

Министерство образования и науки Украины
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сборник научных трудов
Выпуск 24-25

БУДІВНИЦТВО ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Збірник наукових праць
Випуск 24-25

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

Симферополь
«Национальная академия природоохранного
и курортного строительства»
2008

УДК 69

Збірник наукових праць
«Будівництво та техногенна безпека»

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

Для наукових працівників, аспірантів та спеціалістів у галузі будівництва.

Редакційна колегія:

Ажермачов Г.А., канд. техн. наук, Боровський Б.І., докт. техн. наук, Бугаєвський Г.М. докт. фіз.-мат. наук, (зам. головного редактора), Глухов М.Д., докт. техн. наук, Дворецкий О.Т., докт. техн. наук, Жигна В.В., канд. техн. наук, Закусілов М.О., канд. екон. наук., Лінченко Ю.П., канд. техн. наук, Морозов О.Д., канд. техн. наук, (зам. головного редактора), Панюков Е.Ф., докт. техн. наук, (головний редактор), Саломатін В.М., докт. геол.-мін. наук, Пчелинцева Т.І., (відповідальний секретар), Сапронова З.Д., канд. геол.-мін. наук, Сараєв О.Д., канд. філос. наук, Субботкін Л.Д., канд. техн. наук, Тарасенко В.С., доктор геол.-мін. наук, Трофимцов Ю.А., канд. техн. наук, Федоркін С.І., докт. техн. наук, Шмигальський В.Н., докт. техн. наук, Ячменьова В.М., канд. екон. наук

Затверджено до друку згідно протоколу засідання
вченої ради НАПКБ № 5 від 22.05.2008 р.

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

©Национальна академія
природоохоронного
та курортного будівництва,
2008

Сборник научных трудов
«Строительство и техногенная безопасность»

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

Для научных работников, аспирантов и специалистов в области строительства.

Редакционная коллегия:

Ажермачев Г.А., канд. техн. наук, Боровский Б.И., докт. техн. наук, Бугаевский Г.Н. докт. физ.-мат. наук, (зам. главного редактора), Глухов Н.Д., докт. техн. наук, Дворецкий А.Т., докт. техн. наук, Жигна В.В., канд. техн. наук, Закусилов Н.А., канд. екон. наук, Линченко Ю.П., канд. техн. наук, Морозов А.Д., канд. техн. наук, (зам. главного редактора), Панюков Э.Ф., докт. техн. наук, (главный редактор), Саломатин В.Н., докт. геол.-мин. наук, Пчелинцева Т.И., (ответственный секретарь), Сапронова З.Д., канд. геол.-мин. наук, Сараев А.Д., канд. филос. наук, Субботкин Л.Д., канд. техн. наук, Тарасенко В.С., доктор геол.-мин. наук, Трофимцов Ю.А., канд. техн. наук, Федоркин С.И., докт. техн. наук, Шмигальский В.Н., докт. техн. наук, Ячменева В.М., канд. екон. наук

Утвержден к печати согласно протокола заседания
ученого совета НАПКС № 5 от 22.05.2008 г.

Адрес редакции: 95006 г. Сімферополь, ул. Павленко, 5,
НАПКС, корпус 2, к 410, E-mail: rio@ecopro.crimea.ua.

© Национальная академия
природоохранного
и курортного строительства,
2008

Оглавление

Раздел 1. Строительные конструкции, здания и сооружения

Ажермачев Г.А. Усиление сварных соединений под нагрузкой	6
Бугаевский Г.Н., Волосович О.В., Бугаевский А.Г. Динамическая паспортизация зданий и сооружений -основа повышения качества строительных объектов	10
Бугаевский Г.Н., Литвинова Э.В. Комплексная методика детального исследования реакции элементов сооружения на механическое воздействие	14
Перминов Д.А. Сталежелезобетонные конструкции	23

Раздел 2. Основания и фундаменты, механика и сейсмостойкость

Абдурахманов А. З. Численное исследование кольцевого сейсмопоглотителя.	26
Ажермачев С.Г. О формуле Эйлера для критической силы сжатого стержня	29
Жуков С. П. Предложения по расчету железобетонных столбчатых фундаментов методом предельного равновесия.	33
Гайковая О.Н. Определение срока службы огнезащитных покрытий	36

Раздел 3. Строительные материалы и изделия

Орловская Е.В., к.т.н., Любомирский Н.В., Лукьянченко М.А., Маргаль И.В. Оценка состояния материалов стеновых конструкций при обследовании технического состояния существующих зданий	41
---	----

Раздел 4. Технология промышленного и гражданского строительства

Акимов Ф.Н. Повышение эффективности применения землеройно-транспортных машин в сложных грунтовых и климатических условиях	50
Жидов С.Н., Морозов А.Д. Анализ картины износа деталей шнеконапорных механизмов пневмотранспортного оборудования	56
Смирнов Л.Н. Система рационального управления строительным комплексом региона и его инфраструктурой	59
Волохова Е.Ю. Геологические факторы экологических рисков на урбанизированных территориях.	63

Раздел 5. Техногенная безопасность

Маяк Т.Н. Утилизация отходов перманганата калия шламонакопителей сакского химического завода в решении вопроса об экологической безопасности сакского региона АПК	67
Стоянов В. У., Ревякина Ю. Н. Проблема регенерации воздуха в герметизированных помещениях защитных сооружений	71
Чабан В.В. Влияние грунтовых вод на экологическую безопасность Сакского лечебного озера	75

Раздел 6. Водообеспечение и водоотведение, гидромелиорация, теплоснабжение и энергетика

Анисимов С.Н. Глухов Н.Д. , Климова А.Д. Термодинамическая эффективность интенсификации процессов теплообмена.	80
Бойчук С.Д. Экологический способ обработки промывных вод водоочистой станции для повторного их использования	86
Борисов Б.М. Улучшение качества и безопасности питьевой воды в ГАУ (математическая модель процесса адсорбции загрязнений)	90
Донченко С.Б. Управление положением максимума температуры в топке при использовании закрученных потоков	93
Зайцев О.Н., Аксенова И.Н. Повышение эффективности получения тепла установками термообезвреживания бытовых отходов	96
Зайцев О.Н., Цуляну К. И., Гуцул В. Г. Теоретические исследования локализации выделяющихся вредных веществ плоской газовой струей при взаимодействии с щелевым отсосом	99
Захаров Р.Ю. Обеспечение интегрированного управления водными ресурсами с учетом особенностей водохозяйственно-мелиоративного комплекса региона	106
Лужанская А.В. Аэродинамические особенности воздушно-тепловой завесы	110
Науменко С. Н. Эффективность взаимодействия элементов регулируемых систем отопления	113
Шмоняк В.И. Методика расчета полей скорости при различных видах взаимодействия закрученных потоков	116

Выпуск №25
Материалы научной студенческой конференции НАПКС по
итогам 2007-2008г.г. (22-24 апреля 2008г.)

Боровский Б.И., Захаров Р.Ю., Покотило М.А. Методы оптимизации режимов работы оросительных насосных станций	120
Дербенёв П.В. Ажермачев Г.А. Колонны промышленных зданий при кранах большой грузоподъемности	125
Жиленко О.Б., Алексеенко В.Н., Панюков Э.Ф. Обеспечение сейсмостойкости здания театра им. А.П. Чехова в г. Ялте	129
Захаров Р.Ю., Зуева Т.В., Лопушко Л.Г. Определение оптимальной сезонной нагрузки напорных трубопроводов закрытой оросительной сети для обеспечения требуемого уровня надежности	134
Иванов К.С., Муровский С.П. Основы методики проектирования теплонасосных систем с грунтовыми теплообменниками	137
Казьмина А.И., Мельниченко А.Ю. Применение активной и пассивной солнечной энергии при строительстве и реконструкции жилых зданий	142
Кравчатая Ю.Ю., Синцов В.П. Напряженно-деформированное состояние элементов бескаркасных складчатых зданий	148
Лупачева В. В., Маяк Т.Н. Проблемы в исследовании влияния электромагнитных полей промышленной частоты	151
Маскалик О.М., Панюков Э.Ф. Обеспечение сейсмостойкости крупнопанельных зданий, возводимых по технологии фирмы "Consolis" (крупнопанельное домостроение, стыки, расчетные схемы).	157
Павлей В.М., Муровский С.П. Расчет комбинированной системы горячего водоснабжения гостиничного комплекса на базе солнечных трубчатых вакуумированных коллекторов и тепловых насосов с грунтовым коллектором.	165
Сеттаров Р.Э., Карпова В.С., Меннанов Э.М. О выборе электродов для сварки продольной арматуры в каркасах сейсмостойких зданий и сооружений.	170
Сторчоус В.Н., Софроний И.Н., Кременской В.И. Распределение оросительной воды различными типами водовыпусков по длине трубопроводов и на модулях системы капельного орошения	173
Хмуровская Ю. О., Ажермачев С.Г. О закреплении консольных балок балкона в стене	178
Чепурная Е.А., Булавицев Ю.Е. Новая технология монолитного строительства с применением несъемной опалубки из пенополистирола.....	180
Шевченко Н.Н., Швечкова Ю.О., Меннанов Э.М. Альтернативный стык арматуры класса А500С	186

Раздел 1. Строительные конструкции, здания и сооружения

УДК 621.791.08

Ажермачев Г.А., к.т.н., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Усиление сварных соединений под нагрузкой

Показана особенность усиления сварных соединений под нагрузкой. Даются рекомендации по способам усиления сварных угловых швов путем увеличения их длины и толщины.

Металлическая конструкция, сварной шов, работа, увеличение длины и толщины, последовательность.

В практике эксплуатации сварных конструкций встречаются случаи, когда требуется увеличить несущую способность сварных соединений, например, при увеличении нагрузки, или обеспечения несущей способности изготовленных конструкций, когда сварные швы имеют отступления от проекта по размерам в меньшую сторону или дефекты при изготовлении (поры, непровары, подрезы и т.п.). Усиление сварных соединений является ответственным процессом, требующим хороших знаний конструкций, элементов и соединений, особенно, если усиление производят под нагрузкой.

Для составления проекта усиления необходимо выполнить освидетельствование действительного состояния конструкций и провести поверочный расчет.

Все сварочные работы, связанные с усилением сварных соединений, должны выполняться высококвалифицированными сварщиками не ниже пятого разряда.

Усиление конструкций лучше всего производить при положительной температуре. Если требуется производить усиление при отрицательных температурах ($-10^{\circ}\text{C} \div -20^{\circ}\text{C}$), необходимо предусматривать предварительный подогрев конструкций и исключить возможность сквозняков.

При разработке проекта усиления необходимо сначала ознакомиться с проектной документацией с целью уточнения проектных усилий в элементах и соединениях, размерами элементов и сварных швов; данными сертификатов на металл конструкций и примененных электродов. Если эти данные отсутствуют, то в зависимости от требований усиления необходимо определить их по химсоставу и механическим характеристикам металла конструкций.

При освидетельствовании производятся тщательный визуальный осмотр конструкций, их состояние, замеряют размеры элементов и сварных швов. В отдельных случаях проводят геодезическую съемку положения конструкций, проверяют действующую нагрузку и условия эксплуатации.

Перед осмотром сварных швов необходимо их зачистить до металлического блеска, а также зачистить околошовную зону на ширину 20 мм от краски, ржавчины и грязи.

При осмотре сварных швов необходимо обратить внимание на наличие следующих дефектов:

- соответствие размеров шва требованиям чертежа;
- наличие пор на поверхности шва;
- трещины в металле шва и околошовной зоне;
- подрезы, незаваренные кратеры, перерывы швов и т.п.

Замер длины и толщины сварных швов производят масштабной линейкой и специальными шаблонами. Толщину шва замеряют в нескольких местах по длине шва (через 40-50 мм). Начало и конец шва по длине 15 мм в расчет не принимают.

По данным освидетельствования производят поверочный расчет с целью определения действительных напряжений в элементах и сварных швах в состоянии до производства усиления. Затем производят расчет на новые нагрузки, при которых будет эксплуатироваться конструкция. После этого определяют мероприятия по усилению.

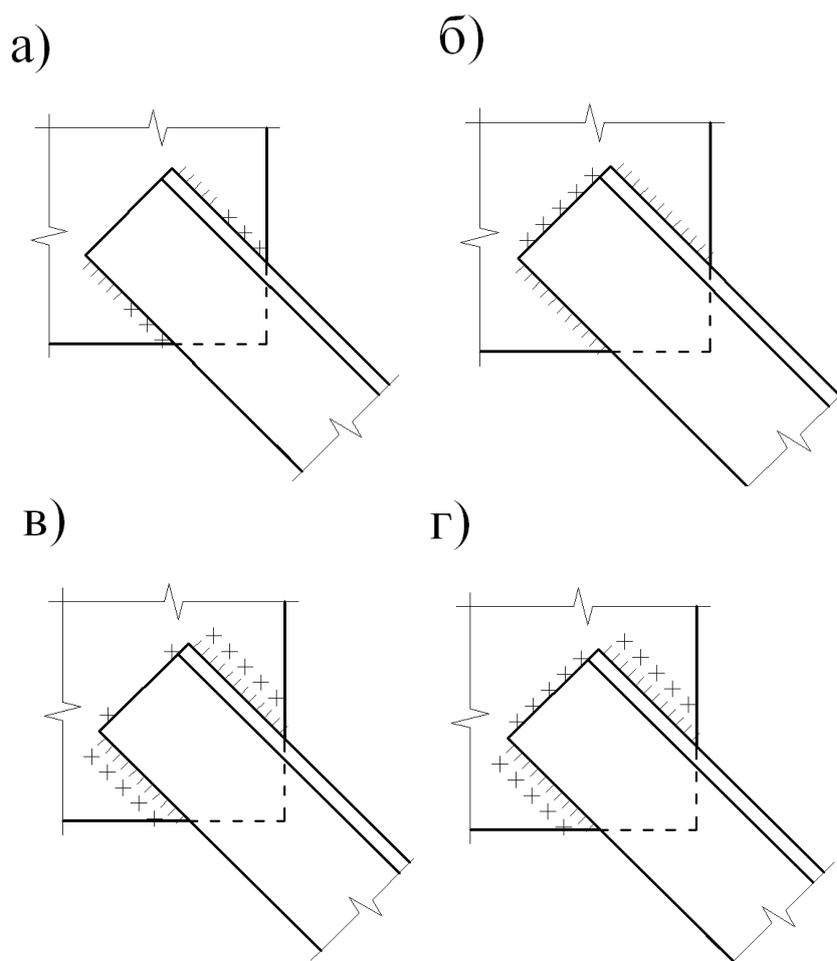


Рис. 1. Усиление сварных швов: а – увеличением длины фланговых швов (швы накладывать от края фасонки); б – увеличение длины сварных швов за счет лобовых; в – увеличение толщины фланговых швов; г - увеличение толщины фланговых швов и наплавки лобовых.

Усиление сварных соединений производят при выявлении недостаточной несущей способности их в следующих случаях:

1. При отступлениях от размеров сварных швов, указанных на чертежах в сторону уменьшения.
2. При наличии подрезов металла, превышающих размеры, допустимые нормативными документами.
3. При обнаружении в сварных швах дефектов в виде цепочек или скопления пор, незаваренных кратеров, прерывов швов и трещин. Отдельные поры размеров не более 2,5 мм в количестве одной штуки на участке в 100 мм допускаются.

Устранение дефектов сварных швов производят следующим образом.

Участки сварных швов с дефектами в виде скопления опор и трещин удаляют пневматическим зубилом или кислородным резаком и заваривают вновь.

Прерывы сварных швов и кратеры после зачистки до металлического блеска заваривают.

Подрезы глубиной до 2 мм заваривают тонким швом с обеспечением плавного перехода от наплавленного металла к основному. Подрезы глубиной более 2 мм необходимо заваривать, предварительно разделив кромки непровара.

Запрещается накладывать сварные швы поперек направления усилия в элементе, кроме лобовых.

Усиление сварных соединений при недостаточных размерах сварного шва для восприятия всей нагрузки может выполняться путем увеличения длины или толщины существующих швов (рис. 1).

Дополнительные сварные швы не должны создавать эксцентриситета передачи усилий на элемент. Центр тяжести сварных швов должен находиться на линии передачи усилия, то есть центр тяжести швов и центр тяжести сечения элемента должны быть на одной линии. В противном случае появится изгибающий момент, который, как правило, расчетом не учитывается.

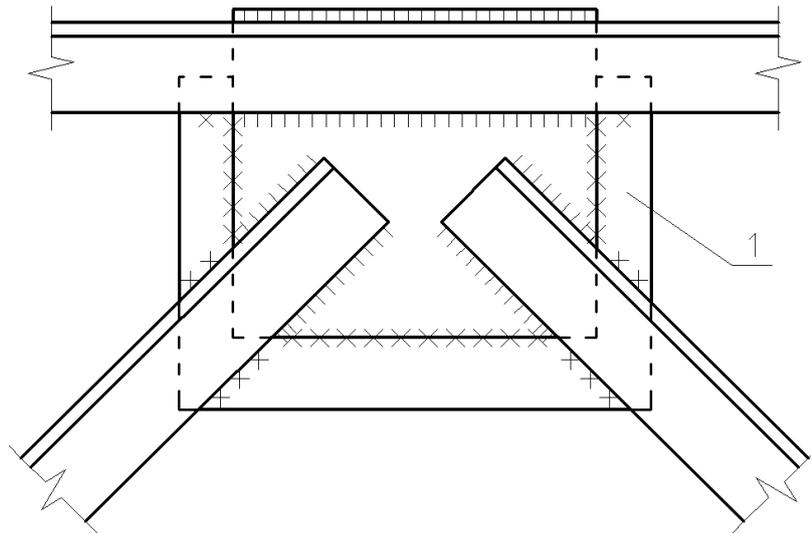


Рис. 2. Усиление сварных швов при помощи введения дополнительной фасонки.
1 – дополнительная фасонка

 - существующие сварные швы;  - новые сварные швы.

Усиление сварных соединений увеличением длины сварных швов может выполняться как с введением дополнительных деталей (рис. 2), так и без их введения. Последнему следует отдать предпочтение и применять во всех случаях, когда есть место для наложения новых швов,

Усиление существующих сварных швов увеличением их толщины наплавкой новых слоев следует применять при отсутствии места для наложения новых швов. При необходимости обеспечения требуемой толщины сварного шва делают несколько проходов, при этом последующий слой следует наносить при полном остывании предыдущего ($t \leq 100^\circ\text{C}$). Толщина усиливающего слоя за один проход при увеличении толщины шва должна быть не более 2 мм.

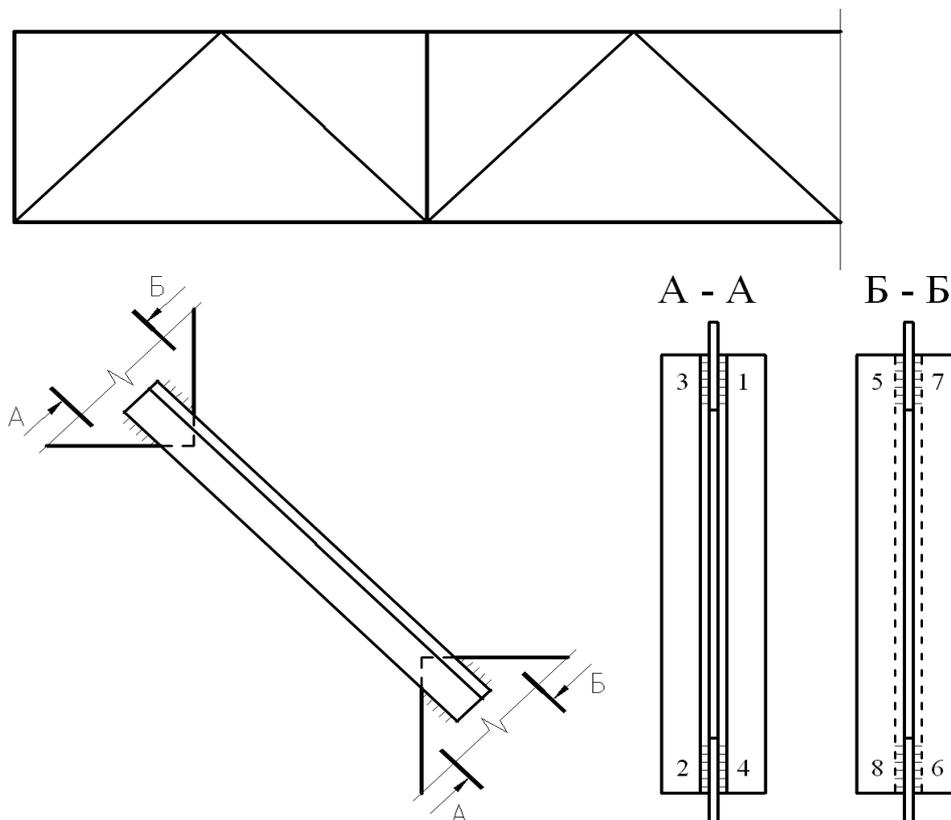


Рис. 3. Порядок усиления сварных швов наплавкой

Увеличение длины и толщины сварных швов следует производить электродами диаметром 3-4 мм на минимальном токе.

Усиление угловых сварных швов под нагрузкой можно выполнять тогда, когда напряжения в сварных швах не превышает $t_w \leq 0,6R_{wp}$ а напряжения в основном металле элемента $\sigma \leq 0,6R_y$. Для этого, иногда следует произвести разгрузку усиливаемых элементов или конструкций.

Особым вопросом является усиление наплавкой отдельных швов в сложных конструкциях, находящихся под нагрузкой (рис. 3). Для этого необходимо хорошо представить работу конструкции и сварных швов. Начинать усиление необходимо с мест, где меньше всего скажется влияние начального разогрева на несущую способность элемента и соединения во время усиления.

ВЫВОДЫ

1. Усиление угловых сварных швов под нагрузкой можно производить только тогда, когда рабочие напряжения в них составляют не более 60% от их расчетных сопротивлений.
2. Диаметр электродов для усиления должен быть не более 4 мм.
3. Толщина наплавленного металла за один проход при увеличении толщины шва должна быть не более 2 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Металлические конструкции. Т.3. Стальные сооружения, конструкции из алюминиевых сплавов. Справочник проектировщика./Под общей редакцией В.В. Кузнецова. М. изд-во АСВ. 1999. 528 с.
2. Строительные нормы и правила. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. М. 1995. 95 с.

Бугаевский Г.Н., д. ф.-м. н. профессор, Волосович О.В., к.т.н. доцент
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Бугаевский А.Г., к. ф.-м. н., ст. н. с.

Центр Службы геодинамических наблюдений в электроэнергетической отрасли РАО ЕЭС России

Динамическая паспортизация зданий и сооружений -основа повышения качества строительных объектов

Рассмотрены понятия стандартизации и качества работ в строительной отрасли, основанные на анализе отклика сооружения на динамическое воздействие.

Здания, динамическая паспортизация, стандарт однородности, контроль качества сооружения, частотная характеристика, нелинейная деформация.

Движение в сторону стандартизации продукции деятельности человека в области производства, экономики и, в определенном смысле, науки в настоящее время стало главным направлением развития во всех странах мира. Стандартизация всех направлений деятельности является основой контроля качества продукта. Это относится к оценке качества производства промышленной продукции, транспорта и связи. Контроль состояния образованности, состояния здоровья, и в той или иной форме, состояния научных исследований существует, хотя уровень этого контроля может быть предметом специальных дискуссий. Активно внедряется контроль качества состояния сельскохозяйственной продукции, особенно ее переработки.

В то же время, проблема качества процесса и результатов строительства, за исключением объектов атомной энергетики, крупных плотин ГЭС, по существу, не рассматривается. Она заменена попыткой оценки состояния построенных сооружений по точечным пробам материала и состояния отдельных сварных узлов. Как известно, после второй мировой войны в течение короткого интервала времени произведена массовая застройка городов и населенных пунктов. Естественное старение этих сооружений, их материалов, а также дефекты производственных работ – проектирования и непосредственно строительства – начинают проявляться в виде сосредоточенного во времени потока разрушений и повреждений. По данным Государственного архитектурно-строительного контроля за недавний десятилетний период в стране произошло свыше 120 случаев аварий на строительных объектах Украины, 59% из которых имели место во время строительства и реконструкции зданий и сооружений.

В пяти областях Украины произошло более половины (58%) общего зарегистрированного количества случаев обрушения строительных конструкций, в том числе в Донецкой области - 26 случаев, Житомирской - 16, Автономной республике Крым - 14, Винницкой и Днепропетровской по 8 случаев аварий, по 6 случаев зафиксировано в г. Киеве и Харьковской области, по 4 случая - в Луганской, Львовской и Полтавской областях и по 3 случая в Волынской, Запорожской и Кировоградской областях. В десяти областях и г. Севастополе зарегистрировано по одному случаю обрушения строительных конструкций.

Архитектура, как один из древнейших видов искусства в строительстве, способна оказывать прямое воздействие на человека и, вместе с тем, может получать быструю обратную связь. Уровень собственно строительной науки и производства для большинства людей скрыты от глаз на длительный срок. Речь при этом не идет о контроле соблюдения стандартов при производстве деталей, материалов и выборочном контроле конструкции путем «статической паспортизации». Проверка устойчивости зданий и сооружений в целом при динамических воздействиях отдана на произвол землетрясений или конкретных условий эксплуатации.

При землетрясениях отдельные сооружения, попадающие в эпицентральные зоны, разрушаются энергией первого удара. За пределами этой зоны здания испытывают повреждения и разрушения при прохождении сейсмических волн в значительной мере в результате резонанса. Для оценки опасности такого воздействия особое значение имеет предварительное построение карты сейсмического спек-

трально-динамического зонирования территории [1] и знание частотной характеристики сооружения.

Разрушения *без сейсмического воздействия* в основном происходят в результате отклонений от проекта в ходе работ на строительной площадке или изменений в ходе эксплуатации, вносимых в конструкцию здания и не предусмотренных проектом, или в результате относительно слабых, но систематических внешних воздействий на сооружение, или, наконец, в результате естественного старения материала конструкции и ошибок проектирования.

Разрушительные воздействия от сильных местных землетрясений проявляются до эпицентральных расстояний около 100-150 км. Соответствующая общая длительность наиболее интенсивных сейсмических колебаний достигает полутора минут с частотой 5-10 Гц. При этом здание испытывает за указанное время около пятисот знакопеременных воздействий разной, в том числе и значительной амплитуды. Направление векторов силы инерции в процессе прохождения цуга сейсмических волн существенно меняется, при этом по-разному в различных районах в зависимости от особенностей трехмерного строения верхних этажей земной коры [2].

