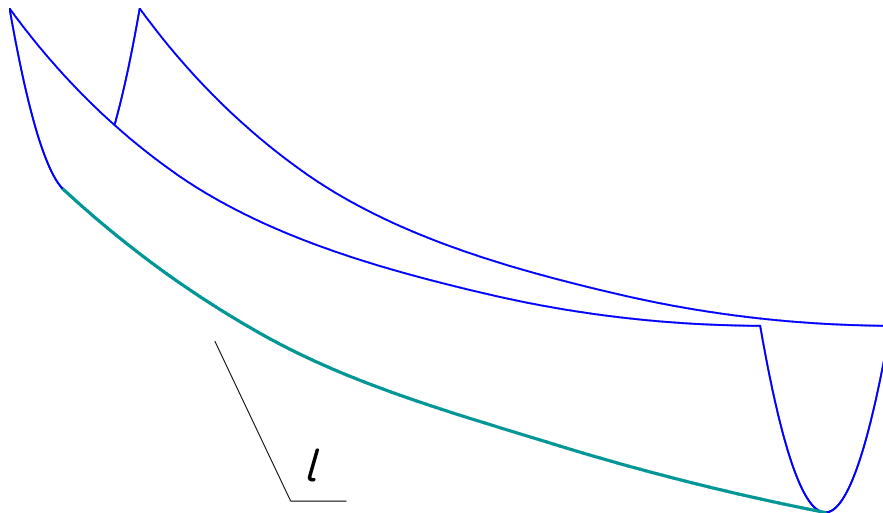


Рис.2. Вогнутая поверхность, не имеющая снегового мешка

На этой поверхности система $\begin{cases} \frac{\partial z}{\partial x} = 0 \\ \frac{\partial z}{\partial y} \neq 0 \end{cases}$ справедлива по всей кривой l .

Если же имеет место система уравнений $\begin{cases} \frac{\partial z}{\partial x} = 0 \\ \frac{\partial z}{\partial y} = 0 \end{cases}$ в точке $M(x,y)$, тогда

эта точка будет являться минимальной точкой поверхности и в ней образуется снеговой мешок:

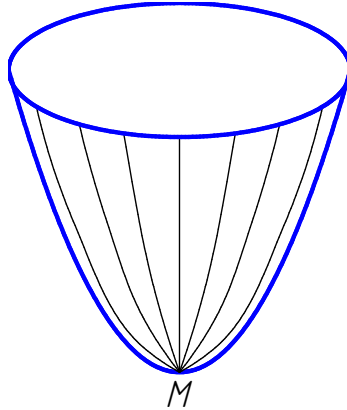


Рис.3. Чашеобразная поверхность

Если система $\begin{cases} \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} < 0 \\ \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \leq 0 \end{cases}$ или $\begin{cases} \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \leq 0 \\ \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} < 0 \end{cases}$ не выполняется только в одном

неравенстве, тогда поверхность будет выпуклой в одном направлении и вогнутой в другом, и снегового мешка в ней не будет. Тем не менее зоны

повышенных снегоотложений могут возникнуть в случае, если $\begin{cases} \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} < 0 \\ \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} > 0 \end{cases}$ и

имеется какая-либо точка, в которой $\frac{\partial z}{\partial y} = 0$. Именно там и возникнет риск повышенных снегоотложений.

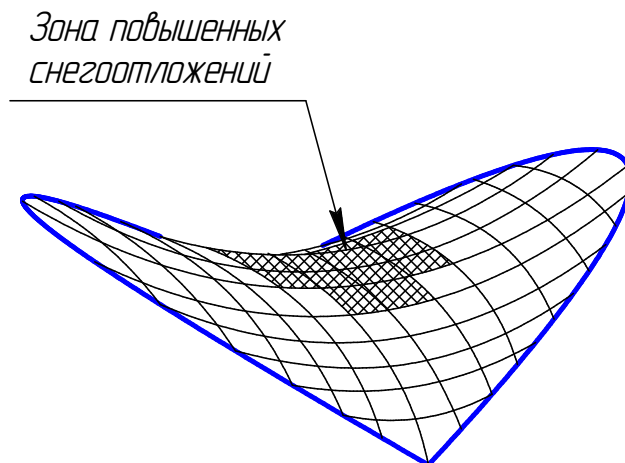


Рис.4. Поверхность двойкой кривизны

б) функция недифференцируема в одном из направлений на какой-либо кривой. Тогда необходимо провести все проверки предыдущего пункта для каждой полуповерхности, образованной кривой. Затем необходимо проверить, меняется ли знак производной с «-» на «+» по направлению, перпендикулярному кривой. Если нет, то в кривой нет снегового мешка.

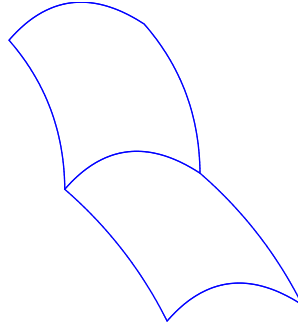


Рис.5. Поверхность, имеющая перелом при постоянном уклоне

После этого следует проверить саму кривую. Для этого необходимо дважды продифференцировать функцию z по направлениям этой кривой и, если $z''_i \leq 0$, тогда снегового мешка не будет, кривая будет являться водоразделом либо водосток (рис.6).

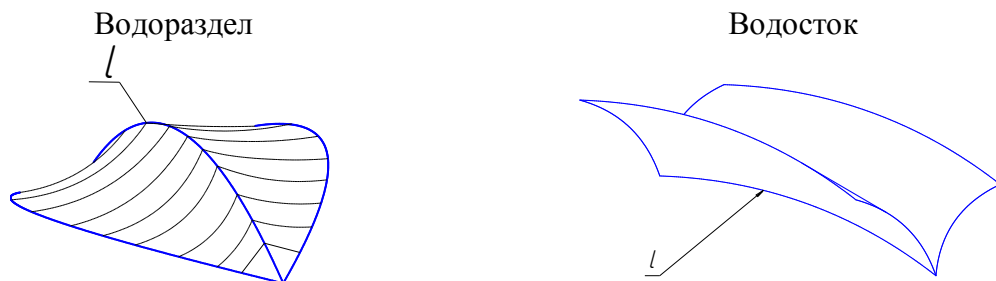


Рис.6. Поверхности, образующие водораздел и водосток

В случае водостока возникнет риск повышенных снегоотложений.

Если $z''_i > 0$, кривая вогнута и необходимо проверить ее на наличие минимумов, найдя нулевые точки первой производной $z'_i = 0$. Если такие точки есть, в них образуется снеговой мешок, если значение производной в этих точках в направлении, перпендикулярном кривой, меняет знак с «-» на «+», например в точке M .

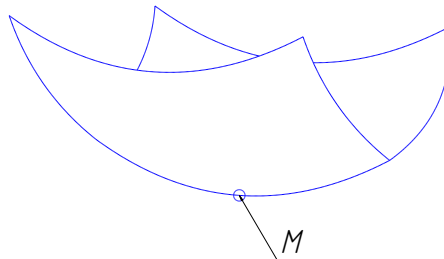


Рис.7. Поверхность, имеющая снеговой мешок

Если таких точек нет, то возможны те же случаи, как и при выпуклой кривой, а именно: водораздел и водосток.

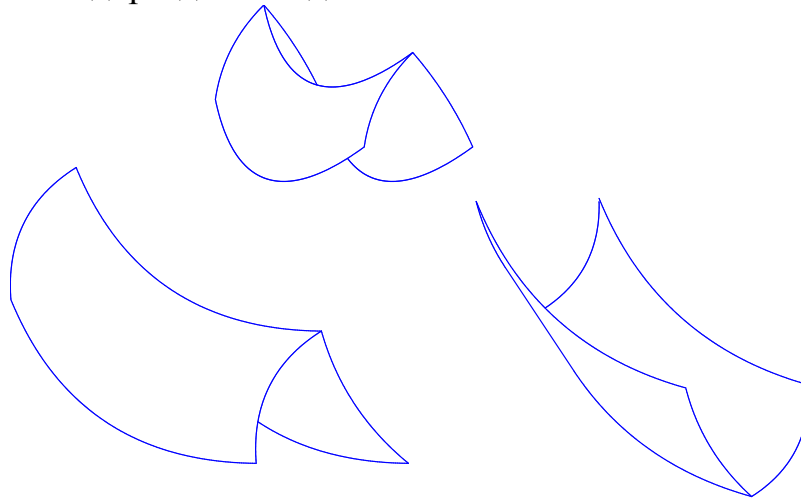


Рис.8. Водораздельные и водосточные поверхности

в) функция недифференцируема в обоих направлениях в какой-либо точке. Тогда эта точка может быть минимальна – со снеговым мешком. Узнать это можно, проверив, меняют ли производные по обоим направлениям знаки в этой точке с « \leftarrow » на « \rightarrow » или с « \rightarrow » на « \leftarrow ».

Таким образом, становится видно, что сложная форма кровли сооружения может накладывать значительные изменения на значения снеговой нагрузки. Потому при определении снеговой нагрузки на сооружения с криволинейной кровлей необходимо рассматривать все возможные виды ее приложения в частном порядке.

Например, можно определять коэффициент μ для ряда характерных точек, затем находить промежуточные значения используя линейную интерполяцию, после чего рассматривать кровлю на возможность возникновения снеговых мешков и зон повышенных снегоотложений, корректируя при этом значения μ .

Литература

1. Пискунов, Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления. – В 2т. / Н.С.Пискунов. – М.: Наука, 1966. – Т. 1. – 552 с.
2. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07-85: утв. постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 29 августа 1985 г. № 135 Взамен главы СНиП II-6-74. – 55 с.

Влияние деформаций основания и фундаментов на усилия в надземной части сооружения

В настоящее время задача о совместной работе основания и фундамента, а также фундамента и всей конструкции остается актуальной. Изучение этого явления необходимо для нахождения более точных методов расчета оснований и повышения качества и экономичности проектирования надземных частей сооружения.

В основе постановки задачи лежит пункт 2.5 СНИП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений»: «Нагрузки и воздействия на основания, передаваемые фундаментами сооружений, должны устанавливаться расчетом, как правило, исходя из рассмотрения **совместной работы сооружения и основания**» (выделено автором).

Следует признать, что это требование нормативного документа, обязательного для применения, до последнего времени носило декларативный характер. Причинами этого являлись, с одной стороны, сложность расчетов такого рода, а с другой стороны, неучет совместной работы сооружения и основания был прост и шел в определенный запас.

Появление универсального метода решения задач напряженно-деформированного состояния дискретных и континуальных систем, каким является метод конечного элемента и, что немаловажно, его реализация в пакетах прикладных расчетных комплексов, привели к тому, что появилась возможность инженерного решения таких задач.

Влияние деформаций оснований на работу стальных каркасов неоднократно отмечалось. Теоретические исследования В.В. Николаева и Е.Э. Локшина подтверждаются натурными исследованиями А.И. Кикина, В.С. Туркина и Н.П. Семенова.

Е.И. Беленя и Л.В. Клепиков занимались исследованием совместной работы оснований, фундаментов и поперечных рам стальных каркасов промышленных зданий. В ходе своих исследований они выявили, что при наличии бокового давления грунта по всей высоте фундамента отрыв фундамента от основания следует рассматривать, с одной стороны – как особенность совместной работы основания и надземной части конструкции, возникающую вследствие остаточных деформаций в элементах или сопряжениях этой конструкции, а с другой стороны, как одну из особенностей совместной работы основания и фундамента, связанную с неравномерным развитием пластических деформаций в грунте при внецентренном загрузении фундамента. Наличие боковой засыпки способствует увеличению модуля деформации основания на 30-40 %.

При достаточно надежном закреплении верхнего конца колонны, когда эпюра моментов имеет нулевую точку выше подошвы фундамента, центр поворота располагается ниже подошвы в среднем на 0,25 м. При податливом опирании верхнего конца колонны центр поворота находится выше подошвы в среднем на 0,58 м. У свободно стоящей колонны при отсутствии горизонтальных сил центр поворота размещается практически на уровне подошвы фундамента, отклоняясь от нее вверх на 0,08 м (при наличии бокового давления грунта) или вниз на 0,06 м (без бокового давления грунта). В связи с деформациями основания действительные условия закрепления нижнего конца колонны коренным образом отличаются от условий, вытекающих из допущения о недеформируемости основания. Влияние поворота фундамента приводит к снижению моментов в уровне базы на 54-60 %, в уровне фундамента – на 35-40 %. При этом горизонтальное перемещение середины колонны увеличивается вследствие поворота в 1,8-2,4 раза. Таким образом, деформации основания существенно изменяют напряженное состояние и перемещения колонны. Принципиально важным является изменение моментов в уровне подошвы фундамента, а, следовательно, и изменение напряженного состояния самого основания.

В Тамбовском государственном техническом университете (ТГТУ) С.А. Варечкиным, О.В. Евдокимцевым и В.В. Ледневым были проведены испытания модели П-образной стальной рамы на деформируемом основании. По результатам испытаний были сделаны следующие выводы:

- с ростом нагрузки деформации и напряжения в элементах рамы растут плавно, без скачков (рис. 1, 2);
- максимальные их величины отмечены: в ригеле – в месте приложения нагрузки; в колонне – вблизи опор и в месте сопряжения ригеля с колонной;
- с увеличением жесткости верхних узлов напряжения в ригеле уменьшаются, а в колонне, наоборот, увеличиваются;
- работа рамы на жестком основании дает результаты, более приближенные к решению без учета деформаций основания;
- теоретические значения перемещений отличаются от экспериментальных в большую сторону минимум на 42%, что говорит о несовершенстве методов расчета и ведет к неправильной оценке работы конструкции, перерасходу материалов и трудовых затрат.

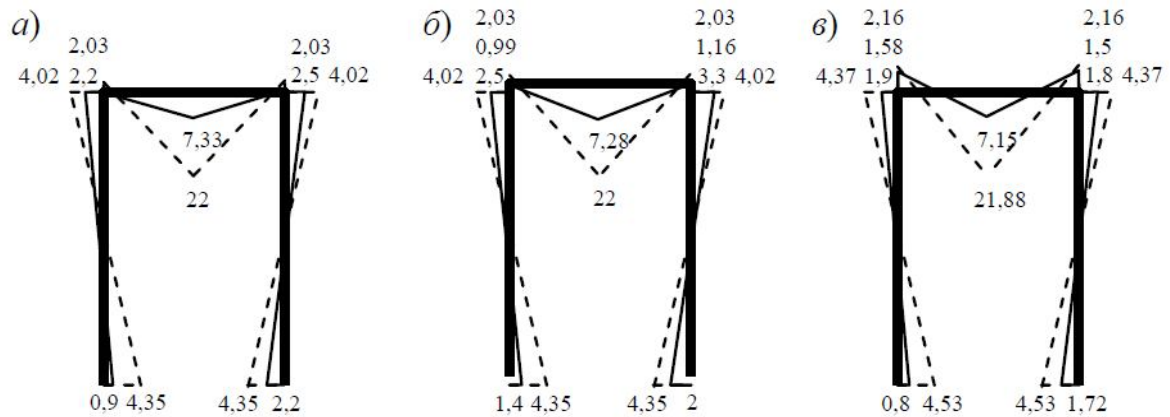


Рис. 1. Эпюры напряжений в стальной раме на жестком основании

$$\sigma, \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}, \text{ при } e_0 = 0 (\text{а, б, в}); F = 30 \text{ кН.}$$

Сопряжение в верхних узлах шарнирное (а); податливое (б); жесткое (в):

———— экспериментальное; ----- теоретическое

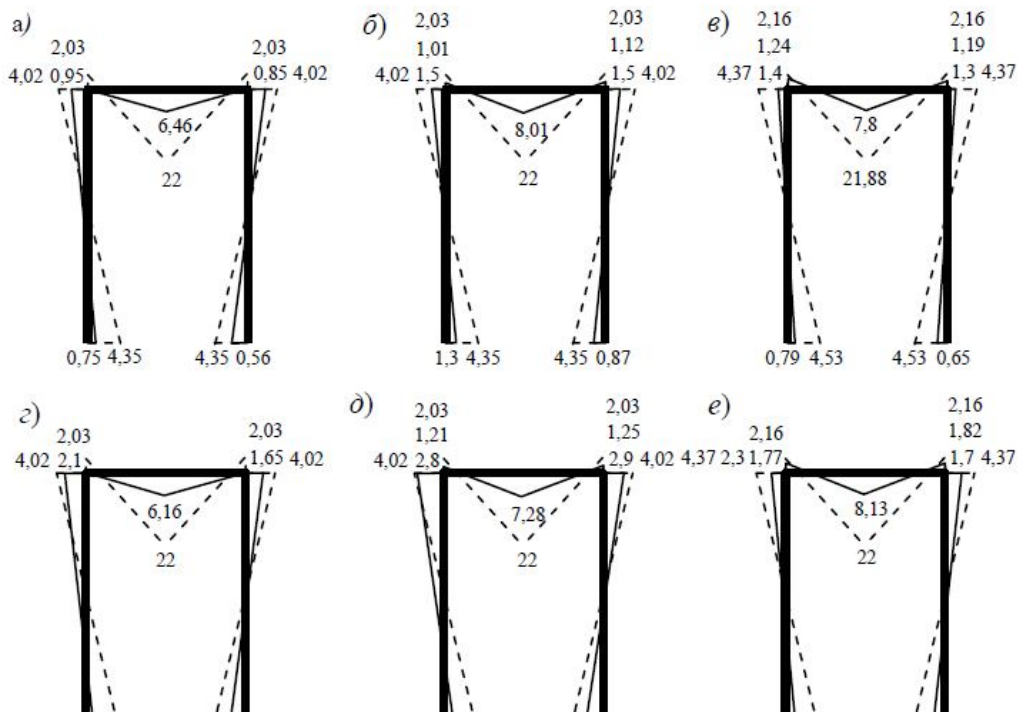


Рис. 2. Эпюры напряжений в стальной раме на песчаном основании

$$\left[\sigma, \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} \right], \text{ при } e_0 = 0; F = 30 \text{ кН, } \lambda = 1, \rho, \frac{F}{\text{см}^2}: 1,57 (\text{а, б, в}) \text{ и } 1,61 (\text{г, д, е}).$$

Сопряжение в верхних узлах шарнирное (а, г); податливое (б, д); жесткое (в, е):

———— экспериментальное; ----- теоретическое

В настоящее время в ТГТУ проводятся исследования модели стальной П-образной рамы на песчаном основании. В отличие от ранее проведенных исследований, рассматривается рама с шарнирным сопряжением ригеля с колонной. Выявлено, что значения экспериментальных моментов в колоннах значительно превосходят теоретические. Особо отмечено, что в «условно» шарнирном узле

возникает момент, передающийся и на колонну. На величину момента в колонне значительное влияние оказывает поворот фундамента. В зависимости от направления крена, перемещения фундамента могут оказывать как догружающее, так и разгружающее действие в уровне базы и первой трети высоты колонны.

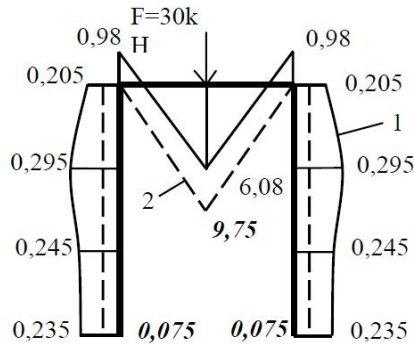


Рис. 3. Эюры моментов при центральном приложении нагрузки (кНм).
1-экспериментальные; 2-расчетные значения

В Нижегородском государственном архитектурно-строительном университете вопросом изучения совместной работы фундамента и базы колонны занимался магистрант М.В. Никулин. В своей работе он рассматривал однопролетную тонкостенную раму переменного сечения. При переходе от конструктивной схемы рамы к расчетной вводились следующие упрощения:

- опорные узлы являются либо абсолютно жесткими, либо шарнирными;
- основание под опорной плитой абсолютно жесткое.

Такие предпосылки грубы, т.к. подобных условий не может быть в принципе.

Были рассмотрены два типовых опорных узла рамы: жесткий и шарнирно-неподвижный (рис. 4).

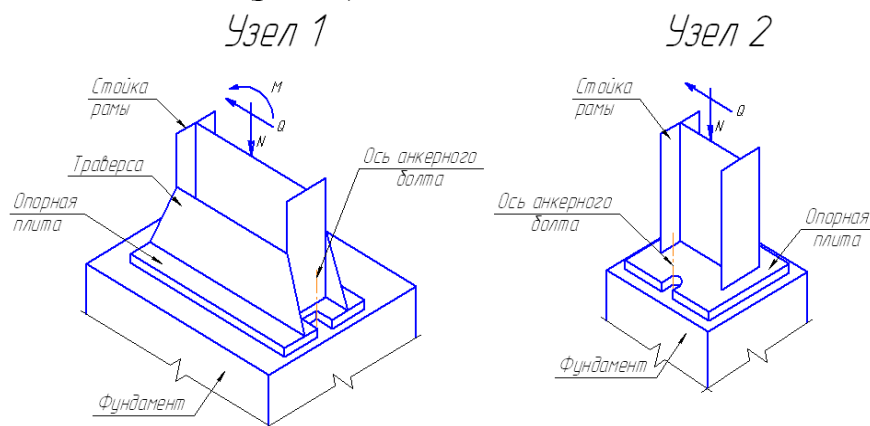


Рис. 4. Типовые опорные узлы тонкостенных рам

Узел 1. При жестком сопряжении анкерные болты, установленные в плоскости, параллельной плоскости рамы, прикрепляются к стержню

стойки рамы через специальные столики или вводятся дополнительные траверсы, что устраняет возможность поворота колонны. В действительности такой узел не может быть абсолютно жестким, т.к. любое основание деформируемо. Колонна получает в уровне базы не только поворот и вертикальную осадку, но также и горизонтальное перемещение, обусловленное поворотом, что резко меняет схему ее работы под нагрузкой (рис. 5) и усилия в самой раме.

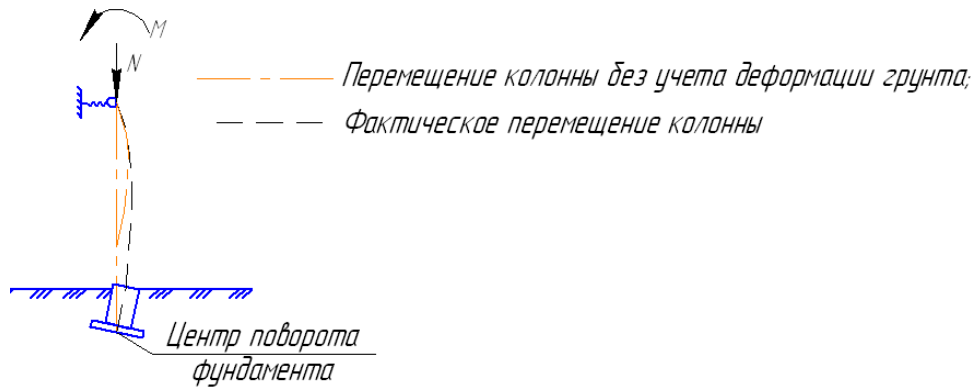


Рис. 5. Действительная работа стойки рамы

Узел 2. При шарнирном закреплении анкерные болты размещают по оси, перпендикулярной плоскости рамы. Это обеспечивает некоторую податливость узла и позволяет условно относить такое сопряжение базы с фундаментом к шарнирному. В действительности узел не может быть полностью шарнирно-неподвижным, т.к. он частично способен воспринимать изгибающий момент за счет конструктивных особенностей базы. При этом в предполагаемом шарнирном узле поворот будет проходить не по оси расположения анкерных болтов, а по краю опорной плиты. Плечо момента поворота равно расстоянию от центра расположения болта до края опорной плиты. В связи с этим фундамент может получить поворот, что также повлияет на напряженное состояние рамы и на перемещение всей конструкции.

Таким образом, учет деформаций основания вызывает перераспределение усилий в элементах рам. Неучет этого приводит к некорректным результатам статических и динамических расчетов надземных конструкций, фундаментов и основания.

В настоящей работе ставятся задачи расчета баз колонн с учетом деформируемости материала фундамента и расчета поперечных рам с учетом податливости фундаментов. Численное моделирование может быть проведено с помощью таких современных расчетных комплексов, как NASTRAN, ANSYS, Robot Structural Analysis, MicroFe, Visual Analysis, ЛИРА, SCAD.

После обработки результатов могут быть получены поправочные коэффициенты к инженерным методикам расчетов.

Литература

1. Беленя, Е. И. Исследование совместной работы оснований, фундаментов и поперечных рам стальных каркасов промышленных зданий. Вып. 28 / Е. И. Беленя, Л. В. Клепиков ; Центр. науч.-исслед. ин-т промсооружений. – М. : Госстройиздат, 1957. – 59 с.

2. Вахонин, А. В. Исследование работы стальной П-образной рамы / А. В. Вахонин // Труды ТГТУ : сб. науч. ст. молодых ученых и студентов. – Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-т., 2004. – Вып. 16. – С. 61-64.

УДК 624.014.2

И.А. Юрченков

**Программа для расчета оптимальной формы сечения
сварного составного двутавра**

Одним из наиболее трудоемких разделов архитектурно-строительного проектирования являются проектно-конструкторские решения. Для этой стадии проектирования характерен итерационный подход. Разработка конструкторских решений – это процесс, практически всегда требующий сложных и трудоемких вычислений. Поэтому работы по автоматизации этой стадии ведутся давно. Автоматизировано все (задачи строительной механики, конструкторские задачи, экономические, статистические и т.д.). Не автоматизированы задачи выбора вариантов, практически отсутствуют программы по решению задач оптимального проектирования.

В настоящей статье описывается программа для решения задач оптимального проектирования сварных составных двутавровых стержней, работающих на изгиб, центральное сжатие и внецентренное сжатие.

Задача оптимального проектирования связана с поиском оптимального по расходу материала сварного составного двутаврового сечения. Для его нахождения рассматриваются все возможные решения с учетом ограничений и определяется сечение с $A=A_{min}$ на границе области допустимых решений.

Для каждого типа напряженного состояния реализованы расчетные схемы (рис. 1) и заданы ограничения с учетом требований норм [1].

Область допустимых решений (ОДР) строится на координатной плоскости в осях aA , где a – коэффициент распределения материала в сечении – отношение площади стенки к общей площади; A – площадь сечения.

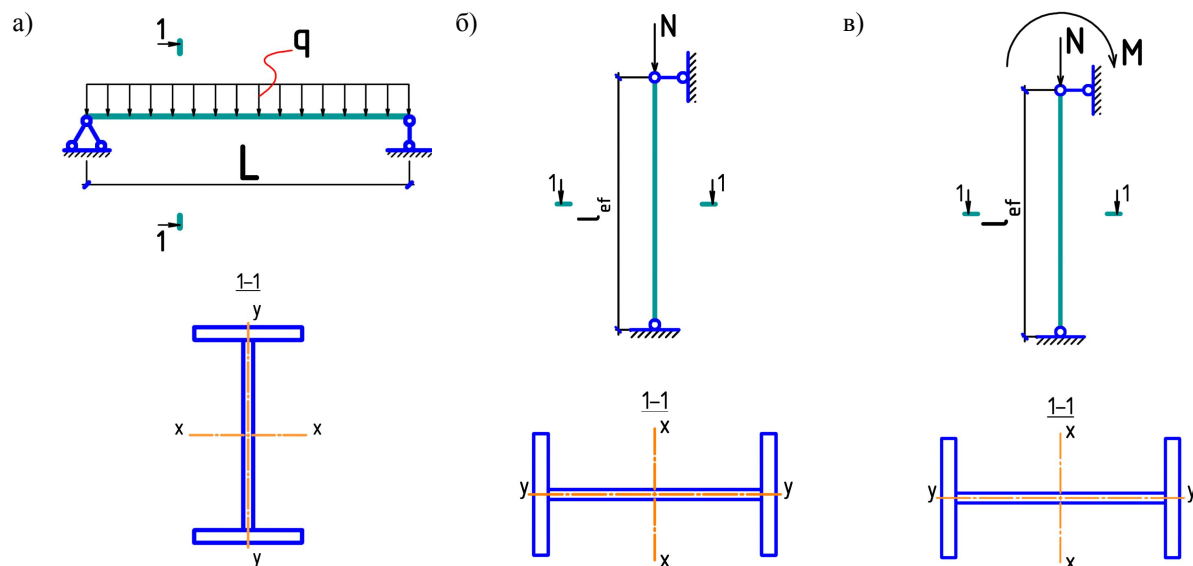


Рис. 1. Расчетные схемы при расчете:
 а) изгибаемого элемента; б) центрально-сжатого элемента;
 в) внецентренно-сжатого элемента

Область допустимых решений строится с учетом нормативных и конструктивных ограничений.