Таким образом, сейсмическая и механическая устойчивость зданий и сооружений принципиально должна определяться достаточно сложным функционалом. Теоретическая, в том числе, вариационная оценка экстремумов этого функционала пока не существует. Вместе с тем, ясно из общих физических соображений, *что* следует понимать под количественной характеристикой устойчивости сооружения и что нужно делать для экспериментальной ее оценки. При этом речь может идти не только о *сейсмической*, но в общем смысле и *механической* устойчивости, включая события такого типа, как упомянутые выше. Под критерием устойчивости здания при сейсмическом воздействии мы понимаем дисперсию рассогласованности спектров его отклика в варьируемой части его объема.

Какова бы ни была предыстория конкретного здания или сооружения, условием его устойчивости и способности противостоять внешним механическим воздействиям должна быть однородность поля напряжений (и деформаций) в объеме сооружения. Степень, количественная характеристика этой однородности, как мера устойчивости, не может быть определена априори, более того она должна быть разной у зданий различной конструкции и выполненных из разных материалов. Назовем ее *стандартом однородности сооружения*. Ее значение должно быть определено экспериментально для каждого типа сооружений или даже для каждого отдельного сооружения. Она необходима в качестве основы контроля изменения во времени степени однородности как отклонения от стандарта. В этом смысле динамической паспортизации зданий и сооружений, включенной в ДБН для сейсмических районов. Принципиально такой контроль в относительных единицах можно осуществлять по результатам наблюдений естественных землетрясений. Однако это потребует неопределенно долгих наблюдений и сложной многоточечной системы регистрации. Эффективнее использовать специальные повторяющиеся механические воздействия и передвижную систему наблюдений [3, 4].

На современном этапе знаний основой динамической паспортизации является определение частотных характеристик зданий и сооружений и следствий из этих определений. Опыт показывает, что теоретические оценки главных частот и форм колебаний сооружений необходимы на стадии проектирования. Они должны учитываться в выборе конкретного места строительства по результатам предварительного сейсмического спектрально-динамического зонирования территории [5]. Однако, во-первых, оценки главных частот и форм собственных колебаний не определяют полной частотной характеристики объекта даже к моменту окончания строительства, во-вторых, по ним нельзя судить о дальнейших временных изменениях динамических свойств сооружения. Наконец, дополнительно, наблюдения отклика сооружения позволяют экспериментально определять вариации диссипативных свойств конструкции в ее пределах, которые не поддаются теоретическому моделированию и, в то же время, принципиально важны для расчетов динамических свойств сооружения с помощью любых программных средств [6].

На рис. 1 представлены результаты расчетов вариаций спектральных характеристик вертикальной составляющей отклика реального сооружения на повторяющиеся механические воздействия. Асимметричность поля реакции сооружения по спектрам отклика, полученным в различных его точках [7], была очевидна на *качественном* уровне, чего недостаточно для выводов количественных. Разрабо-

танная методика, которая по существу является дифференциальной, позволяет определить *градиенты спектральных свойств материала сооружения вокруг области неоднородности* и оценить конструктивные меры, направленные на устранение этой неоднородности. Представлены результаты расчетов для первого и второго этажей, а также для чердачного перекрытия, имеющегося над половиной площади здания.

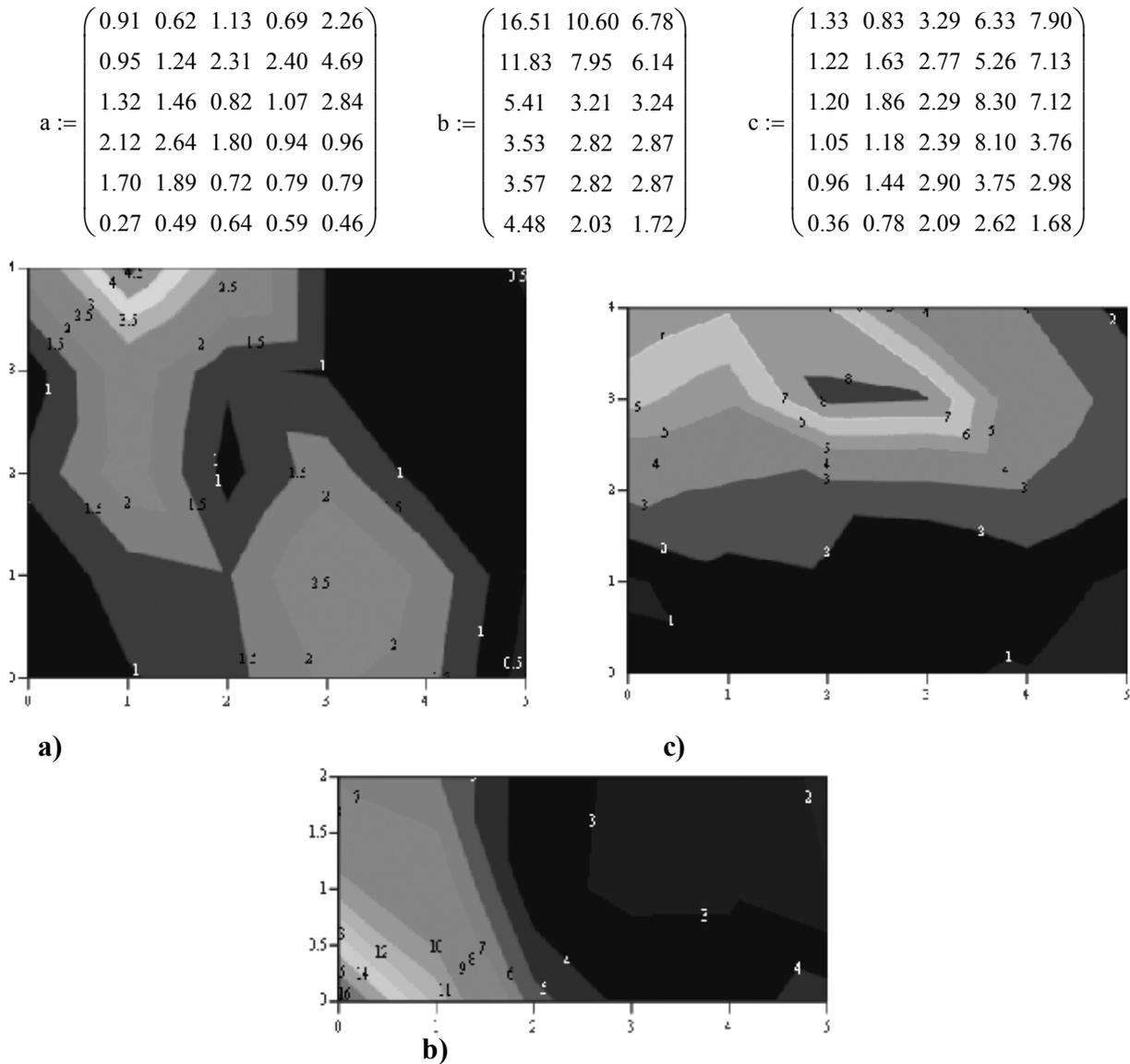


Рис. 1. Схема результатов расчета показателя рассогласования спектров отклика здания на внешние стандартные механические воздействия в пределах 1-го этажа – а, 2-го этажа – с, части чердачного перекрытия – б. Численные значения показателя приведены в пределах схем.

Методика опирается на сравнение спектров отклика в смежных точках и выявлении областей рассогласования спектров. Следует обратить внимание на несопоставимость значений показателя рассогласования для этажей. Диапазон его значений в наиболее высоко градиентных участках на 1-м этаже от 2 до 4, на 2-м - от 4 до 8, на 3-м - от 8 до 14. Это различие связано с ростом уровней динамических реакций здания при переходе с нижнего этажа на верхние.

Необходимо отметить, что эта достаточно тонкая методика может применяться только при использовании тщательно калиброванной сейсмометрической аппаратуры [8].

Представляется интересным и важным дать физическую интерпретацию области неоднородности спектрального отклика сооружения на механическое воздействие.

Как известно, реакция материальной системы на внешнее воздействие описывается с помощью

динамических уравнений Лагранжа II-го рода в обобщенных координатах с использованием лагранжиана в случае потенциальности обобщенных сил. Потенциальная энергия является функцией только обобщенных координат, структура которой соответствует конкретной материальной системе. Эту функцию представляют разложением в ряд Маклорена, поскольку значение потенциальной энергии для начального положения равновесия системы (т.е. для нулевых значений обобщенных координат) принимают равным нулю. Коэффициентами этого ряда являются частные производные потенциальной энергии по обобщенным координатам. Обычно ограничивают разложение функции потенциальной энергии слагаемыми второго порядка малости, что приводит к выражению обобщенных сил в качестве линейных функций обобщенных координат. Сами дифференциальные уравнения в обобщенных координатах по смыслу выражают равенства работ, производимых за счет изменения кинетической энергии и работ, приводящих к изменению потенциальной энергии материальной системы. И представление энергии системы как потенциальной, и отсчет ее значений от положения равновесия чрезвычайно уместны в применении к строительным объектам.

С другой стороны, рассматривая собственные колебания системы в виде совокупности гармонических движений, находят спектр этих движений с помощью преобразования Фурье. Когда спектр отклика системы на вынуждающий внешний (сейсмический, механический) сигнал в объеме здания, сооружения по эмпирическим данным меняется при переходе от точки к точке, возникает представление о локальных областях неоднородности механических свойств сооружения. Вариации этих свойств являются вариациями количества работ, производимых в объеме сооружения.

На основании изложенного выше, наиболее простой интерпретацией этого результата является представление о том, что области неоднородности спектрального отклика являются областями *нелинейной деформации* материала сооружения. Относительно быстрый рост деформаций (и, соответственно, потенциальной энергии) в этих областях создает опасность перехода в них к состоянию неустойчивого равновесия.

ВЫВОДЫ

В задаче динамической паспортизации должны быть сформированы не только методы относительно быстрой и недорогой *оценки вариаций во времени стандарта сооружения* как количественной характеристики его сейсмической и механической устойчивости, но и методы соответствующего проектирования, и строительства. В конечном счете, это приведет к новой *количественной характеристике качества* сооружения.

Дальнейшие исследования должны быть посвящены детальному анализу этого заключения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугаевский Г.Н., Бугаевский А.Г. Сейсмическое спектрально-динамическое зонирование территорий и сооружений. Будівельні конструкції, вип. 53, кн. 1. Київ, НДІБК, 2000, с. 69-77.
2. Бугаевский Г.Н. Локальная геодинамика сейсмического воздействия. Всеукраїнська конференція «Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища», Сб. м. Київ, 21-24 вересня 2006 р.
3. Бугаевскій Г.М., Агапов В.М. Задачі і методи інженерної сейсмометрії як сучасного етапу інструментальної сейсмології. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія. 41, 2007, с. 11-13.
4. Бугаевский Г.Н., Агапов В.Н. Проблемы и перспективы инструментальной сейсмологии. «Уроки и следствия сильных землетрясений (к 80-летию разрушительных землетрясений в Крыму)». Ялта, 2007. Симферополь, 2007, с.61-63.
5. Бугаевский Г.Н., Ковалев В.Я. Комплексная научная основа устойчивого функционирования и развития курортных зон. Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр, вып. 10. Симферополь, КАПКС, 2005, с. 125-126.
6. Бугаевский Г.Н. Спектрально-динамические и диссипативные свойства элементов сооружения. Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр, вып. 11. Симферополь, КАПКС, 2005, с. 85-88.
7. Бугаевский Г.Н. Экспериментальное изучение реакции сооружения на механическое воздействие. Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр, вып. 9. Симферополь, КАПКС, 2004, с. 44-51.
8. Бугаевский Г.Н., Белов В.П., Нестеренко С.Д., Герашенко А.А. Стенд для испытаний и калибровки сейсмометрической аппаратуры. Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр., вып. 5. Симферополь, КАПКС, 2001, с. 92-97.

Бугаевский Г.Н., д.ф.-м.н. профессор; Литвинова Э.В., инженер
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Комплексная методика детального исследования реакции элементов сооружения на механическое воздействие

Предложена комплексная методика детального исследования реакции элементов сооружения (гранта) на механическое действие, которое позволяет учитывать оценку изменяющейся во времени спектральной характеристики сооружения. Приведены результаты применения разработанной методики.

Сооружения, спектральная и частотная характеристики, сейсмостойкость, ударное воздействие.

Актуальность проблемы. Развитие новых технологий предъявляет повышенные требования к точности расчета объектов из современных материалов и надежности прогнозирования их поведения в условиях воздействия физических полей различной природы. Это требует усовершенствования методов расчета и обуславливает необходимость усложнения применяемых расчетных моделей, учитывающих различные физико-механические свойства. Среди этих факторов определяющую роль при прогнозировании надежности и жизнеспособности элементов реальных сооружений, особенно при воздействии статических и динамических нагрузок, играет адекватная оценка значения начальных (остаточных) смещений.

Задача уменьшения материального и социального ущерба от сильных землетрясений решается двумя путями: развитием прогноза землетрясения и строительством сейсмостойких зданий и сооружений. Проектирование сейсмостойких объектов основывается, в первую очередь, на инструментальных данных о сильных движениях, зарегистрированных приборами вблизи очагов землетрясений.

С одной стороны [2, 3], сейсмическая сила может задаваться, по существу, картой сейсмического районирования и формальным выбором варианта грунта, близкого к местным условиям. Значение сейсмической силы при этом определяется как статическая величина – результат приложения ступенчатой силы, значение которой вычисляется через общее для здания максимальное ускорение и значение, соответствующее данному узлу масс. При этом динамика реальных колебательных движений при прохождении сейсмических волн фактически не рассматривается.

С другой стороны [2, 3], силы реакции связей в сооружении должны быть больше внешних сил, приложенных к каждому узлу, для сохранения устойчивости связей. Поэтому, оптимальное распределение прочностных характеристик в сооружении должно определяться уравнениями движения каждого данного узла сооружения в процессе прохождения сейсмических волн.

Сейсмостойкость сооружения обеспечивается заданием значений реакции связей в узлах при действительном сейсмическом движении сооружения. Поэтому, прочностные характеристики сооружения непосредственно определяются через кинематические и динамические характеристики сейсмического движения узлов сооружения. Следовательно, задача состоит в определении уравнений истинного движения масс сооружения при прохождении сейсмических волн. То есть, оптимальные прочностные характеристики должны соответствовать динамическим нагрузкам при реальных сейсмических движениях масс сооружения.

Анализ проблемы. Предварительный расчет статических нагрузок и реакций – достаточно несложная задача. Определение возможных динамических нагрузок требует знания информации о сооружении как материальной системе и о сигнале как о причине механического воздействия. Поэтому принципиальное значение приобретает экспериментальное изучение отклика сооружения на механическое воздействие. С одной стороны, это возможность эмпирической проверки теоретических оценок, а с другой – самостоятельное средство изучения сейсмостойкости конструкций. Важно выяснить последовательность развития резонансных явлений в конструкции, последовательность изменения реакций связей и их разрушения [2, 3]. Для решения этой проблемы целесообразно использовать искусственные источники механического воздействия.

С одной стороны при проектировании сейсмостойких конструкций учитывается информация о реакции зданий и сооружений на сильные сейсмические воздействия, источником которой является

инженерно–сейсмическая служба (ИСС) [1]. С другой стороны слабые механические и сейсмические воздействия приводят к постепенному накоплению и концентрации напряжений в областях неоднородностей сооружения и к возникновению микрповреждений. Поэтому заблаговременное выявление таких областей, локальное укрепление соответствующих конструкций и внесение корректировки в типовые проекты имеет существенное экономическое и социальное значение.

Постановка задачи. Практическая значимость того или иного метода расчета конструкций на сейсмостойкость считается ценной, если на конкретных реальных объектах будет показано, что используемая математическая модель соответствует реальному прототипу, то есть результаты расчетов соответствуют результатам измерений.

Всякое сооружение, связанное с грунтом, является колебательной системой со своими частотными характеристиками. Истинное движение точек сооружения можно определить через истинное движение грунта и реакцию сооружения, как механической системы, на это движение. Таким образом, задача определения истинного движения грунта и отдельных точек сооружения (основная – обратная задача сейсмометрии) по результатам наблюдений является важнейшей оптимизационной задачей теории сейсмостойкости. Актуальность решения основной задачи – это и получение большого количества записей сильных движений, и расширение возможностей для решения обратных задач благодаря использованию мощных ЭВМ.

Прямую и обратную задачи можно решать только на основе экспериментальных и натурных аппаратных наблюдений.

Рассмотрим задачу об изучении реакции сооружения на механическое воздействие как задачу о движении материальной механической системы со многими степенями свободы. Так как формально при трехкомпонентном пространственном воздействии нельзя заранее определить число степеней свободы сооружения, тогда изучение динамических свойств системы необходимо производить с помощью многоточечного массива трехкомпонентных идентифицированных сейсмоприемников. Само воздействие может обеспечиваться определенным способом от искусственного источника.

Сейсмическое воздействие на сооружение характеризуется особенностями, относящимися к колебаниям грунта, к колебаниям сооружения и к условиям их совместного движения. Так как сооружение не является сплошным телом, то в нем происходят колебания сооружения как единого целого по отношению к его основанию и колебания отдельных элементов сооружения. Если сооружение несимметрично относительно двух взаимно перпендикулярных плоскостей, то появляются крутильные колебания. Колебания необходимо рассматривать в трех измерениях, так как длина, ширина и высота сооружения в основном соизмеримы между собой. Поэтому расчет сооружений на сейсмостойкость при определенном сейсмическом воздействии требует введения информации об этом воздействии в расчетную схему сооружения и наилучшим представляется задание вынужденных колебаний в виде функций времени – акселерограммы, велосигранмы или сейсмограммы. Этот способ позволяет рассчитывать поведение нелинейных моделей, моделей с изменяющимися во времени или выключающимися связями, а также протяженных и промышленных сооружений.

Методика и результаты исследования.

Структурные этапы комплексной методики:

- 1) предварительное математическое моделирование изучаемого динамического процесса на основе математических моделей объектов;
- 2) создание аппаратно–программного комплекса;
- 3) сбор и накопления необходимой информации о состоянии объекта – регистрация отклика сооружения (грунта) на механическое воздействие [4, 12]:
 - выбор источника возбуждения осуществляется в соответствии с поставленной задачей, условиями проведения эксперимента и объектом исследования, наиболее применимыми являются ударные воздействия и “оттяжки” (для зданий небольшой массы), которые позволяют сравнительно просто обеспечить точную повторяемость воздействий, рассчитать их мощность, а также не требует повышенных мер безопасности и специально обученного персонала;
 - принцип размещения измерительной аппаратуры [4, 12];
 - организация первичной и последующей обработки информации, накопление её в базе дан-

ных;

– организация решения задач прогноза и оптимизации.

Структура вычислительного комплекса:

– оригинальные (авторские) программы решения прямой и обратной задач сейсмометрии (ОЗСМ);

– GeMiS_Win – программа для визуализации и анализа сигналов и ведения базы данных результатов регистрации, моделирования и обработки сигналов во временной или частотной областях, применяется для сглаживания исходных данных, выполнения межканальной и межканальной обработки сигналов, вычисления амплитудных спектров Фурье и частотной фильтрации записей;

– универсальная программа для математических и инженерных расчетов MathCAD;

– программный комплекс для расчета и проектирования конструкций LIRA;

– программный комплекс пространственного расчета сооружений PRIS.

Эффективность такой системы основана на объединении следующих составляющих (рис. 1):

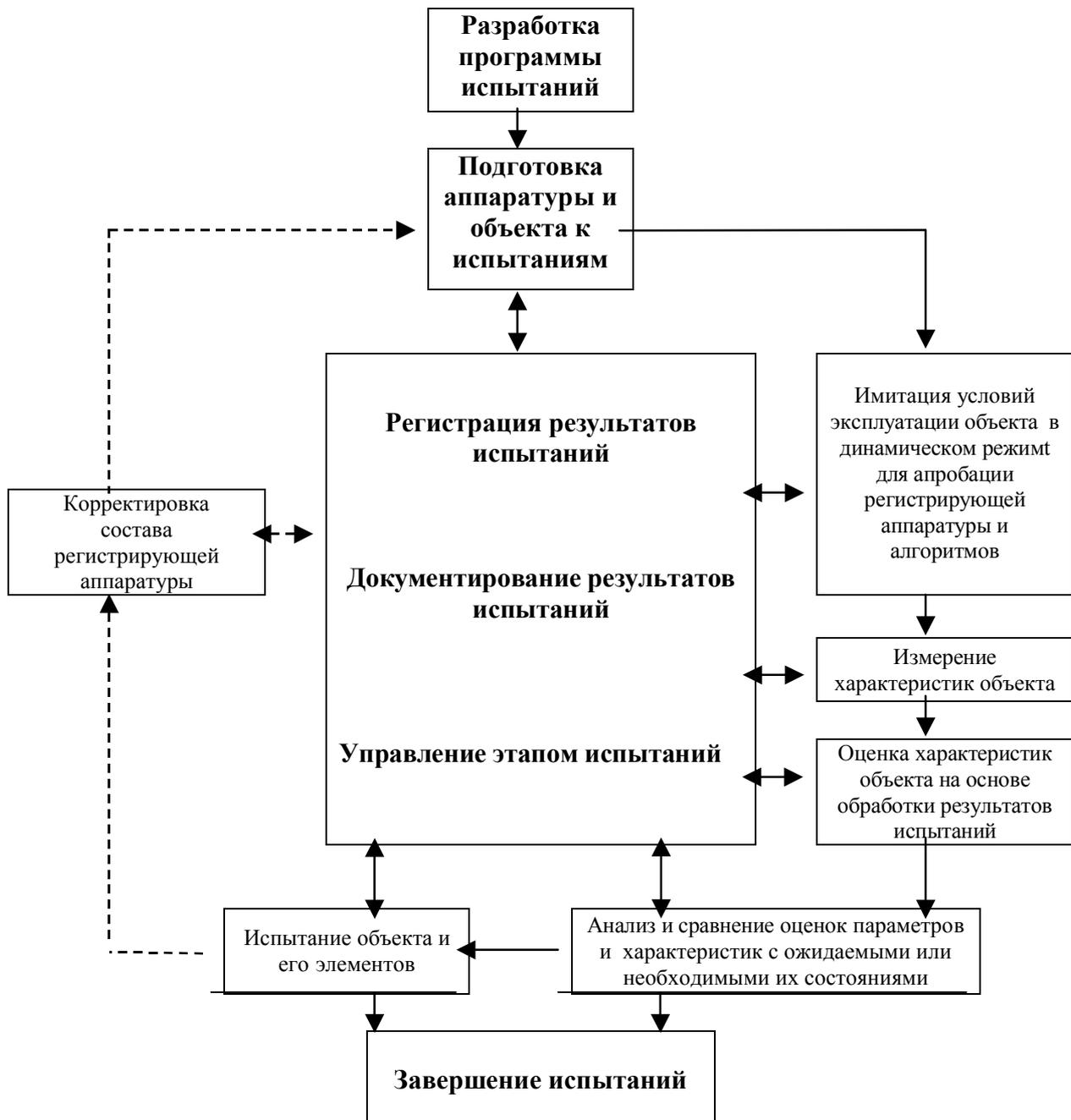


Рис. 1. Основные этапы испытаний.

- измерительной и вычислительной техники;
- математического обеспечения – математических моделей и алгоритмов;
- программного обеспечения – пакетов программ автоматизации измерений, регистрации, обработки, отображения и документирования данных.

При сильных воздействиях вместе с линейными перемещениями в здании происходят повороты и деформации, влияющие на поведение сейсмометров и на записи.

Организация целенаправленного краткосрочного эксперимента дает возможность регистрации отклика сооружения на механическое воздействие. Сооружение рассматривается как система материальных точек, подчиненных реальным связям в конструкции. Если в качестве этих точек принять локальные участки сооружения, где установлены сейсмоприемники, то требуется оценить распределение преобладающих собственных частот по точкам наблюдений (рис. 2–4).

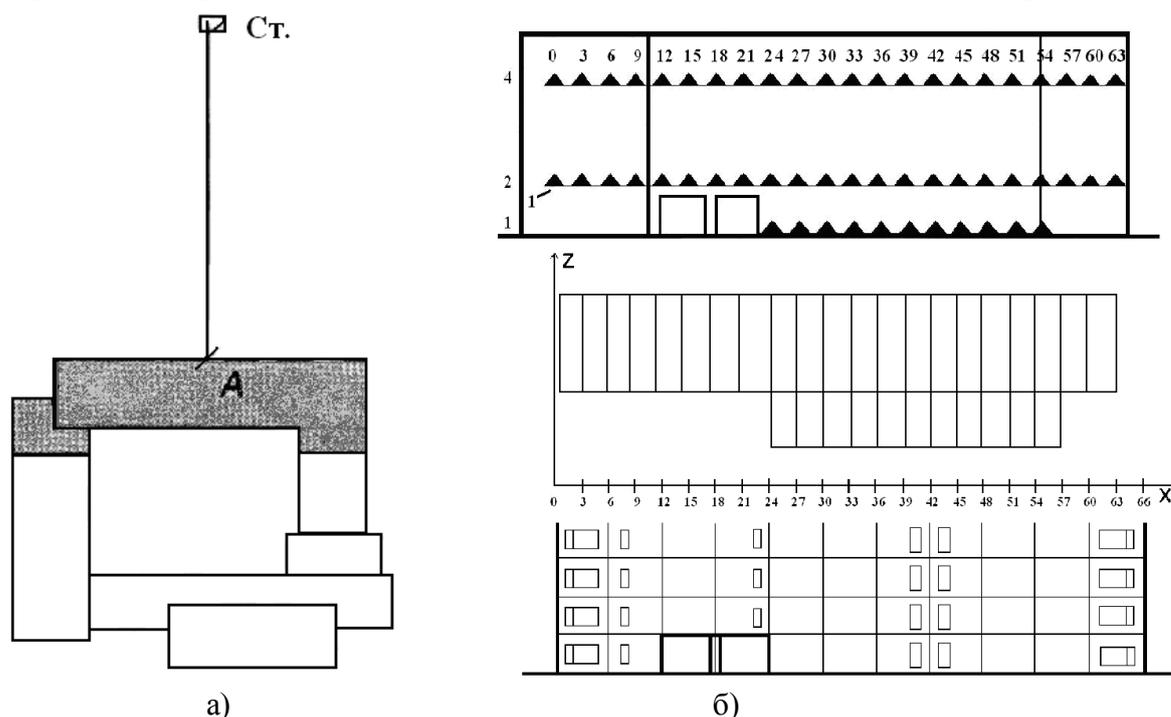


Рис. 2. Схемы: а - здания третьего учебного корпусу НАПКС; б - расстановки по этажам пунктов регистрации (1) суказанием координаты X (расстояние пункта от начала координат в м) А – исследуемая часть здания ; Ст – стоянка копра КН–2–10

При расчете на сейсмические (механические) воздействия в поперечном направлении расчетная модель формируется из двух подсистем в различных осях. Первая состоит из всех поперечных элементов, вторая – из горизонтальных (перекрытий), деформирующихся в плоскости XOY . Взаимодействие между подсистемами происходит только в узлах их пересечения. Сжимаемость в поперечном направлении не учитывается, что позволяет значительно сократить число сосредоточенных масс. В расчетной схеме массы здания сконцентрированы в уровнях перекрытий. Поперечные стены можно считать невесомыми и деформирующимися только за счет сил взаимодействия с перекрытиями.

Как правило, мы представляем сейсмическую информацию как изменение во времени амплитуд сигналов от различных групп сейсмоприемников. При таком подходе можно говорить о временной области, т. е. полагать, что время является независимой переменной. Иногда удобно рассматривать сейсмическую волну как наложение многих синусоидальных волн различной частоты, амплитуды и фазы; относительные амплитуды и фазы рассматриваются как функции частоты, и в этом случае речь идет о частотной области.

Для непосредственного определения перемещений точек здания отдельно рассмотрены три одномерных случая, то есть эффективные значения определены по каждой из осей координат X , Y и Z .

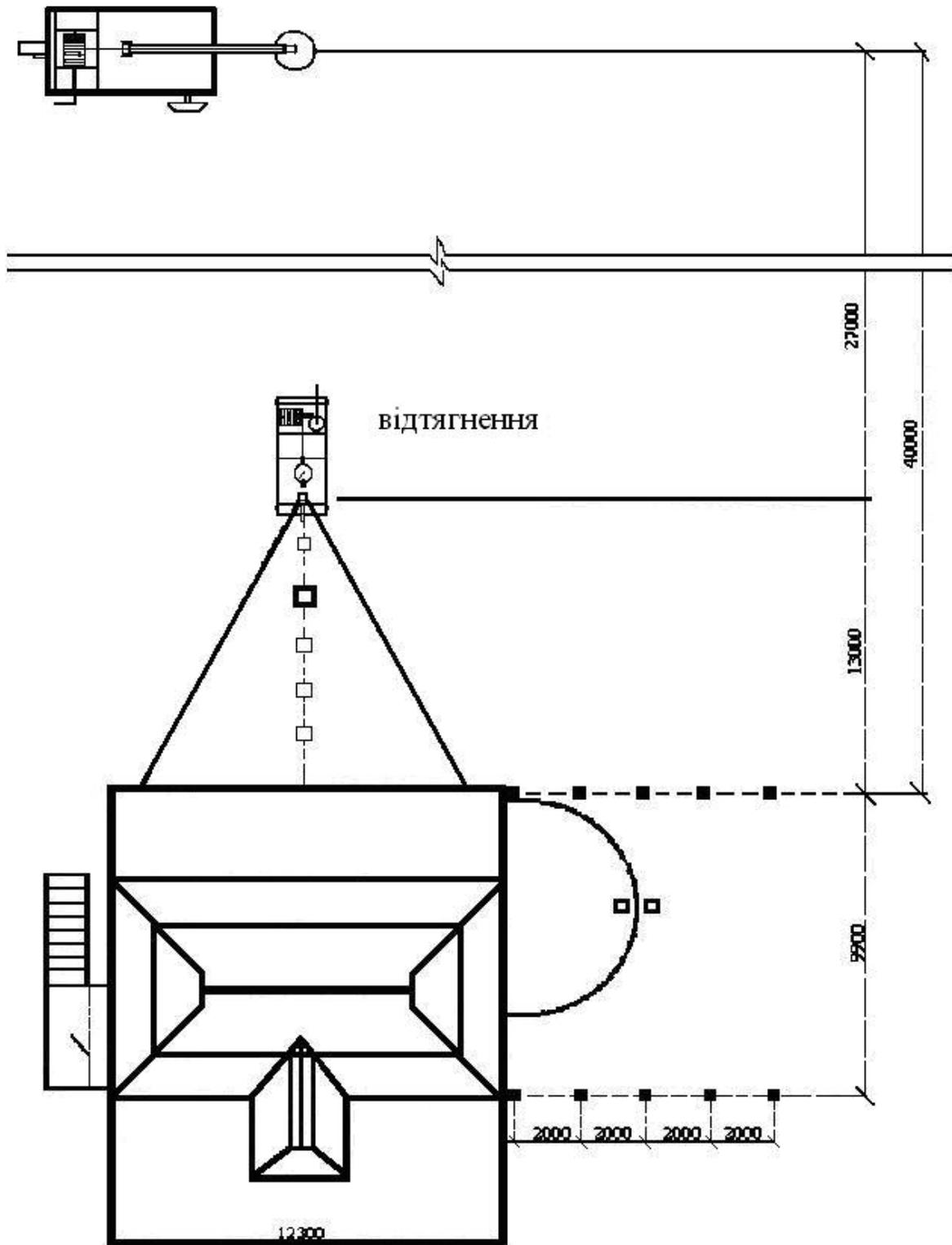


Рис. 3. Схемы расположения механизмов оттяжки и удара, расстановки аппаратуры в профилях по грунту на генплане объекта [8]:

- – переносной трехкомпонентный комплект аппаратуры;
- – стационарный (базовый) комплект аппаратуры.

В качестве входной информации подаются три компоненты сейсмического воздействия, так как сейсмические возмущающие воздействия от движения грунта направлены по двум взаимно-перпендикулярным осям OX и OY , и по вертикальной оси OZ .

После фильтрации результатов записи в частотном диапазоне 0ч24 Гц по каждой компоненте были рассчитаны спектры отклика грунта и здания (поэтажных скоростей) (рис. 5–6).

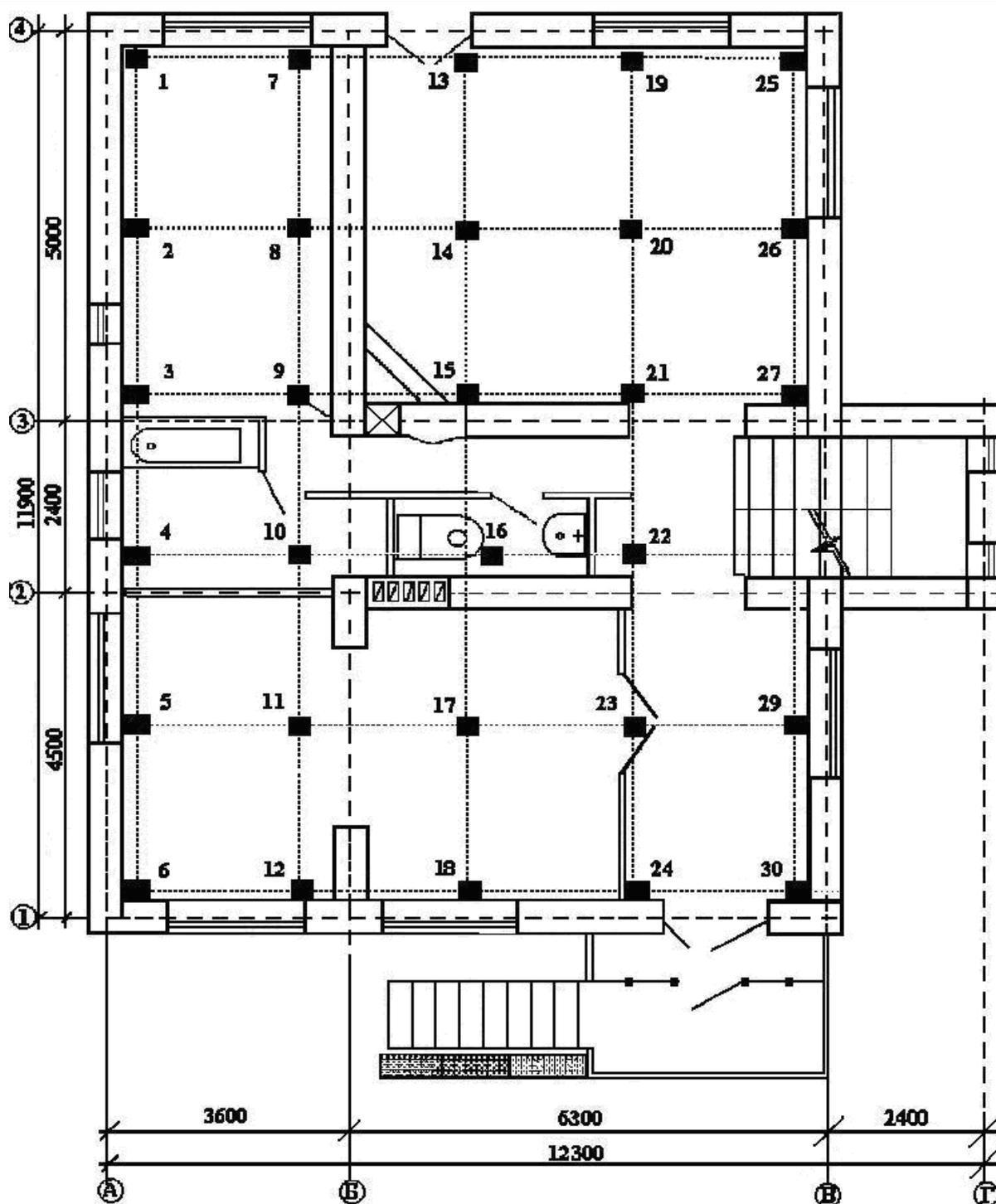


Рис. 4. Пример плана расположения трехкомпонентного комплекта аппаратуры в точках здания [8].

По оригинальным программам решения прямой и обратной задач сейсмометрии [7, 8, 10] получены смещения точек здания и грунта. По программе для визуализации и анализа сигналов и ведения базы данных результатов регистрации, моделирования и обработки сигналов GeMiS_Win рассчитаны спектры собственных движений здания по каждой из компонент (рис. 7).

Результаты анализа полученной совокупности пространства частот (рис. 7) дают основу для оценки количественного и физического содержания параметров (собственные частоты рассчитаны по трем направлениям X , Y , Z и трем этажам) и позволяют строить визуальную картину действительного распределения как частот спектров так и амплитуд скоростей отдельных участков этажей зданий.

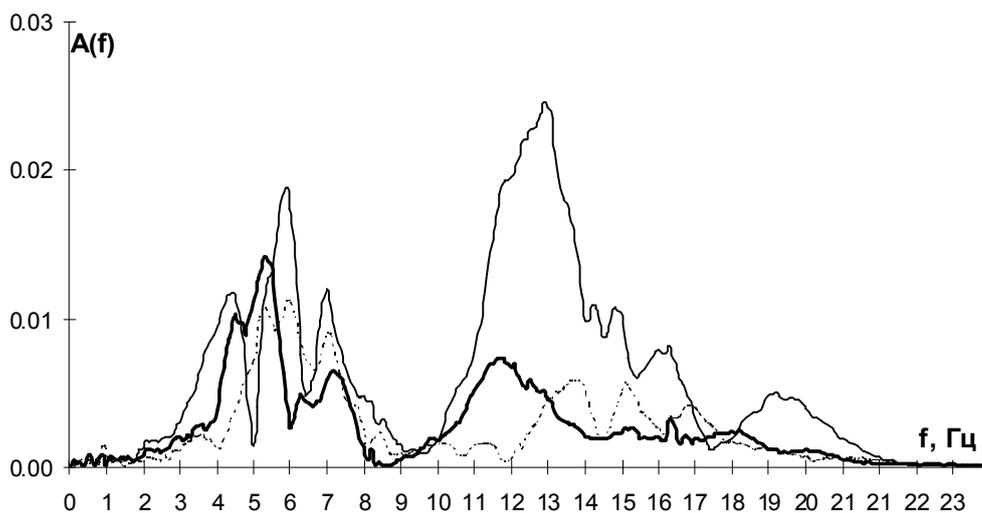


Рис. 5. Спектры отклика удара, записанного трехкомпонентным комплектом аппаратуры на грунте (- X-компонента; — Y-компонента; — Z-компонента).

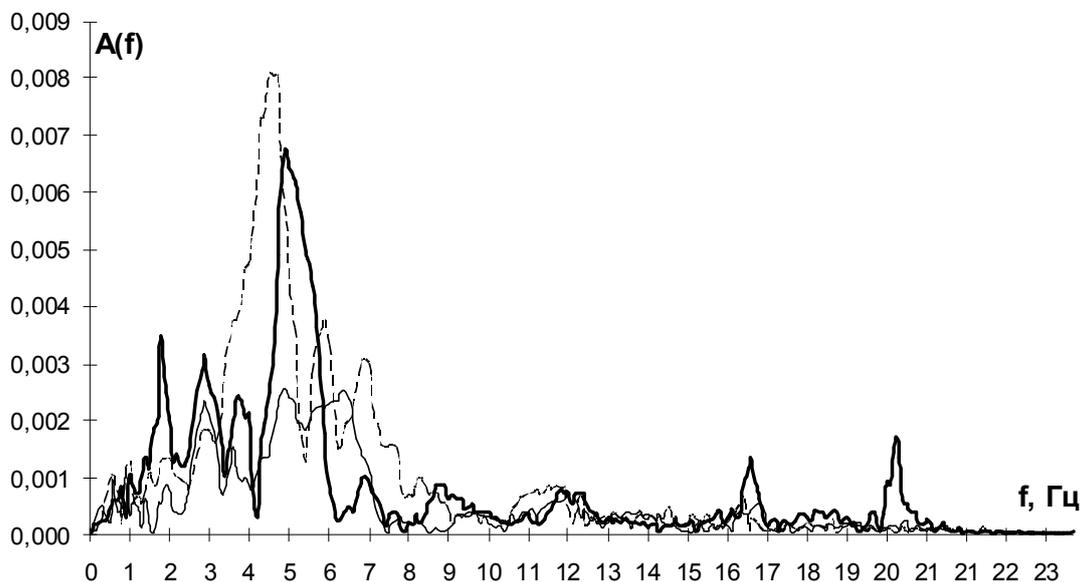


Рис. 6. Пример спектров отклика точки №1, записанного трехкомпонентным комплектом аппаратуры на первом этаже (- X-компонента; — Y-компонента; — Z-компонента).

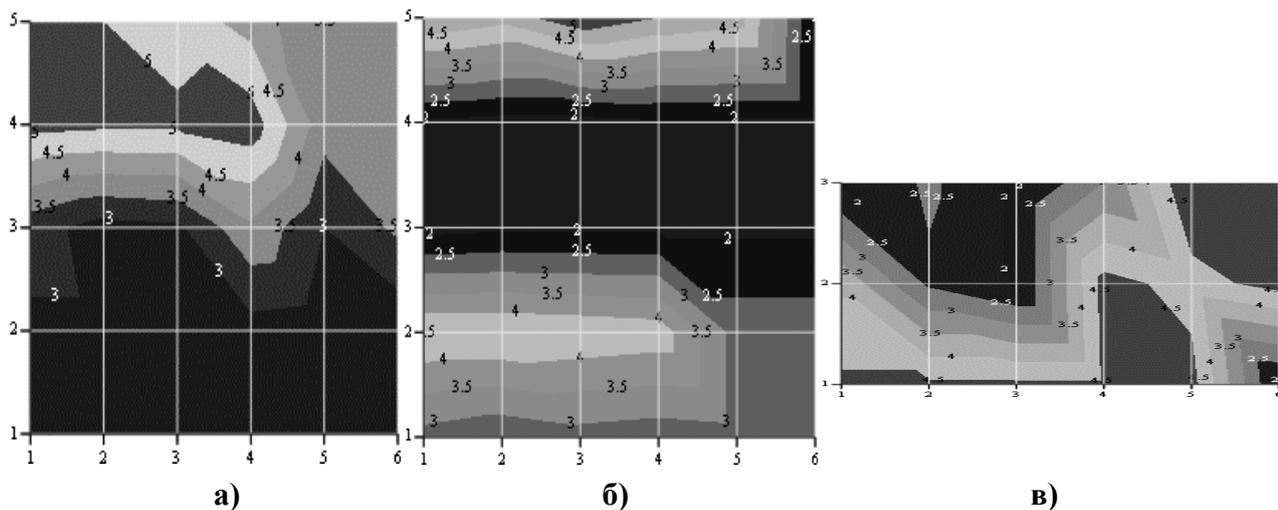


Рис. 7. Распределение частот спектров смещений (Гц – X-компонента) точек жилого дома (с. Дубки АР Крым): а - 1-го этажа; б - 2-го этажа; в - 3-го этажа

ВЫВОДЫ

1. Эффективность методики основана на объединении следующих составляющих [11]:

- измерительной и вычислительной техники;
- математического обеспечения – математических моделей и алгоритмов;
- программного обеспечения.

Оригинальная программа решения прямой и обратной задач сейсмометрии [7, 8,] дает возможность учитывать отдельно поступательные или вертикальные воздействия, а также учитывать совместное приложение двух или всех трех.

2. Материалы экспериментальных наблюдений необходимо получать с помощью идентифицированной калиброванной инженерно–сейсмометрической аппаратуры с цифровой регистрацией информации.

Расчет относительных спектров скоростей позволяет дифференцировать сейсмические воздействия по кинетической энергии движения участков объекта. Это дает возможность рассматривать не статическое ступенчатое применение силы инерции, а использовать в качестве входной (в сооружение) информации кинетическую энергию движения грунта и фундамента в разных частотных диапазонах.

Определение энергии воздействия в отдельных частотных диапазонах колебаний грунта позволит еще на стадии проектирования выбрать наиболее выгодные, с точки зрения сейсмоустойчивости, места размещения зданий и сооружений, которые имеют конкретные проектные частоты собственных колебаний [5, 9]. При этом участки, неблагоприятные для застройки целесообразно использовать для проектирования и создания зон ландшафтной архитектуры [6].

3. Для определения частотных характеристик объектов необходимы:

- детальные системы сейсмометрических наблюдений с метрологически калиброванными идентифицированными каналами;
- наблюдения целесообразно выполнять по методике сейсмического спектрально–динамического зонирования (ССДЗ) объектов;
- поканальное отношение спектров записей в определенных парах точек дает соответствующее числовое поле спектров локальных областей объектов, которое является основным инструментом пространственно–временного анализа изменения характеристик объекта;
- для инженерных сооружений принципиально имеется возможность определять несущие способности конструкции и прочность узлов в единицах “истинных” смещений.

4. Основу динамической паспортизации составляет сравнительный анализ частот экспериментально найденного отклика сооружения на механическое, сейсмическое воздействие и результатов модельных расчетов собственных частот колебаний.

Следует отметить, что полученные результаты диагностики объекта не всегда дают полную и однозначную информацию его состояния. Поэтому довольно часто диагностические работы на объекте требуют корректировки на этапе измерений, или проведения дополнительных уточняющих измерений после окончания основного цикла испытаний.

При выполнении всего цикла испытаний необходимо учитывать следующие требования:

- максимальное воспроизведение реальных условий эксплуатации объекта испытаний – наиболее полный учет всего спектра воздействий на объект, как со стороны смежных элементов конструкции, так и со стороны внешней сферы;
- обеспечение максимальной достоверности результатов испытаний – использование адекватных методов и средств испытаний;
- сокращение трудоемкости и стоимости испытательных работ — широкое использование средств автоматизации испытаний и вычислительной техники.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аппаратура и методика сейсмометрических наблюдений в СССР.– М.: Наука, 1974.– 242 с.
2. Бугаевский Г.Н. Исходные понятия теории сейсмостойкости и “сейсмической силы” // Строительство и техногенная безопасность. – КАПКС, Симферополь. – 2002. – Вып. 7. – С. 131–134.
3. Бугаевский Г.Н. Спектрально–динамические и диссипативные свойства элементов сооружения // Строительство и техногенная безопасность. – НАПКС, Симферополь. – 2005. – Вып. 11. – С. 85–88.
4. Бугаевский Г.Н. Экспериментальное изучение реакции сооружения на механическое воздействие. Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр., вып. 9. Симферополь, КАПКС, 2005, с.44-51.
5. Бугаевский Г.Н., Бугаевский А.Г. Сейсмическое спектрально–динамическое зонирование территории и сооружений // Будівельні конструкції. – Київ, НДІБК. – 2000. – Вип. 53, кн. 1. – С. 69–77.
6. Бугаевский Г.Н., Ковалев В.Я. Комплексная научная основа устойчивого функционирования и развития курортных зон. Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр., вып. 10. Симферополь, КАПКС, 2005.
7. Бугаевский Г.Н., Литвинова Э.В. Универсальный метод решения обратной задачи сейсмометрии // Геофизический журнал.– Киев.– 2002.– № 1.– Т. 24.– С. 120–123.
8. Бугаевский Г.Н., Литвинова Э.В. Проверка устойчивости алгоритма решения обратной задачи сейсмометрии по методу Линза // Строительство и техногенная безопасность. – КАПКС, Симферополь. – 2002. – Вып. 7. – С. 121–125.
9. Государственные строительные нормы и правила // Строительство в сейсмических районах Украины. – Киев, 2004.
10. Литвинова Э.В. Математическое решение обратной задачи сейсмометрии // Доповіді науково–технічної конференції “Будівництво в сейсмічних районах України”. – Ялта. – 1999. – С. 221–226.
11. Литвинова Э.В. Разработка обоснованной сейсмометрической методики анализа сейсмических записей // Строительство и техногенная безопасность. – КАПКС, Симферополь.– 2002.– Вып. 6.– С. 249–259.
12. Геофизические и физико–математические основы анализа сейсмостойкости и сейсмозащиты сооружений // Отчет о научно–исследовательской работе (госбюджетное финансирование).– Симферополь, 1999. – 72 с.

Перминов Д.А., магистр.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Сталежелезобетонные конструкции

*Показаны различные виды комбинированных сталежелезобетонных элементов конструкций, применяемых в настоящее время в строительстве, и возможные перспективы и направления
бетон, сталь, прочность, огнестойкость*

Научный прогресс в отрасли строительных конструкций среди других факторов заключается в поиске новых соединений стали и бетона для их совместной рациональной работы в строительной конструкции. К таким конструкциям относится сталежелезобетон, в состав которого входят прокатные профили, стержневая арматура и бетон.

В настоящее время сталежелезобетонные конструкции получили широкое распространение во всем мире. Доказано, что их рационально применять в виде конструкций для перекрытия пролетов, в виде стоек, воспринимающих большие нагрузки, (колонны гражданских и промышленных зданий), в инженерных сооружениях. Поперечные сечения таких конструкций могут быть самыми разнообразными. При использовании этих конструкций значительно уменьшается их масса, по сравнению с бетоном, очень часто можно обойтись без устройства опалубки и закладных деталей.

В наше время значительное распространение получили железобетонные конструкции, армированные стержневой арматурой. В этих конструкциях бетон и арматура работают совместно, при этом арматура полностью воспринимает растягивающие усилия, хотя ее работа в сжатой зоне также является эффективной. Стальная арматура в железобетоне защищена от коррозии. Известна высокая огнестойкость железобетона.

Но традиционные железобетонные и стальные конструкции имеют существенные недостатки. Один из них – нерациональное использование бетона в растянутой зоне, где он фактически не работает.

Среди известных недостатков стальных конструкций – чрезвычайно низкая огнестойкость и необходимость защиты и от коррозии.

Сталежелезобетонные конструкции сочетают в себе многие положительные характеристики как железобетонных, так и стальных конструкций: они достаточно прочны, малогабаритны, обладают огнестойкостью железобетона.

Сталежелезобетонные конструкции могут использоваться во всех отраслях строительства. Выгоднее всего использовать сталежелезобетон в элементах, который несет большую нагрузку. Эффективными являются сталежелезобетонные колонны промышленных и гражданских сооружений, сжатые элементы многопролетных арок и ферм, опоры и пролетные строения мостов, стойки в зданиях рамной конструкции, в жилищных и гражданских зданиях, в опорах ЛЭП, в радиотелевизионных опорах и др.

На практике пользуются такими комбинированными конструкциями уже много лет. В основном используются комбинированные системы перекрытий и несущих опор.

Комбинированные системы перекрытий подразделяют на четыре основных типа (рис. 1):

1. В которой бетон укладывается в подготовленную опалубку
2. При бетонировании больших площадей бетон укладывается на арматурную сетку
3. Элементы покрытия как готовые изделия (Плиты перекрытий).
4. Комбинированные конструкции с использованием профнастила.

Другой пример для несущих опор. Они позволяют создавать различные формы в архитектуре: открытые профили, заполненные бетоном, к ним же относятся круглые колонны, которые, например, использовались в строительстве выставочного зала во Франкфурте. На практике применяются 3 различных вида опор (рис. 2):

1. Со стальным сердечником внутри бетонной опоры.

2. Опоры с обетонированными межполочными камерами.
3. Трубобетонные элементы круглого или коробчатого сечения.

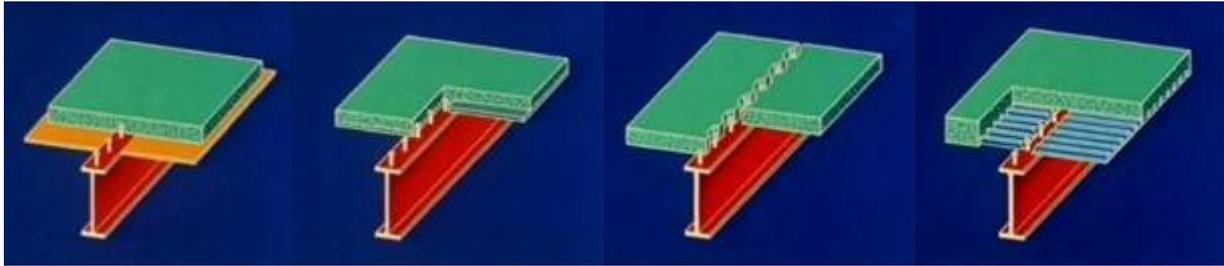


Рис. 1. Комбинированные системы перекрытий

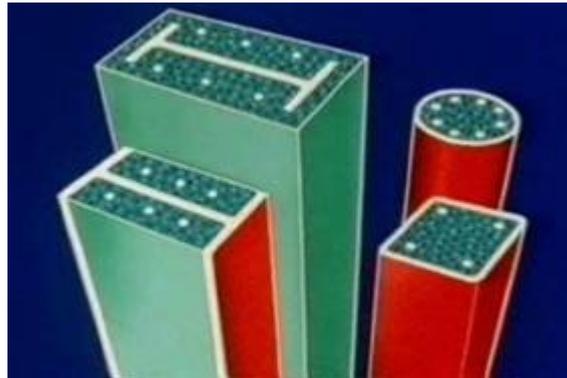


Рис. 2 Сечения сталежелезобетонных опор.

Все изготовленные конструкции подвергают тщательному контролю. На практике комбинированные конструкции изготавливают специализированные заводы.

Вся последовательность производства конструкций от расчетов и чертежей до выпуска готовой продукции сопровождается центральным компьютером. Он задаёт и отслеживает на всех этапах обработки соблюдение технологии: с первой стадии раскроя металла и до сверления установочных отверстий для последующих крепежей. Потом элементы конструкции автоматически нарезаются по нужному размеру. Следующий шаг - производят сварку готовых элементов металлических конструкций. И последний этап этого передела наваривают болты с головкой, способствующие совместной работе стали и бетона.