Нормативными ограничениями являются:

- для изгибаемого элемента: условие прочности; условие жесткости, условия местной устойчивости стенки и полки;
- для центрально-сжатого стержня: условия устойчивости в двух главных плоскостях симметрии сечения; условия местной устойчивости стенки и полки;
- для внецентренно-сжатого стержня: условия устойчивости в плоскости действия момента и из плоскости действия момента; условия местной устойчивости стенки и полки.

Конструктивными ограничениями являются: соотношение размеров стенки и полок двутавра; ограничения на размеры стенки и полок по градации листового проката.

С учетом ограничений на области допустимых решений строится сортаментный ряд для стенки с учетом действующих ГОСТов на листовый прокат. Для каждой стенки определяется оптимальный размер полки. В итоге оптимальным принимается то сечение, у которого площадь поперечного сечения минимальна.

Разработанные алгоритмы были реализованы в программе «Optima», написанной на языке программирования C#.

Рабочее пространство программы представлено в одном окне (рис.2).

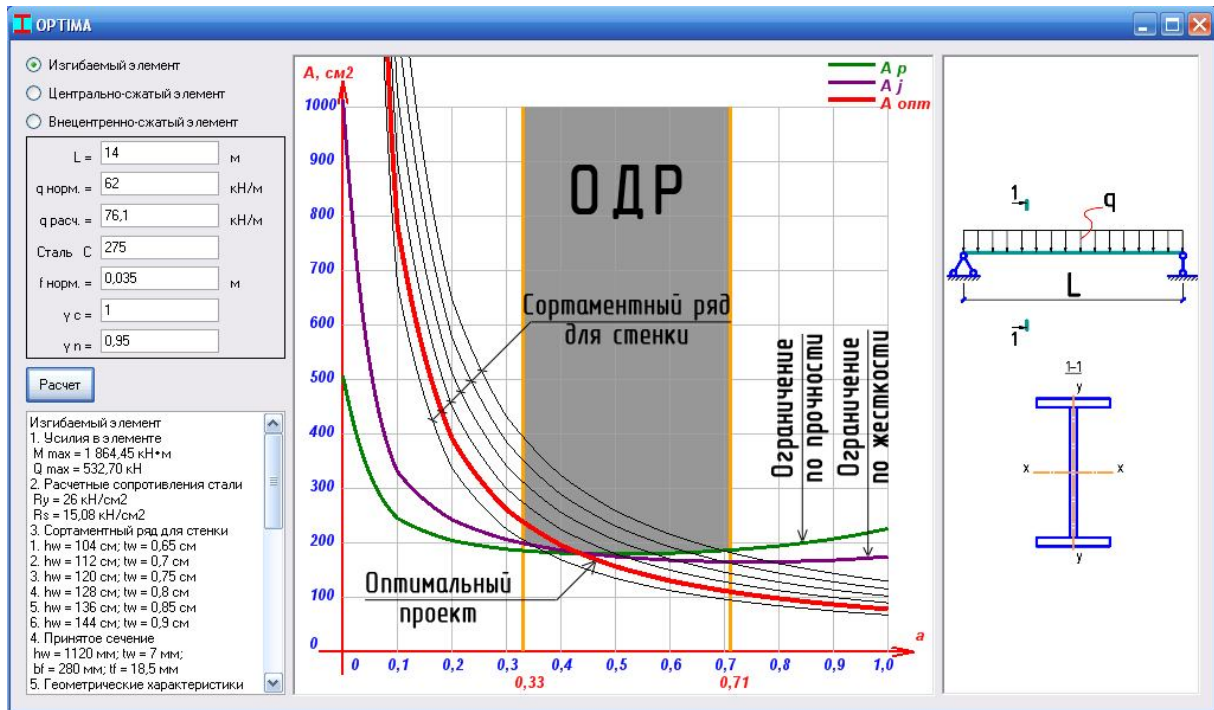


Рис. 2. Интерфейс программы «Оптим»

В начале работы пользователь выбирает напряженное состояние стержня двутаврового сварного сечения с помощью радиокнопок в верхней левой части окна. При каждом выборе справа отображается расчетная схема, по которой будет производиться расчет, а также меняется панель для ввода исходных данных, которые необходимо ввести (рис. 3).

а)	L = 18 м q норм. = 129,5 кН/м q расч. = 154,33 кН/м Сталь С 275 f норм. = 0,045 м $\gamma_c = 1$ $\gamma_n = 1$	б)	I _{ef,x} = 4,55 м I _{ef,y} = 4,55 м N = 5000 кН Сталь С 245 $\gamma_c = 1$	в)	I _{ef,x} = 14,1 м I _{ef,y} = 3,5 м M = 855 кН*м N = 657 кН Сталь С 235 $\gamma_c = 1$
----	---	----	--	----	--

Рис. 3. Исходные данные при расчете:

- а) изгибаемого элемента; б) центрально-сжатого элемента;
в) внецентренно-сжатого элемента

После ввода исходных данных пользователь нажимает на кнопку «Расчет». При этом в текстовом поле слева внизу окна печатается протокол расчета задачи, а в центральном поле окна строятся графики, характеризующие выполненный расчет.

Для иллюстрации работы программы и ее тестирования выбраны известные примеры.

а) Стержень, работающий на изгиб.

Исходные данные (пример 7.3, стр. 203 [4]): пролет $L=18$ м; нормативная распределенная нагрузка $q_{\text{норм.}}=129,5$ кН/м; расчетная нагрузка $q_{\text{расч.}}=154,33$ кН/м; сталь С275; предельный прогиб $f_{\text{норм.}}=0,045$ м; коэффициенты $\gamma_c=1$ и $\gamma_n=1$.

Результат, полученный в учебнике: стенка – 1660x12 мм; полки – 560x20 мм. Площадь сечения $A=423,2 \text{ см}^2$.

Результат, полученный в программе «Optima»: стенка – 1570x9,5 мм; полки – 480x27 мм. Площадь сечения $A=408,35 \text{ см}^2$. Площадь уменьшена на 3,51%.

б) Стержень, работающий на центральное сжатие.

Исходные данные (пример 8.1, стр. 279 [4]): расчетные длины стержня относительно осей симметрии сечения $l_{ef,x}=l_{ef,y}=4,55 \text{ м}$; расчетное усилие $N=5000 \text{ кН}$; сталь С245; коэффициент $\gamma_c=1$.

Результат, полученный в учебнике: стенка – 480x12 мм; полки – 480x18 мм. Площадь сечения $A=230,4 \text{ см}^2$.

Результат, полученный в программе «Optima»: стенка – 310x7,5 мм; полки – 460x22,5 мм. Площадь сечения $A=230,25 \text{ см}^2$. Площадь уменьшена на 0,07%.

в) Стержень, работающий на внецентренное сжатие.

Исходные данные (п.14.4, стр. 453 [4], касающийся верхней части колонны): расчетные длины колонны в плоскости и из плоскости действия момента соответственно $l_{ef,x}=14,1 \text{ м}$ и $l_{ef,y}=3,5 \text{ м}$; изгибающий момент $M=855 \text{ кН}\cdot\text{м}$; продольная сила $N=657 \text{ кН}$; сталь С235; коэффициент $\gamma_c=1$.

Результат, полученный в учебнике: стенка – 972x10 мм; полки – 300x14 мм. Площадь сечения $A=181,2 \text{ см}^2$.

Результат, полученный в программе «Optima»: стенка – 630x12 мм; полки – 400x12,5 мм. Площадь сечения $A=175,6 \text{ см}^2$. Площадь уменьшена на 3,09%.

Вывод по примерам.

Выполненные работы показывают, что примеры, приведенные в [4] выполнены на высоком профессиональном уровне, поэтому площади сечений уменьшены незначительно.

Программа оптимального проектирования дает пользователю эталон решения и решения близкие к эталону, из которых пользователь должен выбрать сечение.

Литература

1. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2001. – 96 с.
2. Муратов, А.Ф. Формы сечений и задача компоновки составных стержней: Учебное пособие/ А.Ф. Муратов. – Н.Новгород: ННГАСУ. – 2003. – 70 с.
3. Муратов, А.Ф. Вариантное проектирование элементов и конструкций из сталей различной прочности/ А.Ф. Муратов. – Горький, 1985. – 62 с.
4. Ведеников, Г.С. Металлические конструкции: Общий курс: Учеб. для вузов / Г.С. Ведеников, Е.И. Беленя, В.С. Игнатьева и др.; Под ред. Г.С. Веденикова. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1998. – 760 с.

**ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЕ. ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ.
ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ. ГИДРАВЛИКА.
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ**

УДК 628.162.82

О.С. Вожегова

Озонирование в системах очистки воды

В последние пятнадцать лет область применения озона значительно расширилась, и во всем мире интенсивно ведутся новые разработки и исследования. Бурному развитию технологий с использованием озона способствует его экологическая чистота. В отличие от других известных окислителей, озон в процессе реакций образует предельные оксиды. При этом неиспользованный озон разлагается на атомарный и молекулярный кислород. Все эти продукты, как правило, не загрязняют окружающую среду и не приводят к образованию канцерогенных веществ, как, например, при окислении хлором или фтором.

Озон (O_3) – второе относительно устойчивое (метастабильное) простое молекулярное соединение, которое, наряду с формой O_2 , образует кислород.

Озон – это газ синего цвета с резким характерным запахом. По химическому строению представляет собой молекулу, состоящую из трех атомов кислорода, в отличие от двухатомного кислорода воздуха. В естественных условиях озон возникает вблизи работающего электрооборудования при грозе, у водопадов, у кромки прибоя, а также при действии электрического разряда или ультрафиолетового излучения на воздух. В промышленных целях озон вырабатывается генераторами озона, основанными на коронном разряде или на основе ультрафиолетовых ламп, вызывающих фотодиссоциацию кислорода воздуха и образование озона.

Озон – очень реакционноспособное соединение и химически неустойчив, разлагаясь до кислорода и атомарного кислорода. В свою очередь, атомарный кислород – тоже очень реакционноспособное соединение.

Химизм реакций озона с органическими загрязнениями воды достаточно сложен. Будучи сильным окислителем, озон влияет на характер протекания реакций образования самих загрязнений. Это действие озона даже выше, чем окисление органических загрязнений (мочевины, креатинов и др.).

Преимущество озона в том, что он способствует протеканию реакций, которые заставляют молекулы загрязнений собираться в конгломераты, достаточно крупные, чтобы их можно было уловить методом флокуляции или сорбировать на фильтре. Озон реагирует с хлор-

и нитроорганическими соединениями с образованием хлоридов и нитратов и как следствие этого выводит из воды аммиак (напрямую озон с аммиаком не реагирует). Некоторые продукты реакций озона с органическими соединениями могут быть очень токсичными и вредными для здоровья.

Кроме того, озон – сильнейший бактерицид, убивающий патогенные микроорганизмы и вирусы.

Этот сильный бактериосептический эффект озона используется в специальных озонирующих установках для обеззараживания воды и воздуха.

Считается, что озонирование не изменяет натуральные свойства воды, так как через непродолжительное время не прореагировавший озон превращается в кислород.

В методе обеззараживания воды с помощью озона можно выделить следующие преимущества:

Во-первых, опыт использования очистки воды при помощи озонирования, накопленный для систем разной производительности, говорит о том, что эту технологию можно и нужно применять не только на мощных водопроводных станциях, отвечающих за снабжение водой крупных городов, но и в системах водоподготовки малой и средней производительности. Несомненно, что качество озоновой очистки воды при водоподготовке будет значительно выше, чем при прочих технологиях, даже несмотря на ограничения по количеству озона в воде (доза остаточного озона – не более 0,1 мг/л) и в воздухе (ПДК озона в помещении, где работают люди, не более 0,1 мкг/л).

Во-вторых, очистка воды при помощи озонирования – это процесс, требующий только определенного состава оборудования:

- генератор озона, в котором осуществляется выработка озона из воздуха или кислорода;

- система введения озона в воду и его смешения;

- реактор – емкость, в которой за счет перемешивания и выдержки обеспечивается необходимое время реакции озона с водой; деструктор озона для удаления остаточного непрореагировавшего озона; приборы контроля озона в воде и воздухе.

Конечно, это оборудование надо размещать в отдельном помещении, оборудованном вентиляцией, эксплуатировать, выполняя необходимые профилактические мероприятия. Но при относительно высокой стоимости первичных капитальных затрат эксплуатационные затраты связаны только с потреблением электроэнергии. Никаких расходных материалов не требуется.

В-третьих, из-за насыщения воды озоновоздушной смесью она приобретает высокую окислительную способность и становится коррозионно-активной. Особенно коррозионная активность может возрасти при повышении температуры или снижении давления в системе

(падает растворимость кислорода в воде). Это требует использования оборудования и материалов, стойких к озону.

УДК 628.16

Е.В. Галкина

О проблемах обеспечения населения качественной питьевой водой

Вода представляет собой стабильное соединение кислорода и водорода. Вода – самое распространенное и самое замечательное вещество на земле. Вода необходима для жизни, но она же является и одной из главных причин заболеваемости в мире. Вода, без сомнения, является стратегическим ресурсом государства, от качества которой зависит здоровье нации. У России в этой сфере сохраняется огромное преимущество перед другими странами, так как она занимает второе место в мире по запасам чистой питьевой воды [1]. Но половина жителей страны, а в отдельных регионах – до 70 %, вынуждены пользоваться некондиционной водой. Основными причинами сложившейся кризисной ситуации с обеспечением населения качественной питьевой водой являются:

- устойчивая тенденция снижения качества источников питьевого водоснабжения;
- применение хлора и хлорпроизводных при обеззараживании в ходе водоподготовки;
- плохое состояние водопроводных сетей и водоводов.

Нижний Новгород расположен в Центрально-Европейской части России, в месте слияния двух крупнейших рек – Волги и Оки. Территория Нижегородского региона достаточно обеспечена водными ресурсами. Качество воды большинства водных объектов региона, являющихся источниками питьевого водоснабжения Волжской системы, не соответствует принятым нормам. По загрязненности воды Волги и Оки в пределах Нижнего Новгорода, относятся к источникам второго класса. Основными источниками загрязнения являются: коммунальное хозяйство (58% загрязненных вод от общего объема), и промышленные предприятия (31%) [2]. Каждый кубический метр плохо очищенной производственной и бытовой сточной воды, сливаемой в реку, загрязняет 60 м³ чистой воды [3].

Одной из главных проблем является загрязнение водных объектов сточными водами. На долю Волжского бассейна приходится 39 % от общего объема сточных вод, образующихся на территории России [3]. Несмотря на сравнительно высокую обеспеченность региона очистными сооружениями, эффективность их работы крайне низка, в результате чего

Волга превратилась в приемник сточных вод [4]. Главные причины перегрузки очистных сооружений заключаются в неэффективности основных технологий, а также в нарушении правил отвода сточных вод в канализацию.

Наряду с выпуском большого объема очищенных сточных вод одновременно сбрасывается значительная часть полностью без очистки, а также в недостаточно очищенном виде. В бассейн реки Волги сбрасывается 16 087 млн м³ за год, из них: 3,8% – без очистки; 41,5% – недостаточно очищенных; 5,2 % – нормативно очищенных [4]. Ежегодно со сточными водами в бассейн Волги сбрасывается до 350 тыс. т органических веществ, до 18 тыс. т нефтепродуктов, до 100 тыс. т азота аммонийного, 90 тыс. т фенолов, 1 тыс. т цинка и т.д. За период с 1986-го по 2007 г. отмечается значительное снижение массы загрязняющих веществ промышленного происхождения, поступающих на городские канализационные очистные сооружения: по взвешенным веществам – в 4,5 раза, по органическим веществам – в 3 раза, по металлам – в 18 раз, по нефтепродуктам – в 8,57 раза [5]. Аварийные или несанкционированные сбросы загрязненных сточных вод в зависимости от их объема и состава могут представлять чрезвычайную опасность для водоисточников.

Воды основных притоков Волги – Оки и Камы – оцениваются как «загрязненные», в некоторых створах как «грязные» в районе крупных промышленных центров. Большое влияние на экологическую обстановку Оки и ее притоков оказывают антропогенные нагрузки г. Дзержинска и примыкающей к нему промышленной зоны. Основными характерными загрязняющими веществами воды Оки на всем ее протяжении являются соединения меди, железа, нитритный азот, легкоокисляемые органические вещества, в отдельных створах – аммонийный азот, нефтепродукты, фенолы. Высокие концентрации соединений меди отмечены у Нижнего Новгорода, ниже Каширы и выше Серпухова (от 22 до 48 ПДК). От 17 до 19 ПДК нитритного азота выявлено ниже Павлова, Дзержинска, Нижнего Новгорода. Ниже Коломны зафиксировано до 10 ПДК фенолов.

С каждым годом качество воды в малых реках области стабильно ухудшается. В самом Нижнем Новгороде насчитывается 12 малых рек, которые используются как приемники сточных вод предприятий, а русла – как накопители производственного и бытового мусора. В число приоритетных загрязняющих веществ поверхностных вод вошли азот аммонийный, свинец, легкоокисляемые органические вещества по величине БПК₅, железо общее, цинк, медь и т.д.

Огромный ущерб водным объектам наносят аварии на промышленных и коммунальных предприятиях, сопровождающиеся сбросом загрязняющих веществ. 12 марта 2007 года в районе с.Слободское, Кстовского района Нижегородской области, произошла авария с разрывом трубопровода Альметьевск – Нижний Новгород. В результате дизельное топливо разлилось в грунт, затем в реку Шава и

далее ниже по течению в пруды рыбхоза «Борок». Площадь загрязнения составила 4 000 м², объем разлившегося дизельного топлива – 40 м³. 20 апреля 2007 года на территории Чувашской республики из-за подвижки грунта произошел разрыв трубопровода Альметьевск – Нижний Новгород. Авария произошла в районе п. Малая Тюмерля, в 75 км западнее Чебоксар. Объем вылившегося топлива предварительно составил 10 м³[4]. В Нижегородской области зафиксированы и аварийные выбросы фенольных загрязнений, примером может служить чрезвычайная ситуация произошедшая несколько лет назад на р. Клязьме вблизи г. Владимира. Произошел аварийный выброс фенола из-за механических повреждений цистерны перевозившей фенольные соединения. Фенол попал в воду реки Ока у г. Нижнего Новгорода. После этой аварии фенольные «пятна» несколько лет отмечались в воде реки Оки.

Для целей приготовления воды питьевого качества МУП «Водоканал» эксплуатирует четыре водопроводные станции с водозаборами из реки Оки (Слудинская, Малиновая гряда, Автозаводская, Первомайская) и одну – из Волги (Новосормовская). В очистке воды для питьевых целей применяются технологии, созданные в середине прошлого века и не вполне учитывающие расширившийся спектр загрязнений очищаемых вод. Наличие углеводородов и СПАВ, способных образовывать соединения с тяжелыми металлами, хлором, фосфором и др., представляет собой особую опасность. Для обеззараживания питьевой воды на 5 станциях водоподготовки в Нижнем Новгороде используется технология хлорирования. Хлор используется как защита от микробного заражения после прохождения воды по водопроводам. Опасность хлорирования воды состоит в том, что при присутствии в исходной воде органических веществ в очищенной воде образуются производные хлора (хлороформ, хлорфенолы, хлориды, остаточный хлор и др.), обладающие канцерогенными (онкогенными) и мутагенными действиями, то есть способные влиять на генетический аппарат человека.

Проблема качества питьевой воды поднимается в последнее время часто. По данным НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды имени Сысина, качество питьевой воды крайне не удовлетворительное: каждая пятая проба воды не отвечает стандартам качества по химическим показателям и каждая восьмая – по бактериологическим [4]. Вода должна быть не только чистой, но и вкусной. Вода из крана – в Нижнем Новгороде или любом другом городе – редко отличается кристальной чистотой и отличными вкусовыми качествами. Холодная вода считается пригодной для питья, поскольку прошла все стадии очистки и водоподготовки. Но главная проблема в том, что слишком сильно меняется состав воды по дороге от водоочистной станции к конкретному водоразборному крану.

Поскольку большинство водопроводов старые, ветхие, многие из них довоенной и даже дореволюционной постройки. По дороге к потребителям вода набирает те загрязнения, которые имеются в водопроводной воде.

Если через наши трубы пропустить даже родниковую воду, она станет грязной, так как в Нижнем Новгороде применяются в основном стальные трубы. За 5-10 лет стальная труба успеет не только прохудиться, но и покрыться изнутри толстым слоем слизи, ржавчины, наростов из железобактерий, живущих и питающихся окислами металла. Причиной загрязнения питьевых водопроводов является нарушение герметичности водопроводной сети или разрыв труб, что может быть последствием гидравлических ударов при резких изменениях давления в сети. Снижение давления в сети создает условия подсоса загрязнений из канализационных коллекторов [4].

Без воды наше существование невозможно. А без хорошей воды невозможно хорошее существование. Основная наша проблема – не недостаток воды, а ее качество. Проблема обеспечения населения качественной питьевой водой из водопровода носит особо актуальный характер, поскольку почти все водные объекты, являющиеся источниками водоснабжения, загрязнены и качество воды в них не соответствует нормативным требованиям.

В настоящее время для России в целом проблема стабильного и качественного водоснабжения стоит очень остро и требует реализации комплекса нормативных, экономических и водохозяйственных мер межотраслевого уровня, обеспечивающих минимизацию сброса неочищенных сточных вод, защиту водоисточников от антропогенного загрязнения, улучшение качества питьевой воды [6].

Литература

1. Гришин, А.П. Проблема чистой воды – одна из главных составляющих безопасности страны / А.П. Гришин. – С.О.К., 2008. – №8. – С. 1-5.
2. Михеев, Н.Н. Водные ресурсы и пути решения проблемы водоснабжения в России / Н.Н. Михеев, А.Ф. Порядин, Г. Соер. - Водоснабжение и санитарная техника. – 2000. – №4. – С. 5-9.
3. Возрождение Волги – шаг к спасению России. Кн. 2 / (Субъекты Федерации и города бассейна) / Под ред. И.К. Комарова. – М: Экология, 1997. – 511 с: ил.
4. Колпакова, Е.А. Рекам и людям – чистую воду / Е.А. Колпакова. – М.: Лесная страна, 2007. – 190 с.
5. Дзиминскас, Ч.А. Изменение концентраций загрязняющих веществ сточных вод г. Нижнего Новгорода с 1986 по 2007 год / Ч.А. Дзиминскас, Т.В. Белая, Е.А. Горбачев. – Исследование актуальных геоэкологических проблем Приволжья: сб. науч. тр. / отв. ред. Е.В. Копосов. – Н.Новгород: ННГАСУ. – 2009. – С. 437 – 449.
6. Дзиминскас, Ч.А. Опыт работы Нижегородского водоканала по водоснабжению и водоотведению / Ч.А. Дзиминскас, А.Н.Луков, Н.В. Голубев и др. – Киров: КОГУП «Кировская областная типография», 2002. – 232 с.

Проблемы очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты

Антропогенная нагрузка на биоценозы неуклонно растет посредством загрязнения поллютантами атмосферы, почв, ландшафтов, водных экосистем. Одними из наиболее токсичных загрязняющих веществ являются органические вещества – продукты переработки нефти. Это неидентифицированная группа углеводородов нефти, мазута, керосина, масел и их примесей, которые, вследствие их высокой токсичности, принадлежат, по данным ЮНЕСКО, к числу десяти наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Нефтепродукты могут находиться в растворах в эмульгированном, растворенном виде и образовывать на поверхности плавающий слой.

Они попадают в окружающую среду в виде отходов различных производств, поэтому вред от них более существен, а последствия их воздействия на экосистему подчас непредсказуемы.

Основными источниками загрязнений нефтью и нефтепродуктами являются добывающие предприятия, системы перекачки и транспортировки, нефтяные терминалы и нефтебазы, хранилища нефтепродуктов, железнодорожный транспорт, речные и морские нефтеналивные танкеры, автозаправочные комплексы и станции. Объемы отходов нефтепродуктов и нефтезагрязнений, скопившиеся на отдельных объектах, составляют десятки и сотни тысяч кубометров.

Конкретным примером такого производства является Каликинский шпалопропиточный завод. Сточные воды завода содержат в своем составе нефтепродукты, смолы, фенолы и др. органические вещества.

На шпалозаводе имеются очистные сооружения общего типа. Эти очистные сооружения включают в себя:

- механическую очистку в первичных отстойниках;
- биологическую очистку в аэротенках;
- доочистку на каркасно-засыпных фильтрах и в биопрудах в две ступени.

Очистка нефтесодержащих стоков должна осуществляться по следующему варианту.

Перед доочисткой нефтесодержащие стоки проходят физико-химическую очистку в нефтеловушке, смолемаслоуловителе, флотаторе двухступенчатом, озонаторе и далее биологическую очистку в уже существующем аэротенке. Проектные показатели загрязнений до и после очистки представлены в табл. 1.

Проектные показатели загрязнений до и после очистки

№ п/п	Наименование показателей загрязнения	Пром-дождевой сток после физико-химической очистки на существующих сооружениях	Хоз-бытовой сток жил-поселка и завода	Смешанный сток		
				каркасно-засыпные фильтры	биопруд 1-й ступень	биопруд 2-я ступень
1	Поступающий поток сточных вод					
	БПК ₂₀ , мг/дм ³	20 / 20*	330	16,6 / 17,1	6,6 / 6,8	2,0 / 2,1
	Нефтепродукты, мг/дм ³	12,8 / 6,9	-	4,0 / 2,96	1,0 / 0,74	1,0 / 0,74
2	Выходящий поток сточных вод после очистки					
	БПК ₂₀ , мг/дм ³	-	15	6,6 / 6,84	2,0 / 2,1	0,5 / 0,52
	Нефтепродукты, мг/дм ³	-	-	1,0 / 0,74	1,0 / 0,74	0,01 / 0,0074

Выбор метода очистки сточных вод предприятий зависит от многих факторов: количество сточных вод различных видов, их расходы, возможность и экономическая целесообразность извлечения примесей из сточных вод, требования к качеству очищенной воды при ее использовании для повторного и оборотного водоснабжения и сброса в водоем, мощность водоема, наличие районных или городских очистных сооружений.

Очистка нефтесодержащих сточных вод должна обеспечивать:

- максимальное извлечение ценных примесей для использования их по назначению;
- применение очищенных сточных вод в технических процессах;
- минимальный сброс сточных вод в водоем.

На сегодняшний день очистные сооружения данного предприятия в полной мере не соответствуют современным требованиям, предъявляемым к очистке сточных вод от нефтепродуктов.

Задачей исследований является улучшение очистки сточных вод от нефтепродуктов:

- подбор оптимальных концентраций реагентов;
- уменьшение количества сточных вод и снижение содержания в них примесей;
- исследования возможности извлечения из сточных вод ценных примесей и их последующей утилизации;

– исследования возможности повторного использования сточных вод (исходных и очищенных) в технологических процессах и системах оборотного водоснабжения.

Литература

1. Карелин, Я. А. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов / Я. А. Карелин, И. А. Попова, Л. А. Евсеева – М. : Стройиздат, 1982 – 323 с.
2. Роев, Г. А. Очистка сточных вод и вторичное использование нефтепродуктов / Г. А. Роев, В. А. Юфин. – М. : Недра, 1987 – 120 с.
3. Стахов, Е. А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтепродуктов / Е. А. Стахов. – Л. : Недра, 1983 – 230 с.
4. Роев, Г. А. Очистные сооружения. Охрана окружающей среды / Г.А. Роев. – М. : Недра, 1993. – 315 с.
5. Родионов, А. И. Техника защиты окружающей среды: учебник для вузов / А. И. Родионов, В. П. Клушин, И. С. Торочешников – М. : Химия, 1989 – 160 с.
6. Очистка производственных сточных вод: учебное пособие для вузов/ Под. ред. Яковлева С. В. – М : Стройиздат, 1985 – 280 с.
7. Захаров, С. Л. Очистка сточных вод нефтебаз / С. Л. Захаров, С.Л.Ермаков // Экология и промышленность России. – 2002. – С. 35-37.

УДК 628.345:504

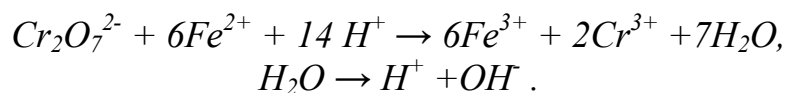
А.А Гудков

Очистка хромсодержащих сточных вод методом гальванокоагуляции

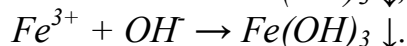
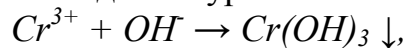
Одной из наиболее актуальных экологических проблем является проблема предотвращения загрязнения водных объектов, в первую очередь – поверхностных водоемов промышленными сточными водами, содержащими токсичные металлы. Как известно, одним из наиболее токсичных веществ является шестивалентный хром.

Для его удаления из сточной жидкости существует множество способов. Одним из наиболее эффективных является метод электрокоагуляции. В этом методе железо растворяется электрохимически, при наложении на стальные пластины анодного потенциала от внешнего источника тока, происходит образование ионов двухвалентного железа, которые восстанавливают шестивалентный хром (Cr^{6+}) до трёхвалентного (Cr^{3+}) с последующим образованием гидроксида хрома.

В общем виде процесс электрохимического восстановления ионами Fe^{2+} шестивалентного хрома можно представить следующим образом:



Образование гидроксидов идет по уравнению:



Эксперименты, по очистке хромсодержащей сточной жидкости проводились на экспериментальной установке, изображенной на рис. 1.

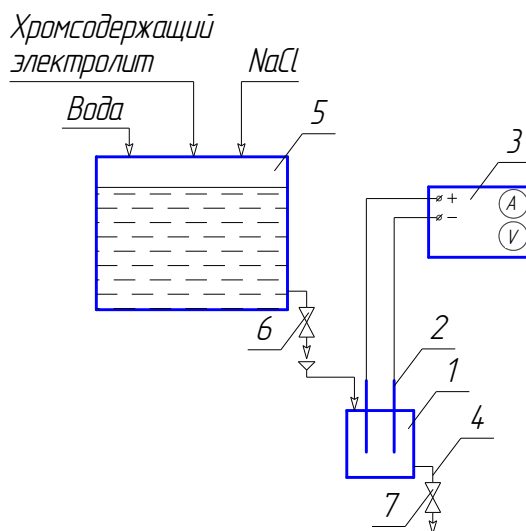


Рис. 1. Схема электрокоагуляционной установки:

- 1 – электрокоагулятор; 2 – электроды; 3 – выпрямитель;
4 – трубопровод опорожнения; 5 – резервуар имитата; 6, 7 – запорная арматура

Технические характеристики электрокоагулятора:

1. Расстояние между анодами, $L_1 = 4$ см.
2. Расстояние между анодом и катодом, $L_2 = 2$ см.
3. Количество анодов и катодов, соответственно, шт: $n_1 = 4$, $n_2 = 3$.
4. Размеры электрокоагулятора, см: $L*B*H = 20*12*10,5$.
5. Объем электрокоагулятора, $V_1 = 2520$ см³.
6. Размеры электродов, см: $l*h = 9,5*7$
7. Площадь электродов, $V_2 = 4*9,5*7=266$ см².

Исследования проводились на имитате сточной жидкости, приготовленном из электролита с концентрацией шестивалентного хрома 50 г/л.

Целью проведения экспериментов являлось нахождение оптимальных параметров режима обработки сточной жидкости: сила постоянного тока, идущего на аноды; времени обработки; электропроводности сточной хромсодержащей жидкости (табл. 1). Для изменения электропроводности в имитат добавлялась поваренная соль.

Характеристики процессов очистки

№	Начальная концентрация Cr^{6+} , мг/л	Начальное pH , ед.	Сила тока, I , А	Время обработки, t , мин	Концентрация $NaCl$, C_{NaCl} г/л
1	102,07	6,69	4	5	1
2	102,07	6,69	5	5	1
3	102,07	6,69	6	5	1
4	102,07	6,69	7	5	1
5	102,07	6,69	8	5	1
6	102,07	6,69	9	5	1
7	102,94	6,73	6	3	1
8	102,94	6,73	6	5	1
9	102,94	6,73	6	7	1
10	102,94	6,73	6	9	1
11	102,94	6,73	6	11	1
12	104,67	6,68	6	8	0
13	104,67	6,68	6	8	0,5
14	104,67	6,68	6	8	1
15	104,67	6,68	6	8	1,5
16	104,67	6,68	6	8	2

Результаты проведенных экспериментов были сведены в табл. 2, и построены графики зависимости эффективности очистки от варьируемых факторов.

Таблица 2

Результаты экспериментов

№	Конечное pH , ед.	Остаточная концентрация, Cr^{6+} , мг/л	Эффективность очистки, η , %
1	8,44	61,13	40,11
2	8,41	47,58	53,39
3	8,58	27,11	73,44
4	8,51	20,55	79,87
5	9,18	17,65	82,71
6	8,74	20,76	79,63
7	7,41	55,36	49,22
8	8,94	36,62	64,43
9	9,32	18,17	82,35
10	9,22	0	100
11	9,78	0	100
12	7,38	41,52	60,33
13	8,21	29,41	71,90
14	8,83	25,95	75,21
15	9,04	13,84	86,78
16	8,94	1,04	99,01

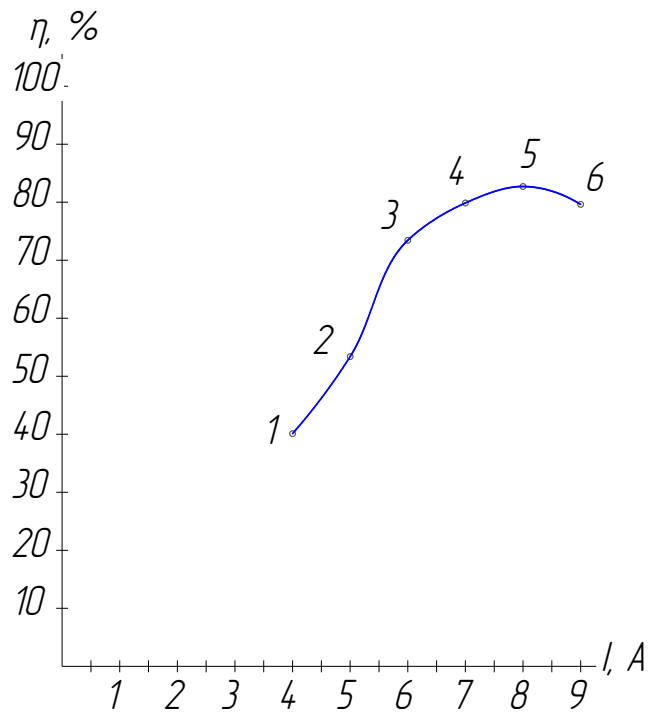


Рис. 2. Зависимость изменения эффективности обезвреживания шестивалентного хрома от силы постоянного тока ($t=5$ мин., $C_{NaCl}=1$ г/л)

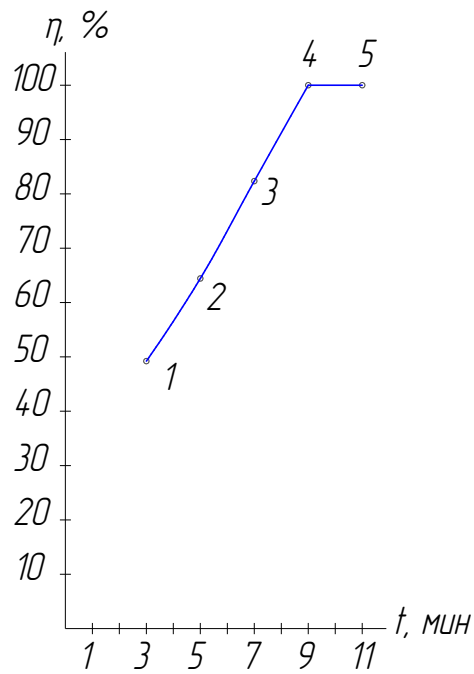


Рис. 3. Зависимость изменения эффективности обезвреживания шестивалентного хрома от времени обработки ($I=6$ А, $C_{NaCl}=1$ г/л)

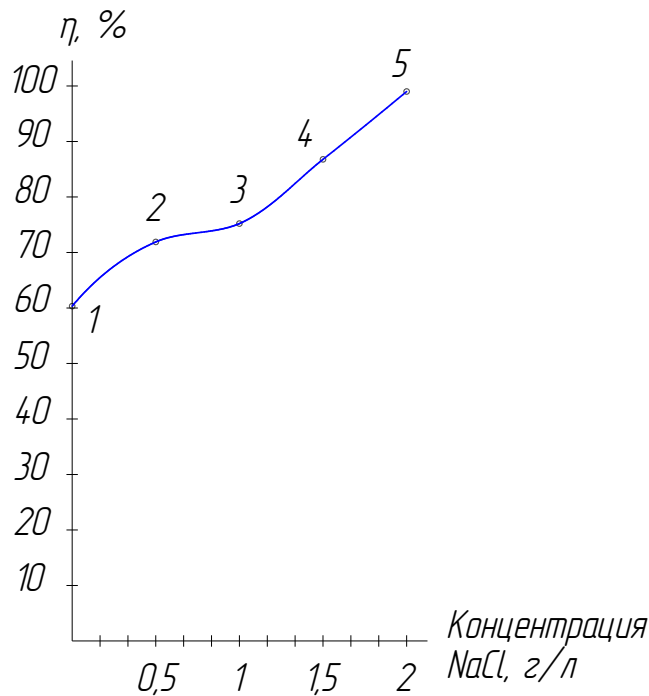


Рис. 4. Влияние концентрации NaCl на эффективность обезвреживания шестивалентного хрома ($I=6$ А, $t=8$ мин)

Результаты проведенных экспериментов показали, что полная очистка от ионов шестивалентного хрома была достигнута при силе тока, поступающего на электроды равной 6 А, при времени обработки 9 минут, и концентрации NaCl , равной 1 г/л. Остальные результаты показали неудовлетворительную степень очистки. Это может происходить из-за ряда факторов, не только таких как: низкая сила тока, подаваемая на электроды; малое время обработки; недостаточная электропроводность имитата, но и от начальной концентрации шестивалентного хрома. При его концентрации выше 20 мг/л скорость восстановления Cr^{6+} существенно снижается, если pH сточных вод превышает 5 ед. Поэтому в этих условиях возможно применение подкисления сточных вод для ускорения процесса восстановления.

Также существенное влияние на эффективность восстановления Cr^{6+} оказывает конструкция электрокоагулятора. Применяемые в большинстве случаев конструкции далеки от совершенства, что в конечном итоге непосредственно отражается на эффективности процесса восстановления Cr^{6+} .

Опыт практического применения электрокоагуляции для очистки сточных вод гальванических производств полностью подтверждает высокую эффективность процессов восстановления шестивалентного хрома.

Литература

1. Найденко, В. В. Очистка и утилизация промстоков гальванических производств / В. В. Найденко, Л. Н. Губанов. – Н.Новгород : ДЕКОМ, 1999. – 368 с. : ил.

2. Химия промышленных сточных вод/ Под ред. А. Рубина ; пер. с англ. : А. В. Расторгуева, В. А. Субботина. – М. : Химия, 1983. – 360 с. : ил.

УДК 662.76

Ю.С. Зонов

Способы переработки промышленных отходов с получением генераторного газа

Отходы подразделяют на неиспользуемые (неутилизируемые) и используемые (утилизируемые), которые в свою очередь делятся на использованные и неиспользованные. На используемость влияет не только их качество, но и количество в данном месте, а также местные условия.

Идея газификации топлив нашла практическое применение после того, как Ф. Сименсом и В. Сименсом (1861) был предложен регенеративный принцип отопления заводских печей, позволивший эффективно применять генераторный газ. Их конструкция просуществовала в течение 40-50 лет. Только в начале XX в. появились более совершенные конструкции. В России, как и во всем мире, идея газогенераторов получила большое развитие в начале и середине XX века, а позднее потеряла свою актуальность, в связи с открытием большого числа месторождений нефти, угля и пр.

Надлежащим образом спроектированный газогенератор может быть использован для получения газа из твердых бытовых или промышленных отходов.

Обязательно, чтобы были экономически оправданы транспортные расходы, расходы на подготовку отходов, удаление металлов, если газификатор специально не предусматривает их переработку, сушку, если она требуется, а также возможно уплотнение в брикеты и др.

Есть описания современных установок для переработки отходов с получением генераторного газа.

Способ заключается в комплексной переработке твердых бытовых и промышленных отходов. Способ включает подготовку и загрузку в вертикальную шахтную печь отходов, подачу топлива и горячего воздуха в нижнюю часть шахтной печи, вывод генераторного газа и парообразных компонентов в ее верхней части и вывод шлака и жидкого металла в нижней части шахтной печи. Согласно схеме переработку отходов осуществляют в герметичной шахтной печи с дополнительным введением известняка, низкосортного твердого топлива и флюсосодержащих материалов, причем отходы заранее подвергают компактированию и резке на мерные куски, которые загружают в шахтную печь послойно с указанными дополнительными компонентами с долей известняка 0,05-0,25 от массы отходов, в колошниковой зоне печи ниже загрузочного устройства создают избыточное давление газообразных продуктов переработки в диапазоне 1,1-1,5 атм.

Послойная загрузка шахтной печи для комплексной переработки твердых бытовых и промышленных отходов с подачей указанного количества известняка позволяет решить важную задачу понижения температуры плавления шлаков до 1200-1300°C и одновременно обеспечивает улавливание вредных парогазовых компонентов переработки, в том числе серы и ее соединений.

Пример осуществления предложенного способа приведен на структурной схеме устройства для переработки промышленных отходов.

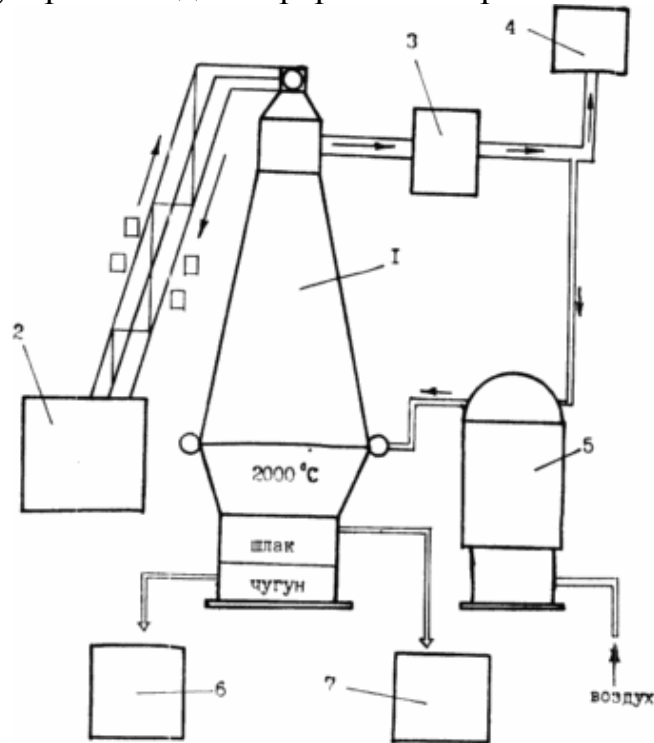


Рис. 1. Устройство для переработки промышленных отходов

Устройство для переработки отходов содержит вертикальную шахтную печь 1 и участок 2 приемки, хранения, компактирования и резки отходов на мерные куски для их подачи в печь 1 послойно с твердым топливом, известняком и флюсами. Кроме того, устройство имеет систему 3 для очистки уходящих газов из печи 1, систему 4 для использования генераторного газа, например для выработки электроэнергии в парогазовых установках, систему 5 для нагрева воздуха и подачи его в шахтную печь 1 и участки 6,7 для выпуска чугуна и шлака.

Шахтная печь 1 для переработки отходов в верхней части снабжена соответствующими средствами для загрузки отходов, низкосортного твердого топлива, известняка, флюсов и вывода генераторного газа, а в нижней части – средствами для подвода горячего воздуха, вывода чугуна и шлака.

Газификация является одним из самых перспективных направлений переработки твердых бытовых отходов с точки зрения как экологической безопасности, так и получения вторичных полезных продуктов газа, шлака, металлов и других материалов.

Наряду с прямым сжиганием и газификацией, может быть использован пиролиз, который представляет собой процесс термического разложения органических соединений без доступа кислорода при относительно низких температурах (500-800°C) по сравнению с процессами газификации (800-1300°C) и горения (900-2000°C). Первичными продуктами пиролиза могут быть жидкость, твердое углеродное вещество и газы в зависимости от вида и параметров процесса, вторичными – энергия, топливо и химические продукты.

Изобретение относится к технологии комплексной переработки твердых бытовых отходов (ТБО) путем пиролиза с последующей утилизацией энергии пиролизных газов. Способ обработки твердых бытовых отходов включает загрузку ТБО и сыпучего инертного теплоносителя в вертикальную шахтную печь, инициацию процесса пиролиза путем подачи горячей пароводяной смеси, получение низконапорного пиролизного газа и его сжигание с утилизацией теплоты сгорания. К низконапорному пиролизному газу подводят дополнительную энергию путем смешения в эжекторе с потоком высоконапорного воздуха, температуру пароводяной смеси поддерживают на уровне 60-80°C, температура в зоне газификации ТБО составляет 150-250°C, а температуру и давление газа после сгорания поддерживают на уровне соответственно 600-1000°C и 0,5-1,1 МПа. Технический результат: повышение КПД системы утилизации.

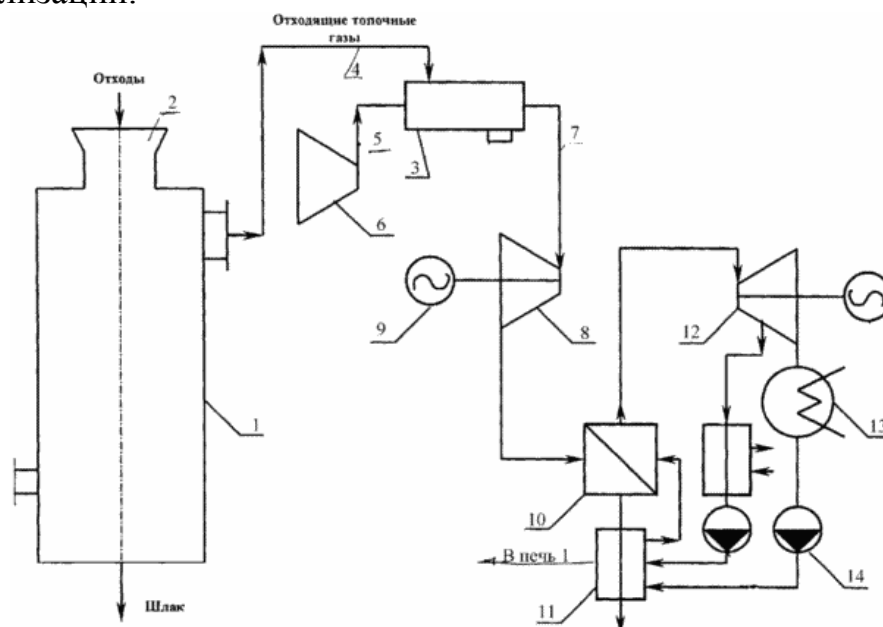


Рис. 2. Устройство для переработки промышленных отходов

Установка содержит вертикальную шахтную печь 1 с бункером 2 для загрузки ТБО. Установка снабжена эжекторной камерой сгорания 3. К пассивному соплу эжектора камеры 3 подключен трубопровод 4 отвода низконапорного пиролизного газа из печи 1. К активному соплу эжектора камеры 3 подключен напорный трубопровод 5 воздушного компрессора 6. Трубопровод 7 отвода продуктов сгорания из камеры 3 подключен к входу

газовой турбины 8, которая приводит во вращение генератор 9 электрического тока. К выхлопу турбины 9 подключены котел-утилизатор 10 и экономайзер 11 пароводяного контура, который содержит также паровую турбину 12, конденсатор 13 и конденсатный насос 14.

Температуру пароводяной смеси поддерживают на уровне 60-80°C, температура в зоне газификации ТБО составляет 150-250°C, а температуру и давление газа после сгорания поддерживают на уровне соответственно 600-1000°C и 0,5-1,1 МПа. Достаточно высокое давление продуктов сгорания позволяет эффективно использовать газовую турбину 8 и парогазовый цикл в системе утилизации ТБО. Благодаря этому КПД системы утилизации значительно, почти вдвое больше по сравнению с обычной пароводяной утилизацией теплоты отходящих газов.

В нетрадиционной энергетике особое место занимает переработка сельскохозяйственных отходов или биомассы метановым брожением с получением биогаза, содержащего около 70% метана, и обеззараженных органических удобрений. Всего в мире в настоящее время используется или разрабатывается около 60-ти разновидностей биогазовых технологий.

Биогаз, образующийся при метановом сбраживании, представляет собой смесь, состоящую из 50-80% метана, 20-50% углекислого газа, примерно 1% сероводорода, а также незначительного количества некоторых других газов (азота, кислорода, водорода, аммиака, закиси углерода и др.). Энергия, получаемая при сжигании биогаза, может достигать от 60 до 90% той, которой обладает исходный материал. Однако биогаз получают из жидкой массы, содержащей 95% воды, так что на практике выход достаточно трудно определить.

Понятно, что обязательные компоненты биогазовой установки – сам биореактор и газгольдер для сбора биогаза, ну а устройства для подогрева биомассы, ее перемешивания, а также средства контроля – вещи весьма полезные, но можно обойтись и без них.

Все большее распространение получают траншейные биогазовые установки.

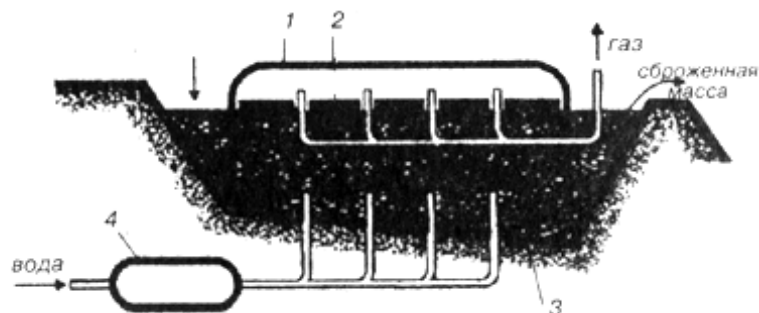


Рис. 3. Траншейная биогазовая установка:

- 1 - эластичский сборник; 2 - плиты из пенопласта;
- 3 - бродильная камера; 4 - нагреватель (бойлер)

Если резервуар цилиндрической формы разделить поперечной вертикальной перегородкой на две камеры, то можно организовать

систему получения биогаза с поочередным использованием камер резервуара. При такой компоновке уменьшается значение теплоизоляции наружных стенок резервуара, а в перегородку, выполняемую из достаточно теплопроводного материала, не очень сложно встроить какое-либо нагревательное устройство, что придает установке дополнительные конструктивные выгоды.

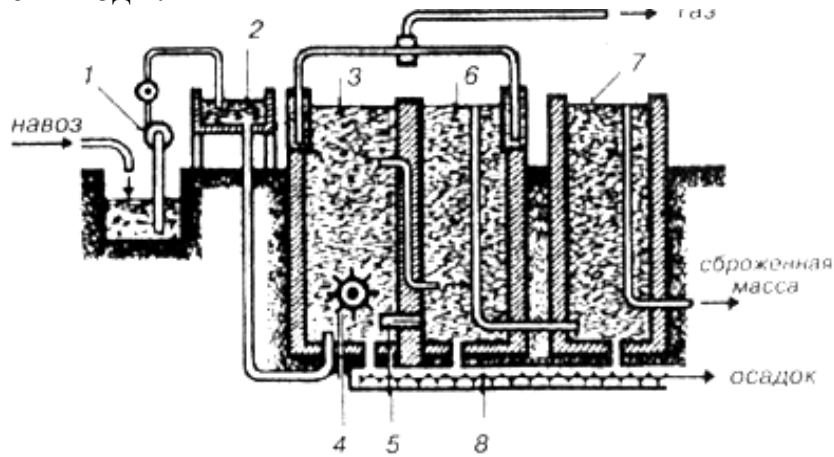


Рис. 4. Двухкамерная биогазовая установка проточного типа
 1 – насос; 2 - приёмная камера; 3 - бродильная камера;
 4 - перемешивающее устройство; 5 – нагреватель; 6 - камера дображивания;
 7 - сборник сброженной массы; 8 - шнек

Получение биогаза экономически оправдано и является предпочтительным при переработке постоянного потока отходов (стоки животноводческих ферм, скотобоен, растительных отходов и т. д.). Экономичность заключается в том, что нет нужды в предварительном сборе отходов, в организации и управлении их подачей; при этом известно, сколько и когда будет получено отходов.

Литература

1. Бекаев, Л.С. Мировая энергетика и переход к устойчивому развитию / Л.С. Бекаев, О.В. Марченко, С.П. Пинегин. – Новосибирск: Наука, 2000. – 300 с.
2. Пальгунов, П.П. Утилизация промышленных отходов / П.П.Пальгунов, М.В. Сумароков. – М.: Стройиздат, 1990. – 352с.
3. Твердые промышленные и бытовые отходы, их свойства и переработка / А.А. Дрейер, А.Н. Сачков, К.С. Никольский, Ю.И. Маринин, А.В. Миронов. – М.: Экология города, 1997. – 97с.
4. Пат. 2105245 Российская Федерация. Способ переработки твердых бытовых и промышленных отходов, МПК F23 / А.В.Воловик, А.А.Вертман, В.М.Кузнецов [и др.]; НИЦ «Экология»; заявл. 10.11.94; опубл.13.10.95, Бюл.№5; ил.
5. Пат. 2254518 Российская Федерация. Способ обработки твердых бытовых отходов, МПК F 23 / В.Г. Систер, А.М. Гонорольский, [и др.]; заявл. 23.10.2003; опубл.20.02.2007; ил.

Технические средства повышения эффективности применения абсорбционных холодильных машин

Абсорбционные холодильные машины получили в последнее время широкое признание благодаря тому, что они обладают рядом преимуществ, по сравнению с парокомпрессионными. Применение АБХМ приводит к уменьшению потребления электроэнергии, лучшему балансу потребности в энергии и увеличению КПД силового оборудования. Кроме того, АБХМ характеризуются высокой надежностью агрегатов, низким уровнем шума и вибраций.

Однако при всех положительных качествах АБХМ обладает и некоторыми недостатками, такими, как большая масса и стоимость, по сравнению с парокомпрессионными машинами. Кроме того, эффективность реальных холодильных машин значительно ниже эффективности идеальной холодильной машины, во многом за счет сложных необратимых процессов, проходящих в рабочих жидкостях.

В абсорбционной холодильной машине с помощью ее основных элементов: генератора, дроссельного вентиля D_2 , абсорбера и насоса совершается прямой термодинамический цикл, а с помощью конденсатора, дроссельного вентиля D_1 и испарителя – обратный термодинамический цикл. Термодинамическая и энергетическая эффективность абсорбционной холодильной машины может быть значительно повышена введением в схему регенеративного теплообмена в прямом и обратном циклах (рис. 1).