Изготовленные таким образом конструкции отправляют на доводку. Сначала они получают антикоррозийную защиту, потом доставляются на участок готовой продукции, на котором производится окончательное изготовление комбинированной конструкции. Здесь производят необходимые соединительные элементы – арматурные сетки. Их устанавливают на стенки балки, после чего камеры заполняют бетоном. Бетонная смесь, уложенная соответствующим образом, подвергается двадцатичетырехчасовой термообработке. После чего операция повторяется для другой стороны конструкции. Практически на следующий день эти строительные конструкции можно транспортировать.

По надежности комбинированные конструкции занимают первое место в Германии и во всей Европе. Они позволяют находить разнообразные решения в сочетании с металлоконструкциями, доказывая это изо дня в день на множестве строительных площадок.

Одним из малоизученных направлений использования сталежелезобетонных конструкций являются – сталежелезобетонные каркасы многоэтажных зданий.

При определенных условиях каркасы многоэтажных зданий могут компоноваться из железобетонных колонн и стальных ригелей. Если компоновка связевых систем таких комбинированных каркасов особых трудностей не вызывает значительные затруднения, в частности передача полного опорного момента с ригелей на колонну. Существующие решения железобетонных колонн многоэтажных зданий не позволяют этого сделать.

В настоящее время на кафедре МДК НАПКС ведутся разработки рамных узлов комбинированных каркасов, которые позволяют обеспечить передачу опорного момента с ригеля на

колонну.

Применение железобетонных колонн и стальных ригелей в каркасах многоэтажных зданий позволяет снизить массу всего сооружения, по сравнению с железобетонным каркасом, что положительно скажется при строительстве их в сейсмоопасных районах. Более того, разрабатываемые рамные узлы позволяют развивать пластические деформации в элементах ригелей, что невозможно осуществить в железобетонных каркасах.

ВЫВОДЫ:

1. Сталежелезобетонные конструкции включают в себя положительные свойства стали и железобетона и являются надежным и долговечным материалом по сравнению с ними.
2. Благодаря своим характеристикам комбинированные конструкции применяют в строительстве во всем мире.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Н. С. Стрелецкий. Основные направления развития сталежелезобетонных конструкций в СССР. – Бетон и железобетон, №5, 1978.
2. Юрай Козак. Стальные конструкции в сочетании с бетоном и железобетоном. – Промышленное строительство, №5, 1979.

Раздел 2. Основания и фундаменты, механика и сейсмостойкость

УДК 624.014.2:699.841

Абдурахманов А. З. магистр.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

Численное исследование кольцевого сейсмопоглотителя.

Разработана и исследована численная модель кольцевого сейсмопоглотителя. Модель включает физически нелинейные конечные элементы, наиболее близко отражающие напряженно-деформированное состояние и процесс разрушения кольца.

Стальные каркасы, сейсмопоглотители, сейсмостойкость

Для увеличения энергопоглощающей способности связевых и рамно-связевых каркасов в систему связей включают специальные элементы, работающие в пластической стадии. Это позволяет без больших затрат повысить диссипативные свойства стальных каркасов и снизить сейсмические нагрузки, благодаря чему повышается сейсмостойкость зданий и снижается металлоемкость несущих конструкций [1].

Одним из таких элементов является кольцевой энергопоглотитель (ЭПК) [2]. Для создания эффективной формы сечения кольцевого энергопоглотителя, а также для оценки надежности работы необходимо иметь данные напряженно-деформированного состояния ЭПК. Однако таких сведений на данный момент почти нет. С этой целью выполнен численный расчет посредством ПК «Лира-9.4» [3] модели фрагмента связевого каркаса в масштабе 1:3 (Рис. 1). Модель фрагмента представляет прямоугольную раму, в которой устанавливали связи, оснащенные кольцевым энергопоглотителем имеющим различные поперечные сечения (см. табл. 1.). Предельное напряжение на растяжение и сжатие 240 МПа. Моделировали физически нелинейную работу кольца с 13 шагами горизонтального нагружения: по 4 тс (первые два шага), по 2 тс (последующие 6 шагов) и снова по 4 тс (последние 5 шагов).

Таблица 1

Геометрические характеристики моделей

Тип модели	v_f , мм	t_f , мм	h_w , мм	t_w , мм
ЭПК-1	50	10	100	4
ЭПК-2	50	10	100	6
ЭПК-3	50	10	100	8
ЭПК-4	70 – нижний пояс 50 – верхний пояс	10	100	8
ЭПК-5	70 – верхний пояс 50 – нижний пояс	10	100	8
ЭПК-6	50	10	100	8
ЭПК-7	50	10	100	5

При испытании кольца двутаврового сечения с толщинами стенок 4, 6, 8 мм (ЭПК-1, ЭПК-2, ЭПК-3) пластические шарниры начали образовываться при шаге 3, 4 и 5 соответственно. Пластические шарниры развиваются в моделях ЭПК-2 и ЭПК-3 в разных количествах (больше всего в ЭПК-3), но имеет схожие участки их появления: чаще всего в узлах сопряжения сжатых раскосов в растянутой стенке и поясе и в меньшей степени под растянутыми раскосами в сжатой стенке. Разрушение моделей ЭПК-2 и ЭПК-3 наступило на 5 и 6 ступенях соответственно вследствие развития трещин в стенке и поясе в зоне пластических деформаций. На работу этих моделей повлияла также потеря местной устойчивости стенки в виде пятна вблизи сжатого пояса. В модели ЭПК-1 происходит разрушение отдельных конечных элементов в растянутой части стенки не-

сколько удаленных от узлов сопряжений связей на 3 шаге при нагрузке 120 кН также в зоне пластических шарниров. Как и предполагалось, наибольшие усилия возникали в узловых сопряжениях связей, а также распределение напряжений в кольцевом сейсмопоглотителе происходит по гиперболическому закону [3], то есть наибольшие напряжения возникают на вогнутой стороне. Для того чтобы напряжения в крайних растянутых и крайних сжатых волокнах были равны между собой, необходимо применять такие формы поперечных сечений, которые имеют центр тяжести ближе к вогнутой стороне. Поэтому рассмотрим модель ЭПК-4 с внутренним уширенным поясом. В результате расчета протяженность зоны пластических деформаций увеличилась. Пластические шарниры начали развиваться на 4 шаге нагружения (при нагрузке $P=140$ кН) в сжатом поясе в узле сопряжения верхнего сжатого раскоса. Разрушение отдельных КЭ в сжатой стенке под верхним сжатым раскосом наступает на 6 шаге ($P=160$ кН). Полное разрушение наступает на 7 ступени при нагрузке выше $P=180$ кН. Зона разрушенных элементов значительно больше, чем в предыдущих моделях. Диаграмма нагрузка – деформация имеет более выраженную пластическую ветвь. Следовательно, разрушение более пластичное и происходит с большим перераспределением усилий между элементами. Трещины образуются во всех узлах примыкания связей в сжатой и растянутой части стенки и поясах (Рис. 2).

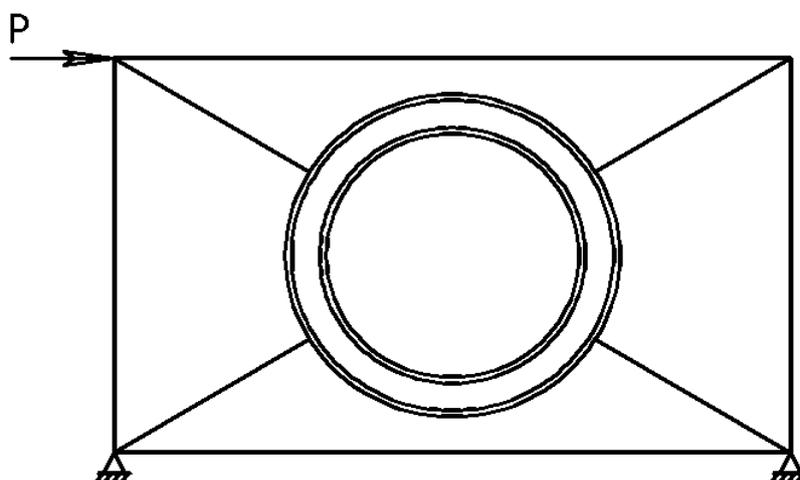


Рис. 1. Расчетная схема панели с ЭПК.

Для сравнения выполнен расчет модели ЭПК-5 с верхним уширенным поясом. Полная разрушающая нагрузка составила 160 кН, то есть 6 шаг нагружения. Образуется очень мало пластических шарниров, большей частью в растянутых поясах и стенке до наступления предела прочности на растяжение.

Рассмотрим работу кольца двутаврового сечения с гофрированной стенкой. Испытывались модели ЭПК-6 и ЭПК-7 имеющие толщину стенок, равные 8 и 5 мм; шаг гофра 80 мм, высота 30 мм. В результате, расчет модели ЭПК-6 с толщиной стенки 8 мм показало, что гофрирование стенки не только не повышает, но и снижает энергоемкость кольца, так как его прочность и долговечность работы определяется местной устойчивостью сжатых поясов. В модели с гофрированной стенкой пояса, имеющие значительно большие свесы, чем при плоской стенке, теряли местную устойчивость при меньших уровнях относительных удлинений, что обуславливало появление в них трещин при нагрузке 80 кН (4 шаг нагружения). Появление трещин в стенке в этой модели не наблюдалось.

В результате расчета модели ЭПК-6 с толщиной стенки 5 мм и толщиной поясов 12 мм трещины в стенке появились в виде разрушений единичных конечных элементов в растянутой части на выступах гофра под сжатыми раскосами.

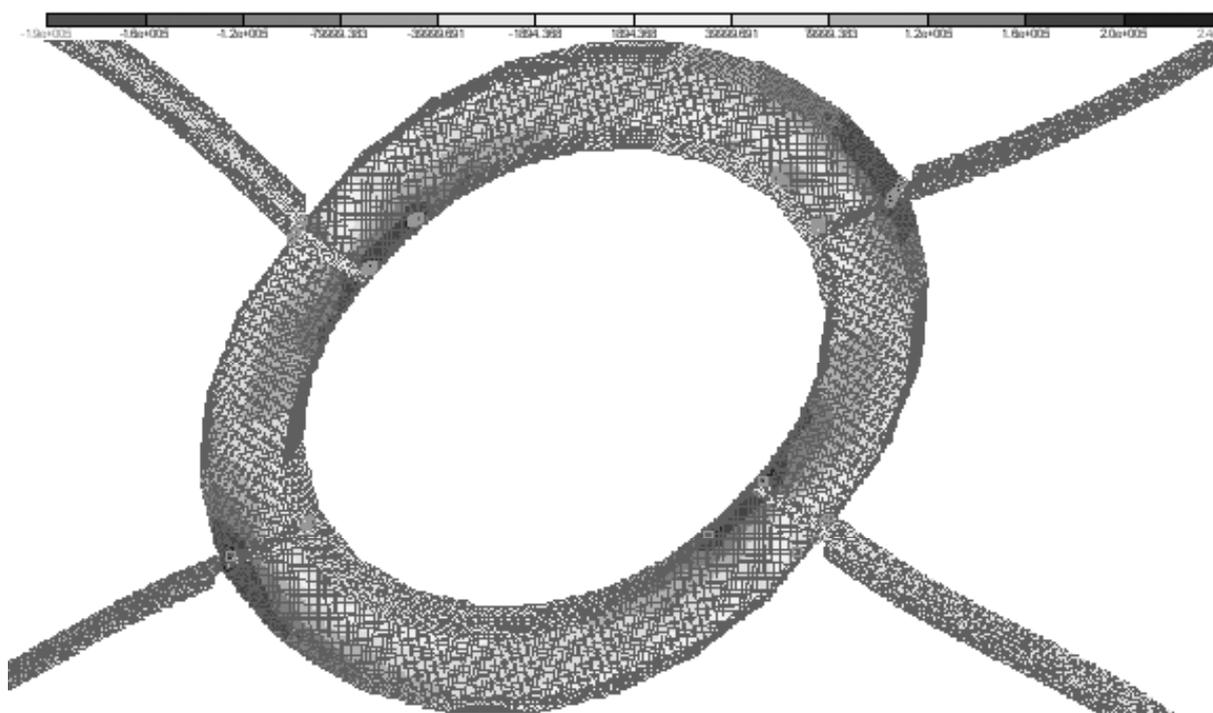


Рис. 2. Главные напряжения при разрушении ЭПК-4 со схемой образования трещин.

ВЫВОДЫ

1. Полученные сведения позволили проверить правильность рабочей гипотезы о существенном влиянии местной устойчивости стенки на энергоемкость кольца. Для ее повышения можно пойти двумя путями: за счет увеличения толщины стенок и применения для стенок гофрированной стали. Во втором варианте большое влияние имеют параметры гофрирования: шаг и высота гофр.
2. Необходимо создавать зоны равного сопротивления для вовлечения в пластическую работу больший объем металла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Остриков Г. М., Максимов Ю. С. Стальные сейсмостойкие каркасы многоэтажных зданий. – Алма-Ата: Казахстан, 1985. – 120 с.
2. Авторское свидетельство №754005, кл. E 04 H 9/02, E 04 B 1/24, 1980.
3. Руководство пользователя ПК «Лира-Windows», Т1-6, НИИ АСС, Киев, 2002. – 147 с.
4. Тимошенко С. П. Сопротивление материалов, т.1, 1963. – 365 с.

Ажермачев С.Г., к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

О формуле Эйлера для критической силы сжатого стержня

Показаны начальные этапы развития теории расчета сжатых стержней. Приводятся методы определения критической силы сжатого гибкого стержня на его устойчивость.

Стержень, сжатие, формы равновесия, критическая сила.

Сжатые стержни в строительной практике применяются широко. Несущая способность этих элементов зависит не только от площади их поперечного сечения, но и от длины, условий закрепления, формы поперечного сечения, материала. Рабочие формулы для расчета сжатых стержней, которые используются специалистами в настоящее время, получены в результате теоретических и экспериментальных исследований многих авторов.

Хотелось бы в этой статье напомнить о некоторых этапах развития теории расчета сжатых стержней и назвать ученых, внесших значительный вклад в развитие этой теории.

Отдельными вопросами устойчивости сжатых стержней занимались Галилей, Мариотт, Гук и даже Леонардо-да-Винчи. Но систематические экспериментальные исследования прочности материала и стержней при сжатии впервые провел профессор Мушенбрук в г. Лейдене, который получил, что критическая сила сжатого стержня обратно пропорциональна квадрату его длины. Эти материалы Мушенбрук опубликовал в 1729 г.

В 1743 г. Эйлер, работая в Берлинской Академии наук, получил задание от короля Фридриха II: определить прочность колонн строящегося дворца. Он выполнил задание, но пошел дальше, и в результате были впервые получены формулы для определения критической силы при сжатии упругого стержня. Однако в те годы эти формулы не могли найти практического применения.

Прошло почти сто лет, во многих странах бурно развивается промышленность, строятся железные дороги, возводятся мосты. Специалисты – строители все чаще сталкиваются с проблемой расчета конструкций и в частности сжатых элементов.

Профессор Лондонского университета, известный английский инженер Ходжкинсон [1] провел многочисленные экспериментальные исследования по определению максимальной нагрузки для сжатых стержней. Критические нагрузки отличались в несколько раз от нагрузок, полученных по формулам Эйлера. «Значит, великий Эйлер ошибался?!» – все громче и громче восклицали скептики.

Но потребовалось еще полвека, чтобы объяснить результаты полученные Хаджкинсоном. Оказалось, что он проводил эксперименты с очень короткими стержнями, разрушение которых происходило при больших пластических деформациях, в то время как теория расчета на устойчивость стержней у Эйлера предусматривала их работу в упругой стадии. После этого формула Эйлера была «реабилитирована» и применяется по настоящее время. Однако проведенная дискуссия позволила установить границы применения формул Эйлера.

Эйлер рассматривал устойчивость упругого сжатого стержня при малых деформациях. Стержень до критической силы имеет прямолинейную форму. И только при сжимающей силе P , равной критической $P_{кр}$, т.е. $P=P_{кр}$, прямолинейная форма упругого равновесия становится неустойчивой. В этом случае у стержня могут наблюдаться две формы упругого равновесия: прямолинейная и криволинейная.

Основная идея способа Эйлера состоит в следующем. Предполагая, что смежная, качественно новая форма равновесия существует, тогда из уравнений, характеризующих эту форму равновесия, определяют нагрузки, при которых она становится возможной. При рассмотрении соответствующих задач идеализируется геометрия системы и способ ее нагружения (идеально прямолинейная форма исходного стержня, отсутствие эксцентриситетов нагрузки и т.п.). Поскольку рассматривается форма равновесия, смежная с исходной, постольку решение основывается на предположении о сколь угодно малых значениях отклонений системы от исходной формы равновесия. В обыч-

ных случаях уравнения равновесия оказываются дифференциальными и задача сводится к определению собственных форм, отвечающих тем или иным заданным граничным условиям. После этого критические значения нагрузки легко определяют через найденные собственные значения.

Пусть при критической силе $P_{кр}$ стержень имеет криволинейную форму упругого равновесия (рис. 1).

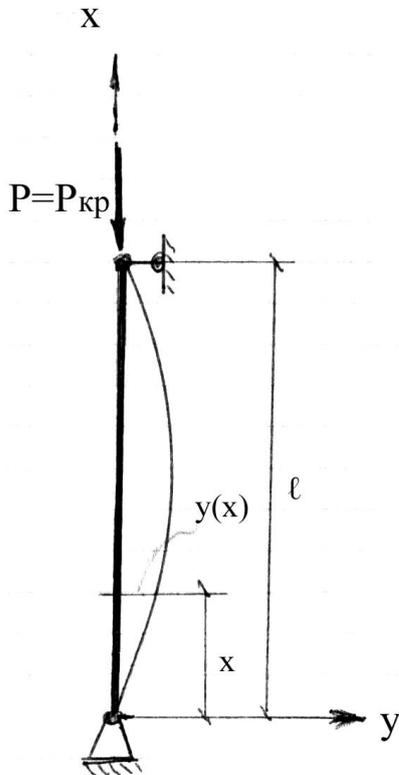


Рис. 1

При $x=0$ будем иметь $0=C_1 \cos \alpha \cdot 0 + C_2 \sin \alpha \cdot 0$,
отсюда $C_1=0$.

При $x=l$ следует $0=C_2 \sin \alpha l$

Здесь могут быть рассмотрены два случая: $C_2=0$ и $C_2 \neq 0$, тогда

$$\sin \alpha l = 0 \quad (6)$$

Уравнение (6) называется уравнением критических сил. Его решением будет

$$\alpha l = n\pi, \quad (7)$$

где $n=1, 2, 3, 4, \dots$

Из уравнения (7) с учетом (5) получим значение критической силы

$$P_{кр} = \frac{n^2 \pi^2 EJ}{l^2} \quad (8)$$

Полученную формулу называют формулой Эйлера.

Из формулы (8) видно, что существует множество критических сил для сжатого упругого стержня. Практический смысл имеет критическая сила при $n=1$.

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EJ}{l^2} \quad (9)$$

Это наименьшая сила, при которой имеет место криволинейная форма упругого равновесия. При этом надо иметь в виду, что формула Эйлера применима только в случае, когда

Внешняя сила P вызывает изгибающий момент в стержне

$$M_x = Py_{(x)} \quad (1)$$

Внутренние силы упругости, которые стремятся выправить стержень, создают восстанавливающий момент

$$M_B = -EJy''(x) \quad (2)$$

Условие равновесия стержня можно записать в таком виде

$$EJy''(x) + Py_{(x)} = 0 \quad (3)$$

Для определения критической силы $P_{кр}$ мы должны решить линейное однородное уравнение (3).

Общее решение дифференциального уравнения (3) будет:

$$y_{(x)} = C_1 \cos \alpha x + C_2 \sin \alpha x, \quad (4)$$

где
$$\alpha^2 = \frac{P_{кр}}{EJ} \quad (5)$$

C_1 и C_2 – постоянные, которые находят из граничных условий.

При $x=0$ $y(0)=0$;

$x=l$ $y(l)=0$.

$$\sigma_{кр} = \frac{P_{кр}}{A} = \frac{\pi^2 EJ}{\ell^2 A} \leq \sigma_{пц.}, \quad (10)$$

где A – площадь сечения сжатого стержня;

$\sigma_{пц.}$ - напряжения предела пропорциональности.

Вышеизложенный вывод сделан для случая, когда концы стержня имеют шарнирные закрепления.

Лагранж продолжил исследования по устойчивости сжатого гибкого стержня и в 1770 году получил точный интеграл уравнения продольного изгиба, вывел связь между критической силой и стрелой прогиба. Он впервые обнаружил возможность продольного изгиба по нескольким полуволнам и получил значение критической силы при различных условиях закрепления стержня.

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EJ}{(\mu \ell)^2}, \quad (11)$$

где m - коэффициент, отражающий условия закрепления концов сжатого упругого стержня.

Наиболее часто встречаются четыре вида закрепления концов сжатых стержней (рис. 2).

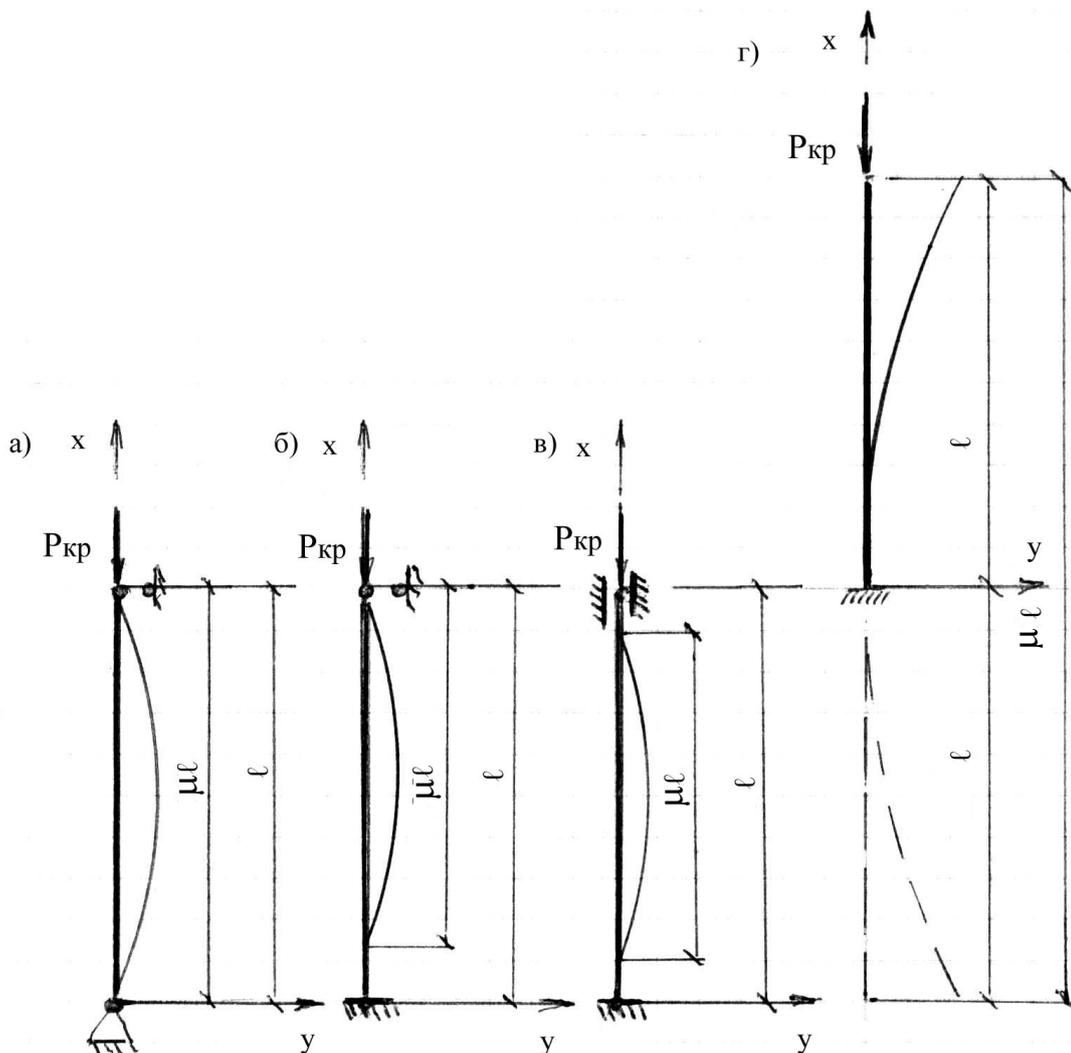


Рис. 2 Формы потери устойчивости стержней при сжатии а) – шарнирное закрепление обоих концов; б) – один конец жестко зашпелен, второй имеет шарнирную опору; в) – стержень имеет обе зашпеленные опоры; г) – стержень имеет одну зашпеленную опору.

Из рис. 2 видно, какую форму упругого равновесия будет иметь сжатый стержень в зависимости от условий закрепления его концов.

Для случая Рис. 2а имеем при $P_{кр}$ одну полуволну, т.е. $\ell_{расч} = m\ell$, т.е. $m=1$;

для случая рис. 2б $\ell_{расч} = m\ell < \ell$, т.е. $m < 1$;

для случая рис. 2в $\ell_{расч} = m\ell < \ell$, т.е. $m < 1$;

для случая рис. 2г $\ell_{расч} = m\ell > \ell$, т.е. $m > 1$.

Значения коэффициентов приведения расчетной длины можно получить в результате решения дифференциального уравнения четвертого порядка. Для этого дважды продифференцируем выражение (3), получим однородное дифференциальное уравнение

$$y_{(x)}^{IV} + \alpha^2 y''(x) = 0 \quad (12)$$

Общее решение уравнения (12) будет

$$y = C_1 \cos bx + C_2 \sin bx + C_3 x + C_4, \quad (13)$$

где $b = \sqrt{\alpha}$, C_1, C_2, C_3, C_4 – постоянные, определяемые из граничных условий на концах стержня.

Для случая рис. 2а имеем

при $x=0$ $y=0$ и $y''=0$;

$x=\ell$ $y=0$ и $y''=0$.

Для случая рис. 2б имеем

при $x=0$ $y=0$ и $y'=0$;

$x=\ell$ $y=0$ и $y''=0$.

Для случая рис. 2в имеем

при $x=0$ $y=0$ и $y'=0$;

$x=\ell$ $y=0$ и $y'=0$.

Для случая рис. 2г имеем

при $x=0$ $y=0$ и $y'=0$;

$x=\ell$ $y''=0$ и $y'''=Py'$.

Получив значения коэффициентов приведения m , можем определить значения критических сжимающих сил для упругого стержня с различными условиями его опирания.