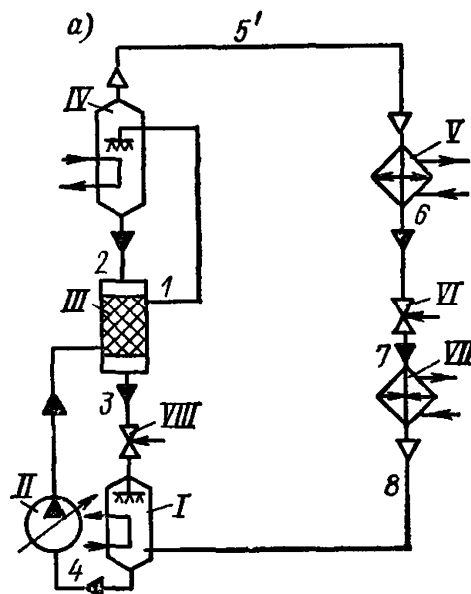


Рис. 1. Схема абсорбционной холодильной машины с теплообменником: I – абсорбер; II – насос раствора; III – теплообменник раствора; IV – генератор; V – конденсатор; VI – регулирующий вентиль хладагента; VII – испаритель; VIII – регулирующий вентиль раствора

В прямом цикле простейшей схемы машины крепкий раствор выходит из абсорбера в охлажденном состоянии, имея температуру T_4 , и должен быть нагрет внешним источником до температуры T_1^0 , т. е. до равновесного состояния, соответствующего давлению p_k прежде чем начнется процесс кипения. В то же время горячий слабый раствор, поступающий в абсорбер из генератора, должен быть охлажден окружающей средой (охлаждающей водой) до равновесного состояния при давлении p_0 , прежде чем он будет способен абсорбировать пар из испарителя. Введение регенеративного теплообмена между слабым и крепким раствором в специальном теплообменнике растворов уменьшит количество теплоты, подводимое от внешнего греющего источника в генераторе, и количество теплоты, отводимое в абсорбере охлаждающей водой, и повысит тепловой коэффициент машины.

Эффективность прямого и обратного совмещенных циклов абсорбционной холодильной машины может быть выражена произведением термического коэффициента полезного действия прямого цикла на холодильный коэффициент обратного цикла. Повышение значения холодильного коэффициента при постоянной температуре охлаждаемого источника может быть достигнуто подачей в испаритель чистого хладагента. Поэтому в машинах с незначительной разностью в нормальных температурах кипения хладагента и абсорбента (к ним относятся водоаммиачные холодильные машины) требуется ректификация пара, поступающего из генератора в конденсатор с целью повышения его концентрации по хладагенту. В то же время ректификация пара неизбежно связана с его охлаждением и, следовательно, приводит к понижению эффективности прямого цикла, поэтому при оценке общей эффективности системы совмещенных циклов необходимо учитывать эти два обстоятельства.

Концентрация пара может быть повышена: 1) водой; 2) крепким раствором до его поступления в теплообменник; 3) частью крепкого раствора, отводимого в ректификатор помимо теплообменника; 4) частью жидкого хладагента, отводимого в ректификатор из конденсатора.

В самом генераторе повышение концентрации пара от какого-то среднего значения до концентрации, равновесной крепкому раствору, может быть достигнуто путем подачи крепкого раствора в генератор сверху в противоток выходящему из него пару с устройством развитой поверхности контакта пара и жидкости. Это осуществляется в специальной ректификационной колонне, нижняя часть которой заполнена слоем фарфоровых цилиндрических колец, а в верхней части установлены колпачковые тарелки. Ректификация пара водой осуществляется в специальном аппарате, называемом дефлегматором, или водяным ректификатором. Пар, идущий из генератора, охлаждается в нем за счет соприкосновения с холодными трубками, внутри которых циркулирует

охлаждающая вода. В результате понижения температуры пара происходит частичная его конденсация. Образовавшийся конденсат (флегма) через гидрозатвор вновь отводится в генератор на ректификационные тарелки, а оставшийся пар более высокой концентрации направляется в конденсатор (рис.2).

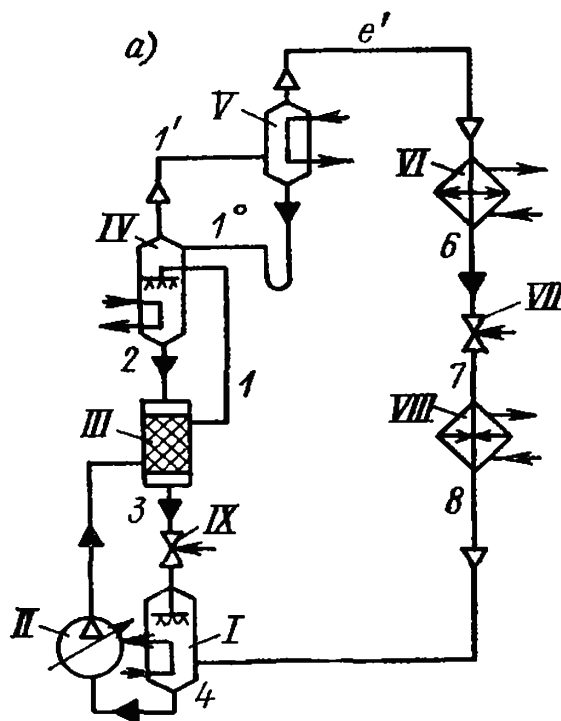


Рис. 2. Схема абсорбционной холодильной машины с теплообменником и водяным дефлегматором: I – абсорбер; II – насос раствора; III – теплообменник раствора; IV – генератор; V – дефлегматор; VI – конденсатор; VII – регулирующий вентиль хладагента; VIII – испаритель; IX – регулирующий вентиль раствора

Ректификация водой, в целом, всегда приводит к повышению теплового коэффициента системы совмещенных циклов вследствие более значительного увеличения удельной холодопроизводительности по сравнению с возрастанием тепловой нагрузки на генератор.

В промышленности нашла применение схема абсорбционных водоаммиачных холодильных машин с дефлегмацией пара крепким раствором до его поступления в теплообменник растворов (рис. 3а). Стремление полностью использовать энергию слабого раствора и при этом регенерировать теплоту ректификации в некоторой мере может быть осуществлено в схеме ректификации пара частью крепкого раствора, отводимого в ректификатор помимо теплообменника растворов (рис. 3б).

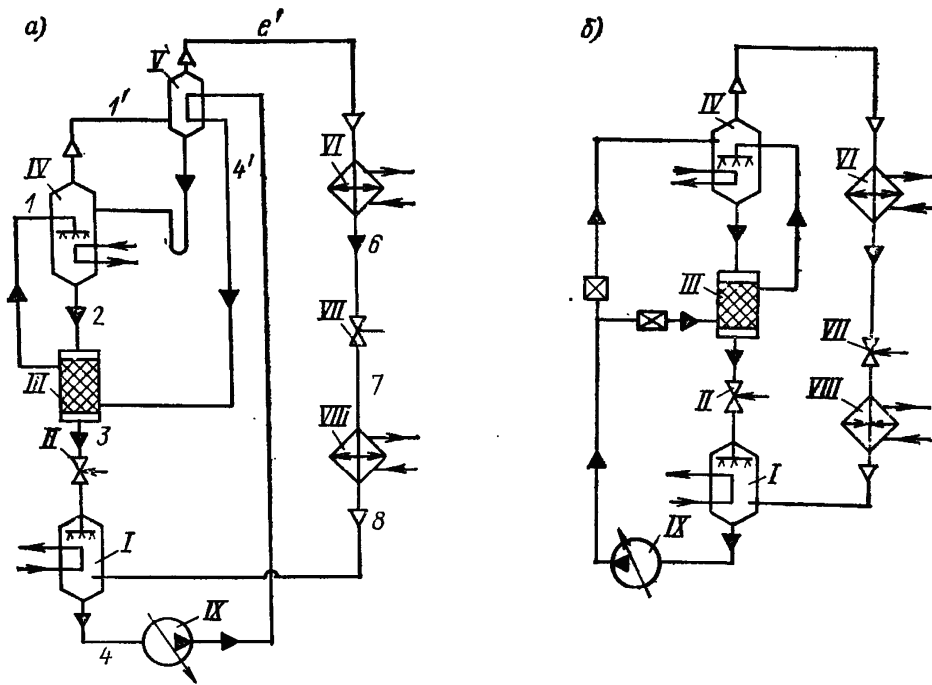


Рис. 3. Абсорбционная холодильная машина: а – с дефлегмацией пара крепким раствором до его поступления в теплообменник растворов; б – с ректификацией пара частью крепкого раствора, отводимого в генератор помимо теплообменника растворов: I – абсорбер; II – регулирующий вентиль раствора; III – теплообменник растворов; IV – генератор; V – дефлегматор; VI – конденсатор; VII – регулирующий вентиль хладагента; VIII – испаритель; IX – насос раствора

Уменьшение потерь в прямом термодинамическом цикле может быть достигнуто путем применения обратной подачи раствора через абсорбер и генератор до поступления крепкого и слабого растворов в теплообменник. При пропускании крепкого раствора через змеевики обратной подачи абсорбера в идеальном случае он достигнет температуры слабого поступающего в абсорбер раствора. При этом теплота слабого раствора передается уже не охлаждающей воде, а крепкому раствору и таким образом вновь возвращается в генератор (рис.4).

Термодинамическую эффективность обратного совмещенного цикла можно повысить включением в схему машины парожидкостного теплообменника, осуществляющего регенеративный теплообмен между жидким хладагентом, выходящим из конденсатора, и паром из испарителя.

В отличие от обычной абсорбционной машины в абсорбционно-резорбционной машине конденсатор заменен абсорбером, а испаритель – генератором низкого давления. Пар из генератора поступает в абсорбер, называемый резорбером (в отличие от такого же аппарата, работающего при низком давлении), где абсорбируется слабым раствором, подаваемым насосом из генератора низкого давления, называемого дегазатором.

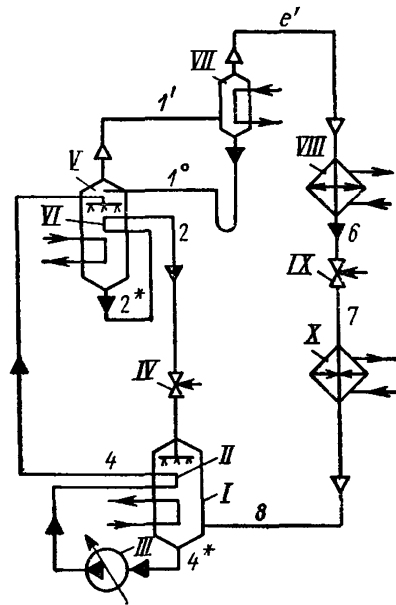


Рис. 4. Абсорбционная холодильная машина с обратной подачей раствора через абсорбер и генератор: I – абсорбер; II – змеевики обратной подачи абсорбера; III – насос раствора; IV – регулирующий вентиль раствора; V – генератор; VI – змеевики обратной подачи генератора; VII – дефлегматор; VIII – конденсатор; IX – регулирующий вентиль хладагента; X – испаритель

Крепкий раствор из резорбера дросселируется в дегазатор, где кипит при низком давлении за счет теплоты, подводимой от охлаждаемого источника. Пар, образовавшийся при кипении раствора в дегазаторе, поступает в абсорбер и поглощается раствором, циркулирующим между абсорбером и генератором. Между абсорбером и генератором в прямом цикле и между дегазатором и резорбером в обратном устанавливают теплообменники растворов. Для нормальной работы машины необходимо равенство концентраций пара, выходящего из дегазатора и генератора. Поскольку концентрация пара, поступающего из дегазатора, всегда выше концентрации пара, выходящего из генератора, необходима ректификация пара после генератора. Если же ректификацией не удастся повысить концентрацию пара после генератора, то искусственно понижают концентрацию пара из дегазатора, добавляя к нему часть жидкости из того же аппарата.

Таким образом, применение вышеперечисленных средств повышения эффективности работы абсорбционных машин позволяет повысить эффективность работы системы в целом. Следовательно, применение этих средств может стать аргументом при выборе типа холодильной машины в пользу абсорбционной холодильной машины.

Литература

1. Холодильные машины: учебник для вузов по специальности «Холодильные машины и установки» / Н. Н. Кошкин [и др.] ; под общ. ред. И. А. Сакуна. – Л. : Машиностроение, 1985. – 510 с. : ил.

Интенсивность теплообмена животных с окружающей средой

Холодный период года животные проводят в закрытых помещениях. Этот период для большинства районов нашей страны колеблется от 180 до 240 суток. Для нормального течения физиологических процессов в организме животных необходимо поддерживать соответствующие микроклиматические условия. Воздух в помещении по своему химическому составу должен быть близок к атмосферному. Высокопродуктивные животные более требовательны к ветеринарно-гигиеническим условиям содержания и ухода, для предотвращения снижения продуктивности и заболевания.

Параметры микроклимата помещения и условия теплообмена животных с окружающей средой в большой степени определяют следующие факторы: сравнительно большие тепловыделения по всей площади помещения Q_B ; относительно низкая температура в помещении при повышенной относительной влажности воздуха; объемно-планировочные решения здания – небольшая высота, удлиненная форма, большая площадь помещения; наличие больших открытых поверхностей жидкости и смоченных поверхностей; периодическое открывание ворот.

Оптимальными принято считать такие сочетания температуры t_B , относительной влажности φ_B , газового состава и степени подвижности воздуха V_B , при которых достигается высокая продуктивность животных, минимальные затраты кормов, времени и средств на выращивание животных и уход за ними.

Протекающие в организме животного физиологические процессы, которые, в конечном счете, определяют его продуктивность, в большой степени связаны с процессом теплообмена организма с окружающей средой. Общий теплообмен животного с окружающей средой Q_0 зависит от температуры воздуха в помещении, радиационной температуры помещения t_B , относительной влажности воздуха в помещении, количества потребляемого корма G_K .

По данным ряда исследований [2] построены зависимости продуктивности животных от температуры внутреннего воздуха (рис. 1). Кривые 1-3 имеют выраженную зону максимальной продуктивности в довольно широком диапазоне температур – $t_B = 10...25^\circ\text{C}$. Анализ этих кривых позволяет сделать вывод, что относительная влажность воздуха в интервале $\varphi_B = 40...80\%$ мало влияет на продуктивность животных, тогда как понижение или повышение относительной влажности за пределы указанных значений снижает продуктивность животных. Характер кривых 4-6 определяет динамику процесса теплообмена животного при изменении значений t_B . Каждому диапазону температур соответствует определенная

интенсивность физиологического процесса в организме: в диапазоне температур $t_B = 5...15^\circ\text{C}$ общая теплоотдача животного минимальна, а при повышении или понижении температуры воздуха в помещении эта теплоотдача увеличивается.

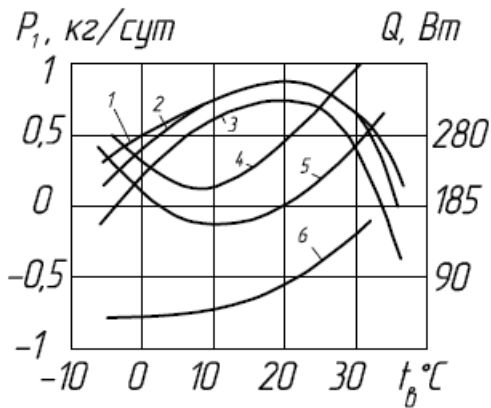


Рис. 1. Влияние температуры помещения на продуктивность и процесс теплообмена животных: 1 – продуктивность животных при $\phi_B=60\%$; 2 – то же при $\phi_B=40\%$ и $\phi_B=80\%$; 3 – то же при $\phi_B=20\%$ и $\phi_B=100\%$; 4 – общая теплоотдача животного Q_o ; 5 – явная теплоотдача $Q_я$; 6 – теплоотдача за счет испарения $Q_и$

Удельное потребление кормов и суточный прирост массы (привес) свиней, зависящий от температуры внутреннего воздуха, приведен на рис. 2.

Изменения продуктивности животных в зависимости от температуры внутреннего воздуха помещения для свиней разной массы приведены на рис. 3. [2] Максимум привеса для животных большей массы смещается в сторону понижения внутренних температур.

Анализируя результаты исследований (рис. 1, 2), температурный режим можно разбить на следующие зоны: удовлетворительного общего теплового баланса ($t_B = 5...15^\circ\text{C}$); экономически

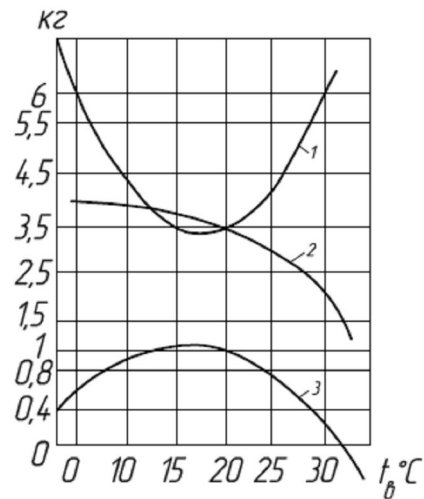


Рис. 2. Удельное потребление кормов и суточный прирост массы (привес) в зависимости от температуры внутреннего воздуха:

1 – расход корма на 1 кг привеса; 2 – суточный расход корма; 3 – суточный привес

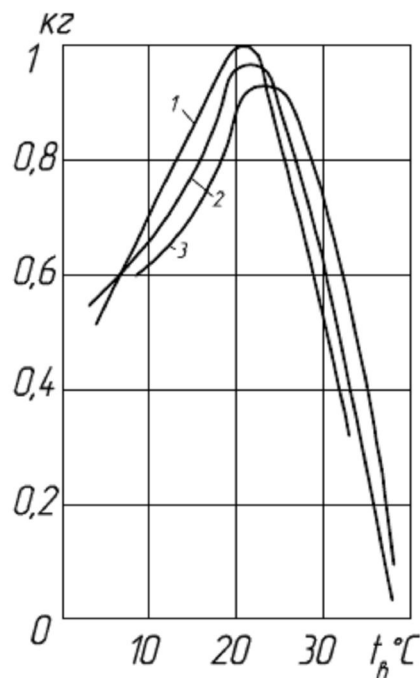


Рис. 3. Зависимость суточного привеса от температуры внутреннего воздуха:

1, 2, 3 – при массе свиней соответственно 91, 68, 45 кг

целесообразной эксплуатации откормочника из условий расхода и стоимости кормов ($t_B = 12...20^\circ\text{C}$); снижения продуктивности животных ($t_B = 0...12^\circ\text{C}$); эта зона характеризуется увеличением расхода кормов и числа случаев заболеваний; низкой продуктивности животных ($t_B < 0^\circ\text{C}$); эта зона характеризуется большим числом заболеваний и высоким процентом падежа (в организме животного происходят процессы химической терморегуляции с нарушением физиологических процессов); снижения продуктивности животных ($t_B = 20...30^\circ\text{C}$); эта зона характеризуется апатией животных и нарушением их терморегуляции; низкой продуктивности животных и высокого процента падежа вследствие перегрева ($t_B > 30^\circ\text{C}$).

Содержание животных в зоне удовлетворительного общего теплового баланса, т.е. в условиях, когда животное отдает в окружающую среду общее количество теплоты Q_o , установленное нормами технологического проектирования, не всегда соответствует высокой продуктивности животного. Общая теплоотдача животного складывается из теплоотдачи конвективным путем Q_k , теплоотдачи путем лучеиспускания Q_l и теплоотдачи, необходимой для испарения влаги с поверхности тела $Q_{и}$. Конвективная и лучистая составляющие в сумме дают явную теплоотдачу $Q_{яв}$, а теплоотдача при испарении – скрытую $Q_{скр}$. Кривая изменения общей теплоотдачи Q_o , а также кривые изменения качественных составляющих Q_k , Q_l , $Q_{и}$ общей теплоотдачи животного в зависимости от изменения температуры внутреннего воздуха, приведенные на рис. 4, соответствуют теплоотдаче коровы молочного направления массой 300 кг. [2] Зона максимальной продуктивности животных (зона Б), в которой приведенные выше соотношения выдержаны, находится в пределах зоны математического теплового баланса (зоны А) (рис. 4).

Количество тепла, отдаваемое лучеиспусканием, определяется радиационной температурой помещения, а конвективная теплоотдача зависит от температуры воздуха помещения. Лучистая составляющая Q_l не должна быть больше конвективной составляющей Q_k . Иначе это вызовет

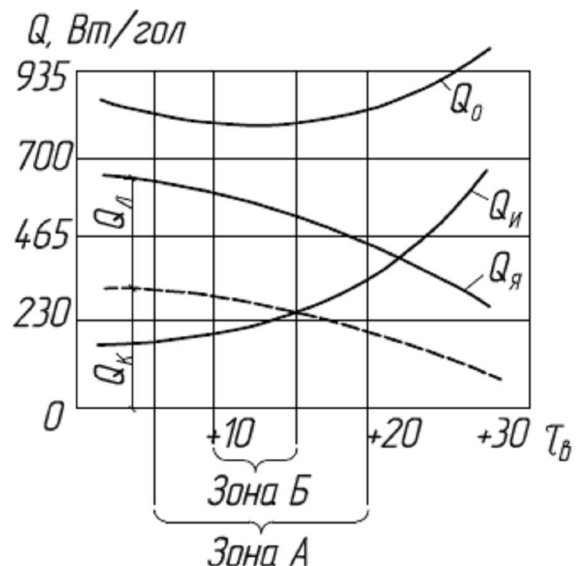


Рис. 4. Изменение теплоотдачи животного при различной температуре внутреннего воздуха: А – зона математического теплового баланса; Б – климатическая зона максимальной продуктивности

местное переохлаждение животного, что особенно нежелательно при привязном содержании животных, когда они большую часть суток находятся в фиксированном положении.

Показывают, что происходящие в организме животного физиологические процессы, при которых максимальны удои у коров молочного направления и привес массы у коров мясного направления при всех прочих равных условиях, наблюдаются при следующих соотношениях качественных составляющих общего теплового баланса животного, % (для положения стоя): $Q_{\text{л}} : Q_{\text{к}} : Q_{\text{и}} = 30:30:40$ [2].

Вывод: *Зона максимальной продуктивности животных характеризуется температурой внутреннего воздуха помещения $t_{\text{в}} = 8 \div 14^{\circ}\text{C}$. Она создается и обеспечивается в результате обоснованного выбора теплоизоляционных и конструктивных характеристик ограждающих конструкций; уточнения составляющих теплового баланса помещений, поддержания расчетного воздухообмена, обеспечивающего необходимый газовый и влажностный режим в помещении.*

Литература

1. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика / В.Н. Богословский. – М.: Высш. шк., 1982. – 415 с.
2. Егиазаров, А. Г. Отопление и вентиляция зданий и сооружений сельскохозяйственных комплексов / А. Г. Егиазаров. – М.: Стройиздат, 1981. – 239 с.

УДК 628:661

М.В. Колпаков

Очистка сточных вод фармзавода в МБР

Исследования по доочистке сточных вод фармзавода в МБР, прошедших стадию физико-химической очистки, производили в лабораторном МБР - смесителе периодического действия объёмом 10 л с дозой активного ила $a_i = 2,71$ г/л. В аппарате данного типа глубина очистки сточных вод является функцией времени пребывания их в реакторе [1, 2]. Анализ качества сточной воды проводился по ХПК, измеренному в отфильтрованной пробе, взятой непосредственно из реактора. Результаты эксперимента приведены в табл. 1.

Результаты эксперимента

Время, ч	ХПК, мгО ₂ /л	ХПК/ <i>a_i</i> , мгО ₂ /г
0	244,2	90,1
0,5	168,7	62,3
1	175,7	64,8
1,5	167	61,6
2	113	41,7
3	98	36,2
4	70	25,8
5	84	31,0
6	87	32,1
7	71,6	26,4
9,5	51	18,8

Для получения математической модели процесса очистки воды использовали уравнение Михаэлиса-Ментен для скоростей ферментативных реакций. В соответствии с одним из ограничений применимости данного уравнения [3, 4] для систем, в которых субстрат не находится в избытке и, следовательно, его концентрация меняется в ходе реакции $S_t \neq S_0$, данное уравнение не может применяться в чистом виде. В этом случае скорость реакции меняется во времени и определяется формулой:

$$v_t = V_{max}[S_t]/(K_M + [S_t]), \quad (1)$$

где $[S_t]$ – концентрация субстрата в момент времени t .

Полное решение уравнения получают интегрированием уравнения Михаэлиса-Ментен с учётом изменения концентрации субстрата как функции времени [3]. Если S_0 – начальная концентрация субстрата, y – количество превращённого субстрата, $(S_0 - y)$ – его концентрация в момент времени t , то на основе уравнения Михаэлиса-Ментен можно записать:

$$dy/dt = V_{max}(S_0 - y)/(K_M + S_0 - y). \quad (2)$$

Взяв обратные величины и разделив переменные, интегрируем по y в пределах от 0 до y и получаем:

$$(2,303/t) \lg[(S_0/(S_0 - y))] = V_{max}/K_M - (1/K_M)(y/t). \quad (3)$$

Таким образом, подставив результаты эксперимента и построив график зависимости левой части уравнения от y/t (координаты Фостера-Ниманна), получим прямую линию с наклоном $(-1/K_M)$, отсекающую на оси ординат отрезок (V_{max}/K_M) [3]. Результаты построений представлены на графике (рис. 1).

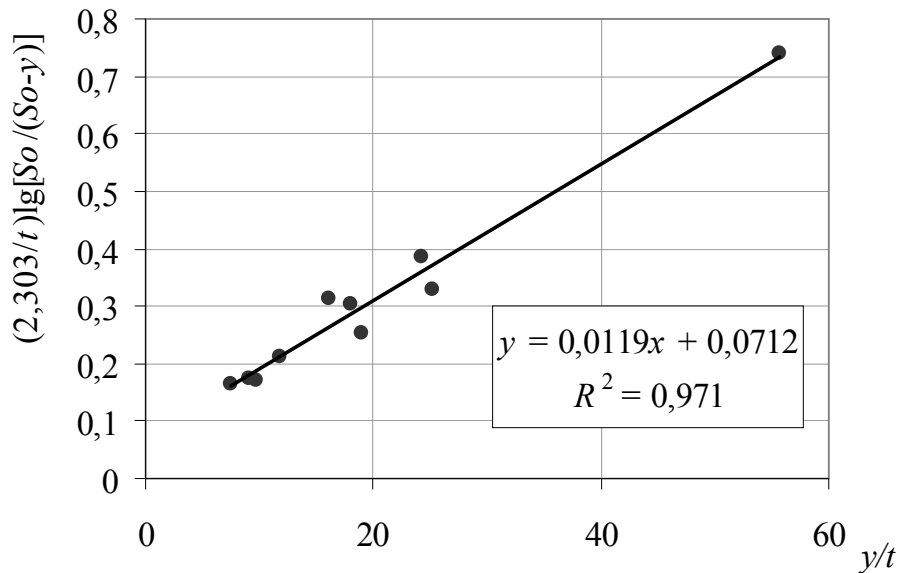


Рис.1. График линейризации уравнения (3) в координатах Фостера-Ниманна

Достоверностью аппроксимации является среднеквадратичное отклонение $R^2=0,97$, в результате получили следующие значения констант Михаэлиса-Ментен: $K_m=227,7$ мг/л, $V_{max}=5,98$ мг/г·ч. Соответствие полученной модели экспериментальным результатам можно видеть на графике (рис. 2).

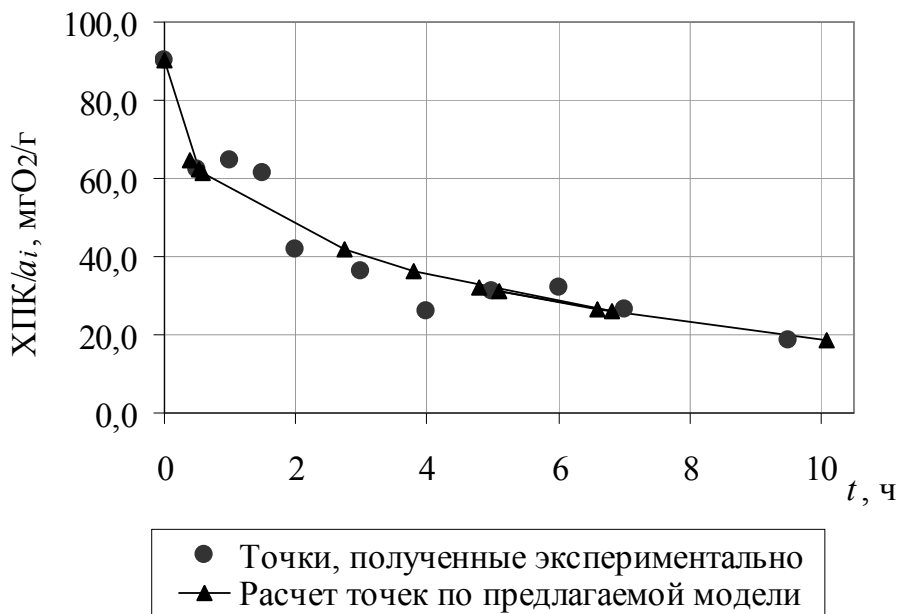


Рис.2. Сравнение полученных экспериментальных результатов и предлагаемой модели

Выводы

Очистка сточных вод фармзавода в МБР смесителе периодического действия может быть адекватно описана интегрированным уравнением Михаэлиса-Ментен, предлагаемым для систем, в которых субстрат не

находится в избытке и его концентрация изменяется во времени.

Полученные значения констант Михаэлиса-Ментен для данной сточной воды составили: $K_m=227,7$ мг/л, $V_{max}=5,98$ мг/г·ч.

Литература

1. Хенце, М. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы / М. Хенце [и др.] ; пер. с англ. Т. М. Мосоловой. – М. : Мир, 2006. – 480 с. : ил.
2. Карелин, Я. А. Очистка производственных сточных вод в аэротенках / Я. А. Карелин [и др.]. – М. : Стройиздат, 1973. – 223 с. : ил.
3. Келети, Т. Основы ферментативной кинетики / Т. Келети ; пер. с англ. Л. Ю. Бровко, Е. И. Дементьевой, О. А. Гандельман. – М. : Мир, 1990. – 350 с. : ил.
4. Варфоломеев, С.Д. Биокинетика: практич. курс / С.Д.Варфоломеев, К. Г. Гуревич. - М. : ФАИР-ПРЕСС, 1999. – 720 с. : ил.

УДК 697: 620.9

А.А. Костомарова

Технологии энергосбережения в системах отопления

Для осуществления концепции [1] с целью экономии тепловой энергии, расходуемой на отопление зданий, допускается понижение температуры воздуха ниже нормативной величины в течение суток при отсутствии в них людей. При появлении людей в помещении в соответствии с его техническим назначением температурный режим в нем должен соответствовать нормативным показателям. Такой способ отопления будет иметь переменный во времени характер подачи тепловой энергии. Использование прерывистого режима отопления позволяет уменьшить расход тепловой энергии в зависимости от назначения помещения.

Для организации системы отопления с прерывистым режимом, помимо имеющегося оборудования, требуется система управления микроклиматом, датчики температуры, установленные в контрольных точках помещения, и терморегуляторы, установленные непосредственно на отопительных приборах.

Снижение температуры внутреннего воздуха в нерабочее время с целью экономии энергии может быть достигнуто и за счет использования прерывистого отопления. Наиболее просто прерывистое отопление осуществимо в воздушных системах и системах, совмещенных с приточной вентиляцией.

Возможность использования прерывистого отопления связана с теплоаккумулирующей способностью ограждений помещения и

ограничивается минимально допустимой температурой внутреннего воздуха в нерабочее время. Пример режима изменения температуры воздуха в течение суток и соответствующего изменения тепловой мощности системы показан на рис. 1.

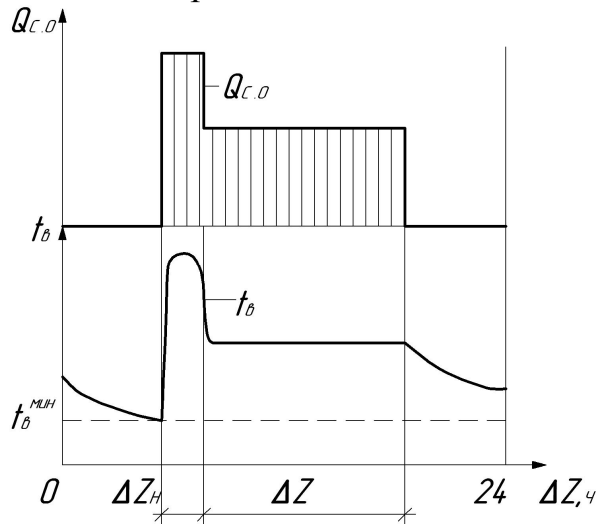


Рис. 1. Режимы суточного изменения температуры внутреннего воздуха и соответственно тепловой мощности системы отопления

В рабочее время в течение ΔZ , ч, в помещении поддерживается температура воздуха $t_в$. В нерабочее время система бездействует и температура воздуха понижается до некоторой величины. Если эта величина выше минимально допустимого значения $t_в^{мин}$, то использование прерывистого отопления возможно. Перед началом рабочего времени в течение периода ΔZ_H система работает в режиме натопа с мощностью Q_H . Для систем отопления, совмещенных с вентиляцией, режим форсированного натопа может быть осуществлен достаточно просто, например включением системы на полную рециркуляцию. При этом происходит быстрое повышение $t_в$ до величины, большей рабочего значения. Такое превышение температуры желательно для разогрева ограждений, остывающих в нерабочее время.

Минимальная температура воздуха зависит от режима работы помещения, теплозащиты ограждений, величины внутренних тепловыделений и режима их изменения во времени. Ниже приведены в качестве примера формулы для расчета показателей прерывистого отопления зрительных залов кинотеатров, учитывающие статистические данные об изменении заполнения зала зрителями во времени [2].

Минимальная температура воздуха, $^{\circ}C$, в нерабочее время, по которой оценивается возможность использования прерывистого отопления, определяется по формуле

$$t_в^{мин} = t_в \left(0,98 - 1,9 \frac{K}{\Lambda} \right) + \frac{K_H t_H + K_B t_{см}}{K} \left(0,02 + 1,9 \frac{K}{\Lambda} \right) + \frac{Q_{л}}{K} \left(0,01 + 0,26 \frac{K}{\Lambda} \right), \quad (1)$$

где K_H и K_B — удельные (на $1^{\circ}C$) теплотери помещения через наружные

и внутренние ограждения, Вт/°C;

$$K = K_B + K_H;$$

где t_{cm} – температура воздуха в смежных помещениях, °C;

$Q_{л}$ – явные тепловыделения от людей при полном заполнении зала, Вт;

Λ – показатель конвективного теплообмена в помещении, Вт/°C: .

$$\Lambda = 1,93 \Sigma F_i; \quad (2)$$

где F_i – площади внутренних поверхностей всех ограждений, обращенных в помещение, м².

Тепловая мощность системы отопления в рабочее время

$$Q_{c.o} = [K_H(t_B - t_H) - K_B(t_{cm} - t_B)]\eta_1 + Q_H\eta_2 + Q_{л}\eta_3, \quad (3)$$

где η_1, η_2, η_3 – поправочные коэффициенты, учитывающие интенсивность теплоступлений в помещение от соответствующих источников теплоты [2]:

$$\eta_1 = \frac{1}{0,5 + 0,85K/\Lambda}; \quad (4)$$

$$\eta_2 = \frac{(0,02K/\Lambda - 0,04)\Delta Z_H - 0,02K/\Lambda}{0,5 + 0,85K/\Lambda}; \quad (5)$$

$$\eta_3 = \frac{-0,37 - 0,34K/\Lambda}{0,5 + 0,85K/\Lambda}. \quad (6)$$

Тепловая мощность системы, работающей на полную рециркуляцию в режиме «натоп», равна:

$$Q_H = \frac{0,33L(t_{пр} - t_B^{\min})}{1 + 0,33\frac{L}{\Lambda}}, \text{ Вт.} \quad (7)$$

Существующие расчеты подобных систем показывают, что в том случае, когда в зальном помещении возможно прерывистое отопление, требуемая тепловая мощность системы в рабочее время невелика.

Система управления микроклиматом помещения должна выполнять следующие функции:

- поддержание нормативной температуры;
- снижение температуры при отсутствии людей;
- быстрое устранение температурного дискомфорта при появлении людей;
- принятие решений по управлению приточной и вытяжной вентиляцией.

Отопительные приборы подобной регулируемой системы отопления должны обладать следующими характеристиками:

- малой тепловой инерцией, что позволяет быстрее разогревать помещение;
- широким диапазоном регулирования теплопроизводительности на уровне прибора при неизменной температуре и расходе теплоносителя, что позволяет иметь устойчивую гидравлическую систему и упростить

измерение расхода тепловой энергии;

– высокой теплоотдачей при малой материалоемкости, что позволит удешевить конструкцию.

Выбор способа регулирования теплопроизводительностью отопительных приборов выполняется на основе конструктивной особенности здания и рассматриваемой эксплуатации.

Теплопроизводительность отопительного прибора может регулироваться несколькими способами, а именно, изменением:

- температуры теплоносителя на уровне котла – при увеличении температуры от 30 до 90°C теплоотдача возрастает примерно в 3,3 раза, т.е. диапазон изменения теплоотдачи от максимальной величины, принятой за 100%, составляет 30/100%, а от 50 до 70°C – 48/100%;

- расхода теплоносителя на уровне котла или отопительного прибора. Существует два варианта регулирования расхода на уровне отопительного прибора.

При отоплении помещений на расход тепловой энергии влияют следующие факторы:

а) характеристики теплоизоляции ограждающих конструкций помещения – оказывают влияние на величину тепловых потерь здания (коэффициент теплопередачи);

б) точность поддержания нормативной температуры в помещении. Поддержание нормативной температуры в помещении с точностью 1 °C позволяет контролировать температурный режим помещения и уменьшить затраты теплоты в случае перетопа;

в) теплопроизводительность при разогреве помещения из холодного состояния, т.е. в режиме «натопа»;

г) тепловой режим помещения (временной график суточной теплоподачи).

Предпочтение следует отдавать отоплению с системами терморегулирования, поскольку в них регулирование теплопроизводительности осуществляется расходом воздуха.

Одной из причин, препятствующей широкому внедрению эффективных систем отопления зданий, рационально расходующих тепловую энергию, является относительно высокая стоимость дополнительного оборудования (терморегуляторы, термостаты и т.п.) и низкая стоимость тепловой энергии. В связи с этим получается большой срок окупаемости инвестиций в энергосберегающие мероприятия. Поэтому конвектор должен иметь поверхность теплообмена повышенной эффективности.

Оснащение отопительных приборов индивидуальными автоматическими регуляторами теплового потока (термостатами) позволяет уменьшить расход тепловой энергии на отопление на 10-20% за счет снижения непроизводительных затрат теплоты («перетоп») и за счет учета фактических теплопоступлений с солнечной радиацией, фактических

внутренних тепловыделений. Эта величина заметно превышает уровень экономии тепловой энергии в случае ручного регулирования посредством кранов или вентилей (обычно 4-9% при нормально работающем ручном регуляторе) [3].

При использовании регулируемой системы отопления, помимо повышения тепловой эффективности зданий, наряду с экономией энергии, обеспечивается повышение уровня комфорта. Это обстоятельство обязательно должно быть учтено при оценке экономической эффективности энергосберегающих мероприятий.

Перспективным представляется применение на отопительных приборах регуляторов с электрическим управлением. В этом случае на отопительных приборах устанавливаются клапаны с термоэлектрическим нормально открытым (при отсутствии питающего напряжения) приводом. Здесь возможна реализация прерывистого отопления – временного понижения температуры воздуха в помещениях в часы, когда помещение не используется. Возможно также применение системы автоматического управления инженерным оборудованием здания, одной из функций которой является регулирование расхода теплоносителя в отопительных приборах.

Данная величина экономии энергии была подтверждена при реализации комплекса мероприятий по повышению эффективности системы отопления [3]. В ходе реализации данного проекта был установлен индивидуальный тепловой пункт (ИТП) и комнатные термостаты на отопительных приборах. Кроме того, был выполнен комплекс мероприятий, обеспечивающих нормальное функционирование оборудования, таких как балансировка, учет энергопотребления и т. д. В ходе эксплуатации было установлено, что фактическая экономия тепловой энергии составляет 25%. Здесь за счет перехода на ИТП и регулирования расхода тепловой энергии посредством термостатов была получена экономия энергии 20-30% [3].

Необходимо также учитывать следующие два важных обстоятельства: внедрение энергосберегающих мероприятий дает значимый экономический эффект только в случае их массового применения; оценку экономической эффективности энергосберегающих мероприятий следует проводить с учетом стоимости тепловой энергии на перспективу.

Применение комплекса энергосберегающих мероприятий при реализации систем отопления позволяет значительно сократить расход энергии на ее эксплуатацию и уменьшить срок ее окупаемости.

Литература

1. Российская Федерация. Правительство. Об энергетической стратегии России на период до 2030 года [Электронный ресурс] : распоряжение Правительства Рос. Федерации от 13.11.2009 № 1715-Р. –

Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф.

2. Богуславский, Л. Д. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирование воздуха : справ. пособие / Л. Д. Богуславский [и др.] ; под ред. Л. Д. Богуславского и В. И. Ливчака. – М. : Стройиздат, 1990. – 624 с. : ил.

3. Богословский, В. Н. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение / В. Н. Богословский, О. Я. Кокорин, Л. В. Петров ; под ред. В. Н. Богословского. – М. : Стройиздат, 1985. – 367 с. : ил.

УДК 556.536

В. М. Красильников

Сбор топографических и батиметрических данных при моделировании гидродинамических условий Горьковского водохранилища

Нижегородский (Горьковский) гидроузел построен и пущен в эксплуатацию в 1957 году. Горьковское водохранилище имеет следующие морфометрические характеристики: площадь водохранилища при НПУ – 1591 км²; полный объем – 8,7 км³; полезный объем – 3,9 км³; длина озерной части - 105 км, речной - 325 км; ширина – до 15,0 км в озерной части [1].

В рамках научных исследований, проводимых с целью создания гидродинамической модели Верхней Волги, выполняется моделирование гидродинамики Горьковского водохранилища.

Для математического описания речных потоков существует одномерная, двумерная и трехмерная постановка задачи. Учитывая большую протяженность Горьковского водохранилища, целесообразно применять одномерную задачу. Она обеспечивает быстроту расчета современными вычислительными средствами и достаточную точность вычислений на цифровой модели рельефа высокого качества [2].

При моделировании, для создания цифровой модели рельефа используется ГИС ArcView, которая с помощью модуля Spatial Analyst и 3d Analyst позволяет обработать исходные данные. Исходным материалом служат топографические карты масштаба 1: 50000, поперечные профили реки, космические снимки, лоции и результаты натурных промеров глубин водохранилища.

При подготовке данных все топографические материалы приводятся в единую систему координат Пулково-42, проекции Гаусса-Крюгера, и размещаются в 8 топографической зоне. Для уточнения отметок низменных территорий применимы космические снимки, получаемые программой Google MV. Точность при данном методе создания цифровой модели рельефа составляет 15 м.

Для отображения батиметрических данных возможно использование судоводительских карт – лоций, но эти карты не обладают достаточной достоверностью вследствие переформирования ложа водохранилища. Поэтому для уточнения батиметрических характеристик используются материалы натуральных изысканий.

Летом 2009 года Государственным океанографическим институтом (г. Москва), совместно с ННГАСУ проведена экспедиция, целью которой была батиметрическая съемка Горьковского водохранилища и уточнение его морфометрических характеристик.

Экспедиция проходила в три этапа. Первым этапом был охвачен речной участок Горьковского водохранилища, от г. Ярославль до г. Юрьевец. Во время второго этапа исследовалась озерная часть водохранилища. Третий этап экспедиции был направлен на изучение левого притока Волги - реки Унжи и Костромского разлива.

Промеры глубин проводились систематическим способом, методом галсирования, равномерно покрывая всю акваторию водохранилища. Измерения выполнялись с маломерных судов методом гидролокации. Гидролокация и позиционирование на местности производились с помощью промерного комплекса, установленного на маломерное судно РГР 13-61 (рис.1).



Рис. 1. Маломерное судно РГР 13-61 с установленным промерным комплексом ННГАСУ

При проведении промерных работ акватория Горьковского водохранилища была условно поделена на четыре промерных участка:

- участок речной части водохранилища, включая реку Унжу, с шириной русла от 70 до 2000 м;
- участок озерной части водохранилища, шириной от 2 до 15 км;
- участок промеров по рекам притокам (р. Которосль, р. Немда, р. Солоница);
- участок Костромского разлива.

Промеры по каждому из этих участков проводились двумя судами, параллельно.

В настоящее время ведется камеральная обработка экспедиционных материалов, в результате которой должна быть создана уточненная рельефная карта дна Горьковского водохранилища.

Данные топографии и батиметрии объединены в системе AutoCAD. При визуальном анализе по подложке модель рельефа дополнится информацией в местах недостатка морфологических данных. Так в местах переломов рельефа проводятся линии задающие гребни или впадины, в местах резких плановых поворотов горизонталей – седловинах – проводятся промежуточные горизонтали или структурные линии. В итоге генерируется растр высот – grid являющийся итогом подбора данных по рельефу, служащий исходным материалом для выполнения расчетов.

В качестве примера приводится растр высот участка водохранилища (рис. 2). В дальнейшем на базе собранных материалов будет построена гидродинамическая модель Горьковского водохранилища.



Рис. 2. Растр высот на участке Горьковского водохранилища в районе г. Плес

Литература

1. Родионов, Г.А. Волжско-Камский каскад гидроэлектростанций – основа комплексного использования водных ресурсов Поволжья / Г.А.Родионов, Л.С. Подоплелов. – Саратов: Изд. Саратовского ун-та, 1983.
2. Моделирование гидродинамического режима реки Волги от г. Твери до Чебоксарской ГЭС с применением геоинформационных технологий / Н. Д. Бурланков, Е. Н. Горохов, С. В. Соболев, А.В.Февралев // Сб. тр. кафедры ЮНЕСКО ННГАСУ. – Вып.4. – Н. Новгород, 2003.

Характеристики сочного растительного сырья как объекта хранения с использованием систем активной вентиляции

Природная лежкоспособность сочной сельскохозяйственной продукции зависит от ее вида и сортовых особенностей. Известно, что картофель и лук хранятся лучше, чем морковь. Таким образом, природная лежкоспособность характеризует потенциальную способность отдельных видов и сортов сохраняться в свежем виде. Она может быть выражена максимальным сроком хранения при заранее обусловленной допустимой величине потерь, а саму величину потерь при определенном сроке хранения в благоприятных условиях можно рассматривать как показатель лежкоспособности. По природной лежкоспособности различают три основные группы плодоовощной продукции: двулетние овощи (капуста, морковь, свекла, лук) и картофель; плоды и плодовые овощи (яблоки, томаты, бахчевые культуры, баклажаны, перец); листовые овощи, ягоды, плоды косточковых культур. В данной статье нас в первую очередь интересует лежкоспособность двулетних овощей и картофеля.

Лежкоспособность двулетних овощей и картофеля зависит от продолжительности покоя – периода, когда почки не прорастают.

Сравнительные гистологические исследования разных видов и сортов плодоовощной продукции, контрастных по лежкоспособности, показали, что плоды и овощи, отличающиеся пониженной лежкоспособностью, имеют тонкую кожуру и крупные клетки с тонкой оболочкой. Чем больше толщина кожуры и содержание клетчатки, особенно в покровном слое, лежкоспособнее сорт.

Большую практическую роль, в первую очередь в работах по сортоотбору, играет методика прогнозирования как природной, так и технической лежкоспособности плодоовощной продукции.

Под технической лежкоспособностью подразумевается сохранность живой растительной ткани данного вида и сорта продукции, обусловленная не только ее природными качествами, но и условиями хранения. Поскольку в послеуборочный период и в процессе хранения живая растительная ткань на определенное время может оказаться в неблагоприятных условиях, одним из факторов ее лежкоспособности служит реакция на эти условия. Исходя из энергетической сущности влагообмена, в качестве основных показателей лежкоспособности плодоовощной продукции вводятся понятия «коэффициент самосогревания продукции в насыпи» и «коэффициент природной лежкоспособности».

Коэффициент самосогревания представляет собой отношение расчетного приращения температуры данного вида продукции (в

результате выделения физиологического тепла в течение суток) к расчетному приращению температуры эталонной продукции.

Дыхание – процесс окисления главным образом углеводов. Приращение теплоты дыхания, приходящееся на 1°С приращения температуры, пропорционально абсолютному значению теплоты дыхания при данной температуре.

В этом случае дыхательный коэффициент, представляющий собой отношение объема выделяемого углекислого газа к объему расходуемого на дыхание кислорода, равен 1. В результате многочисленных экспериментов установлено, что энергия дыхания плодово-овощной продукции, определяемая калориметрированием, в большинстве случаев эквивалентна количеству выделяемого углекислого газа.

Результаты исследований, проведенных многими авторами, показывают, что, за исключением плодов цитрусовых культур, в которых на дыхание, наряду с гексозами, расходуются органические кислоты, дыхательный коэффициент подавляющего числа плодов и овощей близок к 1.

Известно, что лук хорошо переносит повышение температуры. Как видно, теплота, воздействующая на продукцию (в данном случае физиологическая), не только усиливает испарение влаги, но и вызывает быстрое самосогревание продукции без вентилирования. Интенсивность самосогревания продукции, особенно при повышенных температурах, может служить одним из показателей, подлежащих учету при прогнозировании ее лежкоспособности.

Степень обезвоживания продукции прямо пропорциональна теплопритокам к ее покровному слою. Нарушение тургора живой растительной ткани – главная причина плохой лежкоспособности.

Чем выше коэффициент самосогревания, тем ниже лежкоспособность продукции при повышенной температуре и тем быстрее надо охлаждать ее после сбора.

Помимо удельной теплоты дыхания и температурного коэффициента дыхания, на потерях влаги продукцией, находящейся даже кратковременно на открытом воздухе, отражается ее испарительная способность. Комплексный учет всех трех показателей представляет большой практический интерес.

Испарительная способность продукции, хранящейся в штабеле при нормальной загрузке хранилища, не имеет самостоятельного значения. Но нельзя не считаться с кратковременно возникающими неблагоприятными условиями, когда продукция не участвует в формировании влажностного режима (уборка, транспортирование, загрузка и разгрузка хранилища). В этом случае она играет существенную роль.

Важную роль играют также условия, возникающие в процессах обработки холодом и хранении продукции. Нужно соблюдать следующее важное обобщенное правило: вентилировать штабель следует только при необходимости отвода тепла. Движение воздуха в штабеле, не

сопровождающееся полезным отводом тепла, называется избыточным вентилированием. Оно часто служит причиной повышенных потерь продукции.

В системах активного вентилирования редко применяют надежные средства автоматизации, обеспечивающие включение и выключение вентиляторов в зависимости от температуры продукции. При малых удельных расходах воздуха неизбежно избыточное вентилирование нижнего слоя продукции – со стороны набегающего потока воздуха.

Усушкой называется неизбежная потеря влаги продукцией, возникающая при технологически полезном отводе от нее тепла воздухом. Если движение воздуха в штабеле не сопровождается охлаждением продукции, возникает типичный процесс сушки, вызывающий нарушение тургора живой растительной ткани. Исключения составляют вентилирование мокрой продукции для удаления поверхностной влаги (что обязательно во всех случаях) и проведение лечебного периода для механически травмированных корнеклубнеплодов в условиях высокой относительной влажности воздуха. Поддержанию последней способствуют большая испарительная способность продукции в этот период и применение увлажнительных устройств.

Активное вентилирование по своей физической сущности представляет систему пульсирующего охлаждения продукции.

При исследовании влагообмена плодоовощной продукции с воздухом и применении системы активного вентилирования необходимо исходить из того, что испарение влаги является неизбежным злом при полезном охлаждении продукции. Вентилировать продукцию следует постольку, поскольку требуется отвод физического или физиологического тепла.

Исследователями обнаружен один из видов избыточного вентилирования, обусловленный размерами штабеля и его геометрической формой. Поскольку активное вентилирование сопровождается периодическим (пульсирующим) охлаждением продукции, данный процесс протекает с разной скоростью для элементов разных размеров. Мелкие плоды быстрее охлаждаются, температура их поверхности снижается быстрее, поэтому они подвергаются избыточному вентилированию.

Возможно и другое объяснение более быстрого увядания мелких плодов, хранящихся вместе с крупными. Если в насыпи плодов одинакового размера в качестве увлажнителей воздуха равномерно разместить смоченные кусочки пористого материала (например, поролон), то в первую очередь будут терять влагу элементы с более высоким коэффициентом испарительной способности – в данном случае мокрые вставки. Общее правило: в смеси продуктов с разной испарительной способностью интенсивнее теряют влагу сформировавшие для себя более высокую равновесную влажность воздуха в штабеле.

Избыточному вентилированию неизбежно подвергаются отдельные локальные участки продукции малых размеров. Специалистам хорошо известно, что в корнеплодах в первую очередь увядают и загнивают хвостовые участки (корешки) с большей удельной площадью поверхности. Они быстрее охлаждаются и поэтому подвергаются неизбежному избыточному вентилированию.

Обнаруженная закономерность влагообмена элементов продукции и ее локальных участков с различной удельной площадью поверхности может служить научным обоснованием сортовой технологии хранения плодоовощной продукции, в основе которой лежит прежде всего равномерность размеров. При раздельном хранении плодов и овощей одного сорта примерно одинакового размера устраняется избыточное вентилирование, обусловленное разными удельными площадями поверхности отдельных элементов штабеля. Кроме того, создаются благоприятные условия формирования влажностного режима в штабеле, определяемые сортовой испарительной особенностью продукции.

Одна из причин повышенных потерь плодоовощной продукции при хранении – несоблюдение на практике требований сортовой технологии. Это типично, в частности, для картофеля. Например, клубни разных сортов попадают в одно и то же хранилище или даже в один общий штабель.

Удельная теплота дыхания может служить косвенным показателем при прогнозировании лежкоспособности отдельных видов и сортов продукции. Однако анализ показывает, что значительно полнее указанную задачу можно решить при комплексном учете удельной теплоты дыхания, температурного коэффициента дыхания и испарительной способности продукции. В пределах данного помологического сорта эти показатели достаточно стабильны.

Существует интересная и важная закономерность: наблюдается сочетание факторов, в одинаковом направлении влияющих на лежкоспособность продукции. Как правило, продукция с большой удельной теплотой дыхания и большим температурным коэффициентом дыхания, отражающим неблагоприятное влияние повышенной температуры и высокий темп самосогревания, одновременно имеет и высокий коэффициент испарительной способности.

Для большинства видов плодов и овощей, имеющих высокие значения удельной теплоты дыхания и температурных коэффициентов дыхания, характерна большая испарительная способность, что можно рассматривать как проявление приспособляемости живого растительного организма к неблагоприятным условиям: при большой удельной теплоте дыхания и значительном темпе ее роста с повышением температуры возникает эффект испарительного охлаждения. Это увеличивает общую охлаждающую способность воздуха, однако ослабляет тургор растительных клеток.

Удельную теплоту дыхания можно косвенно определять по

количеству выделяемого углекислого газа. Для большинства видов плодоовощной продукции это не влечет за собой большой погрешности.

Связь между удельной теплотой дыхания q и количеством углекислого газа g (мг), выделяемого продукцией в течение 1 ч, можно выразить приближенной зависимостью:

$$q = 2,83 g.$$

Удельная теплота дыхания при температуре 0°C – важнейшая биофизическая характеристика продукции.