Энгессер, Карман и Тетмайер обобщили формулу Эйлера для напряжений, лежащих выше предела упругости [2]. Для этого вместо постоянного модуля упругости E в формулу (8) вводится переменный модуль упругости E' , он уменьшается с увеличением напряжений.

При выпучивании от продольного изгиба стержень искривляется. На выпуклой стороне стержня происходит уменьшение сжимающего напряжения, а на вогнутой – увеличение его. Если продольный изгиб происходит за пределами упругости, то модули упругости для различных волокон стержня изменятся и будут различны. Так как напряжения зависят от момента инерции сечения стержня, то, очевидно, в формулу Эйлера нужно подставить разную величину модуля упругости в зависимости от вида сечения сжимаемого стержня. Для прямоугольного сечения следует подставить величину равнодействующего переменного модуля упругости:

$$E' = \frac{4EE_1}{(\sqrt{E} + \sqrt{E_1})^2} \quad (14)$$

Здесь E – постоянный модуль до предела упругости,

E_1 – переменный модуль за пределом упругости, определяемый из диаграммы растяжения или сжатия.

ВЫВОДЫ

1. Формулу Эйлера можно использовать только тогда, когда $\sigma_{кр} \leq \sigma_{пл}$.
2. Эйлер рассматривал случай только для сжатых гибких стержней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимошенко С.П. История о науке о сопротивлении материалов. Гостехтеориздат. М. 1957, 536 с.
2. Патон Е.О., Горбунов Б.Н. Стальные мосты. Госнаучтехиздат Украины. Харьков. Киев. 1935. – 812 с.

Жуков С. П., к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Предложения по расчету железобетонных столбчатых фундаментов методом предельного равновесия.

Рассматриваются особенности совместной работы гибкой фундаментной плиты на упругом основании при пластическом разрушении сточки зрения расчета методом предельного равновесия.

Фундаменты, упругое основание, разрушение, пластичность, расчет.

Анализ результатов проведенных в нашей лаборатории экспериментальных исследований показал, что для расчета отдельных плитных железобетонных фундаментов, работающих в условиях пространственной задачи (столбчатые фундаменты под колонны), весьма перспективным является метод предельного равновесия. При расчете надфундаментных железобетонных конструкций этот метод получил широкое распространение (1).

Учет перераспределения усилий при образовании и раскрытии трещин в статически неопределимых конструкциях позволяет экономить до 20% арматурной стали. Расчет фундаментов методом предельного равновесия с учетом перераспределения усилий в самой конструкции и нормальных контактных напряжений в грунте, сдерживается недостаточным количеством данных по особенностям их силового взаимодействия, а также случайным характером трещинообразования на подошве фундамента, что снижает точность расчетов.

Применяемое в настоящее время в нормах условие прочности изгибаемых железобетонных конструкций теоретически и экспериментально обосновано для статически определимых конструкций и перенос его в расчет плитных фундаментов требует критического анализа с учетом полученных экспериментальных данных.

Результаты проведенных экспериментов, а также анализ выборки экспериментальных исследований других авторов, показали, что имеются определенные закономерности неупругого взаимодействия железобетонного фундамента и грунта, представляющие интерес с точки зрения расчета прочности.

Во первых, при возрастании внешней нагрузки, вследствие проявления пластических деформаций материала фундамента, раскрытия трещин на подошве и увеличения площади контакта, неупругих деформаций грунта, происходит перераспределение нормальных контактных напряжений, которое приводит к снижению их значения у края фундамента и высокой концентрации в центральной части, а также к появлению сил трения по контактной поверхности.

Во вторых, разрушение железобетонных фундаментов связано со значительным раскрытием нормальных трещин и с достижением напряжений в арматуре предела текучести по всей (или большей части) ширине плиты. Это происходит при перераспределенной эпюре нормальных контактных напряжений.

Для количественной оценки степени перераспределения нормальных контактных напряжений в грунте целесообразно принимать в расчет их распределение, полученное при проведении эксперимента. Определение значения контактных напряжений в грунте проводим при следующих предпосылках:

- принимаем модель грунтового основания по гипотезе Фусса – Винклера, устанавливающую пропорциональную зависимость между напряжениями в грунте и осадкам фундамента;
- после образования и раскрытия нормальных трещин, участки фундамента между трещинами принимают абсолютно жесткими;
- учитываем возникновение сил трения при увеличении площади контакта фундамента после образования и раскрытия нормальных трещин;
- очертание эпюры нормальных контактных напряжений, имеющее сложную криволинейную пространственную форму, заменяем (с некоторым упрощением) полиэдром с плоскими гранями. Ребра граней полиэдра соединяют по прямой линии значения ординат нормальных кон-

тактных напряжений у края фундамента и под его углами с соответствующими ординатами в расчетном сечении (рис. 1);

- расчетное сечение принимаем по грани опорной ступени фундамента, где заранее (при изготовлении фундамента) зафиксировано место образования нормальных трещин.

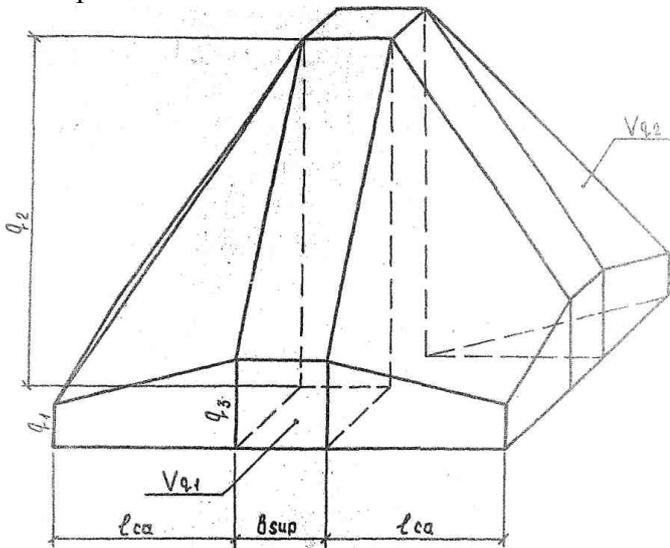


Рис. 1. Расчетная схема для эпюры нормальных контактных напряжений в грунте, представленная в виде полиэдра (условно перевернут).

- деформации в плитах к моменту исчерпания прочности малы;
- сеть линий излома плит образует схему разрушения и должна быть такова, чтобы система звеньев плиты, соединенная пластическими шарнирами, была изменяема;
- плиты обычно слабо армированы, поэтому мала сжатая зона бетона, и оси пластических шарниров можно принять в плоскости наиболее сжатого волокна;
- линия излома отыскивается решением дифференциальных уравнений, причем от точности задания схемы разрушения, зависит точность решения.

В наших исследованиях сделана попытка совместно рассмотреть критерий несущей способности, полученный для железобетонных надфундаментных элементов по методу, предельного равновесия, с особенностями силового взаимодействия фундаментных плит и песчаного основания. Такая особенность выражается в трансформации эпюры нормальных контактных напряжений в грунте, что практически означает изменение внешней нагрузки на фундамент. Поэтому считаем, что процесс перераспределения нормальных контактных напряжений к моменту разрушения завершается.

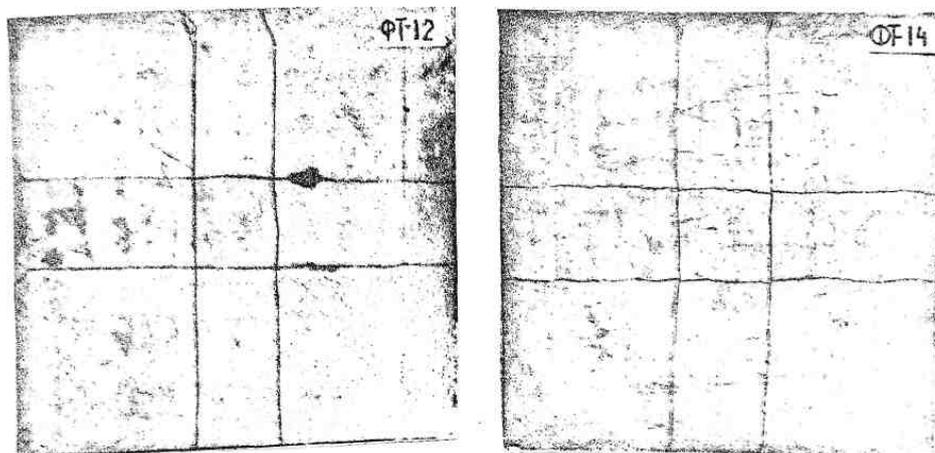


Рис. 2. Схемы трещинообразования на подошве фундаментов при предварительной фиксации их места образования.

Наиболее совершенным методом расчета, описывающим выявленную в опытах схему разрушения, является метод предельного равновесия, в частности его кинематический способ, предложенный для расчета фундаментов Ю. Н. Мурзенко (2) и А. А. Цесарским (3). Такой подход позволяет перейти от расчета фундаментов в одном, наиболее напряженном, сечении при прямоугольной эпюре нормальных контактных напряжений к расчету прочности фундаментной плиты в целом с учетом развития предельного состояния в плите и перераспределения нормальных контактных напряжений в основании.

Математический критерий несущей способности фундаментной плиты выражается как равенство работ внешних и внутренних сил. Имеется ряд предложений для выражения работ внешних и внутренних сил, которые основываются на следующих предпосылках:

В связи с анализом основных предпосылок метода предельного равновесия применительно к нашим экспериментам следует коснуться еще одного важного вопроса, который оказывает большое влияние на расчет фундаментов этим методом.

Речь идет о совпадении теоретической и реальной схемы разрушения и его влиянии на точность расчетов. Как показали проведенные испытания, трещины образовывались точно в заданных местах. Таким образом, схема разрушения (места пластических шарниров) соответствует заранее заданной схеме (рис. 2), что повышает точность расчетов.

ВЫВОДЫ

1. Существующие методы расчета плитных фундаментов не учитывают ряд особенностей силового взаимодействия фундамента с грунтовым основанием: перераспределение нормальных контактных напряжений в грунте и усилий в теле фундамента при образовании пластических шарниров; работу арматуры за пределом текучести.
2. Применение кинематического метода теории предельного равновесия для расчета плитных фундаментов сдерживается недостаточным количеством исследований закономерностей перераспределения напряжений в основании и железобетонном фундаменте при их совместной работе, а также закономерностей трещинообразования. Случайный характер трещинообразования вызывает необходимость рассматривать ряд вариантов образования пластических шарниров в плитной части фундамента.
3. Для повышения точности расчетов важно совпадение теоретической и фактической схем разрушения. Предлагается задавать схему разрушения, близкую к реальной, путем предварительной фиксации места образования нормальных трещин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гвоздев А. А. Метод предельного равновесия в применении к расчету железобетонных конструкций. Инженерный сборник. М.: Стройиздат, 1949 г. - с. 3...20.
2. Мурзенко А. Ю. Расчет прочности железобетонных внецентренно нагруженных фундаментов кинематическим методом предельного равновесия. Сборник «Исследование и расчеты оснований и фундаментов в нелинейной стадии работы». Новочеркасск, НПИ, 1986 г. – с. 70...78.
3. Мурзенко Ю. Н., Цесарский А. А. Применение кинематического метода к расчету железобетонных фундаментов под колонны. Сборник «Исследование оснований, фундаментов и гидротехнических сооружений». Новочеркасск, НПИ, 1970 г. – с. 35...39.

Раздел 3. Строительные материалы и изделия

УДК 614.841.4

Гайковая О.Н., инженер

Украинский НИИ пожарной безопасности МЧС Украины

Определение срока службы огнезащитных покрытий

Приведены результаты анализа методов оценки срока службы огнезащитных покрытий. Сделан вывод об установлении единого подхода к прогнозированию срока службы огнезащитных покрытий.

Пожарная безопасность, огнезащитные покрытия, долговечность, прогнозирование.

Для решения обеспечения пожарной безопасности в строительстве все чаще применяют огнезащитные покрытия. В связи с тем, что срок эксплуатации зданий и сооружений исчисляется десятилетиями, возникает проблема сохранения эффекта огнезащиты покрытиями в процессе длительной эксплуатации.

Сегодня отсутствует единый подход и методология определения сроков службы огнезащитных покрытий. О длительности их срока службы заключают по аналогии с данными по лакокрасочным покрытиям. Согласно [1] проводят оценку изменения внешнего вида покрытия без учета изменения его огнезащитных свойств. Для прогнозирования срока службы используют ускоренные методы старения образцов в лабораторных условиях и на специальных стендах. Наибольший опыт накоплен при прогнозировании срока службы лакокрасочных и строительных материалов по методу, изложенному в [2]. При этом во время искусственного старения проводится оценка технических параметров покрытия. В случае достижения предельных значений контролируемых технических параметров прогнозируют длительность эксплуатации с учетом количества циклов проведенных климатических испытаний.

Анализ существующих методов прогнозирования срока службы лакокрасочных покрытий и строительных материалов показывает, что они основаны на испытании образцов, размеры которых значительно меньше размеров реальных конструкций. При этом минимальные размеры одного образца определяют при условиях обеспечения надежной оценки изменения контролируемого параметра. При достижении предельного значения технических параметров устанавливают длительность периода эксплуатации покрытия в условиях, отвечающих режиму искусственного старения.

С учетом того, что испытания при ускоренном старении образцов лакокрасочных покрытий и определение их стойкости к влиянию разных климатических факторов (повышенная влажность, температура, солнечное излучение и другие) проводят на небольших образцах, целесообразно рассмотреть возможность использования стандартных методов оценки огнезащитных свойств покрытий.

В России методика оценки теплоизолирующих свойств огнезащитных покрытий [3] больше всего подходит для оценки долговечности огнезащитных покрытий для металла. Эта методика позволяет использовать небольшие по размеру образцы (стальные пластины размером 140 мм × 80 мм, толщиной до 1,0 мм). Испытательная установка имеет конструктивную возможность программировать тепловые режимы, а поэтому можно точно воспроизводить условия испытаний.

Важной проблемой в методическом плане является установление предельно допустимых значений параметра, определяющего возможность выполнения покрытием его прямых функций. Такие параметры, как декоративные и защитные свойства, по аналогии с соответствующими показателями лакокрасочных покрытий приобретают второстепенную роль.

Предельно допустимым значением эффективности следует считать такое его значение, при котором еще сохраняется уровень пожарной безопасности объекта защиты (предел огнестойкости). Таким образом, допустимое снижение огнезащитной эффективности в результате старения огнезащитного покрытия необходимо устанавливать в зависимости от вида объекта защиты, а также вида и параметров самого покрытия (толщина, вид грунта, декоративно-защитный слой). Покрытия, изначально имеющие максимальное значение огнезащитной эффективности при одинаковой динамике ее снижения, соответственно будут иметь срок службы значительно выше за счет запаса фактического значения па-

раметра эффективности. При разном характере зависимости изменения огнезащитных свойств от условий и длительности эксплуатации соотношение сроков службы покрытий может быть не предвиденным. На практике должно быть оправданным то, что огнезащитное покрытие, обеспечивающее определенную нормируемую эффективность, может использоваться лишь с учетом характера изменения его огнезащитных свойств в процессе старения (эксплуатации).

Проблему оценки долговечности огнезащитного покрытия можно разделить на два направления. Одно из них связано с определением условий эксплуатации, в которых огнезащитная эффективность покрытия практически не снижается на протяжении длительного периода (5, 10, 15 и более лет). Второе направление – выявление и оценка снижения эффективности покрытия с целью определения срока эксплуатации его в конкретных условиях, по окончании которого заданные параметры (предел огнестойкости) уже не будут обеспечиваться.

Для получения достаточно достоверного результата о длительности эксплуатации и снижении достоверности появления погрешности при прогнозировании срока службы огнезащитных покрытий целесообразно использовать необходимое количество образцов с учетом того, что огнезащитное покрытие является системой с неоднородными показателями. Кроме того, следует минимизировать случайные явления, которые не характерны для того или другого покрытия.

От количества образцов будет зависеть надежность окончательных результатов. Проблема установления количества образцов для испытаний чрезвычайно важна. Существуют два принципиально разных варианта испытаний по оценке долговечности огнезащитных покрытий. Поэтому перед началом испытаний на долговечность необходимо сделать предположение о продолжительности срока эксплуатации огнезащитного покрытия. В соответствии с одним из возможных вариантов проведения испытаний необходимо получить подтверждение допущенного срока эксплуатации.

Второй вариант предусматривает исследование изменения огнезащитных свойств в зависимости от длительности эксплуатации. Количество партий образцов, закладываемое на старение, будет пропорционально увеличиваться в соответствие с количеством прогнозируемых лет эксплуатации. При этом объем испытаний, а также надежность полученного результата увеличится.

В Украине для определения способности огнезащитных покрытий для металлических конструкций сохранять свои огнезащитные свойства применяется методика [4]. Существенным недостатком данной методики является то, что количественную оценку огнезащитных покрытий для металлических конструкций проводят не по всем показателям. Оценка внешнего вида проводят визуально, адгезию покрытия оценивают по ГОСТ 15140 [5], не распространяющийся на лакокрасочные покрытия, толщина слоя которых превышает 200 мкм. Например, толщина огнезащитного покрытия, например “Укртерм-М2”, превышает установленную [5] в 5 раз и составляет 1 мм. Второй пример: толщина сухого слоя покрытия “Эндодерм 17025” составляет 2,11 мм, а толщина сухого слоя покрытия “Эндодерм ХТ-150” 1,78 мм. В первом случае толщина покрытия превышает установленную стандартом [5] у 10,5 раз, а во втором случае в 9 раз. Поэтому проводить аналогию, предложенную в [4] с лакокрасочными покрытиями, некорректно.

Испытательный центр “Лакокраска” ООО “НПФ “Спектр-Лакокраска” (г. Москва) проводит оценку адгезии огнезащитных покрытий по методу 2 ГОСТ 15140 [5]. Но во время подготовки и проведения испытаний определяется адгезия комплексного покрытия (с учетом нанесения грунта, защитного покрытия от воздействия атмосферы), нанесенного на металлическую пластину слоем до 200 мкм. Таким методом была оценена адгезия огнезащитного покрытия “Unitherm 38091”, нанесенного по грунтам “ЭП-0199” и “ЭП-0259”. Но и в этом случае существует возможность получить показатель адгезии, отличный от того, который будет в реальной системе покрытия, нанесенного толщиной более 200 мкм в зависимости от защищенной конструкции. Приведенные недостатки были учтены в разработанной методике [6].

Существующая испытательная база не позволяет провести ускоренные климатические испытания контроля огнестойкости конструкции, а других параметров на данное время нормативными документами Украины не предусмотрено. Поэтому для определения долговечности огнезащитного покрытия необходимо проведение натуральных климатических испытаний с учетом условий их эксплуатации.

В России по вопросам проведения как ускоренных, так и натуральных испытаний по определению

гарантийного срока службы лакокрасочных и огнезащитных покрытий богатый опыт имеет испытательный центр “Лакокраска” ООО “НПФ “Спектр-Лакокраска” (г. Москва). Для проведения натуральных климатических испытаний покрытий данный испытательный центр имел оборудованные площадки, расположенные в разных климатических зонах на территории бывшего СССР. В настоящее время испытательный центр “Лакокраска” проводит лишь ускоренные испытания. Натурными испытаниями с целью определения гарантийного срока службы лакокрасочных и огнезащитных покрытий занимается ООО “Пигмент-Маркет” (г. Санкт-Петербург).

В Германии натурные климатические испытания проводятся Центром испытаний материалов для строительства Института строительных материалов, капитального строительства и противопожарной защиты при Техническом университете (г. Брауншвейг). Например, после хранения в условиях экстремальной промышленной атмосферы в г. Берлин и г. Дуйсбург были проведены огневые испытания стальных пластин размером 500 мм x 500 мм x 5 мм, обработанных системой покрытия “Unitherm ESA”. Для испытаний применялся малый испытательный стенд, соответствующий стандартам DIN 4102-8-2003 [7] и DIN 4102-2-1977 [8]. Критерий оценки огнезащитной эффективности испытанного покрытия – время достижения стальной пластиной температуры 500 °С был определен при проведении “нулевого эксперимента” (после обработки пластин огнезащитным покрытием), после 2-х с половиной лет, после 6-ти лет и 9-ти месяцев, а также после 11-ти с половиной лет хранения образцов пластин. В результате исследований характеристик старения системы покрытия “Unitherm ESA” был сделан вывод, что условия промышленной атмосферы на протяжении 11-ти с половиной лет не влияют негативно на огнезащитную эффективность покрытия. Данные, полученные после 11-ти с половиной лет, сравнимы с данными “нулевого эксперимента”, а также с данными, полученными после 2-х с половиной лет, 6-ти лет 9-ти месяцев хранения образцов с покрытием.

В Украине сроки службы огнезащитных покрытий определяют по результатам ускоренных испытаний, проведенных согласно ГОСТ 9.401 [2]. Например, в научно-производственной испытательной лаборатории “Антикор-Дон” Донбасской государственной академии строительства и архитектуры были проведены ускоренные испытания пяти систем покрытий на основе огнезащитного покрытия “Эндотерм ХТ-150” производства НПП “Спецматериалы” (протокол № 103-2А3 от 17.06.2003 года). Испытания проводили с целью определения защитных свойств, степени изменения физико-механических и декоративных показателей покрытия при воздействии коррозионно-активных компонентов промышленной среды в условиях умеренного климата. В результате ускоренных испытаний была дана сравнительная оценка влияния степени агрессивности и соответствующих значений показателя защитных свойств, но изменение огнезащитных свойств не проводили. Поэтому срок службы выбранных систем покрытий не учитывает изменения их огнезащитной эффективности и не гарантирует, что покрытие не потеряет свои огнезащитные свойства на протяжении всего определенного периода.

В 2007 году Украинским НИИ пожарной безопасности была разработана методика оценки качества огнезащитных покрытий для металлических конструкций, эксплуатируемых в условиях морского климата. Основные технические требования к огнезащитным покрытиям, эксплуатируемым в условиях морского климата, изложенные в [6], приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Номер п/п	Наименование показателя	Норма
1	Внешний вид, балл, не более	2
2	Адгезионная прочность, кПа, не менее	15
3	Прочность покрытия при ударе, см, не менее	10
4	Коэффициент вспучивания, раз, не менее	10
5	Огнезащитная эффективность	1)
1) покрытие должно обеспечивать огнестойкость защищаемых конструкций в зависимости от их типа и сферы применения в соответствии с требованиями, изложенными в технической документации на покрытие.		

Оценку внешнего вида (комплексную оценку декоративных и защитных свойств покрытия) проводят в соответствии с требованиями [9]. Обобщенную количественную оценку изменения декоративных свойств покрытия вычисляют по формуле

$$AD = XaB + XaЦ + XaГ + XaM, \quad (1)$$

где: AD – обобщенная оценка изменения декоративных свойств покрытия;

$aB, aЦ, aГ, aM$ – относительные оценки изменения блеска, цвета, грязеудржания, меления, величины которых в зависимости от балла определяют по табл. 2;

X – коэффициент весомости каждого вида разрушения, (для $aB, aЦ, aГ, aM$ $X = 0,25$).

Таблица 2.

Значение относительной оценки декоративных и защитных свойств покрытия

Балл	Относительная оценка по изменению декоративных свойств (аБ, аЦ, аГ, аМ)	Относительная оценка по изменению целостных свойств покрытий по площади разрушения		Относительная оценка по размеру разрушения (аЛР)
		Растрескивание, отслаивание, выветривание, образование пузырей (аГ, аВ, аС, аП)	Коррозия металла (аК)	
1	1,0	1,0	1,0	1,0
2	0,7	0,8	0,8	0,7
3	0,5	0,4	0,4	0,5
4	0,1	0,2	0,2	0,1
5	0,0	0,0	0,1	0,0
6	–	–	0,0	–

Обобщенную количественную оценку изменения защитных свойств покрытия вычисляют по формулам:

$$AZ = XB + XT + XC + XП + XK, \quad (2)$$

$$AZ = 0,15B + 0,2T + 0,15C + 0,1П + 0,4K, \quad (3)$$

где: $B, T, C, П, K$ – количественные оценки выветривания, растрескивания, отслаивания, образования пузырей, коррозии металла, величины которых вычисляют по формулам:

$$B = 0,6 aB + 0,4 aЛР \quad (4)$$

$$T = 0,6 aT + 0,4 aЛР \quad (5)$$

$$C = 0,6 aC + 0,4 aЛР \quad (6)$$

$$П = 0,6 aП + 0,4 aЛР \quad (7)$$

$$K = 0,6 aK + 0,4 aЛР \quad (8)$$

где: $aB, aT, aC, aП, aK$ – относительные оценки выветривания, растрескивания, отслаивания, образования пузырей, коррозии металла, величины которых в зависимости от бала определяют по табл. 2.

Адгезионную прочность покрытия к металлу определяют по силе равномерного отрыва. Суть метода состоит в измерении силы, необходимой для отрыва покрытия от защищенной металлической поверхности, в направлении, перпендикулярном площади покрытия с помощью приклеенной металлической пластины. При отрыве от металла величина адгезионной прочности (R), кПа, определяется по формуле:

$$R = \frac{F}{A \cdot 1000}, \quad (9)$$

где: F – значение силы, при которой происходит отрыв, Н;

A – площадь отрыва, $0,0009 \text{ м}^2$.

Прочность при ударе покрытия определяют в соответствии с [10]. Метод основан на опреде-

лении максимальной высоты, при падении с которой груз определенной массы (1000,0 г) не вызывает видимых механических повреждений на поверхности металлической пластины с покрытием. Прочность покрытия при ударе выражают числовым значением максимальной высоты в сантиметрах, при падении с которой груз не наносит механических повреждений покрытию.

Коэффициент вспучивания (K_g) рассчитывают по формуле:

$$K_g = \frac{L_1}{L_2}, \quad (10)$$

где: L_1 – толщина вспучившегося слоя, мм;

L_2 – толщина покрытия, мм.

Огневые испытания по оценке огнезащитной эффективности металлической конструкции с покрытием проводят по методу, регламентированному [11] и [12]. Критерием сохранения этой способности является соответствие значения показателя огнезащитной эффективности покрытия, полученного только по окончании всех циклов испытаний, которые предусмотрены методикой [6], значению, полученному на первом цикле испытаний (“нулевом эксперименте”), при условии сохранения защитных свойств покрытия.

Разработанная методика, учитывая недостатки [4], позволяет определять способность огнезащитных покрытий для металлических конструкций сохранять свои огнезащитные и защитные свойства от влияния атмосферы и агрессивной среды на протяжении срока эксплуатации в условиях морского климата.