Заключение: рассмотрены основные характеристики сочного растительного сырья (СРС) с учетом теории тепловлажностных процессов в слое хранящегося СРС, являющиеся определяющими для расчета производительности и режимов эксплуатации системы активной вентиляции.

УДК 697.952

А.В. Лопаткин

Использование приточного воздуха с низкими температурами в животноводческих зданиях

Расчеты тепловоздушного режима и натурные исследования показывают, что в холодный период при содержании и откорме крупного рогатого скота создаются избытки биологической теплоты, которая может быть использована для подогрева приточного воздуха. Это позволяет сократить, а в некоторых случаях и исключить потребление теплоты от систем теплоснабжения при подаче приточного воздуха с низкой температурой.

В современных животноводческих помещениях для взрослого поголовья расчетная температура приточного воздуха в холодный и переходный периоды составляет -2...-15 °C [1]. Значительная разность температур между приточным и внутренним воздухом (до 20...25 °C) при отрицательных температурах подаваемого воздуха, малая высота производственных помещений и наличие выступающих элементов строительных конструкций в верхней зоне (балки, прогоны, ребра плит покрытия) создают целый ряд трудностей при воздухораспределении и вызывают необходимость разработки специальных конструктивных вариантов систем вентиляции.

Особое значение приобретает подача холодного воздуха в связи с применением теплообменников-утилизаторов. Несмотря на то, что во многих случаях системы утилизации позволяют компенсировать дефицит теплоты на подогрев воздуха, при проектировании предусматривается его догрев искусственными источниками из опасения подачи холодного воздуха.

Для разработки эффективных систем вентиляции с подачей холодного воздуха необходимо, прежде всего, пересмотреть инженерно-методические

положения, принятые при проектировании. Это относится, в частности, к расчету вентиляционного режима животноводческих и птицеводческих помещений при туманообразовании.

При смешении холодного приточного воздуха с теплым влажным воздухом помещений смесь может приобрести метастабильное состояние, характеризующееся пересыщением водяными парами.

Наличие определенного (критического) пересыщения обуславливает фазовый переход влаги из парообразного в жидко-капельное состояние непосредственно в объеме смеси, т. е. происходит образование тумана. Частицы воды, имея неодинаковый с воздухом коэффициент преломления, рассеивают свет, создавая специфическую молочно-белую окраску тумана.

На $I-d$ -диаграмме состояние тумана определяется областью, ограниченной лучом процесса изменения состояния воздуха и кривой насыщения $\varphi = 100\%$ (рис. 1). Существование пересыщенной паровоздушной смеси в точке $3'$ практически невозможно, точка смеси в действительности характеризуется параметрами в точке 3 . Масса сконденсировавшихся водяных паров в смеси численно равна разности $d_{3'} - d_3$ г/кг, (массовая концентрация тумана).

СНиП [5] не допускает образования тумана в производственных помещениях. Следуя этому указанию, проектировщики повышают температуру приточного воздуха для «выхода» из зоны пересыщения. Если по расчету, например, приток можно обеспечить без подогрева при наружной температуре t_1 в точке 1 (рис. 1), на практике принимается температура приточного воздуха t_4 в точке 4 . Луч процесса при этом переносится в положение $4-5$, выше кривой насыщения. Поскольку нормами [1, 2] температура воздуха в помещении регламентирована, указанное повышение температуры притока ведет к вынужденному увеличению воздухообмена и мощности оборудования.

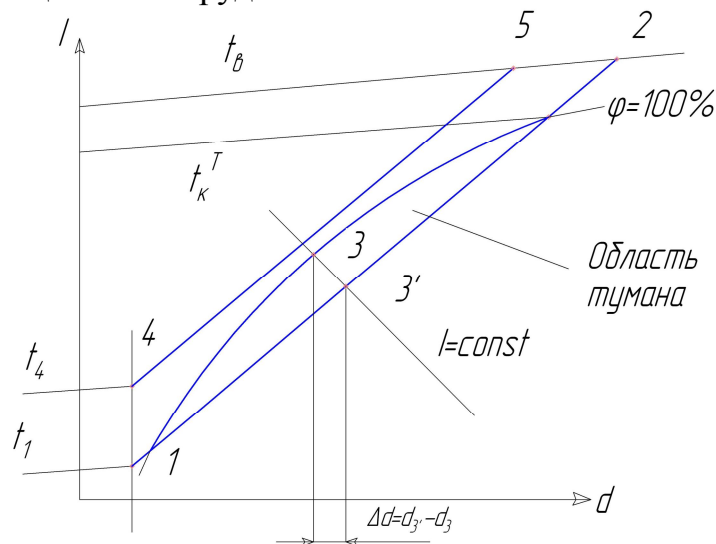


Рис. 1. Построение на $I-d$ -диаграмме процессов, связанных с туманообразованием: $1-2$ – луч процесса проходит через «область тумана»; $4-5$ – луч процесса вне области пересыщения

Основные предпосылки для расчета вентиляционных процессов при туманообразовании следующие. Границы очага тумана в приточной струе определяются ее геометрической конфигурацией. Несмотря на наличие в струе капельной влаги, происходит непрерывная ассимиляция ею влаги и теплоты из воздуха помещения, процесс изменения состояния воздуха при туманообразовании определяется так же, как и для ненасыщенного воздуха, лучом тепловлажностного отношения на $I-d$ -диаграмме.

При подаче приточного воздуха в верхнюю зону помещения очаг тумана в струе рассматривается состоящим из двух участков (рис. 2). Первый – участок конденсации, на котором создаются условия для критического пересыщения смеси и образования новых капель. По достижении смеси состояния, определяемого точкой пересечения кривой $\phi = 100\%$ с лучом процесса, конденсация прекращается и дальнейшее движение очага тумана осуществляется за счет энергии струи на участке механического перемещения до полного испарения капель.

Протяженность очага тумана, м, определяется по формуле: [3]

$$l_{оч} = \frac{N}{t_в - t_к^T} + \frac{0,53v_{cp}}{t_м - t_p} \quad (1)$$

где N – тепловая характеристика струи;

v_{cp} – средняя скорость в струе, м/с;

$t_м$ – температура внутреннего воздуха по мокрому термометру, °С;

t_p – температура точки росы внутреннего воздуха, °С.

Если значение $l_{оч}$ не превышает расстояния от места выпуска до места внедрения струи в зону обслуживания, очаг тумана ассимилируется до его поступления в эту зону.

Расчеты показывают, что в подавляющем большинстве случаев в животноводческих помещениях при рассредоточенной подаче воздуха протяженность очага тумана составляет не более 1,5...2,5 м. Таким образом, даже в самых низких помещениях возможно распределение воздуха горизонтальными струями при туманообразовании.

Омывание струей с очагом тумана поверхности ограждающих конструкций нежелательно, хотя, по данным исследований, плотность потока капель, поступающих на поверхность из холодной струи, не превышает интенсивности обычного влагообмена поверхности с воздухом помещения, имеющим более высокое парциальное давление паров. В данном случае основным негативным последствием омывания конструкций как «влажной», так и «сухой» холодной струей является конденсация влаги на охлажденных поверхностях при отключении приточной вентиляции и особенно при прерывистом режиме ее работы.

На протяжении холодного периода в связи с изменением теплового баланса помещений требуется подача как подогретого, так и неподогретого воздуха. При проектировании в этом случае системы приточной вентиляции могут быть совмещенными и отдельными.

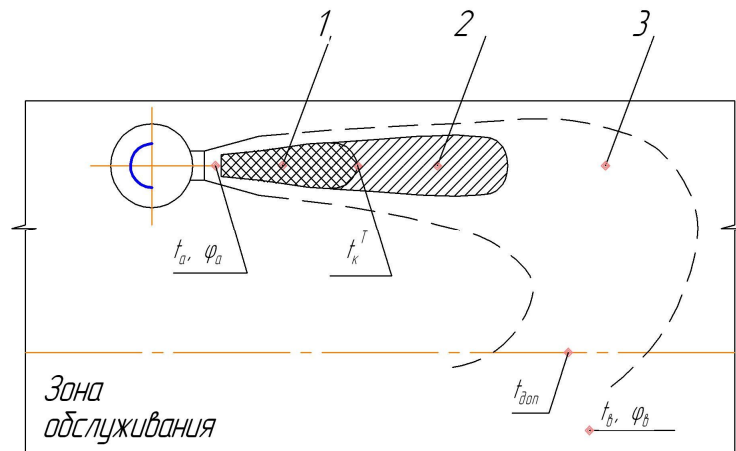


Рис. 2. Схема развития холодной приточной струи при туманообразовании:
 1 – участок конденсации;
 2 – участок механического перемещения очага тумана;
 3 – участок без жидкой фазы

В совмещенных системах для подачи воздуха в подогревном и бесподогревном режимах используются либо целиком одни и те же устройства, либо в каждом из режимов эксплуатируется какой-то общий конструктивный элемент. На рис. 3а показан один из вариантов частично совмещенной централизованной системы, где в обоих режимах используется одна и та же магистраль воздухораспределения. Такое решение характерно в случае применения в качестве воздухонагревателей водяных и паровых калориферов. Обеспечить пропуск холодного воздуха через такие устройства при отключении их от системы теплоснабжения невозможно ввиду замораживания калориферов. Вместе с тем проектирование обвода для пропуска холодного воздуха в условиях строительной-эксплуатационной базы ферм и комплексов нереально, поскольку требует сложной и дорогостоящей системы автоматики и квалифицированного обслуживания.

Недостатком совмещенных централизованных систем является невозможность гибкого регулирования воздухопроизводительности. С этой точки зрения предпочтительны децентрализованные системы, включающие ряд воздушно-тепловых агрегатов с электронагревателями (рис. 3б). Такие системы обладают большой гибкостью в эксплуатации, позволяя путем автоматического изменения подачи осевых многоскоростных вентиляторов и числа включенных установок в широких пределах регулировать количество приточного воздуха, степень его нагрева и использовать системы не только в холодный, но и в переходный период.

Раздельные системы предполагают использование автономных приточных установок для подачи подогретого и неподогретого воздуха (рис. 3в). Автоматическое регулирование осуществляется путем попеременного включения и отключения вентиляторов.

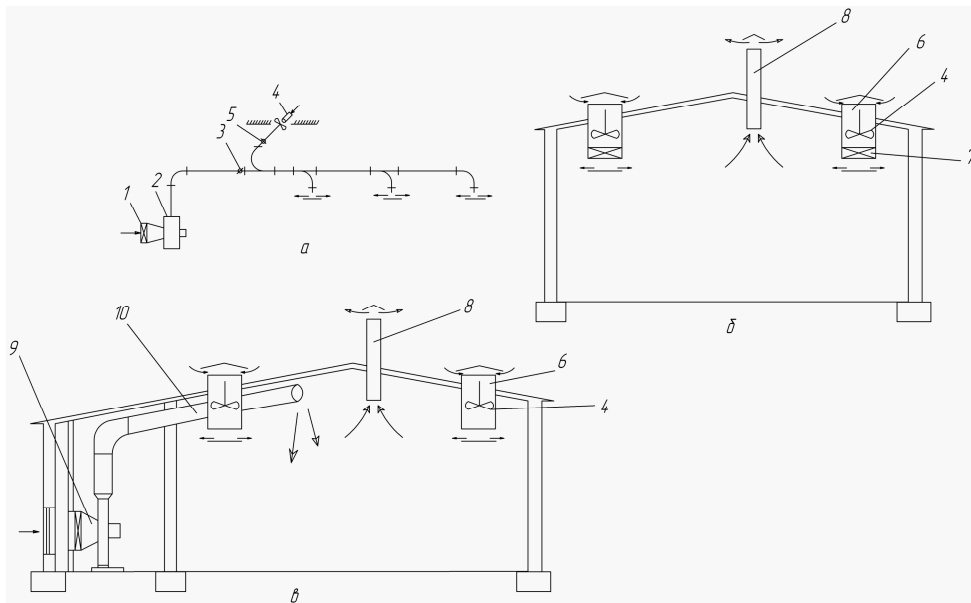


Рис. 3. Схема частично совмещенной централизованной (а), децентрализованной совмещенной (б) и раздельной (в) систем вентиляции: 1 – воздухоподогреватель; 2 – вентилятор; 3, 5 – заслонка; 4 – осевой вентилятор; 6 – приточная башня; 7 – электронагреватель; 8 – вытяжная шахта; 9 – приточно-тепловой агрегат; 10 – магистраль подогретого воздуха

При подаче воздуха с низкой температурой применяются прямоточные системы воздухораспределения и с подмешиванием воздуха помещений. В первом случае из выпускных отверстий поступает только наружный воздух, во втором – воздушная смесь, приготовленная путем смешения наружного воздуха с внутренним. Подмешивание теплого воздуха помещения к приточному позволяет еще до его выпуска существенно снизить рабочую разность температур и тем самым повысить надежность обеспечения расчетных параметров воздуха в обслуживаемой зоне. Это дает возможность также транспортировать воздушную смесь с достаточно высокой температурой по воздуховодам из полимерной пленки, не опасаясь конденсации и обледенения на их поверхности.

Необходимо подчеркнуть, что, независимо от конструктивных особенностей систем с воздухомещением, их применение ни в коей мере не влияет на тепловоздушный баланс помещения, поскольку при подмешивании внутреннего воздуха происходит кругооборот его массы и заключенных в нем теплоты, влаги и газов в пределах помещения.

Смешение воздуха осуществляется централизованно или в местных смесительных аппаратах. При проектировании централизованных систем следует избегать протяженных воздуховодов, применяя по возможности сосредоточенные выпуски воздуха.

Обязательным условием проектирования систем с подачей холодного воздуха должен быть расчет параметров приточных струй при внедрении их в зону обслуживания или наиболее невыгодных параметров воздуха в обратном потоке [4, 6]. Необходимо учитывать, что в большинстве

животноводческих помещений ввиду наличия ребристых конструкций у потолка подача воздуха настилающимися струями практически невозможна.

Заключение

В системах воздухораспределения с подмешиванием объем перемещаемого воздуха увеличивается по сравнению с прямоточными системами, что в принципе вызывает повышение энергозатрат и инвестиционных вложений. Однако во многих случаях применение прямоточных систем экономически нецелесообразно, поскольку требует перегрева воздуха, что в комплексе технических мероприятий по поддержанию микроклимата значительно удорожает строительство и эксплуатацию животноводческих зданий. В каждом отдельном случае, исходя из температуры приточного воздуха, конструктивных особенностей здания, схемы теплоснабжения проектировщик на основании многовариантного технико-экономического расчета выбирает способ воздухораспределения, обеспечивающий минимальные приведенные затраты на системы вентиляции и теплоснабжения.

Литература

1. НТП 1 – 99. Нормы технологического проектирования ферм крупного рогатого скота.
2. НТП-АПК 1.10.02.001-00. Нормы технологического проектирования свиноводческих ферм крестьянских хозяйств.
3. Прыгунов, Ю. М. Микроклимат животноводческих и птицеводческих зданий: Расчет и проектирование / Ю. М. Прыгунов, В. А. Новак, Г. П. Серый. – К. : Будівельник, 1986. – 80 с.
4. Рекомендации по выбору и расчету систем воздухораспределения: АЗ-669. – М. : Госстрой СССР, 1979. – 68 с.
5. СНиП 2.04.05 – 91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование, 1999.
6. Справочник проектировщика / Под ред. И. Г. Староверова. В 2-х ч. Ч. 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. – М. : Стройиздат, 1978. – 502 с.

УДК 662.96+621.18

Е.В. Лоцилова

Результативное излучение дожигательных устройств

Эффективным решением проблем котлов малой и средней мощности, связанных со снижением их КПД на пониженных нагрузках и недожогом топлива, является установка в газоздушном тракте специального дожигательного устройства (ДУ), состоящего из двух рядов раскалённых огнеупоров с камерой смешения между ними.

На основании проведённых исследований можно сделать вывод, что дожигательные устройства увеличивают радиационную составляющую теплообмена в топочных камерах котлов. Для того чтобы решить техническую задачу по определению энергетической эффективности установки ДУ в газоходах котлоагрегатов, рассмотрим суммарный эффект лучистого теплообмена между раскалёнными продуктами сгорания, поверхностями котла и дожигательным устройством. Будем считать, что перенос теплоты внутри ДУ происходит путём теплопроводности, а подвод и отвод теплоты с наружной поверхности тела к другим телам лишь путём излучения. Конвективный теплообмен отсутствует. В этих условиях общий процесс теплообмена определяется испусканием, поглощением и отражением лучистой энергии на поверхности ДУ.

Суммарный эффект теплообмена зависит от соотношения между энергией, поглощённой данным телом, и энергией, которую само тело посылает на другие тела. Для серых тел последняя складывается из энергии собственного излучения тела $E_{соб}$ и отражённой энергии $E_{отр}$. Результативный лучистый поток от ДУ в пространство показан на рис. 1.

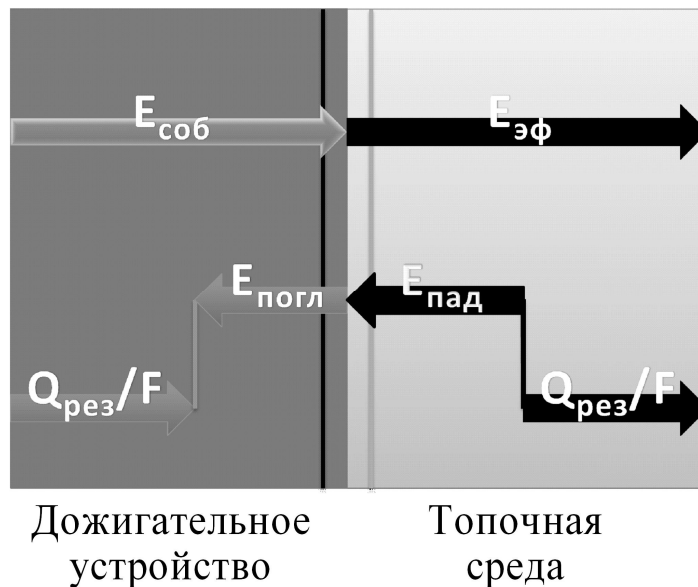


Рис. 1. Результативный лучистый поток на поверхности дожигательного устройства

Через сечение 1, расположенное внутри тела перенос теплоты происходит путём теплопроводности. Уравнение баланса энергии, Вт, в сечении 1 имеет вид:

$$Q_{рез} = (E_{соб} - E_{погл}) \cdot F, \quad (1)$$

где $Q_{рез}$ – результативный тепловой поток, идущий через сечение 1 к поверхности тела.

Перенос теплоты, Вт/м², через сечение 2, расположенное вне тела, происходит путём лучистого обмена данного тела с другими:

$$E_{эф} = E_{соб} + E_{отр}, \quad (2)$$

где $E_{соб}$ – энергия собственного излучения; $E_{отр}$ – отраженная энергия.

Шамотный кирпич, из которого состоит ДУ, обладает слабым поглощением, в пределе можно считать, что интенсивность его излучения определяется только собственным излучением без отражения:

$$E_{эф} = E_{соб} \quad (3)$$

Уравнение баланса энергии, Вт в сечении 2 имеет вид:

$$Q'_{рез} = (E_{эф} - E_{над}) \cdot F, \quad (4)$$

где $Q'_{рез}$ – результативный тепловой поток, равный количеству теплоты, отдаваемой данным телом другим телам путём лучистого обмена с последними.

В любой момент времени: $Q_{рез} = Q'_{рез}$, т.е. величина результативного лучистого потока может быть определена как разность между расходом и приходом энергии в любом сечении. Учитывая, что $E_{над} = \frac{1}{a} E_{ногл}$ и $A_{ниá} = \dot{a} \cdot A_0$, получаем формулу для расчёта результативного лучистого потока, определяющую лучистую теплоотдачу тела:

$$Q_{рез} = \frac{a}{1-a} (E_0 - E_{эф}) \cdot F, \quad (5)$$

где $a = \varepsilon = 0,75$ – коэффициент поглощения, равный степени черноты при температуре 1000°C по [1, табл. П2.13, С.347]; E_0 – излучение абсолютно чёрного тела при той же температуре, что и серое тело, $\text{Вт}/\text{м}^2$; $E_{эф}$ – собственное излучение серого тела (количество энергии, излучаемой телом с единицы поверхности в единицу времени), $\text{Вт}/\text{м}^2$; F – площадь поверхности, м^2 .

В соответствии с формулой Стефана-Больцмана полная энергия полусферического излучения абсолютно-чёрного тела (АЧТ) равна:

$$E_0 = C_0 (T/100)^4 = 5,42 \cdot (1000/100)^4 = 142387 \text{ Вт}/\text{м}^2, \quad (6)$$

где $C_0 = 4,96 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot ^\circ\text{K}^4} = 5,42 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{K}^4}$ – коэффициент излучения АЧТ (постоянная Стефана-Больцмана).

Собственное полное излучение ДУ можно определить по формуле:

$$E_{соб} = a \cdot E_0 = 0,75 \cdot 142387 = 106790 \text{ Вт}/\text{м}^2. \quad (7)$$

Тогда по ф-ле (5) результативный лучистый поток от 2-х рядов дожигательного устройства с живым сечением $F=12 \text{ м}^2$, установленных в котле ДКВр-10-13, в пространство составит:

$$Q_{рез} = \frac{0,75}{1-0,75} (142387 - 106790) \cdot 12 = 1281492 \text{ Вт}. \quad (8)$$

Таким образом, в первом приближении можно считать, что радиационный теплообмен в топочной камере данного котла при установке ДУ увеличивается на 1,3 МВт (без учёта нагрева кладки). Это увеличивает количество теплоты, воспринятой в топке котла, на 15-19 %.

Однако в формуле (8) не учитывается взаимодействие излучателей между собой, неоднородность температурных полей внутри топки и камеры догорания котла, самооблучение дожигательных устройств и величины оптических констант тел, участвующих в лучистом теплообмене. Решение задачи о лучистом теплообмене между произвольными нечёрными телами в поглощающей и излучающей среде связано с большими математическими трудностями. Общее решение поставленной задачи было дано Ю.А. Суриновым [2], этому будут посвящены дальнейшие исследования.

Итак, если излучателем является твёрдое тело, то величина результирующего теплообмена между ним и экранами зависит от формы, взаимного расположения и размеров, степени черноты, температуры и расстояния между этими поверхностями. Увеличение теплоотдачи лучеиспусканием имеет место при увеличении температуры излучающего тела, повышении степени черноты излучающей и воспринимающей поверхностей, уменьшении расстояния между ними и таком взаимном расположении, при котором обе эти поверхности параллельны.

На практике невозможно добиться такого положения, чтобы теплота, которую излучает раскалённое тело, воспринималась экранами котла. Часть тепловой энергии отражается обратно, что снижает эффективность результирующего теплообмена. Однако дожигательное устройство расположено таким образом, что лучистый поток на поверхности котлоагрегата (задний экран и первый ряд конвективного пучка) характеризуется максимальной величиной.

Литература

1. Блох, А. Г. Теплообмен излучением: справочник / А. Г. Блох, Ю. А. Журавлёв, Л. Н. Рыжков. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 431 с. : ил.
2. Блох, А. Г. Основы теплообмена излучением / А. Г. Блох ; под ред. А. М. Гурвича. – М. ; Л. : Госэнергоиздат, 1962. – 333 с. : ил.

УДК 628.16.087:628.164.081.312.32

А.Е. Лучинкина

Сравнительный анализ электрохимического способа водоподготовки и подготовки воды в ионообменных фильтрах

На сегодняшний день существует много различных видов оборудования водоподготовки. Вопрос выбора эффективного и надежного водоподготовительного оборудования является значимым, поскольку водно-химический режим котельной обеспечивает надежную эксплуатацию трубопроводов и оборудования, исключает образование отложений и коррозии на трубопроводах и теплообменном оборудовании.

Чаще всего для обработки воды в котельных или тепловых пунктах применяются реагентные способы водоподготовки (комплексонатные) [2]. Применяются ионообменные установки умягчения и обезжелезивания, но они не всегда являются экономически выгодными и не всегда просты в эксплуатации, требуют дополнительной деаэрации воды для удаления растворенного кислорода. Очень редко применяются безреагентные способы подготовки воды: электрохимический, магнитный, ультразвуковой, акустический. [2] Водно-химический режим влияет на срок службы оборудования и на надежность работы котельной, поэтому к его выбору следует относиться с особой тщательностью. Сравнительный анализ реагентных и безреагентных способов водоподготовки проведем на примере подготовки воды в ионообменных фильтрах и электрохимического метода водоочистки.

Основными элементами электрохимического аппарата являются недеформируемая стальная пластина (катод) и прямоугольный параллелепипед (анод), выполненный из токопроводящего графитированного материала.

Электрохимический аппарат, установленный на обратном трубопроводе (рис.1), выполняет две важные функции. Первая – улавливание путем электрофильтрации сформировавшихся в объеме положительно заряженных частиц гелей и суспензии, вторая – генерация в ту же самую систему монокристаллов карбоната кальция, служащих центром образования гелей и суспензии в рабочих объемах теплоагрегатов и теплотсети, что в целом препятствует образованию накипи на теплопередающих поверхностях [2].

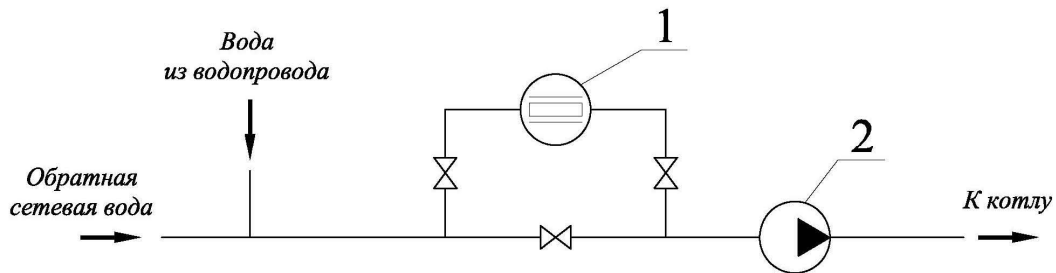


Рис. 1 Принципиальная схема обвязки электрохимического аппарата
1 – аппарат для электрохимической очистки воды; 2 – насос сетевой воды

Ионообменные установки включают в себя ионообменные фильтры и реагентное хозяйство для обеспечения регенерации фильтров (хранилище соли, бак и оборудование для приготовления раствора соли). Для удаления растворенного кислорода из воды системы при использовании ионообменных фильтров необходимо применение деаэрационных установок [3]. Схема одноступенчатого натрий-катионирования воды показана на рис.2.