ВЫВОДЫ

Целесообразно установление единого подхода к прогнозированию долговечности огнезащитных покрытий, с учетом изменения их огнезащитных свойств в зависимости от продолжительности и условий эксплуатации. При этом необходимо учитывать специфику огнезащитных покрытий и их условную аналогию с лакокрасочными покрытиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.ГОСТ 6992-68 ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Метод испытаний на стойкость в атмосферных условиях.
- 2.ГОСТ 9.401-91 ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов.
- 3.Баженов С.В., Наумов Ю.В., Мотина Л.В. Определение теплоизолирующих свойств огнезащитных покрытий по металлу: Методика. – М.: ВНИИПО, 1998. – 19 с.
- 4.Тимчасова методика випробувань з визначення здатності вогнезахисних покриттів для деревини та металевих конструкцій зберігати свої вогнезахисні властивості упродовж гарантійного терміну експлуатації (методика УкрНІИПБ, утверджена 27.08.2003 года).
- 5.ГОСТ 15140-78 Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии.
- 6.Методика комплексних досліджень з визначення показників якості вогнезахисних покриттів для металевих конструкцій, що експлуатуються в умовах морського клімату (методика УкрНІИПБ, согласованная с Департаментом пожарной безопасности 16.10.2007 года и утвержденная 16.10.2007 года).
- 7.DIN 4102-8-2003 Огнестойкость строительных материалов и конструкций. Часть 8. Малогабаритный испытательный стенд для определения изменений характеристик при горении.
- 8.DIN 4102-2-1977 Огнестойкость строительных материалов и конструкций. Технические требования и методы испытаний строительных конструкций.
- 9.ГОСТ 9.407-84 ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида.
- 10.ГОСТ 4765-73 Материалы лакокрасочные. Метод определения прочности при ударе.
- 11.ДСТУ Б В.1.1-4-98* Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги.
- 12.Методика випробувань несучих металевих конструкцій з вогнезахисним покриттям та облицюванням на вогнестійкість, согласованная ГУГПО МВС Украины 26 ноября 2001 года.

Орловская Е.В., к.т.н.

Ялтинский филиал КрымНИИПроект

Любомирский Н.В., к.т.н., доцент, Лукьянченко М.А., к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Маргаль И.В., к.т.н., доцент

Национальный университет «Львовская политехника»

Оценка состояния материалов стеновых конструкций при обследовании технического состояния существующих зданий

В статье описаны правила и приемы оценки технического состояния материалов стеновых конструкций зданий с целью выявления их технических и эксплуатационных ресурсов и пригодности к дальнейшей надежной эксплуатации. Рассматриваются методы оценки материалов, выбор мест и способы отбора проб для лабораторных исследований состояния бетона, арматуры, керамики, дерева, штукатурки, паро- и гидроизоляционных материалов. В статье использованы материалы опубликованных работ по данному вопросу, М. Фиртак, З Сцислевского и др., а также действующие стандарты и нормы.

Стены, материал стен, техническое состояние, оценка, эксплуатация зданий, отбор проб

При проведении обследований технического состояния строительных объектов, в частности стеновых конструкций, требуется, как правило, комплексная оценка, которая необходима для прогнозирования долговечности зданий, их технических и эксплуатационных ресурсов. Оценка включает обследования и исследования конструкций и материалов из которых они изготовлены.

Причинами деструктивных изменений могут являться физико-механические, термические, химические, электрохимические, биологические и другие факторы, а также процессы старения, характерные для конкретного материала. На долговечность материалов всегда влияют взаимосвязанные характеристики материалов и сред, в которых они эксплуатируются. Наиболее подвержены деградации наружные конструкции стен зданий, выполняющие целый ряд функций: безопасности и надежности, тепло- и звукоизоляции, огнестойкости, требований санитарии и сопротивления внешним воздействиям. Объем исследований стен связан с необходимостью выявления допустимого размера разрушений и выбором параметров, определяющих эти разрушения. Последовательность проведения обследования конструкций стен схематически приведена на рис. 1.



Рис. 1. Схема обследования стен и испытаний строительных материалов

Места, где материалы могут подвергаться разрушительным процессам, устанавливаются на основании:

- анализа проектно-конструкторской и технологической документации, информации об изменениях в конструктивных решениях при проведении текущих ремонтов;
- оценки воздействия среды: влажности, ветра, температуры, наличия агрессивных жидких и газообразных гигроскопических субстанций, аэрозолей, плохо вентилируемых мест и т.д.;
- предварительных обследований, позволяющих обнаружить трещины, мокрые пятна, затеки и застои жидкостей и т.д., являющихся причинами и результатами коррозии строительных материалов.

Оценка технического состояния материалов и степени их деструкции производится методами, которые показаны на рис 2.

Визуальные методы обследования стен позволяют оценить:

- вид материалов, из которых выполнены стены здания;
- вид и назначение конструктивных слоев (гидроизоляции, теплоизоляции, выравнивающих стяжек и т.д.) и их толщину;
- толщину швов (например, кладочного раствора);
- наличие дефектных мест или разрушений в процессе эксплуатации стен;
- наличие трещин (глубина и ширина их раскрытия), высолов, выцветов, подтеков, запыленности;
- наличие участков заселенных микроорганизмами (грибами, плесенью и т.д.), которые вызывают биологическую коррозию материалов;
- масштабы увлажнения стен и их возможное промерзание;
- состояние арматуры, закладных деталей, сварных швов, толщину защитного слоя бетона или другого материала;
- состояние гидро- и теплоизоляции стен.



Рис. 2. Методы оценки состояния материалов в конструкциях

С целью идентификации материалов, применяемых в конструкциях стен, в некоторых случаях (например, отсутствие достаточной документации) возникает необходимость вскрытия конструк-

ций, позволяющее оценить отдельные конструктивные слои и систему армирования. Визуальный осмотр является обоснованием для выбора мест отбора проб материала для лабораторных исследований. Как правило, решение о месте отбора проб принимает инженер-конструктор, который устанавливает степень разрушения конструкций и объем необходимых ремонтных работ.

Отбор проб материалов производят вручную или механическим способом с помощью ударно-вращательного сверлильного инструмента. При этом следует учитывать вероятность ослабления сечения после извлечения проб и доступность к месту отбора. Отбор проб производят с помощью алмазных сверл или инструментов из высокопрочной стали (победит) в виде цилиндров (кернов) диаметром 80, 100 или 125 мм. Если стенная конструкция находится под воздействием агрессивных наружных и внутренних сред, то производится сквозной отбор пробы. При одностороннем действии агрессивной среды глубина отбора проб не должна быть меньше двойного диаметра цилиндра.

Предварительную оценку состояния бетона производят визуально и оптическим методом с помощью микроскопа с масштабной шкалой в окуляре. При этом устанавливают плотность структуры бетона. Основные исследования производят на пробах и образцах следующим образом:

- для химических анализов отбирают слой толщиной до 1 см, так чтобы можно было установить глубину и степень коррозии (глубину слоя карбонизации с помощью теста с раствором фенолфталеина);
- при определении прочности бетона отбирают образцы высотой равной диаметру керна, так, чтобы в керн не попала арматура;
- удельную плотность и водопоглощение определяют на оставшейся части образцов после испытания на прочность.

С целью отбора проб правильной формы (кубов, призм) следует применять алмазные пилы.

Для диагностики технического состояния конструкции стен существенную роль играют химические исследования. Роль таких исследований можно проиллюстрировать 3 случаями.

1. Установленная прочность и осмотр арматуры показали хорошее состояние бетона, и отсутствие коррозии арматурной стали, в то время как химические исследования выявили значительные поражения ионами SO_4^{2-} или Cl^- , снижение уровня pH водной вытяжки, уменьшение количества растворной части и т. д.

2. Установленная прочность и визуальный осмотр арматуры указывает на значительную потенциальную деструкцию бетона со временем и результаты анализа подтверждают эту возможность.

3. Установленная прочность понижена и оценивается негативно, химический анализ – положительный. Это свидетельствует о плохом качестве бетона и одновременно о невысоком влиянии факторов среды на его деструкцию.

В первом случае результаты химических исследований коррозии бетона могут являться предостерегающими о возможности дальнейшей деструкции бетона в процессе последующей эксплуатации стен. Это возможно при сульфатной коррозии бетона и прогрессирующей коррозии арматуры, вызываемой ионами SO_4^{2-} и Cl^- при одновременной депассивации бетона в результате изменения толщины защитного слоя. В этой ситуации конструкция должна быть подвержена ремонту и защите, в то время как без проведения химических исследований такую ситуацию не возможно учесть.

Во втором случае, когда результаты визуального осмотра и химических исследований совпадают, последние позволяют установить причины и механизмы деструкции и выбрать способы ремонта и методы защиты конструкций. В табл. 1 приведены показатели и их допустимые предельные значения, которые наиболее часто изучаются при обследовании.

В некоторых случаях, даже если фенолфталеин не меняет окраску бетона вблизи арматуры, сталь может находиться в активном состоянии, т.е. существует потенциальная опасность коррозии. Это имеет место в результате попадания в бетон веществ, которые могут быть депассиваторами. Во время визуального обследования, когда бетон является плотным, можно еще не определить присутствие продуктов коррозии на поверхности стали. Тогда информацию об состоянии сохрани-

ности стержней получают на основании кривых поляризации арматурной стали в водной вытяжке из бетона, взятого вблизи арматуры. Испытания заключаются в опытном определении зависимости плотность тока – потенциал, на соответствующей установке и образцах, оговоренных в методике [7]. Оценку результатов проводят в соответствии со значениями, приведенными в табл. 2. Если хотя бы одно из этих условий не выполняется, то это значит, что бетон не имеет соответствующих характеристик, обеспечивающих сохранность арматуры.

Таблица 1

Показатели, определяемые при исследовании коррозии бетона, и их допустимые значения

Показатель	Единица измерения	Предельно допустимое значение	Характеристика показателя
Степень выщелачивания бетона	pH водной вытяжки	$\geq 11,5$ > 10	$< 11,5$ бетон не пассивирует арматуру < 10 деструкция бетона
SO_4^{2-}	% массы вяжущего	< 3	> 3 стимулирует коррозию арматуры, сульфатная коррозия бетона
Cl^-	“	$< 0,3$	> 3 хлорная коррозия бетона, стимуляция коррозии арматуры
Ca^{2+}	% в пересчете на CaO	> 70	< 70 деструкция бетона, вызванная растворимостью
Насыщение	% от массы	≤ 5	5 – увеличение пористости бетона свидетельствует о его плохом качестве, возможности деструкции или склонности к коррозии
Соотношение вяжущего и заполнителя	Количество заполнителя на единицу массы вяжущего	5 – 7	> 7 – увеличенное количество заполнителей свидетельствует о потере вяжущего в результате растворения и вымывания < 5 – нарушена технология изготовления или неправильно запроектирован состав

Таблица 2

Условия пассивного состояния арматуры в бетоне

Измеряемая величина	Потенциал испытуемого электрода в сопоставимости с насыщенным каломелевым электродом, mV	Плотность тока пассивации, (С·А)/m ²
Потенциал стационарный	> 350	-
Потенциал пассивации	> -300	-
Потенциал пробоя	450-700	-
Плотность тока пассивации для стали напряженной обычной	-	< 10
	-	< 15

Во время коррозии стали в бетоне образуются коррозионные макроочаги, которые спровоцированы возникновением активных и пассивных участков на поверхности одного и того же стержня. Образуются, таким образом, замкнутые через стержень гальванические очаги, в которых появ-

ляются активные анодные и пассивные катодные поверхности. Напряжение в этих макроочагах, соответствующее разнице потенциалов между катодом и анодом, может достигать 0,5 в. Приток тока в очаге пропорционален потере массы стали, которую можно рассчитать в соответствии с законом Фарадея.

Существует целая группа методов испытания коррозионной опасности арматуры в эксплуатируемых стеновых железобетонных конструкциях, которые используют для установления необходимых для расчета показателей, имеющих влияние на силу коррозионного тока. Испытания заключаются в измерении потенциала или установлении разницы потенциалов между разными участками арматуры, а также за мере поляризационного сопротивления. Полученные результаты характеризуют состояние, в котором арматура находится во время испытания, однако на их основании нет возможности судить о размерах повреждений стали в конструкциях. Каждый из этих методов имеет свои недостатки и ограничения, которые всегда необходимо учитывать.

Сейчас выпускают специальные установки для проведения замеров потенциала с автоматической регистрацией результатов, которые при подсоединении к компьютеру дают возможность рисовать карту потенциалов сразу на поверхностях конструкций объекта. Замеры и карты потенциалов позволяют локализовать места, в которых арматура не корродирует, особенно на больших площадях.

Проблема исследования биодegradации и биосопротивления материалов и конструкций является комплексной и многоотраслевой. Многообразие методов исследования связано с широким кругом биологических организмов (бактерии, микроскопические грибы, актиномицеты, насекомые, грызуны, птицы, морские обитатели и др.), являющихся агентами биоразрушений и самими объектами биоповреждений (древесина, бетоны, природные камни, клеи, герметики, металлы, сплавы, лакокрасочные материалы и т.д.) [13 - 16].

При обследовании бетонных и железобетонных стен основное внимание уделяется исследованию устойчивости материалов к биообрастанию и установлению изменения физико-механических свойств под воздействием микроскопических грибов и продуктов их метаболизма.

Испытание материалов на грибостойкость и наличие фунгицидных свойств осуществляют в соответствии с требованиями ГОСТов [12]. В качестве тест-организмов используют девять видов микромицетов, поставляемых из ВКМ АН России.

Экспериментальные исследования проводят по двум методам – А и Б, сущность которых заключается в выдерживании материалов, зараженных суспензией спор всех тестовых видов плесневых грибов, в оптимальных для их развития условиях с последующей оценкой грибостойкости (метод А) и фунгицидности (метод Б) образцов в баллах.

Методом А (без дополнительных источников углеродного и минерального питания) устанавливают, является ли материал источником питания для микромицетов; с помощью метода Б (на полной питательной среде) определяют наличие у материала фунгицидных свойств и влияние внешних загрязнений на его грибостойкость.

В качестве характеристики для оценки микробиологической стойкости материалов рассматривают степень обрастания грибами. Согласно ГОСТу ее оценивают в баллах по шестибальной шкале. Материал считается грибостойким, если получает оценку 0 – 2 балла по методу А, и обладает фунгицидными свойствами, если вокруг образца на питательной среде (метод Б) наблюдается зона отсутствия роста грибов (фунгицидная зона) или на поверхности по краям образцов наблюдается рост грибов, оцениваемый в 0 – 1 балл.

Долговечность керамики, прежде всего, зависит от исходного химико-минералогического состава сырья; структуры и текстуры готового черепка, а также среды в которой изделия эксплуатируют. На рис.3 показаны возможные причины, которые наиболее часто приводят к деградации керамических строительных изделий.

Окись кальция инициирует наибольшие деструктивные изменения в керамических изделиях, если размеры ее частиц превышают 1 мм, а содержание – 0,25 % массы. В случае увлажнения она переходит в гидроксид кальция с увеличением по объему в 2 раза, что приводит к отколам и вздутию материала. Растворимые сульфатные соли обычно в керамике приводят к выцветам и

кристаллическим налетам, шелушению поверхности изделий, а в некоторых случаях к полному разрушению. Эти процессы могут протекать исключительно при воздействии влаги. Повышение влажности керамики выше нескольких % связано с капиллярным подсосом гигроскопических солей. Во время дождя или тумана быстро происходит увлажнение стен и на их поверхности появляются мокрые пятна. При снижении влажности воздуха появляются высолы. Циклическое увлажнение-высыхание, т.е. последовательное растворение и кристаллизация солей, приводит к разрушению материала. Наиболее опасно увлажнение материала стен азотно-кислыми солями, главным образом $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, которые переходят в раствор при относительной влажности воздуха около 53 %. Основное влияние при оценке состояния керамических материалов оказывает:

- влажностное состояние;
- низкое значение pH;
- содержание CaO;
- содержание растворимых сульфатов, главным образом MgSO_4 и Na_2SO_4 ;
- содержания гигроскопических солей, главным образом хлоридов и сульфатов.

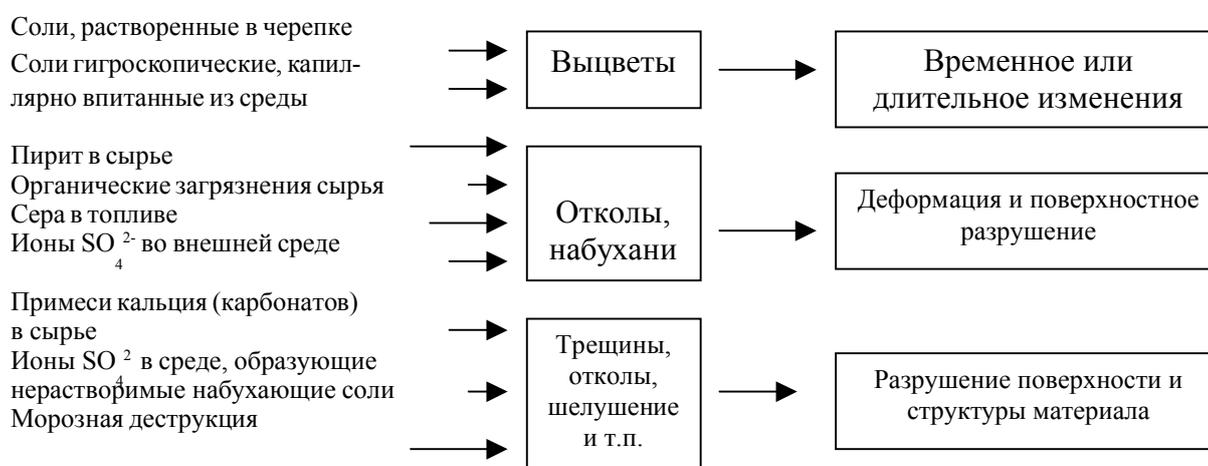


Рис. 3. Причины деструктивных изменений в строительной керамике.

Материалы для лабораторных исследований отбирают при вскрытии стен в виде кусков и упаковывают в водонепроницаемые пластики. Деструктивные изменения в керамических изделиях и строительных элементах зависят от:

- количества и вида сульфатов, содержащихся в материале;
- пористости (размера и формы пор);
- механической прочности материала;
- вида и характера внешней среды, действующей на материал, в частности от температурно-влажностных условий.

В связи с этим, данные представленные в табл.3 следует интерпретировать так, что превышение приведенных величин может допускаться при условии, что они не являются причиной деструкции кирпича.

Таблица 3

Показатели для оценки керамических изделий

Вид изделия	Содержание $\text{MgSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$, % от массы	Содержание свободной CaO, % по массе	pH водной вытяжки	Содержание NO_3^-
Кирпич, Дренажные изделия	0,15	0,25	6,5 – 8	0
Клинкерный кирпич	0,10	0,25	6,5 – 8	0

Оценку прочности кирпича и раствора стен можно производить разрушающими и неразрушающими методами. Разрушающие методы предусматривают испытания кирпичей, извлеченных из

стен зданий или на основании результатов испытаний на прочность высверленных из стен зданий и специально подготовленных проб в виде кернов диаметром и высотой 125 мм, которые позволяют определить абсолютную прочность материала. При испытании кирпича и раствора применяются также неразрушающие методы – склерометрические (молоток Шмидта и др.) и ультразвуковые. Прочность кирпича в существующих стенах составляет 3 – 35 МПа, растворов – 0,2 – 12 МПа. В случае растворов плотной структуры, микроскопическим методом определяется их плотность, степень заполнения пустот вяжущим, наличие налетов и выцветов солей. Лабораторными исследованиями определяют:

- содержание вяжущего и заполнителя в растворе;
- рН водной вытяжки; снижение величины рН свидетельствует о выщелачивании вяжущего и возможной коррозии при условии действия кислот;
- количество ионов сульфидов и хлоридов, которые могут вызвать набухание вяжущего, связанного с кристаллизацией гипса, этрингита, а также хлоридов кальция.

Основными параметрами при оценке древесины является ее влажность. Наибольшую опасность для конструкций здания под влиянием увлажнения представляют:

- снижение прочности конструкций, поскольку прочность древесины при изгибе с влажностью 30 % на 60 – 70 % ниже прочности древесины с влажностью 18 %;
- быстрая деструкция древесины, которая закрыта в стене и не может быстро освободиться от влаги;
- влажность и температура являются причиной заражения древесины грибами и микробами, что приводит к ее гниению и полному разрушению деревянных элементов и конструкций;
- снижение характеристик теплоизоляции наружных стен. Пар, который образуется при высыхании древесины, увлажняет теплоизоляционные материалы, снижая их теплофизические свойства;
- деревянные элементы во время высыхания подвергаются усадке, короблению, искривлению.

Дерево достигает стабильности только при влажности ниже 14 %, однако в процессе высыхания происходит его усадка на 1 % на каждые 4 % потерь влажности, поэтому часто гипсокартонные плиты, монтируемые на деревянной обрешетке, деформируются с образованием трещин.

Заметное влияние на распределение тепла и влаги в зданиях оказывают их конструктивные особенности, форма и уровень воздействия на конструкции атмосферной и почвенной влаги, возникновение конденсационной влаги, динамика увлажнения и просыхания конструкций. Для сохранения деревянных стен важна ширина свесов кровли и наличие примыкающих к ним различных вспомогательных пристроек, балконов террас и пр.

Распределение тепла и влаги по отдельным конструкциям здания связано с ориентацией его по сторонам света. Наиболее длительно удерживают влагу северные стороны стен, особенно в слабопродуваемых участках. Южные стороны стен нагреваются больше всего, особенно находящиеся в ветровой тени, а в зонах продувания они же быстро просыхают. Так возникает пространственная структура микроклимата вокруг здания и тепловлажностных полей на ее оболочке с экологической дифференциацией состава и активности биологических разрушителей. Биологические разрушители и растительные организмы (лишайники, мхи, водоросли и пр.) с различной активностью заселяют эти тепловлажностные поля. Скорость разрушения материала тем выше, где наиболее оптимальные условия развития разрушителей. Распределение тепловлажностных полей наружной оболочки зданий неизбежно сказывается на состоянии воздуха и внутри конструкции и внутри всего объекта, хотя и со смещением во времени и снижением диапазона суточных и погодных колебаний.

При обследованиях часто наблюдается увлажнение штукатурок, отслоение их от подложки, загрязнения поверхности грязью и пылью, попадающих с крыши и воздуха. Причиной увлажнения могут быть гигроскопичные соли. Уже при относительной влажности воздуха более 50 % они начинают поглощать влагу, а при влажности более 90 % увлажнение, вызванное солями, может в 3 раза превышать естественную влажность.

Пределные значения относительной влажности воздуха, выше которых соли образуются на поверхности стен зданий и впоследствии растворяются, приведены в табл.4.

При оценке состояния цементных и цементно-известковых штукатурок следует учитывать:

- содержание вяжущих и заполнителей;
- значение рН, которое позволяет определять степень выщелачивания вяжущего;
- общее содержание солей, в основном, гигроскопических (см. табл. 4).

Таблица 4

Пределная величина относительной влажности в %

С о л ь	Точка перехода соли в раствор
Ca(NO ₃) ₂	53
NaNO ₃	74
KCl	75
Na ₂ SO и NaCl	84
MgSO ₄	88
CaSO ₄	Около 100

Для декоративно-защитных покрытий, обеспечивающих защиту подложки от увлажнения используют следующие виды защитных красок и штукатурных смесей:

- водорастворимые на вяжущих, модифицированных синтетическими смолами;
- нерастворимые в воде на синтетических вяжущих и органических растворителях;
- водорастворимые двухкомпонентные штукатурные смеси на минерально-органических вяжущих.

Состояние отделочных покрытий оценивают на основе:

- исследования поверхностей насыщения;
- исследований гидрофобности поверхности;
- оценки содержания гигроскопических солей в случае неравномерной окраски, наличия пятен, выцветов

Требования, касающиеся свойств поверхности отделочных материалов, обеспечивающих влагозащиту, приведены в табл. 5.

Таблица 5

Требования к отделочным влагозащитным материалам

Вид покрытия	Поверхностное насыщение	Гидрофобность поверхности
Отделочное покрытие	< 0,2 кг/м ² за 24 ч	Шаровидные капли подложкой не впитываются в течение не менее 2ч
Отделочная штукатурка	< 1,5 кг/м ² за 24 ч	То же

Основной характеристикой при оценке материалов, применяемых для парогидроизоляции является водонепроницаемость и паронепроницаемость. Эти свойства не должны меняться со временем, поэтому оценку состояния этих материалов производят на основании показателей их плотности и водопоглощения. Водопоглощение не должно превышать 0,5 – 1 % массы., в то же время плотность, определяемая индуктометром при напряжении 10 кВт, не должна показывать пробой.

Термическая изоляция стен может выполняться из пористых искусственных материалов (пенополиуретана, пенополистирола и др.), минеральной ваты и различного рода засыпок (керамзита, перлита, вермикулита и др.). Свойства этих материалов зависят прежде всего от их толщины, плотности и влагоемкости. Засыпки проявляют тенденцию к уплотнению и усадке, а полиуретановая пена сравнительно дорогая. В табл. 6 и 7 приведены основные свойства по которым оценивают эти материалы.

Увеличение влажности влечет за собой повышение теплопроводности материалов. Так, повышение влажности на 15 % приводит к росту коэффициента теплопроводности до 130 %.