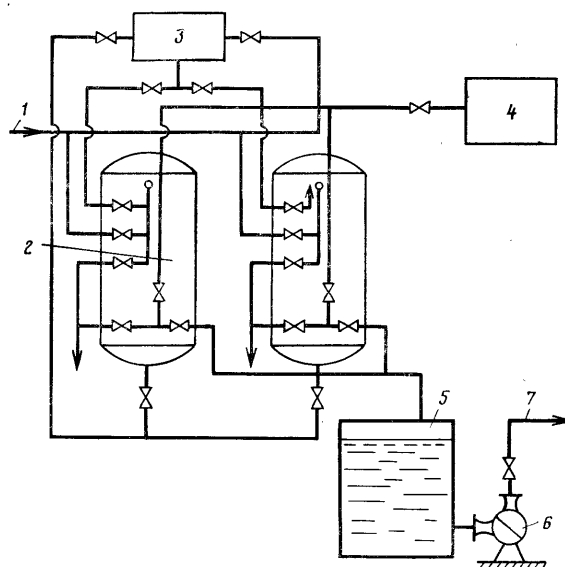


Рис. 2 Схема одноступенчатого Na-катионирования воды
 1,7 – подача исходной и отвод умягченной воды; 2 – Na-катионитовый фильтр;
 3 – бак с раствором поваренной соли; 4 – бак с частично умягченной водой для
 взрыхления катионита; 5 – резервуар умягченной воды; 6 – насос

Сравнительный анализ установок электрохимической очистки и катионитной очистки воды с последующей деаэрацией представлен в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ достоинств и недостатков установок электрохимической и катионитной очистки воды

Параметры сравнения	Электрохимический способ подготовки воды	Подготовка воды в ионообменных фильтрах
Постоянный обслуживающий персонал	Требуется только для проведения очистки аппарата 2-3 раза в сезон	Требуется, в т.ч. содержание лаборантов для отбора проб воды
Механизации и автоматизации процесса	Механизация и простая автоматизация процесса водоподготовки	Механизация процесса водоподготовки, автоматизация процесса достаточна сложная
Постоянная необходимость в реагентах для осуществления работы	Не требуется	Постоянно требуются реагенты для осуществления процесса очистки
Утилизация сточных вод	Не требуется	При осуществлении регенерации, обратной промывки и взрыхления фильтров образуются сточные воды с высокой концентрацией соляной кислоты

Обвязка трубопроводов водоподготовительного оборудования	Непосредственное подключение аппарата к обратному трубопроводу сетевой воды, наличие байпасной линии для прохода воды	Усложнение обвязки за счет необходимости дополнительного оборудования для осуществления процесса очистки (подключение насосов, эжектора, дозаторов и т.д.)
Обслуживание установки в период эксплуатации	Требуется периодическая очистка поверхностей аппарата (2-3 раза в сезон)	Замена катионита по истечении срока его работы. В целом процесс автоматизирован
Устройство хранилищ и складов для реагентов	Не требуется	Требуется отчуждение дополнительных площадей под склады и хранилища реагентов, а также для дополнительного оборудования
Увеличение расхода сырой воды на собственные нужды водоподготовки	Не требуется	Увеличение расхода воды на регенерацию фильтров, обратную промывку и взрыхление катионита
Расчет изменения дозы реагента в зависимости от изменения расхода очищаемой воды	Не требуется	Для исключения перерасхода реагентов требуется перерасчет дозы реагентов
Содержание лабораторий для исследования и отбора проб воды	Не требуется	Требуется лаборатория для регулярного отбора проб воды
Компактность установки	Установка компактна, максимальный размер одного агрегата 900х900х3900 мм (производительность 350 м ³ /ч)	Катионитные фильтры достаточно компактны, но реагентное хозяйство занимает большое пространство
Первичное заполнение системы водой	Вода для первичного заполнения системы отбирается из водопровода без предварительной очистки	Первичное заполнение системы осуществляется химически-очищенной водой, что увеличивает расход реагентов
Высокая степень подготовки воды	При грамотном подборе типоразмера установки достигается подготовка воды нормативного качества	

Значительным преимуществом электрохимической очистки является также то, что аппарат устанавливается на обратном трубопроводе сетевой воды, и поэтому суспензии, образующие отложения, постоянно удаляются из всего объема сетевой воды. При такой установке аппарата наблюдается разрушение ранее образовавшихся отложений на трубопроводах и оборудовании. Установки ионного обмена предназначены для очистки подпиточной воды котельной [2].

Существенны различия эксплуатационных затрат для данных методов водоподготовки [1]. Сравнительный анализ эксплуатационных затрат электрохимического способа водоподготовки и катионитной очистки воды с последующей деаэрацией представлен в табл. 2.

**Сравнительные эксплуатационные затраты двух способов
водоподготовки для системы ГВС при расходе подпиточной воды,
расходом 10 м³/ч**

№ п/п	Водоподготовка на ионообменных фильтрах с последующей деаэрацией	Электрохимическая обработка (аппарат АЭА-Т-350 ООО «Азов» г.Дзержинск Нижегородской области)
1	Расход поваренной соли $Ж_0=6$ г-экв/л Расход соли на регенерацию 0,15 кг на 1 г-экв/л $6 \times 10 \times 8640 = 77760$ кг/год Стоимость соли 750 руб/т Затраты за год: $750 \times 77,76 = 58\,320$ руб	Затраты отсутствуют
2	Расход ионообменного материала – сульфуголь Потребность на отопительный сезон – 120 кг Стоимость 20 руб/кг Затраты за год: $20 \times 120 = 2400$ руб	Затраты отсутствуют
3	Пластмассовые колпачки Потребность на отопительный сезон – 10 шт Стоимость 15 руб/шт Затраты за отопительный сезон: $10 \times 15 = 150$ руб	Графитированные аноды Потребность на год – 165 кг Стоимость 120 руб/кг Затраты на отопительный сезон: $165 \times 120 = 19800$ руб
4	Промывочная хозяйственная вода Расход (регенерация ионообменных фильтров, взрыхление, промывка от соли, приготовление реагентного раствора и др.) – 1,7 м ³ /ч Затраты за год: $1,7 \times 8640 = 44\,064$ руб	Затраты отсутствуют
5	Расход электроэнергии в действующей котельной ХВО (подпиточный, повысительный, солевой насосы) – 86 600 кВт в год Затраты: $86\,600 \times 0,4 = 34\,640$ руб Расход электроэнергии на дополнительную деаэрационную установку (подпиточный насос) – 43 000 кВт/год Затраты: $43\,000 \times 0,4 = 17\,200$ руб Итого: $34\,640 + 17\,200 = 51\,840$ руб	Потребляемая электроэнергия аппаратом – 2 кВт/ч Затраты за год: $2 \times 8940 \times 0,4 = 6912$ руб
6	Затраты на деаэрацию: Расход пара на деаэрацию (при подпитке 10 м ³ /ч) – 0,1 т/ч (0,06 Гкал/ч) Количество затраченной теплоты за отопительный сезон $0,06 \times 8640 = 518,4$ Гкал Стоимость 1Гкал – 370 руб Затраты: $518,4 \times 370 = 191\,808$ руб	Затраты отсутствуют
7	Зарплата при круглосуточной работе ХВО Необходимо 3 лаборанта, если оклад лаборанта принять 2000 руб, то затраты составят: $3 \times 2000 \times 12 = 72\,000$ руб	Для обслуживания аппарата необходим централизованный отбор проб воды и проведение анализа 4 раза в месяц. Коэффициент к зарплате лаборанта – 0,2 Затраты: $1 \times 12 \times 0,2 = 4800$ руб
8	Итого основные эксплуатационные затраты составят: $58\,320 + 2400 + 150 + 44\,064 + 51\,840 + 191\,808 + 72\,000 = 420\,582$ руб	$19800 + 6912 + 4800 = 31\,512$ руб

Примечание: Плата за сброс загрязненных стоков при подготовке воды в ионообменных фильтрах не учитывалась.

Из приведенных выше фактов следует сделать вывод о том, что электрохимический метод подготовки воды является экономически эффективным и более легким в эксплуатации, чем традиционные методы водоподготовки. При этом эксплуатационные затраты на водоподготовку не превышают 0,4 рубля на 1 м³, а при использовании ионообменного способа водоподготовки и деаэрации они составляют 20-40 руб. на подготовку 1 м³ воды. Эксплуатация электрохимических аппаратов предприятием ООО «Азов» показала их эффективность и надежность при разных условиях эксплуатации [2].

Выбор водоподготовительного оборудования зависит от параметров исходной воды, от параметров необходимой очищенной воды и от различных условий эксплуатации, поэтому нельзя определенно сказать, что есть один универсальный и единственно выгодный способ очистки воды. Но можно с уверенностью рекомендовать электрохимические аппараты для подготовки воды для систем теплоснабжения, отопления и горячего водоснабжения, как экономически эффективные и надежные.

Литература

1. Казимиров, Е.К. Опыт использования нового электрохимического способа водоподготовки в системе горячего водоснабжения: практика и экономическая эффективность/ Е.К.Казимиров // Новости теплоснабжения. – 2003. - №3(31). – С. 31-35

2. Казимиров, Е.К. Теоретические и практические аспекты использования электрохимического антинакипного способа водоподготовки/ Е.К.Казимиров, О.Е.Казимиров // Новости теплоснабжения. – 2007. – №5(81). – С. 41-45

3. Фрог, Б.Н. Водоподготовка: учеб. пособие для вузов / Б.Н.Фрог, А.П.Левченко. – М. : МГУ, 1996. – 680 с.

УДК 692.53:631.2

А.С. Ляхов

Расчет теплоусвоения поверхности полов животноводческих зданий

Потери теплоты через полы в энергетическом балансе животноводческих зданий обычно не превышают 3...5%. Однако необходимо учитывать особые требования к характеристикам теплоусвоения полов, так как отдых и сон крупного рогатого скота и свиней проходят непосредственно на полу (до 65% времени суток). Этот факт повышает возможность простудных заболеваний животных, что, в конечном счете, предопределяет их продуктивность и жизнеспособность. Особо жесткие требования предъявляются к тепловому режиму полов в

помещениях молодняка животных. Современные нормативные документы по теплоусвоению поверхности полов животноводческих и птицеводческих помещений, приведенные в справочной и нормативной литературе, базируются на основополагающих исследованиях отечественных ученых.

Верхний слой пола в местах отдыха животных и птицы при содержании их без подстилки определяется показателем теплоусвоения поверхности пола Y_n , Вт/(м²°С), который должен быть не более нормируемой величины Y_f^{TP} . Однако в нормативной литературе до настоящего времени отсутствуют однозначные значения по величине Y_f^{TP} .

Например, СНиП 23-02-2003 рекомендует следующие значения Y_f^{TP} :

– коровы, быки-производители, телята до 6 месяцев, ремонтный молодняк крупного рогатого скота, свиноматки, хряки, поросята-откормыши $Y_n = 11$ Вт/(м²°С);

– коровы стельные и новотельные, молодняк свиней, свиньи на откорме $Y_n = 13$ Вт/(м²°С);

– крупный рогатый скот на откорме $Y_n = 14$ Вт/(м²°С).

В то же время свод правил СП-23-101-2000, на который ссылается СНиП II-3-79*, указывает на иную нормативную величину показателя теплоусвоения поверхности полов:

- для крупного рогатого скота молочного направления и молодняка до четырехмесячного возраста (крупный рогатый скот и свиньи) $Y_n = 12,5$ Вт/(м²°С);

- для откормочных животных с четырехмесячного возраста: свиней – 17 Вт/(м²°С) и крупного рогатого скота $Y_n = 15$ Вт/(м²°С).

Показатель теплоусвоения решетчатых полов и полов помещений для содержания животных на подстилке не нормируется.

Показатель теплоусвоения поверхности полов Y_n определяется в следующей последовательности. Если покрытие пола (первый слой конструкции пола) имеет тепловую инерцию $D_1 = R_1 S_1 > 0,5$, то показатель теплоусвоения поверхности пола определяется по формуле:

$$Y_n = 2S_1. \quad (1)$$

Если первые n слоев конструкции пола имеют суммарную тепловую инерцию $D_1 + D_2 + \dots + D_n < 0,5$, но тепловая инерция $(n+1)$ -го слоев $D_1 + D_2 + \dots + D_{n+1} \geq 0,5$, то показатель теплоусвоения поверхности пола Y_n следует определять последовательно расчетом показателей теплоусвоения поверхностей слоев конструкций, начиная с n -го до 1-го:

для n -го слоя

$$Y_n = \frac{2 \cdot R_n \cdot s_n^2 + s_{n+1}}{0,5 + R_n \cdot s_{n+1}}; \quad (2)$$

для i -го слоя ($i = n - 1; n - 2; \dots 1$)

$$Y_i = \frac{4 \cdot R_i \cdot s_i^2 + Y_{i+1}}{1 + R_i \cdot Y_{i+1}}. \quad (3)$$

Показатель теплоусвоения поверхности пола $Y_{\text{п}}$ принимается равным показателю теплоусвоения поверхности 1-го слоя Y_1 . В формулах (1), (2), (3): D - тепловая инерция слоев конструкции конкретного пола; $D = R_1S_1 + R_2S_2 + \dots + R_nS_n$, Y_{i+1} – показатель теплоусвоения поверхности $(i+1)$ -го слоя конструкции пола. Расчетные коэффициенты теплопроводности и теплоусвоения материалов слоев конструкции пола в местах отдыха животных следует принимать при эксплуатационной влажности этих материалов, но не выше, чем при условиях эксплуатации «Б».

Пример. Выполнить теплотехнический расчет пола для помещения отдыха крупного рогатого скота и определить, удовлетворяет ли в отношении требования теплоусвоения конструкция пола животноводческого помещения при содержании животных без подстилки. Теплотехнические характеристики отдельных слоев конструкции пола (при их нумерации сверху вниз) даны в таблице.

Материал	Толщи на слоя, δ , м	Плотность матер. в сухом состоянии, ρ , кг/м ³	Коэффициенты при условии эксплуатации «Б»		Сопротив-ление теплопередаче R , м ² °C/Вт
			λ , Вт/(м°С)	s , Вт/(м ² °С)	
Асфальтобетон	0,05	2100	1,05	16,43	0,048
Песок для строительных работ	0,20	1600	0,58	7,91	0,345

Тепловая инерция слоев: $D_1 = R_1S_1 = 0,048 \cdot 16,43 = 0,789$; $D_2 = R_2S_2 = 0,345 \cdot 7,91 = 2,729$. Так как тепловая инерция первого слоя конструкции пола $D_1 > 0,5$, то показатель теплоусвоения поверхности пола определится по формуле: $Y_{\text{п}} = 2S_1 = 2 \cdot 16,43 = 32,86$ Вт/(м²°С). Значение $Y_{\text{п}}$ явно не удовлетворяет нормируемым величинам теплоусвоения поверхности пола как по СНиП 23-02-2003, так и по СП-23-101-2000.

Для улучшения теплофизических показателей полов в качестве первого (верхнего) слоя принят пол из досок: $\delta = 0,03$ м; $\rho_0 = 500$ кг/м³; $\lambda_1 = 0,18$ Вт/(м°С); $S_1 = 4,54$ Вт/(м²°С). Тогда величина показателя теплоусвоения равна $D_1 = R_1S_1 = 0,03 \cdot 4,54 / 0,18 = 0,758$. Так как первый слой покрытия пола и в этом случае имеет $D_1 > 0,5$, то величина $Y_{\text{п}}$ также определяется по формуле: $Y_{\text{п}} = 2S_1 = 2 \cdot 4,54 = 9,08$ Вт/(м²°С).

Такая конструкция пола из деревянного настила удовлетворяет нормируемым показателям теплоусвоения всех возрастных категорий крупного рогатого скота и свиней.

Литература

1. Бодров, В.И. Микроклимат производственных сельскохозяйственных зданий и сооружений / В.И. Бодров, М.В. Бодров, Е.Г. Ионычев, М.Н. Кучеренко. – Н.Новгород: ННГАСУ, 2008. – 623с.
2. СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника. – М.: Строиздат, 1979, 2001.

3. СП 23-101-2000. Проектирование тепловой защиты зданий. – М.: Госстрой России, 2000.

УДК 697:631.243.5

А.А. Магрычев

Системы общеобменной механической вентиляции хранилищ

Общеобменная механическая вентиляция применяется главным образом при контейнерном способе хранения овощей и картофеля. Охлаждение продукции осуществляется за счет обтекания контейнеров приточным воздухом. Основным недостатком такой схемы является формирование нормируемых температурно-влажностных параметров воздушной среды в объеме воздуха помещения хранилищ, а не в массе продукции каждого контейнера. Скорость воздуха в межклубневом пространстве хранящейся в контейнерах продукции составляет в среднем 8,5% от средней скорости движения воздуха между контейнерами [1].

Рекомендуемая кратность воздухообменов [2] в помещениях контейнерных хранилищ в период охлаждения составляет $n = 8...12 \text{ ч}^{-1}$, в основной период – $n = 4...6 \text{ ч}^{-1}$. Режим работы систем общеобменной механической вентиляции в период охлаждения и основной период хранения – непрерывный. Тогда в полностью заполненном хранилище объемом $36 \times 12 \times 6 \text{ м}$ производительность систем вентиляции составит при $n = 10$ около $20\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$, при $n = 5$ в пределах $10\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$. В первом случае максимальная скорость воздуха между контейнерами равна $0,15 \text{ м/с}$, во втором – $0,075 \text{ м/с}$, а скорость в межклубневом пространстве контейнеров соответственно около $0,012$ и $0,006 \text{ м/с}$, т.е. устойчивое движение воздуха в межклубневом пространстве отсутствует.

Полученные значения скоростей меньше необходимых для поддержания температурных параметров среды в контейнерах картофелехранилищ. Незначительные скорости воздуха в межклубневом пространстве, даже по несколько завышенным оценкам, позволяют сделать вывод о практической неэффективности управления микроклиматом в массе продукции при контейнерном хранении путем регулирования скорости фильтрации и увеличения кратности воздухообмена.

Частичное преодоление этого недостатка может быть достигнуто за счет специального ажурного штабелирования контейнеров или разработки контейнеров специальной конструкции.

В ряде стран Западной Европы, в США и Канаде широко используются контейнеры с плотными воздухонепроницаемыми стенками и двойным (решетчатым и сплошным) дном. Размещенная в них продукция продувается воздухом. Помещения оборудуют проходными вентиляционными воздуховодами, которые размещают у стен на всю их

высоту. В стенках воздухопроводов устраивают отверстия, совпадающие со щелями между сплошным и решетчатым дном контейнеров. Контейнеры устанавливают впритык к воздуховодам. Воздух через щели в решетчатом дне поступает в контейнеры и удаляется через специальные зазоры в стенках (рис. 1), то есть происходит активная вентиляция продукции в контейнере. Такие системы вентиляции имеют ряд преимуществ: равномерно активно вентилируют сочное растительное сырье в каждом контейнере; вместимость контейнера ограничивается только грузоподъемностью транспортных средств и подъемных устройств; возрастает вместимость хранилищ.

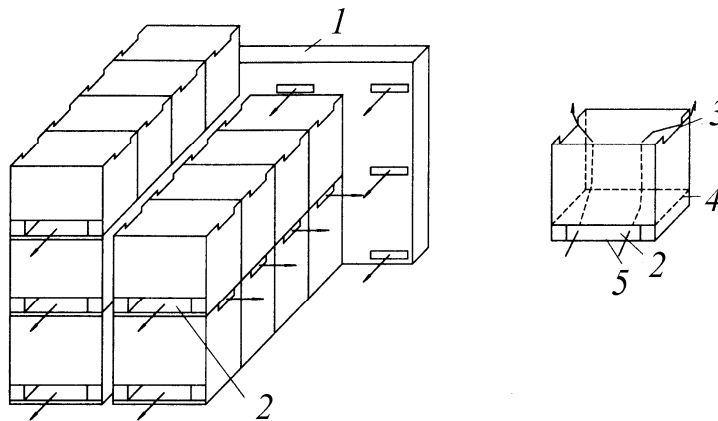


Рис. 1. Движение воздуха в контейнерах при активной вентиляции:
1 – вентиляционный канал; 2 – отверстие для прохода воздуха; 3 – щель;
4 – решетка; 5 – сплошное днище поддона

Ажурное штабелирование контейнеров, применяемое в нашей стране, осуществляется двумя путями. Одно из них при герметичных стенках и решетчатым дне контейнеров состоит в установке их в штабели над специальными воздухоподающими отверстиями в полу (происходит активная вентиляция всего штабеля). Другой путь, применяемый при решетчатых стенках контейнеров, заключается в полном перегораживании поперечного сечения хранилища штабелями. При этом приточные системы общеобменной вентиляции должны располагаться с одного торца хранилища, а вытяжные – с другого.

Заключение. Контейнерный способ хранения овощей и картофеля получил широкое распространение в сельскохозяйственной отрасли. Его основными преимуществами являются: быстрое заполнение и освобождение контейнера, овощи подвергаются незначительному механическому воздействию, контейнеры практичны и легки в использовании, индивидуальные контейнеры доступны в течение всего периода хранения. Для последующего развития данного способа хранения необходимо дальнейшее теоретическое и экспериментальное изучение динамики процессов теплообмена в штабеле контейнеров в режимах естественной и механической вентиляции.

Литература

1. Микроклимат производственных сельскохозяйственных зданий и сооружений / В.И. Бодров, М.В. Бодров, Е.Г.Ионычев, М.Н. Кучеренко. – Н.Новгород: ННГАСУ, 2008. – 623с.

2. ОНТП-6–86. Общесоюзные нормы технологического проектирования зданий и сооружений для хранения и переработки картофеля и плодовоовощной продукции.

УДК 621.184.64

А.В. Малова

Применение теплоутилизационных установок как один из путей экономии топливно-энергетических ресурсов

В настоящее время появляется все больше новых технологий в промышленной теплоэнергетике, позволяющих более эффективно использовать различные виды энергии. Но не все они способны найти должное применение в различных отраслях промышленности. Разработка современного и надежного оборудования для котельных установок достаточно хорошо развита за рубежом. В России более чем в 60% котельных установок агрегаты устарели, и замена их зарубежным оборудованием не представляется возможным ввиду некоторых причин.

Основными причинами являются:

- значительный недостаток инвестирования отрасли теплоснабжения;
- климатические условия, характерные для нашей страны.

Вместе с тем эксплуатация отечественного оборудования связана со значительными экологическими проблемами. Основной причиной экологических проблем является выброс недостаточно охлажденных продуктов сгорания в атмосферу. В таких котельных агрегатах также имеет место неэкономичное использование топлива.

Одним из основных путей экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в коммунальной энергетике является повышение эффективности их использования путем утилизации тепла уходящих газов.

В решение энергетической программы в нашей стране значительный вклад может внести применение теплоутилизационных установок, работающих на дымовых газах котельных. Наибольшее распространение получили конденсационные и контактные агрегаты.

Принцип утилизации теплоты у двух этих теплообменных агрегатов различный.

В контактном теплообменнике происходит утилизация теплоты посредством прямого контакта между продуктами сгорания и водой, т.е. при отсутствии разделительных стенок между теплоносителями и подачей воды в поток дымовых газов. Тепло- и массообмен дымовыми газами и

водой при их непосредственном соприкосновении происходит благодаря разности температур и парциальных давлений водяных паров.

Схема установки контактных экономайзеров предпочтительна автономная для каждого котлоагрегата, что предотвращает присосы холодного воздуха в экономайзер при отключении одного из котлов. Групповая схема подключения может быть принята только в существующих котельных как вынужденное решение.

Устройство экономайзеров может быть различным. В настоящее время нашли применение противоточные экономайзеры насадочного типа. Контактная камера заполняется насадкой из керамических, стальных или фарфоровых колец Рашига и их модификации: колец Лессинга и Паля, деревянных реек, а также сетчатой, сотаблочной, плоскопараллельной и другими насадками. При противотоке достигается минимальная температура газов на выходе из экономайзера, поскольку уходящие газы контактируют с наиболее холодной водой и возможен нагрев воды до более высокой температуры.

При соответствующем орошении вода стекает по насадке в виде тонкой пленки, на поверхности которой и происходит теплообмен между газами и водой. При полном смачивании насадки водой поверхность теплообмена примерно равна поверхности элементов насадки.

«Контактная» вода, поглощающая из продуктов сгорания углекислоту и кислород, приобретает коррозионно-активные свойства. Для избежания коррозии производят деаэрацию в атмосферных термических или вакуумных деаэраторах.

Использование воды, находящейся в непосредственном контакте с дымовыми газами, для бытовых целей запрещено, поэтому необходимо использование промежуточного теплообменника.

Конденсационный теплообменник представляет собой калориферную установку, в которой роль теплоносителя выполняет уже не вода (как это было в калорифере), а уходящие газы. Вода проходит по оребренным трубкам, являясь нагреваемой средой, и забирает часть теплоты у продуктов сгорания.

В конденсационных теплообменниках температура уходящих газов за счет их доохлаждения снижается до температуры ниже точки росы. В этом случае используется скрытая теплота конденсации водяных паров, содержащихся в газах. Конденсационные теплообменники имеют высокий КПД полезного действия, отсутствие в них непосредственного контакта между продуктами сгорания и нагреваемой водой делает их более надежными с точки зрения качества нагреваемой воды.

Решению об установке утилизаторов теплоты должно предшествовать определение возможных потребителей потенциальной теплоты утилизаторов. Для этого предварительно необходимо определить конкретные потоки воды и воздуха, их расходы, температуры, до которых могут быть подогреты теплоносители в утилизаторах.

В качестве потребителей могут рассматриваться котельные, система теплоснабжения и сторонние потребители.

Правильный выбор вида и требуемой производительности утилизатора определяется не установленной мощностью котлоагрегатов, а наличием реальных потребителей утилизируемой теплоты.

Потребителями могут быть: подогрев исходной и химически очищенной воды, подогрев дутьевого воздуха, система горячего водоснабжения, подогрев обратной сетевой воды, технологические нужды предприятий.

Литература

1. Аронов, И. З. Контактный нагрев воды продуктами сгорания природного газа / И. З. Аронов. – Л. : Наука, 1978. – 279с. : ил.
2. Аронов, И. З. Использование тепла уходящих газов газифицированных котельных / И. З. Аронов. – М. : Энергия, 1967. – 192 с.
3. Энергосбережение и охрана воздушного бассейна при использовании природного газа / Б. В. Шанин, Е. Е.Новгородский, В.А.Широков, А. Ф. Пужайло. – Н. Новгород : ННГАСУ, 1998. – 384с.

УДК 624.15:624.131.2+551.4.037(470.341-25)

А.Ю. Марихова

Особенности строительства зданий и сооружений на склонно-овражных территориях в нагорной части г. Нижнего Новгорода

Актуальность вопроса заключается в том, что в г. Нижний Новгород при его развитии строительством заняты благоприятные территории с точки зрения инженерно-геологической оценки. Поэтому все чаще встает вопрос об освоении:

- пойменно-намывных территорий, расположенных по берегам р. Волга и Ока;
- овражных территорий, которых в нагорной части города около 30%;
- склонных территорий (Верхне-Волжская набережная, набережная Федоровского);
- территорий, сложенных насыпными грунтами;
- участки с карстовыми проявлениями и др.

Около 10% строящихся зданий и сооружений возводятся на склонно-овражных территориях и требуют особого внимания на всех этапах:

- проведения детальных инженерно-геологических изысканий на площадке строительства;
- проектирования с акцентом на обеспечение устойчивости откосов;

- строительства зданий с учетом этих особых условий;
- эксплуатации зданий с соблюдением требований при этих особых условиях.

Качественное выполнение всех этих требований должно обеспечить эксплуатационную надежность зданий и сооружений.

Здания на склонно-овражных территориях построены для надежной эксплуатации на 50 лет, а при представлении приемным комиссиям они уже находятся в аварийном состоянии. Это указывает на важность данного вопроса.

Экспертная оценка предаварийного состояния здания – семиэтажного кирпичного жилого дома в нагорной части города Нижний Новгород

1. Общая характеристика здания

Этот семиэтажный жилой трехсекционный дом имеет общие размеры в плане – 79,9x14,1 м и расположен на приовражной территории (рис.1). В основании, по данным инженерно-геологических изысканий, залегают лессовидные просадочные грунты.

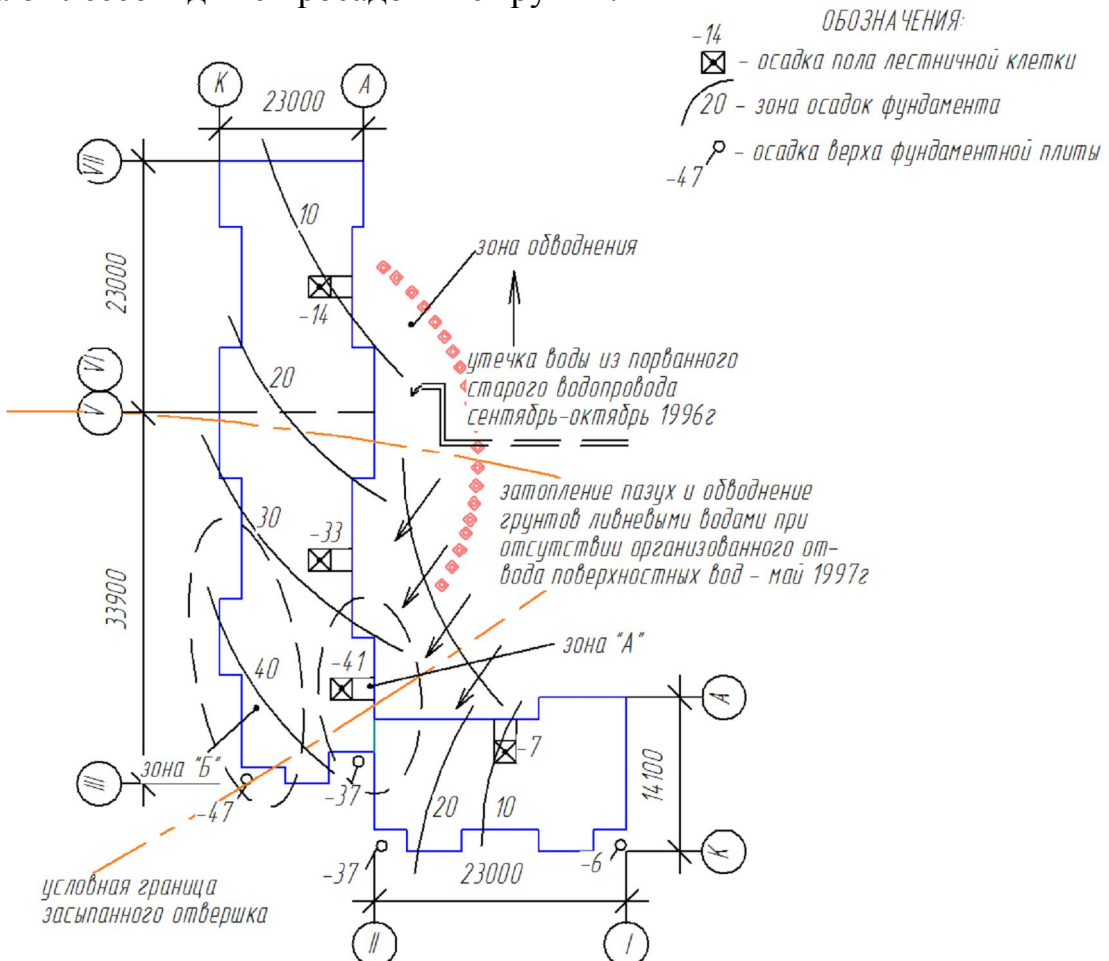


Рис.1. Схематичный план здания с указанием зон развития осадок отдельных частей здания, зон риска «А» и «Б» и положение от вершка оврага

Озабоченность состоянием строительства и большими визуальными осадками фундамента, возникшими в период завершения строительства и

подготовки его к предоставлению государственной приемной комиссии, привела к тому, что руководством стройки было принято решение обратиться в ННГАСУ на кафедру оснований и фундаментов, для оценки развития деформаций здания и разработки мероприятий по устранению причин, вызвавших данные деформации.

2. Визуальное обследование здания

Был произведен осмотр здания, и ввиду отсутствия результатов наблюдения за осадками фундаментов жилого дома устанавливались величины происшедших деформаций (нивелирование цоколя, нивелирование лестничной площадки первого этажа). На рис.1 представлены установленные изобары осадок, достигающие 55см. Состояние здания было зафиксировано как предаварийное.

3. Развитие деформаций здания

Результаты наблюдений за осадками здания в период 1995-1997 гг. показали, что деформации носят незатухающий характер во времени.

На конец 1998 г. были зафиксированы следующие величины осадок здания: в секции № 1 – 6,0-25,0 см, в секции № 2 – 18,0-47,0 см, в секции № 3 – 7,0-22,0 см. Замеренные величины осадок здания превысили предельно допустимые для данного типа зданий – 22,5 см (многоэтажных бескаркасных с несущими стенами из кирпичной кладки, с устройством железобетонных поясов для зданий с фундаментами в виде сплошной железобетонной плиты по СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений» п.5 Примечания к Приложению 4). Крен по отдельным сечениям здания также превысил предельную величину.

Причиной этого явилась сильная неравномерная сжимаемость насыпных грунтов основания, постоянно замачиваемых утечками из коммуникаций и ливневыми водами.

4. Установление причин аварийного состояния здания

Инженерно-геологические изыскания и бурение скважин №1,2,3 выявили отвержек изоляторского оврага (рис.2), расположенный под секцией №2. Это было вскрыто при бурении дополнительной скважины №4, при этом отвержек глубиной до 12 метров был заполнен насыпными грунтами, представленными суглинками и глинами слабозаторфованными с большим содержанием щебня, битого кирпича, щепок древесины, навоза, бытовых отходов.

Проектные работы выделили вариант выполнения фундаментной железобетонной плиты. В подобных инженерно-геологических условиях более целесообразным фундаментом следовало бы считать свайный фундамент с буронабивными сваями. Также усугубило положение выполненное приближение дома к бровке откоса.

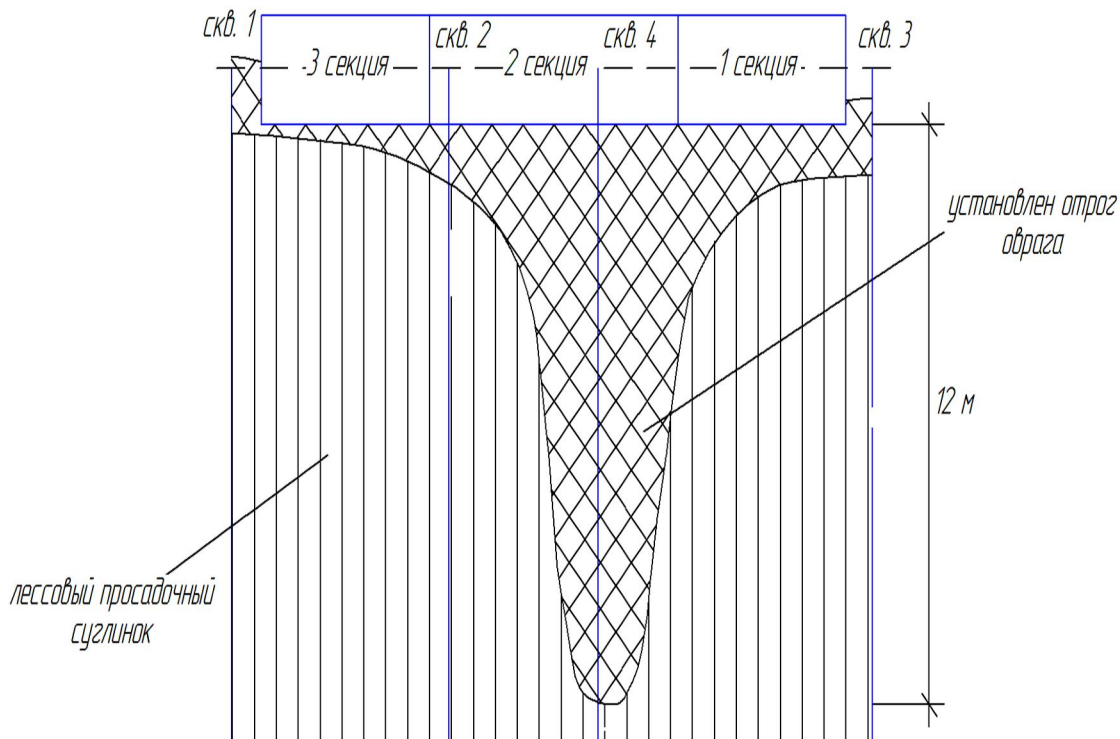


Рис.2 Инженерно-геологический разрез с вертикальной привязкой жилого дома

Строительство проводилось при следующих недостатках:

- не обращено внимание на участок с насыпными грунтами при обследовании и активировании приемки котлована;
- отсутствовало организованное наблюдение за осадками фундаментов дома;
- при развитии явно недопустимых осадок дома было принято решение добавить к пяти этажам (по проекту) еще два этажа.

Эксплуатационное введение жилого дома характеризовалось:

- самовольным заселением квартир без сдачи дома госкомиссии;
- эксплуатация водонесущих коммуникаций проводилась без организованного отвода сточных вод, которые проникали в толщи насыпных грунтов;
- при заселении жильцами самостоятельно сносились перегородки и частично капитальные стены.

5. Мероприятия

На основании анализа результатов наблюдений за осадками здания и состоянием строительных конструкций надземной части жилого дома было предложено разработать и осуществить проект закрепления толщи насыпных грунтов методом цементации в 48 точках и усиления фундаментов (подведение 17 металлических свай) под секцией № 2.

Анализ проведения геодезических наблюдений показывает, что после укрепления основания и усиления фундаментов жилого дома наметилась положительная тенденция к затуханию его осадок (рис.3).

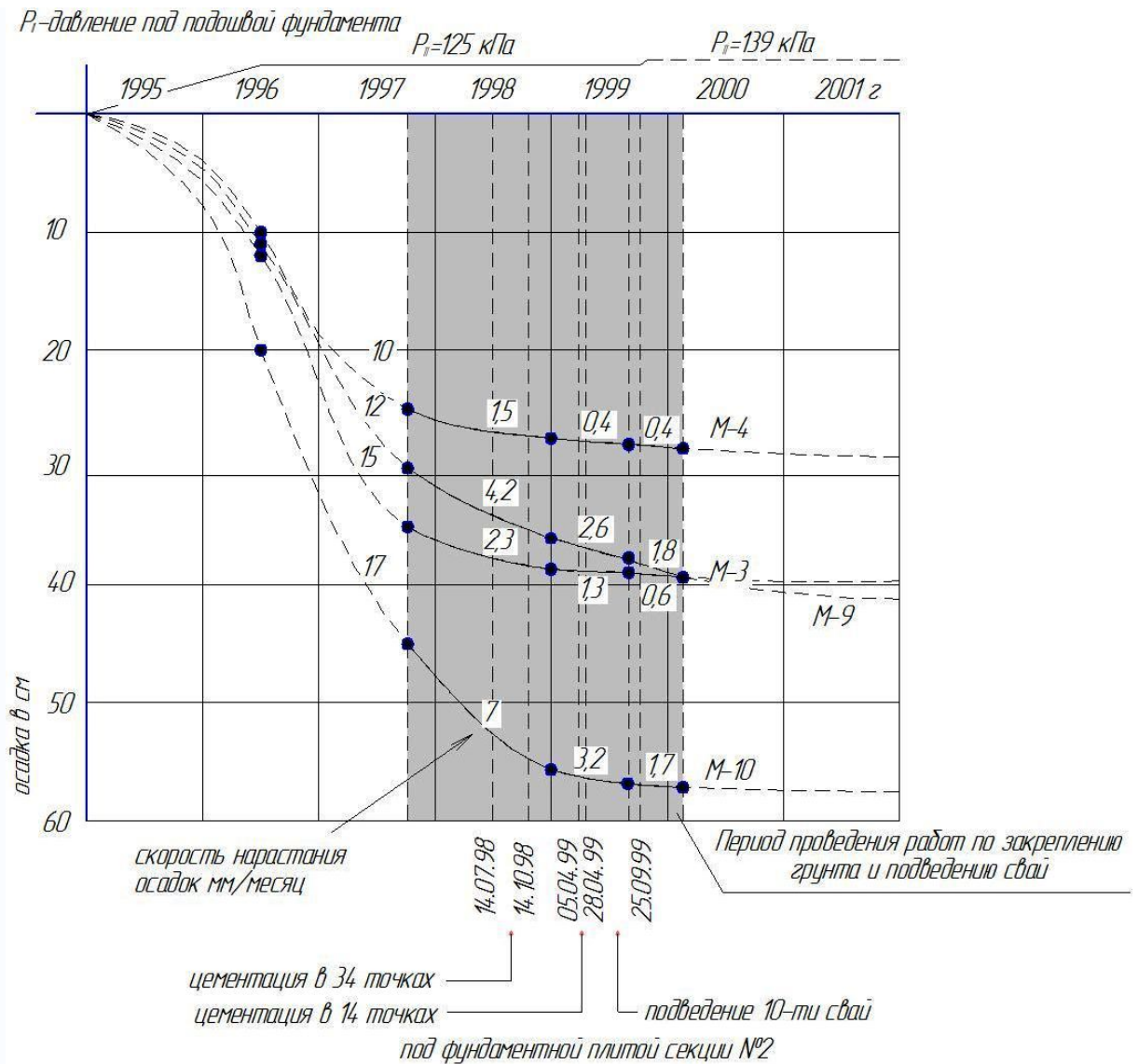


Рис.3. График развития осадок фундаментной секции №2

6. Требования к эксплуатации

Ввиду исключительности объекта, эксплуатационная надежность жилого дома может быть обеспечена при следующих условиях:

1) эксплуатационники должны исключить возможность замачивания грунтов основания здания:

- не допускать утечек воды из водонесущих коммуникаций;
- обеспечить образцовое содержание территории и организованный отвод атмосферных вод;

2) должно быть продолжено наблюдение за осадками и необходимо принимать оперативные меры к усилению фундаментов.

Выводы

- Детальное рассмотрение этого примера сфокусировало внимание на:
- возможных недостатках на всех четырех стадиях возведения здания: изыскание, проектирование, строительство и эксплуатация;
 - особом отношении к возведению зданий на склонно-овражных

территориях.

Закрепление массива насыпных грунтов методом цементации и усиление фундаментов путём подводки металлических свай жилого дома нагорной части г. Нижний Новгород:

– является исключительным случаем в строительной практике Нижегородской области;

– проводились в сложнейших инженерно-геологических условиях площадки строительства жилого дома, относящихся к III категории сложности;

– касается запредельного состояния здания по величинам фактических осадок ($S_{\text{факт}}=7,0-57$ см) по сравнению с предельно допустимыми по СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений» ($S_{\text{н}}=22,5$ см).

При расширении территорий строительства в г. Нижний Новгород во избежание подобных случаев необходима разработка *«Рекомендаций по строительству зданий и сооружений на склонно-овражных территориях г. Нижний Новгород»*.

Литература

1. СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений [Электронный ресурс] : строит. нормы и правила : утв. Госстроем СССР 05.12.1983 : дата введ. 01.01.85. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф.

2. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты [Электронный ресурс] : строит. нормы и правила : утв. Госстроем СССР 20.12.1985 : дата введ. 01.01.87. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф.

3. Канаков, Г. В. Отчет о научно-исследовательской работе «Итоговый отчет о проведении закрепления массива насыпных грунтов и усиление фундаментов жилого дома, расположенного в нагорной части г. Нижнего Новгорода»/ Г. В. Канаков, В. Ю. Прохоров. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2000. – 88 с.

УДК 627.8(470.341)

Г.А. Мишенькин

Аварийное состояние многоступенчатого перепада у с. Морозовка в Арзамасском районе

Многоступенчатый перепад был разработан в середине XX столетия, для организации сброса воды из искусственного пруда площадью 1,2 га. Этот пруд использовался для забора воды при пожаротушении и рекреационного использования населением близлежащих населенных пунктов.

На расстоянии 150 м от водосброса проходит трасса железнодорожных путей. Можно предполагать, что решение строительства водосброса в виде многоступенчатого перепада было принято для организации гашения сбросного потока вблизи проходящих железнодорожных путей, с целью исключения возможного размыва основания последних.

В состав сооружений гидроузла входят: глухая земляная плотина и эксплуатационный водосброс. По СНиП 33-01-2003 [1] гидротехнические сооружения гидроузла (плотина и водосброс) относятся к постоянным основным гидротехническим сооружениям IV класса.

Сведений о проектной организации, строительной организации, о проводимых реконструкциях и ремонтах сооружений, об авариях и чрезвычайных ситуациях на гидроузле не имеется. Проектной документации не имеется.



Рис. 1. Вид на пруд из водосбросного сооружения

Отметка нормального подпорного уровня (НПУ) пруда составляет 153,30 м БС, ФПУ (соответствует минимальному запасу возвышения плотины над уровнем воды) 154,0 м БС. Длина пруда составляет 260,00 м, а ширина – 65,00 м. Площадь зеркала при НПУ – 11 487 м², полный объем пруда – 49 212 м³.

Тип плотины – глухая земляная насыпная [2]. Ширина по гребню составляет 4,00 - 5,60 м, отметка переменная от 154,590 до 155,50 м. Длина по гребню составляет 76,00 м. Заложение откосов: верховой – 1:1 - 1:2,5, низовой – 1:2. По гребню плотины проходит пешеходная дорога без покрытия, крепление верхового в зоне переменного уровня и над водой откос задернован, под водой крепление отсутствует. Низовой откос задернован. Тело плотины сложено из местных материалов: суглинок светло-коричневый, тугопластичный, средней плотности, влажный.

Водосбросное сооружение представляет собой многоступенчатые перепад колодезного типа автоматического действия, служащий для

тела плотины. В местах примыкания плотины к водосбросному сооружению существуют провалы грунта (рис. 5).



Рис. 4. Разрушения стыков железобетонных элементов



Рис. 5. Провал грунта в месте сопряжения плотины с перепадом

По результатам исследований были установлены типы сооружений, основные геометрические параметры сооружений, уровни воды, вид грунта основания и материалы, из которых возведены сооружения.

Сооружения гидроузла находятся в аварийном состоянии, имеются локальные повреждения и разрушения, изменен характер сопряжения бьефов, повышенная фильтрация, размывы основания и нижнего бьефа. Дальнейшая эксплуатация гидроузла, без проведения ремонтно-восстановительных работ, может привести к полному разрушению сооружений гидроузла.

Причинами, приведшими к такому состоянию сооружений гидроузла, могут быть нарушение правил эксплуатации, непроведение периодических ремонтно-восстановительных работ, нарушение технологии строительства сооружений, отсутствие необходимой документации.

Литература

1. СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения.
2. СНиП 2.06.05-84*. Плотины из грунтовых материалов.
3. СНиП 2.06.08-87. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений.
4. Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика/ под общ. ред. В.П. Недриги. – М: Стройиздат, 1983.

УДК 621.577

А.Е. Мотыгулин

О применении парокompрессионного теплового насоса на ТЭС

Большая часть электроэнергии вырабатывается турбинами, имеющими конденсаторы. Давление пара за последней ступенью в таких турбинах значительно ниже атмосферного, что требует поддержания относительно низкой температуры в конденсаторе. Отвод теплоты конденсации осуществляется потоком воды, подаваемой в конденсаторы насосами из естественных или искусственных водоёмов.

При открытой системе геодезическая отметка водоема или реки, как правило, гораздо ниже отметки конденсаторов турбин, то есть имеет место работа насосов по подъему всего объема охлаждающей воды до необходимого уровня. Система водоснабжения состоит из протяженных водопроводов и конденсаторов, обладающих значительным гидравлическим сопротивлением, которое быстро возрастает по мере их загрязнения. В связи с этим процесс подачи охлаждающей воды сопряжен с дополнительными безвозвратными потерями электроэнергии на преодоление трения.

Для повышения эффективности тепловых электростанций часто предлагают различные схемы использования тепловых насосов [1,2]. В свете приведённых выше фактов следует проверить эффективность применения парокompрессионного теплового насоса для утилизации теплоты конденсации отработанного пара после турбины. Испаритель теплового насоса, расположенный в конденсаторе турбины, будет выполнять функцию теплоприёмника, а конденсатор теплового насоса – функцию подогревателя сетевой отопительной воды. Посчитаем удельные мощности нагнетателей традиционной и предлагаемой схем охлаждения для конденсации 1 тонны пара в час.

На турбинных электростанциях используют в основном поверхностные конденсаторы, поэтому расчет выполним именно для такого конденсатора. Для получения глубокого вакуума в конденсаторе требуется значительное количество охлаждающей воды. Отношение

количества расходуемой воды к количеству конденсируемого пара называется кратностью охлаждения. В общем случае для любого расхода пара

$$m = W / D,$$

где m – кратность охлаждения, W – расход воды ($\text{м}^3/\text{ч}$), D – расход пара ($\text{т}/\text{ч}$). Для поверхностного конденсатора кратность охлаждения при полной нагрузке турбины обычно составляет 50...60, т.е. для конденсации 1 тонны пара в час требуется приблизительно $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($\approx 0,0139 \text{ м}^3/\text{с}$) охлаждающей воды [3]. Давление воды на выходе из насоса при этом составляет 2,5 бар (250000 Па). Затрачиваемая мощность $N_{\text{э}}$, Вт, привода насоса определяется произведением расхода воды на создаваемое давление с учетом КПД насоса η ($\eta = 0,9$) и необходимого запаса мощности κ ($\kappa = 1,5$):

$$N_{\text{э}} = \kappa \cdot W \cdot P / \eta,$$

где W – расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$), P – давление воды (Па) [4].

$$N_{\text{э}} = 1,5 \cdot 0,0139 \cdot 250000 / 0,9 = 5792 \text{ Вт}.$$

Таким образом, удельная мощность насосов, необходимая для прокачки охлаждающей воды через конденсатор для конденсации 1 тонны пара в час, составляет около 5,8 кВт.

Теперь рассмотрим схему, при которой тепло конденсации отработавшего пара утилизируется парокомпрессионным тепловым насосом (ТН), испаритель которого находится в конденсаторе турбины, а конденсатор теплового насоса представляет собой теплообменник для нагрева потока обратной сетевой воды перед водогрейным котлом или бойлером. Привод компрессора ТН может осуществляться от электродвигателя, от собственной турбины, от газопоршневого двигателя (с утилизацией теплоты выхлопных газов) и т.д.

Для характеристики эффективности цикла идеальной холодильной установки, работающей по принципу Карно, используют холодильный коэффициент ε , определяемый следующим образом:

$$\varepsilon = T_{\text{подв.}} / (T_{\text{отв.}} - T_{\text{подв.}}),$$

где $T_{\text{подв.}}$ – средняя температура подвода тепла к хладагенту от холодного источника, К; $T_{\text{отв.}}$ – средняя температура отвода тепла от хладагента к горячему источнику, К [5].

Определим величину холодильного коэффициента обратимого цикла ТН, охлаждающего насыщенный пар с температурой 28°C и подогревающего поток воды с температурой 55°C :

$$\varepsilon = (28 + 273,15) / 27 = 11,15.$$

В данных условиях эксплуатации ТН в качестве хладагента хорошо подходит аммиак со следующими параметрами:

1) температуры кипения и конденсации – 10°C и 70°C соответственно;

2) давления кипения и конденсации – 0,61 и 3,3 МПа соответственно. Выбор температурных напоров определяется из энергетического баланса и обуславливается технико-экономическими показателями, такими как

допустимая площадь теплообмена и расход теплоносителей. Следует отметить, что по сравнению с любыми другими хладагентами аммиак имеет значительно большую теплоту парообразования и, следовательно, обеспечивает большую холодопроизводительность на 1 кг хладагента. Отношение холодильных коэффициентов реальной установки и идеального обратного цикла Карно в случае использования аммиака составляет 0,845 [5]. Умножив на это число полученный ранее коэффициент, получим величину реального холодильного коэффициента ТН на аммиаке: $\varepsilon_{\text{реал.}} = 9,42$.

По своему определению ε есть отношение количества теплоты q_2 , отнимаемой от холодного источника, к работе, затраченной для этого в цикле $l_{\text{ц}}$:

$$\varepsilon = q_2 / l_{\text{ц}}. \quad (1)$$

Так как нам необходимо определить величину удельной работы компрессора для конденсации 0,28 кг пара в секунду (1 т/ч), то из формулы (1) определяем $l_{\text{ц}}$, отнесенную к одной секунде, т.е. мощность ($N_{\text{к}}$). Подставляя $\varepsilon = \varepsilon_{\text{реал.}} = 9,42$ и величину q_2 , равную произведению величины удельной теплоты парообразования $r = 2437$ кДж/кг при давлении в конденсаторе турбины $p = 0,037$ бар на расход пара D :

$$N_{\text{к}} = q_2 / \varepsilon = r \cdot D / \varepsilon, \text{ кВт}, \\ N_{\text{к}} = 2437 \cdot 0,28 / 9,42 = 72,44 \text{ кВт}.$$

Эффективность ТН оценивается величиной μ отопительного коэффициента, представляющего собой отношение теплоты, сообщенной нагреваемому объему, к величине работы, подведенной в цикле [5]. Эта величина зависит от разности уровня температур в испарителе и конденсаторе ТН: чем больше разность, тем меньше эта величина:

$$\mu = T_1 / (T_1 - T_2),$$

где T_1 – температура нагреваемой среды, К; T_2 – температура охлаждаемой среды, К. По этой причине нельзя допускать существенного охлаждения источника низкопотенциальной теплоты (пар, конденсат) и нагревания теплоприёмника (вода). Применяя систему регулирования расхода хладагента ТН по температуре конденсата, можно максимально снизить переохлаждение последнего и приблизиться к тому, что ТН будет утилизировать только теплоту изотермического процесса фазового перехода пар–вода.

Отопительный коэффициент обратимого цикла ТН в уже указанных условиях работы равен:

$$\mu = \varepsilon + 1 = 12,15,$$

т.е. в этом случае нагреваемой воде передается теплота, количество которой в 12,15 раза превышает величину работы, затраченной в цикле. Отопительные коэффициенты реальных ТН ($\mu_{\text{реал.}}$) имеют меньшую величину вследствие необратимости процессов в различных элементах установки и составляют [5]:

$$\mu_{\text{реал.}} = \varepsilon_{\text{реал.}} + 1 = 9,42 + 1 = 10,42.$$

Найдем количество теплоты q_1 , отдаваемой конденсирующимся аммиаком:

$$q_1 = \mu_{\text{реал.}} \cdot N_K, \text{ кВт},$$

$$q_1 = 10,42 \cdot 72,44 = 754,82 \text{ кВт}.$$

Исходя из полученных результатов, можно установить экономическую целесообразность применения предлагаемой схемы охлаждения отработанного пара. Для расчетов приняты тарифы для Дзержинской ТЭЦ, утвержденные на 2008 год:

электрическая энергия, руб/МВт·ч – 931,48 (Тэ);
тепловая энергия, руб/Гкал·ч – 515,46 (Тт).

Из прибыли от сбыта тепловой энергии и экономии денежных средств, полученной при исключении потребления электроэнергии на привод насосов вычитаются затраты на привод компрессора:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{уд.}} = & T_t \cdot q_1 + T_{\text{э}} \cdot (N_{\text{э}} - N_K) = 515,46 \cdot 0,649 + \\ & + 931,48 \cdot (0,0058 - 0,0724) = 334,53 + 5,467,44 = 272,5 \text{ руб./1 т пара в час.} \end{aligned}$$

Как видно, экономический эффект положителен.

Если теперь умножить полученные удельные величины мощности компрессора и экономического эффекта от применения парокompрессионного ТН на величину номинального расхода пара турбины, то получим данные для подсчета срока окупаемости. Например, турбина К-100 мощностью 100 МВт имеет номинальный расход пара 382 тонны в час. Умножая эту величину на удельную мощность компрессора $N_K = 72,44$ кВт, получаем необходимую мощность – 27672 кВт. Цена такого компрессора будет очень значительной, а для его привода нужно монтировать специальную паровую турбину, что потребует дополнительных затрат. Общий экономический эффект \mathcal{E} составит для такой турбины величину:

$$\mathcal{E} = 272,5 \cdot 382 = 104095 \text{ (руб./ч)}.$$

Литература

1. Николаев, Ю. Е. Определение эффективности тепловых насосов, использующих теплоту обратной сетевой воды ТЭЦ / Ю. Е. Николаев, А.Ю. Бакшеев // Промышленная теплоэнергетика. – 2007. – № 9. – С. 14-17.
2. Боровков, В. М. Энергосберегающие теплонасосные системы теплоснабжения / В. М. Боровков, А. А. Аль Алавин // Проблемы энергетики. – 2007. – № 1-2.
3. Лосев, С. М. Паровые турбины и конденсационные устройства / С. М. Лосев. – М. ; Л. : Энергия, 1964. – 376 с.
4. Минко, В. А. Нагнетатели в системах теплогазоснабжения и вентиляции : учеб. пособие / В. А. Минко, Ю. И. Юров, Ю. Г. Овсянников. – Старый Оскол, 2008. – 584 с.
5. Кириллин, В. А. Техническая термодинамика: учебник для вузов / В. А. Кириллин, В. В. Сычёв, А. Е. Шейндлин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Издат. дом МЭИ, 2008. – 496 с.