Таблица 6

Требования при испытании пенополистирола

Исследуемые показатели	Требования
Истираемость и состояние поверхности	Не истирается, гладкая поверхность из которой не выпадают вспученные зерна
Влажность	Исключается
Водопоглощение за 24 ч	< 2%
Удельная плотность	12 – 30 кг/м ³

Таблица 7

Требования при испытании минеральной ваты

Исследуемые показатели	Требования
Количество разрушенных волокон	< 1 % массы
Влажность	Исключается
РН водной вытяжки	≥ 7,5
Количество SO ₄ ²⁻	0,02 – 0,04 % массы

ВЫВОДЫ

1. Современные конструкции стен возводят из различных материалов конструкционного и ограждающего назначения, выполняющих определенные функции такие как: тепло- и звукоизоляции, паро- и влагозащиты, эстетики и др.
2. Материалы в конструкциях стен подвергаются различным воздействиям (физикомеханическим, термическим, химическим, электрохимическим, биологическим и др.), которые в конечном итоге определяют различную долговечность материалов, а также самих конструкций стен – несущую способность и сопротивляемость деформациям, вызываемых этими воздействиями.
3. Отклонения температуры и влажности, превышающих естественную для каждого материала, приводят не только к ухудшению микроклимата внутри зданий, но и к деструкции и деградации материалов из которых возведены стены зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М. Москвин, Ф.М. Иванов, С.Н. Алексеев, Е.А. Гузев. Под общ.ред. В.М.Москвина. М.:Стройиздат, 1980. – 536 с.
2. Грунау Э. Предупреждение дефектов в строительных конструкциях. – Пер. с немец. – М.:Стройиздат, 1980. – 215 с.
3. Коллинз Д. Повреждения материалов в конструкциях. – М.:Мир, 1984. – 624 с.
4. Мещечек В.В., Ройтман А.Г. Капитальный ремонт, модернизация и реконструкция жилых зданий: Вопросы организации. – М.:Стройиздат, 1987. – 240 с.
5. Рекомендации по обследованию и оценке технического состояния крупнопанельных и каменных зданий / НИИСК. – М.:Стройиздат, 1988. – 240с.
6. Nagrodzka-Godycka K Badanie wlasciwosci betonu i zelbetu w warunkach laboratoryjnych. - Warszawa : Arkady, 1999. – 134 s.
7. Scislewski Z. Ochrona konstrukcji zelbetowych. – Warszawa : Arkady, 1999. – 196 s.
8. Fiertak M. Strukturalne uszczelniane przegrod budowlanych z betonu. Seria inzynieria londowa. – Krakow: politechnika Krakowska, 2000. – 158 s.
9. Fiertak M. Ocena materialow konstrukcji scian w budynkach istniejacych / Materialy Budowlane. – 2000. – № 5. – S. 54 – 58.
10. Землянский А.А. Обследование и испытание зданий и сооружений: Учебное пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2001. – 240.
11. Архітектурні конструкції, реставрація і реконструкція. Діагностика, оцінка та методи обстеження / Суханов В.Г., Коробко О.О., Лісенко В.А. Під ред. В.С. Дорофєєва, В.А. Лісенко. – Одесса: Вид-во “Optimum”, 2005. – 194 с.
12. ГОСТ 9.049-75 – ГОСТ 9.053-75. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов. М.: Госстандарт, 1982.
13. Дрозд Г.Я. Микроскопические грибы как фактор биоповреждений жилых, гражданских и промышленных зданий. – Макеевка: Б.И., 1995. – 18 с.
14. Биологическое сопротивление материалов / В.И. Соломатов, В.Т. Ерофеев, В.Ф. Смирнов и др. – Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2001. – 196 с.
15. Ребрикова Н.Л., Карпович Н.А. Микроорганизмы, повреждающие настенную живопись и строительные материалы // Микология и фитопатология. – 1988. – Т. 22. – № 6. – С. 531 – 537.
16. Чуйко А.В. Оптимизация биосопротивляемости полимерных бетонов // Биоповреждения в промышленности. – Горький, 1985. – С. 91 – 95.

Раздел 4. Технология промышленного и гражданского строительства

УДК 624. 132.3: 621. 878.6

Акимов Ф.Н., к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Повышение эффективности применения землеройно-транспортных машин в сложных грунтовых и климатических условиях

Предложен метод применения самоходных скреперов при разработке мерзлых грунтов после эффективного способа рыхления.

Скрепер, бульдозерно-рыхлительный агрегат, мерзлые грунты, рабочий цикл скрепера, производительность.

Эффективность использования скреперов в условиях строительства в значительной мере определяется размерами и свойствами рабочей зоны.

В связи с тем, что основными операциями рабочего цикла скрепера является набор и перемещение грунта, под рабочей зоной следует подразумевать площадку набора и транспортировки грунта. В рабочую зону целесообразно включать комплекс природных, технических и технологических факторов, показывающих непосредственное влияние на производительность и эффективность работы машин. Их следует оценивать с помощью единичных, комплексных и обобщенных показателей.

К единичным показателям относятся вид разрабатываемого грунта, его плотность, влажность, липкость, прочность в куске и массиве, абразивность и т.д. К комплексным показателям относятся группа грунта, удельное сопротивление копанию, сопротивление передвижению и т.д.

В настоящее время строительными нормами на земляные работы при нормировании разработки и перемещения грунта скреперами учитываются тип и вместимость ковша скрепера, а так же два показателя рабочей зоны: группа грунта (I, II) и расстояние перемещения грунта. Эти данные не дают полной характеристики рабочей зоны скрепера, т. к. не учитывают такие важнейшие факторы как удельное сопротивление копанию, которое имеет некоторый разброс внутри каждой группы грунтов, уклон и состояние транспортного пути и т. д. Указанные обстоятельства снижают точность нормирования и вносят в него элемент случайности.

Более полной и удобной формой оценки рабочей зоны скреперов является их характеристика одним числом с помощью обобщенного показателя.

В качестве такого показателя может использоваться полезная работа, выполненная машиной или комплектом машин.

Рабочий процесс разработки грунта скрепером состоит из набора и транспортировки грунта.

$$A_c = A' + A'' \quad (1)$$

где: A_c - полезная работа, необходимая для выполнения всего процесса, МДж;

A' и A'' - работа соответственно при наборе и транспортировке грунта, МДж;
При наборе грунта

$$A' = K_{fc} \cdot g + 0,05\gamma(\omega \pm i) \cdot l_n, \quad (2)$$

где: K_{fc} - энергоемкость копания (численно равная удельному сопротивлению копанию), МДж/м³;

g – объем грунта в плотном теле, набранный в ковш скрепера, м³;

γ – плотность грунта, т/м³;

ω - удельное сопротивление передвижению;

i – уклон участка набора грунта;

l_n – длина набора грунта скрепером, м;

При транспортировке грунта

$$A'' = 10^{-2} g \cdot \gamma(\omega \pm i) \cdot l_{mp} \quad (3)$$

где: i – уклон транспортного пути;

l_{mp} – расстояние перемещения грунта, m .

Удельная полезная работа, выполненная скрепером с учетом формул (2, 3), соответствует выражению

$$A_{y.c.} = \frac{A_c}{g} = K_{fc} + 10^{-2} \gamma(\omega \pm i)(5l_n + l_{mp}) \quad (4)$$

Полезную работу, выполняемую скрепером, можно определить параметры машины

$$A_c = A_{y.c.} g = 10^{-3} N_c \eta_{m.c.} (t_H + t_{mp}) \quad (5)$$

где: N_c – мощность, развиваемая двигателем скрепера, kBm ;

$\eta_{m.c.}$ – тяговый КПД скрепера;

t_n, t_{mp} – соответственно продолжительность набора и транспортировки грунта скрепером, c .

Выразив объем грунта, вырабатываемый скрепером g через его часовую производительность

$$\frac{\Pi_{c.m.}}{g} = \frac{\Pi_{c.m.} t_{y.c.}}{3600}$$

где:

$t_{y.c.}$ – длительность цикла, c

и подставив в формулу (5), получим

$$A_{y.c.} = \frac{N_c}{\Pi_{c.m.}} \eta_{m.c.} \eta_c, \text{ МДж/м}^3; \quad (6)$$

где: η_c – коэффициент, учитывающий продолжительность использования скрепера для выполнения полезной работы.

Величина η_c определяется отношением продолжительности набора и транспортировки грунта к длительности цикла

$$\eta_c = \frac{t_n + t_{m.p.}}{t_{y.c.}} \quad (7)$$

Обычно, для набора грунта скрепером принимают трактор-толкач. Для установления мощности толкача следует рассмотреть процесс резания и заполнения ковша скрепера грунтом

$$A' = K_{fc} g + 0,05 \gamma g (\omega \pm i) l_n = 10^{-3} (N_c \eta_{m.c.} + N_m \eta_{m.m.}) t_n \quad (8)$$

где: N_m – мощность, развиваемая двигателем толкача, kBm ;

$\eta_{m.m.}$ – тяговый КПД толкача.

После определения величины g через $\Pi_{c.m.}$ и преобразований формула (8) примет вид

$$A_y = \frac{3,6(N_c \eta_{m.c.} \eta_c'' + N_m \eta_{m.m.} \eta_c'')}{\Pi_{c.m.}} \quad (9)$$

где: $\eta_c = \frac{t_n}{t_{y.c.}}$ (10) – коэффициент, учитывающий долю продолжительности набора грунта в рабочем цикле скрепера.

По аналогии с η_c , соотношение продолжительности набора грунта скрепером с циклом ра-

боты толкача $t_{у.с}$ определяет коэффициент полезного использования толкача

$$\eta_m = \frac{t_{у.с}}{t_{у.м}} \quad (11)$$

Известно, что требуемое количество скреперов n_c , обслуживаемых одним толкачом, определяется зависимостью $n_c = \frac{t_{у.с}}{t_{у.м}}$. Выразив продолжительность цикла машин через коэффициенты η_c и η_m получим следующую зависимость

$$n_c = \frac{\eta_m}{\eta_c''} \quad (12)$$

С учетом формулы (12) выражение (9) можно записать в следующем виде

$$A_y = \frac{3,6 \left(N_c \eta_{m.c} \eta_c'' + \frac{N_m \eta_{m.m} \eta_m}{n_c} \right)}{\Pi_{c.m}} \quad (13)$$

Производительность скрепера в общем виде определяется следующим выражением

$$\Pi_{c.m} = \frac{EK_u}{t_{у.с}} 3600 \quad \text{м}^3/\text{ч} \quad (14)$$

где: E - вместимость ковша скрепера, м^3

K_u - коэффициент использования ковша.

Величина K_u равна

$$K_u = \frac{K_n}{K_{p.k}} \quad (15)$$

где: E - коэффициент наполнения ковша грунтом

$K_{p.k}$ - коэффициент разрыхления грунта в ковше.

Выражение (13) с учетом формулы (14) можно представить следующим виде

$$A_y = \frac{t_{у.с} (N_c \eta_{m.c} + N_m \eta_{m.m}) \eta_c''}{10EK_u} \quad (16)$$

Мощность толкача определяется из формул (9) или (16), соответственно

$$N_m = \frac{[K_{fc} + 0,05\gamma(\omega \pm i)l_n] \Pi_{c.m} - 3,6N_c \eta_{n.c} \eta_c''}{3,6\eta_{n.c} \eta_c''} \quad (17)$$

$$N_m = \frac{10^3 EK_u [K_{fc} + 0,05\gamma(\omega \pm i)l_n] - N_c \eta_{n.c} \eta_c'' t_{у.с}}{3,6\eta_{n.c} \eta_c''} \quad (18)$$

При выборе толкача существуют ограничения по массе, диктуемые с опасностью повреждения скрепера. В частности, принимается

$$G_m = (0,8 \div 1,2)G_c \quad (19)$$

где: G_m - масса толкача, т;
 G_c - масса скрепера, т.

При работе комплекта машин «скрепер-толкач» имеются две полезные операции - заполнение ковша и транспортировка грунта. Если в первой операции принимают участие две машины, то вторая операция выполняется скрепером самостоятельно. Следовательно, мощность скрепера должна выбираться исходя из полезной работы, требуемой для транспортировки грунта, которая по аналогии с процессом набора грунта определяется через параметры рабочей зоны или параметры машины, соответственно:

$$A'' = 10^{-2} \cdot g\gamma(\omega \pm i) \cdot l_{mp} \quad (20)$$

$$A'' = 10^{-3} N_c \eta_{m.c} t_{mp} \quad (21)$$

Из формул (20), (21) после преобразования определяется требуемая мощность скрепера

$$N_c = \frac{10^{-2} \cdot \Pi_{c.m} \gamma(\omega \pm i) \cdot l_{mp}}{3,6 \eta_{m.c} \eta'_c} \quad (22)$$

где: η_c - коэффициент, учитывающий долю продолжительности транспортировки грунта скрепером во всем цикле. Величина η_c определяется по формуле

$$\eta_c = \frac{t_{mp}}{t_u} \quad (23)$$

Формулу (22) можно представить также в следующих видах

$$N_c = \frac{10 \cdot EK_u \gamma(\omega \pm i) \cdot l_{mp}}{\eta_{m.c} t_{mp}} \quad (24)$$

$$N_c = \frac{10 \cdot EK_u \gamma(\omega \pm i) \cdot U_{mp}}{\eta_{m.c}} \quad (25)$$

где: U - скорость скрепера при транспортировке грунта, м/с.

Используя формулу (4; 13), можно записать следующее уравнение

$$K_{fc} + 10^{-2} \gamma(\omega \pm i) (5l_u + l_{mp}) = 3,6 \frac{N_c}{\Pi_{c.m}} \eta_{m.c} \eta''_c + 3,6 \frac{N_m \eta_{m.m} \eta_m}{\Pi_{c.m} n_c} \quad (26)$$

Данное выражение является математической моделью технического процесса разработки грунта комплектом машин «скрепер-толкач».

Практика использования скреперов в условиях мерзлых и плотных грунтов показывает необходимость применения предварительного рыхления. Степень рыхления грунта для скрепера может быть определена из выражения

$$\Delta K_f = K_{fu} - K_{fk} \quad (27)$$

где: ΔK_f - необходимое снижение энергоемкости копания грунта скрепером с помощью рыхления, МДж/м³;;

$K_{fц}, K_{fk}$ - энергоёмкость копания грунта скрепером соответственно в целике и после рыхления, $МДж/м^3$;

При рыхлении участка удельная полезная работа рыхлителя соответствует следующему выражению

$$A_{y.p.} = \frac{V_{\delta}}{V} m K_{fp} \quad (28)$$

где: V_{δ} - объем грунта в борозде, $м^3$;

V - объем грунта на участке, подлежащего разработке;

m - количество борозд;

K_{fp} - энергоёмкость рыхления (численно равная удельному сопротивлению копанию), $МДж/м^3$;

При дальнейшей разработке разрыхленного грунта скрепером формулу (28) можно записать в виде

$$\Delta K_f = \frac{V_{\delta}}{V} m K_{fp} K_2 \quad (29)$$

где: K_2 - коэффициент, учитывающий потери энергии в зоне рыхления и специфику разрушения грунта рыхлительным и скреперным оборудованием.

Удельную полезную работу рыхлителя по аналогии с выражением (6) можно представить

$$A_{y.p.} = 3,6 \frac{N_p}{\Pi_p} \eta_{m.p} \eta_p \quad (30)$$

где: N_p - мощность, развиваемая двигателем, $кВт$;

Π_p - производительность рыхлителя, $м^3/ч$;

$\eta_{m.p}$ - тяговый КПД рыхлителя;

η_p - коэффициент использования рыхлителя для выполнения полезной работы.

Величина η_p определяется отношением продолжительности рыхления к продолжительности всего цикла рыхлителя

$$\eta_p = \frac{t_p}{t_{u.p.}} \quad (31)$$

При разработке мерзлых грунтов комплектом машин «рыхлитель-скрепер-толкач» с учетом формул (26; 28; 30) можно записать уравнение

$$\begin{aligned} & \Delta K_f + K_{fц} + 10^{-2} \gamma (\omega \pm i) (5l_n + l_{mp}) = \\ & = 3,6 \left(\frac{N_p}{\Pi_p} \eta_{m.p} \eta_p + \frac{N_c}{\Pi_{c.m}} \eta_{m.c} \eta_c + \frac{N_m}{\Pi_p} \eta_{m.m} \frac{\eta_m}{n_c} \right) \end{aligned} \quad (32)$$

Из условия, что комплект сбалансирован по производительности, определяется количество рыхлителей n_p , обеспечивающих требуемый темп работы скреперов

$$n_p = \frac{\Pi_{c.m} n_c}{\Pi} \quad (33)$$

С учетом формулы (33) уравнение (32) можно записать в следующем виде

$$\begin{aligned} & \Delta K_f + K_{fц} + 10^{-2} \gamma (\omega \pm i) (5l_n + l_{mp}) = \\ & = \frac{3,6}{\Pi_{c.m}} \left(\frac{N_p \eta_{m.p} \eta_p}{n_c} n_p + N_c \eta_{m.c} \eta_c + \frac{N_m \eta_{m.m} \eta_m}{n_c} \right) \end{aligned} \quad (34)$$

Уравнение (34) является математической моделью процесса работы указанного комплекта и выражает взаимосвязь между обобщенным показателем рабочей зоны, требуемой производительностью машин комплекта и их мощностью. При этом мощность скрепера и толкача определяется по любой из вышеприведенных формул (19; 20; 22; 24; 25).

Минимальная мощность рыхлителя, потребляемая для разрушения мерзлого грунта на задаваемую глубину, определяется по формуле

$$N_{pmin} = 10^3 \frac{K_{fp} F_{\sigma} \cdot U}{\eta_{m.p}}, \text{ кВт} \quad (35)$$

где: F_{σ} - площадь поперечного сечения борозды, м^2 ;

U - скорость рыхления, м/с .

Качество рыхления грунта зависит от шага и схем проходок рыхлителя. Для работы скрепера качество рыхления определяется величиной ΔK_f . Количество проходок при продольной схеме работы рыхлителя определяется из формулы (29).

$$m = \frac{V \Delta K_f}{V_{\sigma} K_{fp} K_2} \quad (36)$$

Максимально возможное количество продольных проходок

$$m_{max} = \frac{B}{L_{\sigma min}} + 1 \quad (37)$$

где: B - ширина участка, м ; $L_{\sigma min} = 0,5 \text{ м}$

При $m > m_{max}$ требуется дополнительное перекрестное рыхление. Количество перекрестных проходок m' определяется по формуле

$$m' = \frac{V \Delta K_f}{V'_{\sigma} K_{fp} K_2} - \frac{V_{\sigma} m_{max}}{V'_{\sigma}} \quad (38)$$

где: V'_{σ} - объем грунта в поперечной борозде, м^3 .

Таким образом, учет полезной работы, необходимой для разработки участка скреперными комплектами, позволяет осуществить выбор требуемых типоразмеров машин и определить параметры их (совместной работы (производительность, схемы движения, шаг проходок рыхлителя) в зависимости от условий эксплуатации (прочность разрабатываемого грунта, рельеф площадки, дальность транспортировки грунта).

ВЫВОДЫ:

1. Сформирован критерий численной оценки рабочей зоны скреперов, базирующейся на учете полезной работы A_y , выполняемых машинами.
2. Формализованы выбор машин и технология работы комплектов «скрепер-толкач», «рыхлитель-скрепер-толкач» с учетом основных факторов, характеризующих условия эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Державні будівельні норми України. Збірник 1. Земляні роботи.
2. Рекомендации по расчету экономической эффективности технических решений в области организации, технологии и механизации строительных работ /ЦНИИОМТП/ Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1985г. -128с.
3. Технологія будівельного виробництва //за ред. В.К.Черненко, М.Г. Ярмоленка // . – К. Вища школа, 2002.

Жидов С.Н., аспирант, Морозов А.Д., к.т.н., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Анализ картины износа деталей шнеконапорных механизмов пневмотранспортного оборудования

Анализируется износ броневых гильз, вкладышей и шнеков пневмотранспортного оборудования.

Пневмоустановка, броневая гильза, вкладыш, износ, шнек.

Смоделировать теоретически процесс отделения металла от броневых гильз и вкладышей, уплотненным слоем перемещаемого шнеком абразивного груза довольно сложно, и в первую очередь, ввиду многообразия форм абразивных частиц и большим разбросом их в топографической картине износа.

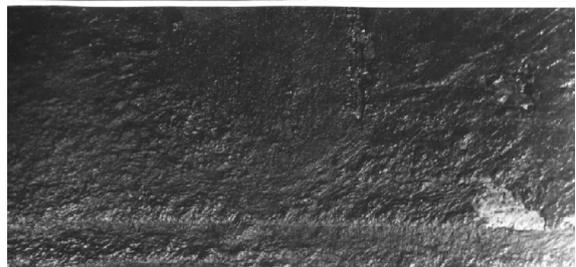
Анализ фактического износа поверхностей броневых вкладышей гильз и шнеков рассмотрен в работах [2], [4] и [5] и в первом приближении форма частиц транспортируемого груза в сечении ШМ может моделироваться окружностью, на поверхности которой микронеровности имеют вид прерывистых кольцевых выступов с расположенными на них субмикронеровностями.

На рис. 1. представлена поверхность броневых вкладышей пневмовинтового насоса для цемента производительностью 30 т/ч через 550 часов работы. Материал вкладышей – сталь ХВГ. HRC 40 ÷ 42.

а) Перед выходом из приемной камеры.



б) На расстоянии шага шнека от приемной камеры.



в) Между вторым и третьим витком напорной части шнека.



г) Перед входом в смесительную камеру.



Рис. 1. Поверхность броневых вкладышей ШМ при исследовании под микроскопом (x300). Сталь ХВГ.

При исследовании под микроскопом ($\times 300$) на поверхности вкладыша перед выходом из приёмной камеры (на расстоянии 0,3 шага от края) преобладает газо-абразивный износ в виде небольших и неглубоких (до 0,2 мм) множественных углублений, не имеющих резко очерченных границ (рис. 1а).

Поверхность вкладыша за первым витком от приёмной камеры - видны следы абразивного износа и газо-абразивного износа (рис. 1б).

На поверхности вкладыша между вторым и третьим витком напорной зоны явно видны следы не только газо-абразивного износа, но и чётко ориентированные линии чисто абразивного износа поверхности, т.к. радиальное давление материала на этом участке существенно повышается (рис. 1в).

Поверхность вкладыша в зоне третьего напорного витка - видны совершенно отчётливые и хорошо ориентированные неглубокие линии интенсивного абразивного износа, несколько похожего на обработку поверхности планки абразивным кругом большой зернистости (рис. 1г). Радиальное давление материала на поверхность планки здесь приближается к наибольшему, почти отсутствуют обратные перетечки воздуха вдоль непосредственно рабочей поверхности вкладыша и поэтому нет следов газо-абразивного износа.

Фактический первоначальный контакт абразивного зерна с поверхностью деталей ШМ происходит по микронеровностям высотой 1-6 мкм. В процессе работы ПВУ, при внедрении и перемещении абразивных зерен в поверхность деталей ШМ, перед микронеровностью и сбоку от нее образуется полуволна деформируемого металла, из которой затем, часть металла удаляется вместе с транспортируемым грузом.

На рис. 2. (в разрезе) представлена поверхность износа броневой гильзы ПВУ $D_{\text{вн.}} @ 0,2$ м с наплавленными броневыми твердосплавными дорожками шириной 0,025 м и толщиной 0,005 м после наработки 1100 часов.

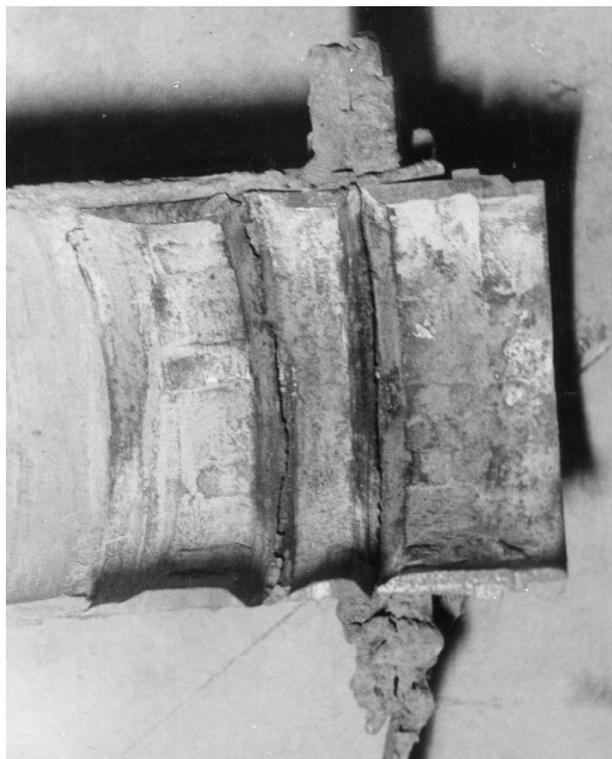


Рис. 2. Поверхность износа броневой гильзы

Кроме практически полностью изношенных броневых твердосплавных дорожек видны две глубокие канавки треугольного сечения, прорезавшие не только броневые дорожки, но и полностью стенку броневой гильзы. Эти прорезные канавки находятся в зоне последнего напорного витка шнека уменьшающегося шага, т.е. непосред-

ственно на входе в смесительную камеру.

Прорезные канавки износа концевой броневой гильзы расположены примерно на 1/2 последнего шага навивки шнека и вызваны высоким коэффициентом динамического внедрения ($K_d = 0,88-0,97$) на единичное зерно транспортируемого груза.

На рис. 3. представлена концевая часть шнека уменьшающегося шага $D_n = 0,2$ м с броневой твердосплавной наплавкой $d = 0,003$ м с напорной стороны после наработки 1100 ч.

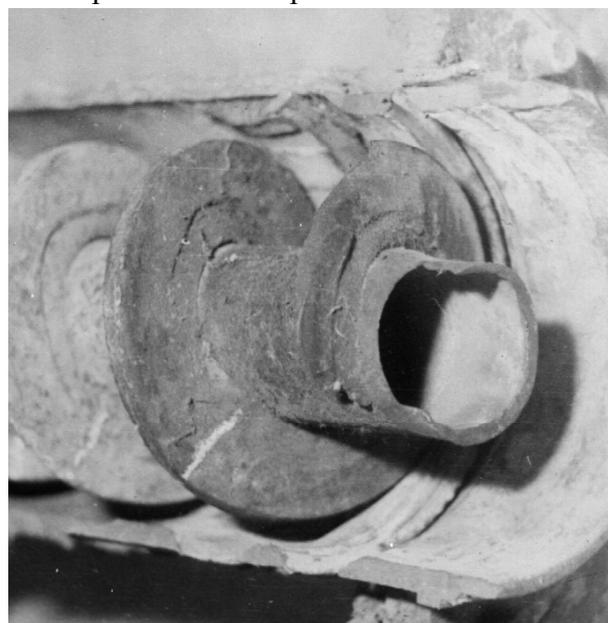


Рис. 3. Концевая часть шнека

Односторонний износ трубы вызван интенсивным выходом уплотненного материала из открытого витка шнека в предклапанную зону.

ВЫВОДЫ

Все экспериментально полученные картины износа деталей шнеконапорных механизмов пневмовинтовых установок типа пневмоподъемников, пневмонасосов и пневморазгрузчиков для грузо-переработки цемента и др. пылевидных грузов аналогичны представленным на рис. 1-3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пневматическое оборудование. Справочник. Под ред. Калинушкина М.П. – Л.: «Машиностроение» 1986. – 286с.
2. Морозов А.Д. Научные основы создания пневмомеханических разгрузочно-транспортных машин. Симферополь. Изд-во КАПКС. 2002. – 256с.
3. Морозов А.Д. Методы и результаты создания рациональных рабочих органов пневмовинтовых установок: Сборник докладов IV международной конференции по пневмотранспорту. – Будапешт, 1990. – с.51-54.
4. Морозов А.Д. Повышение эффективности пневмотранспорта в строительной индустрии. – Севастополь: Институт геотехнической механики АН УССР, 1990. – с.60
5. Морозов А.Д. Интенсификация работ разгрузочно-транспортного пневмовинтового оборудования. – М.: ЦНИИГЭстроймаш, 1990. – 100с.
6. Сборник трудов международной конференции «Motoryzacja i energetyka rolnictwa» «Механизация и энергетика» Польша, Люблин, 2008г. Investigation of power and economical descriptions of pneumatic vehicles. - A. Morozov, N. Koupa, S. Zhidov.

Смирнов Л.Н., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Система рационального управления строительным комплексом региона и его инфраструктурой

С позиций системного подхода предлагается рассматривать региональный строительный комплекс и возможные пути его интеграционного развития. Рассматривается процесс создания региональной строительной системы и сопутствующая ей инфраструктура. Предложена блок-схема управления инфраструктурой строительства.

Строительный комплекс, региональная строительная система, инфраструктура строительства.

Строительство Украины становится на ноги. Это отрасль, которая создает производственные фонды, влияет на развитие всех отраслей экономики, а также обеспечивает обновление и увеличение их потенциала, то есть формирует базис для экономического роста.

Строительный комплекс в своем технологическом развитии тесно связан с определенной территорией, обслуживает эту территорию и население, проживающее на ней и, в этом смысле, создает материальные элементы структуры экономики в каждом регионе, то есть образует и развивает региональные производственно-хозяйственные комплексы. Большое значение строительного комплекса для государственной и региональной экономики заставляет обращать усиленное внимание на вопросы улучшения его работы.

Процесс финансово-промышленной интеграции – один из наиболее перспективных способов преодоления социально-экономического кризиса в регионах. Он призван способствовать созданию эффективной системы организации и управления инвестиционным процессом в строительстве. Традиционно экономическая интеграция понимается как объединение локальных хозяйственных систем.

Интеграционный подход позволяет найти эффективные методы и способы управления неравновесными экономическими системами, к числу которых следует относить и региональный строительный комплекс. Строительный комплекс представляет собой совокупность крупных строительно-монтажных и специализированных организаций различных форм собственности, оснащенных средствами механизации и транспорта, обладающих производственными базами и квалифицированными кадрами.

Региональный строительный комплекс объединяет в своем составе также и предприятия строительной индустрии и промышленности строительных материалов, расположенных на данной территории.

Все специализированные структуры регионального строительного комплекса необходимо объединить в единый слаженный механизм при помощи экономических и правовых методов госрегулирования с целью их взаимовыгодного сотрудничества в рамках не только внешней, но внутренней корпоративной кооперации труда.

В связи с этим представляется необходимым сформировать региональные строительные системы (РСС). На каждом этапе управления региональной инвестиционно-строительной деятельностью должна осуществляться такая оптимизация затрат времени и ресурсов, которая позволила бы минимизировать финансовые затраты по проекту в целом.

Региональная строительная система – это организационно-технологическая и социально-экономическая интеграционная общность предприятий, организаций и органов управления внутри которой в кратчайшие сроки и с минимумом затрат реализуется любой инвестиционно-строительный проект (ИСП). Региональная строительная система представляет собой совокупность структур, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией объектов.

В состав системы входят предприятия и объекты строительной базы и производственной инфраструктуры, вспомогательных служб, которые обеспечивают их работу, а также объекты социальной инфраструктуры.

Принципиальная схема РСС показана на рис. 1.

Из анализа функционирования РСС можно утверждать, что наиболее эффективны они могут быть в границах города или промышленного узла. Создание и функционирование РСС базируется на основных принципах теории систем.

Организационная структура РСС построена на конгломеративной интеграции, которая обеспечивает диалектическое сочетание вертикальной и горизонтальной интеграции. Этот принцип позволяет достичь высокой степени организации и максимального эффекта в производственно-хозяйственной деятельности.

Процесс создания РСС можно представить рядом этапов:

- подготовительная стадия;
- анализ строительного рынка (города, пгт и т.д.);
- инициатива местных органов власти;
- разработка принципов, правил, методика формирования РСС;
- организация органа управления РСС;
- заинтересованность субъектов рынка в существовании РСС;
- формирование обратной связи;
- формирование объекта управления РСС;
- оценка структуры РСС и эффективность работы строительной системы;
- заключительная стадия (анализ, обобщение, рекомендации).

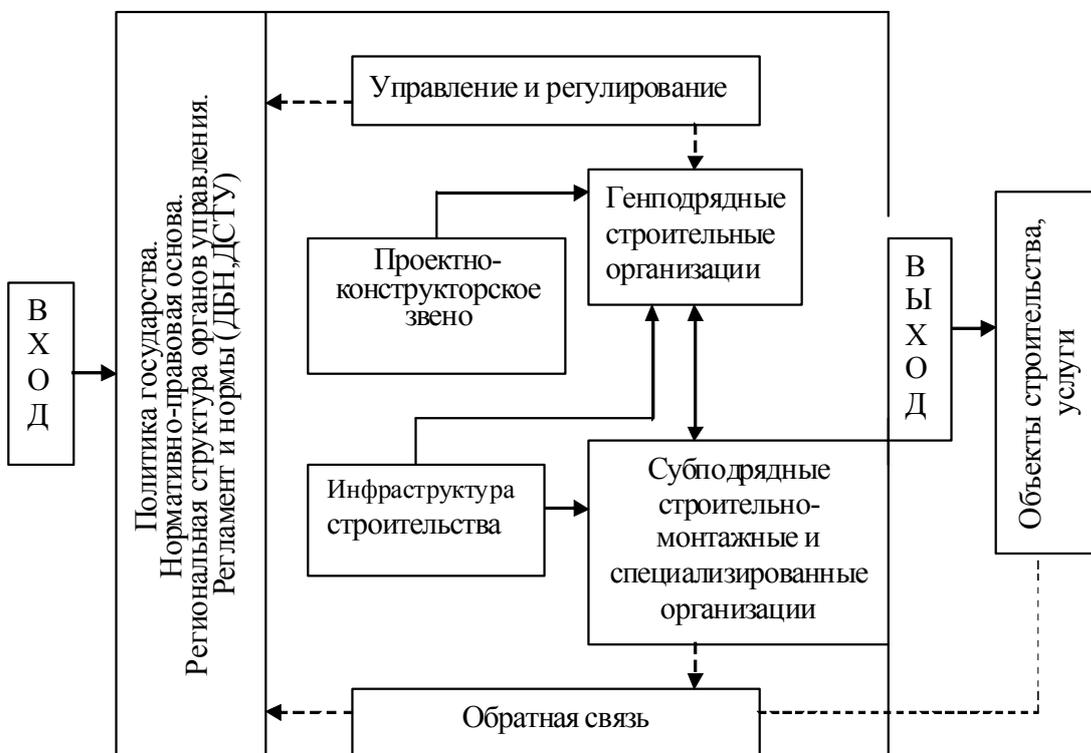


Рис. 1. Принципиальная схема РСС.

Неотъемлемой частью РСС является инфраструктура строительства. Инфраструктура (лат. *Infra* – ниже, под; *structura* – строение, расположение.)

Инфраструктура – довольно специфическое универсальное понятие. Функциями инфраструктуры можно считать помощь в реализации и воплощении в жизнь процессов и явлений, посредничество и т.д. в зависимости от уровня рассматриваемой системы одни и те же предметы и явления могут быть как объектом системы, так и ее инфраструктурой.

Инфраструктура строительства представляет собой вспомогательные технологические и другие процессы, которые осуществляют продвижение основного производственного потока от идеи до реализации строительной продукции. Носитель же инфраструктурных функций – инфраструктурная база, т.е. совокупность подразделений, строительных предприятий и организаций, осуществляющих данные инфраструктурные операции.

Строительная деятельность характеризуется развитой инфраструктурой.

В процессе строительства приходится выполнять множество вспомогательных операций, напря-

мую не связанных с процессом возведения объектов. К таким операциям относятся:

- управление ИСП;
- поиск средств (инвестиций) на строительство;
- поиск проектировщиков, подрядчиков и субподрядчиков;
- создание строительного проекта;
- поиск материалов;
- поиск машин и механизмов;
- доставка материалов к объекту с учетом комплектации;
- складирование и хранение материалов;
- реализация строительной продукции.

Цель инфраструктурного обеспечения производства – создание условий для экономического роста, непрерывности и сбалансированности воспроизводственного процесса.

Высоко развитая инфраструктура просто необходима для строительных систем любого уровня. Это обусловлено происходящими в экономике процессами демонополизации производства и формирования горизонтальных договорных связей.

В силу своей главной цели – обслуживать материальное производство – основным показателем необходимости развития производственной инфраструктуры является степень ее соответствия развитию материального производства.

Положение, при котором необходимый уровень типов инфраструктуры (спрос) обеспечивается их текущим состоянием (предложение), можно определить как инфраструктурную обеспеченность:

$$Q = l_i - n_i, \quad i = (1, 2 \dots n),$$

где Q – инфраструктурная обеспеченность;

l_i – текущее состояние i -го типа инфраструктуры;

n_i – необходимый уровень i -го типа инфраструктуры.

Для оптимизации работы инфраструктуры необходимо выполнение следующего условия:

$$|Q| \rightarrow 0,$$

т. е. необходимы ликвидация как инфраструктурной необеспеченности, так и «лишних» объемов и инфраструктуры.

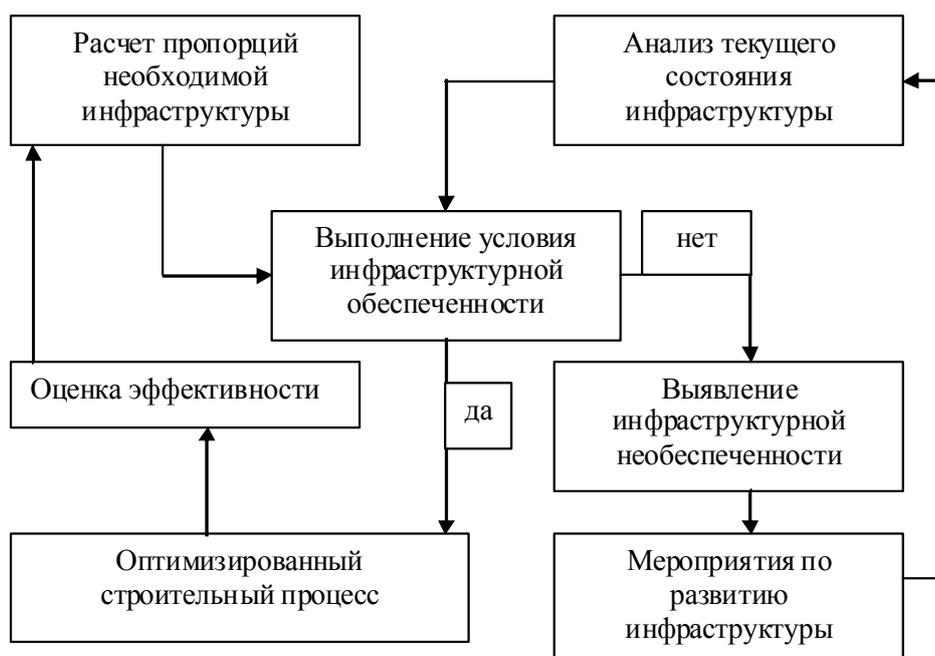


Рис. 2. Блок-схема управления инфраструктурой строительства

Схема управления инфраструктурой строительства:

$$l_i(t) - n_i(t) \geq 0, \text{ где } i = (1, 2 \dots n), \quad (1)$$

$$l_i(t) \geq 0; n_i(t) \geq 0, \quad (2)$$

$$f = \sum Z_i(t) \rightarrow \min, \quad (3)$$

где: $l_i(t)$ – функция от времени текущего состояния i -го типа инфраструктуры;

$n_i(t)$ – функция от времени необходимого уровня i -го типа инфраструктуры;

$Z_i(t)$ – затраты на осуществление инфраструктурных операций по i -му типу инфраструктуры в момент времени t .

Потребность в услугах инфраструктуры вытекает из организации всего строительного процесса на данном объекте строительства и нуждается в глубокой формализации процесса её определения.

Прежде всего, должен быть формализован и представлен в виде математической модели сам строительный процесс, по параметрам которой уже возможно математически точно определить объемы инфраструктуры как составной части строительного процесса.

ВЫВОД

Моделируя любые процессы необходимо стремиться к минимизации затрат. Требование минимизации затрат на осуществление инфраструктурных операций зачастую приводит к частичной или полной замене существующей внутренней инфраструктуры на внешнюю, так как часто внешняя инфраструктура работает более эффективно.

Выполнение условия инфраструктурной обеспеченности на каждом строительном объекте создаст предпосылки к безостановочному и эффективному производству строительно-монтажных работ и позволит сбалансировано развиваться всему региональному строительному комплексу.

Естественно, что любая строительная система, объединяя все элементы может развиваться комплексно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. С.В. Мирошниченко, В.С. Воробьев Управление строительным комплексом региона // Известия ВУЗов. - №11-12. – 2006. – С. 38-43.
2. А.В. Игнагьева, М.М. Максимцев. Исследование систем управления. Уч. пос. – М.: Наука, 2000. – 156 с.
3. Е.П. Жаворонков, Л.В. Пермякова. Менеджмент в строительстве. Уч. пос. – М.: ООО «Элит», 2005. – 416 с.
4. Г.В. Савицкая. Анализ хозяйственной деятельности предприятия. Уч. пос. - Минск: ООО «Новое знание», 1999. – 688 с.
5. Б.А. Колтынюк. Инвестиционные проекты. Уч. пос. – С.-Птб.: Михайлова В.А., 2000. – 422 с.

Раздел 5. Техногенная безопасность

УДК 502.5:581.524348

Волохова Е.Ю., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Геологические факторы экологических рисков на урбанизированных территориях.

В ходе геологического развития территорий закладываются первопричины экологических рисков. Оценивая экологические риски на урбанизированных территориях, в первую очередь, необходимо выявить геологические факторы риска (природные и техногенные), способные привести к развитию опасных геологических процессов, которые влияют на устойчивость всей природно-технической системы.

Экология, риск, геология, факторы, подземные воды.

Первопричины экологических рисков на урбанизированных территориях закладываются в ходе их геологического развития, т.е. в процессе формирования и преобразования состава и свойств пород, подземных вод, развития геологических процессов. Основная направленность современных исследований по анализу экологических рисков на урбанизированных территориях – уменьшение и предупреждение социальных, экономических и экологических потерь общества. Такое внимание к этим процессам обусловлено в первую очередь крупными человеческими жертвами, высокими материальными и моральным ущербом, наносимым геологическими факторами современному человечеству в реальном времени. Для обеспечения благоприятных условий существования современного общества в единстве с природой необходимы четкие знания обо всем многообразии факторов риска.

Риск – вероятная мера опасности, установленная для определенного объекта (субъекта) в вероятных моральных, материальных и физических потерях за определенное время. Это мера количественного определения опасности, которая характеризует векторную (т.е. многокомпонентную) величину, рассчитанную, например, при помощи статистических данных или имитационных моделей, которая содержит такие количественные показатели, как величина потерь, вызванная действием того или иного опасного фактора; вероятность возникновения (частота возникновения) опасного фактора, который рассматривается; неопределенность в величинах, как потерь, так и вероятности [2].

Экологический риск на урбанизированных территориях определяется как вероятность возникновения в природной среде таких нарушений, которые могут быть неблагоприятными для дальнейшего функционирования и существования экологических систем не только биоты, включая человека, но и всей ее инфраструктуры. Как правило, причина риска – отсутствие или ограниченность необходимой информации и знаний о закономерностях возникновения и развития негативных процессов. Исследования по оценке опасных геологических природных процессов на базе применения показателей опасности и риска в развитых странах мира начали проводиться с начала 70-х годов. За последние 15 лет, благодаря работам зарубежных и отечественных ученых (Ф.Ж. - Айалы, Д.Д. Варнеса, А.Л. Рагозина, Е.Н. Елохина В.Д. Роуи, Н.Г. Комарова, Г.И. Рудько, М.Д. - Бондаренко, И.А. Парабучева) в процессе системных исследований природных опасностей и рисков достигнут ряд крупных успехов.

Количественную оценку риска предложил Рагозин А.Л.

Согласно его исследованиям возможное повреждение объекта при возникновении опасности:

$$P(S_t, S_0) = S_0 S_H (S_t S_0)^{-1} = S_H (S_t)^{-1}, \quad (1)$$

где S_0 – площадь освоенной части территории; S_t – общая площадь территории; H – периодически возникающая опасность, характеризующая площадь S_H ; S_H/S_t – геометрическая вероятность того, что опасность возникнет в освоенной части таксона; S_H/S_0 – вероятность повреждения любой точки освоенной части таксона. Это выражение является универсальным показателем реак-

ции объекта на опасность и не зависит от площади повреждения.

Опасность, в случае ее одновременного возникновения в таксоне, затрагивает основную территорию с вероятностью (S_0/S_i) и при этом каждый раз повреждает площадь S_H . Соответственно рассчитываются материальные потери представленные в виде площади:

$$Dm(H) = Vm(H)S_0 = S_H S_0 (S_i)^{-1}, \quad (2)$$

где $Vm(H)$ – степень повреждения территории.

Удельный риск поражения территории (количество случаев в год):

$$Rsm(H) = P^*(H)Vm(H), \quad (3)$$

где $P^*(H)$ – повторяемость опасности (H), которая численно равна ее статичной вероятности. Чтобы при удельном риске определить площадь поражения территории, используется формула:

$$CRsm(H) = Rm(H) / S_0 \quad (4)$$

Полное значение риска повреждения территории:

$$Rm(H) = P^*(H)Dm(H) = RsmS_0 \quad (5)$$

Размеры убытка и риска для территории всего таксона (если он принят за опасный объект) могут быть получены по формулам (2) и (5) после замены S_0 на S_i .

Фактор риска – воздействие (выше предельного), приводящее, с той или иной степенью вероятности, к экстремальной ситуации. Проблемы анализа факторов риска тесно связаны с проблемами безопасности (национальной, продовольственной, экологической и пр.) и с проблемами принятия рациональных управляющих решений, обеспечивающих экологическую безопасность граждан [1].

Методологическая основа выявления факторов эколого-геологического риска это системный анализ состава и свойств литосферы на базе учения об экологических функциях литосферы.

К факторам эколого-геологического риска относятся:

- геодинамические (комплекс природных геологических и инженерно-геологический процессов);
- литолого-геохимические (состав и строение отложений, мощности отложений, вещественный состав, физико-механические свойства);
- геоморфологические (история рельефа, формы рельефа, расчлененность рельефа, крутизна склонов);
- гидрогеологические (строение водовмещающей толщи и зоны аэрации, характер взаимосвязи водоносных горизонтов между собой и с поверхностными водотоками, гидрохимическая обстановка);
- геофизические (гравитационные, магнитные, сейсмические, радиационные, температурные поля);
- структурно-тектонические (структурные элементы, разломы, складкообразование, тектонические движения земной коры)
- гидродинамические факторы

Основные положения оценки риска экзогенных геологических процессов были предложены учеными С. Горошовским, Г. Рудько, Б. Преснером.

Поскольку экзогенные геологические процессы (ЭГП) наиболее распространенная группа природных и техноприродных процессов с максимальным количеством катастрофических проявлений и высокой степенью риска опасных территорий, следует учитывать, что риск развития ЭГП – это вероятность причиненных убытков и определяется он как производная (вероятность) проявления данного генетического типа ЭГП определенного энергетического класса на ожидаемые потери. Риск выражается в единицах стоимости или физических единицах и является категорией вероятности.

Следует различать такие категории рисков как прямой и непрямой; экономический, социальный и экологический.

Кроме того, необходимо различать риски по площади охвата – объектный, локальный, региональный; по характеру проявления ЭГП – дискретный и непрерывный; по полноте учета – соб-

ственный (от одной генетической опасности) и суммарный (от нескольких генетических опасностей).

Риск, как и опасность, изменяется во времени. В связи с этим следует различать фоновый (усредненный) риск и риск реальный [2].

Процедура оценки рисков состоит из следующих этапов: идентификация опасности; оценка экспозиции; установление зависимости «доза-ответ»; анализ факторов, влияющих на точность и достоверность оценки риска; характеристика неопределенностей; характеристика и оценка риска; управление риском; использование данных по оценке риска при принятии управленческих решений; взаимодействие с общественностью [5].

При инженерном освоении урбанизированных территорий определяющая роль при оценке экологического риска принадлежит геодинамическим и гидрогеодинамическим геологическим факторам, которые, как правило, резко увеличивают интенсивность и потери.

Подземные воды – наиболее подвижный компонент геологической среды, который мгновенно реагирует на все виды техногенного воздействия. Они изменяют уровень, динамику движения, передают возникающее напряжение на большие расстояния и служат агентом тепло- и массопереноса. Наличие или отсутствие в массиве подземных вод существенно влияет на физико-механические свойства пород (особенно нескальных) [3].

При эксплуатации зданий происходит постоянное обводнение ранее необводненных массивов пород в результате утечек из водоотводящих коммуникаций и накопления влаги вследствие конденсации водяных паров, пересечение подземными коммуникациями (траншеями) подземного стока, что приводит к подтоплению одних территорий и иссушению других. Кроме того, здание нарушает тепловой режим участка земной коры. Под промышленными зданиями и сооружениями породы основания подвергаются химическому воздействию промышленных стоков и действию вибраций. Еще более сложная ситуация наблюдается на участках плотной застройки жилыми зданиями или на промышленных площадках [3].

Техногенное подтопление особенно опасно, потому что носит опосредованный характер, его развитие провоцирует возникновение оползней, карста и т.д., а так же ведет к повышению сейсмичности застроенных территорий на 1-2 балла.

При систематическом подтоплении территорий вода в горных породах заполняет не только крупные, но и наиболее мелкие поры и трещины, а соответственно находится там не только в свободном, но и связанном состоянии. Если вода, находясь в свободном состоянии, может перемещаться путем фильтрации под действием силы тяжести или напора, то связанную воду не так просто извлечь из породы она удерживается там за счет химических и физических сил связи, действующих со стороны поверхности минералов изменяющих структуру и свойства воды.

Практически все свойства горных пород меняются в той или иной степени в зависимости от наличия в них связанной воды. Влияние связанной воды сильно проявляется у дисперсных, состоящих из отдельных частиц, горных пород, особенно таких как глинистые и лессовые.

Глинистые породы предрасположены к воде и всегда содержат связанную воду. Если в них присутствует только адсорбционная вода, то они представляют собой довольно прочные породы твердой консистенции. При наличии в них осмотической и капиллярной воды они приобретают свойство пластичности, податливости, липкости, капиллярной связности, легко деформируются и резко теряют за счет увлажнения свою прочность. При наличии в глинах свободной воды они приобретают свойство текучести и ведут себя как жидкообразные тела [7].

Лёссы обладают достаточной прочностью, но стоит проникнуть в них определенному количеству воды, как они очень быстро переходят в пластичное состояние, резко теряют прочность и проседают в результате доуплотнения, даже под собственным весом.

Связанная вода также влияет на деформирование и прочность магматических, метаморфических и сцементированных осадочных горных пород. Наличие связанной воды в таких породах облегчает развитие в них механических микронарушений, дислокаций, микротрещин и т.д., особенно в том случае если порода находится под напряжением. Вследствие этого она начинает «ползти», деформируется с той или иной скоростью при том же постоянном напряжении.

Учеными установлено, что связанная вода может внедряться в поликристаллические скальные породы и оставаться там неопределенно долгое время. Это наиболее вероятно для тех пород, в которых наблюдается полное смачивание свободной поверхности водой, что вызывает снижение прочности породы не менее чем вдвое.

Нарушение общего баланса подземных вод, а также теплового и гидрохимического режимов влечет за собой изменение условий эксплуатации зданий и сооружений, а также инженерной инфраструктуры в пределах урбанизированных территорий.

ВЫВОДЫ

Первоочередной задачей экологических исследований на урбанизированных территориях является выявление геологических факторов риска (природных и техногенных), способных привести к развитию опасных геологических процессов, которые влияют на устойчивость всей природно-технической системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барабошкина Т.А. Геологические факторы экологического риска. – М., 2001. – 48 с.
2. Екологічна безпека техноприродних геосистем у зв'язку з катастрофічним розвитком геологічних процесів / Гошовський С.В., Рудько Г.І., Преснер Б.М. – К., ЗАТ «НІЧЛАВА», 2002. -624 с.
3. Молоков Л.А. Взаимодействие инженерных сооружений с геологической средой. -М.: Недра, 1988.-222 с.: ил.
4. Лазаренко О.П., Дублянская Г.Н., Воробьева А.А. и др. Методические указания по составлению карт пообластного гидрогеологического районирования по степени подтопления территории (под влиянием естественных и техногенных факторов) масштаба 1:200 000. ДО ИМР, 1985.
5. Сынзыныс Б.И., Тянтова Е.Н., Мелехова О.П. Экологический риск: Учебное пособие для вузов/Под ред. Г.В. Козьмина. – М.: Логос, 2005. – 168 с.
6. Н.Г. Максимович, С.В. Казакевич Роль эволюции литосферы в формировании современной экологической обстановки (<http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/ng-0266.suf>)
7. Связанная вода в горных породах: новые факты и проблемы (Королев В.А., 1996), Науки о Земле <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/168.html>

Раздел 5. Техногенная безопасность

УДК 691.33

Маяк Т.Н., инженер.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Утилизация отходов перманганата калия шламонакопителей сакского химического завода в решении вопроса об экологической безопасности сакского региона АРК

Излагаются наработанные идеи по технологии переработки отходов производства перманганата калия (ОПМК) из шламонакопителей Сакского химического завода. Предлагаемые наработки имеют прикладное значение, позволяют реализовать концепцию полной утилизации химических загрязнений с территории Сакского региона Крыма, исключить складирование, перевозку и захоронение токсичных веществ, полностью рекультивировать земли в местах складирования и хранения ОПМК, наладить производство на их основе строительных материалов и изделий.

Вторичные ресурсы, промышленные отходы, утилизация, стекольный гранулят, экологическая безопасность, ресурсосберегающие технологии, рекультивация земель

Современные условия жизнедеятельности Крыма характеризуются, помимо экономических и социальных проблем, состоянием повсеместного загрязнения ОПС и ограниченными запасами природных ресурсов. Перспектива развития Крыма, как крупного туристического и курортного региона, уникального природного и исторического заповедника, делают невозможным дальнейшее расширение (а для некоторых предприятий, и существование) промышленного производства, увеличение разработок по добыче природного сырья на его территории. Наиболее актуальным направлением развития народного хозяйства Крыма, в таких условиях, является рациональное использование имеющихся природных ресурсов, в том числе, замена недостающих природных ресурсов отходами производства. Наибольшие возможности реализовать такое направление имеется в отрасли производства строительных материалов.

Город Саки – один из известнейших лечебно-профилактических курортов Крыма и с исторически давних времен славится эффективным грязелечением. Наличие крымских соляных озер стало основанием для размещения там химических предприятий. В 1916 году был введен в эксплуатацию Сакский бромный завод, в 1934 году – Перекопский бромный завод перерабатывающие рапу соляных озер. Через многие годы рядом с Перекопским бромным заводом был сооружен Красноперекопский содовый завод. Следом за небольшими по объемам производства предприятиями в Крыму стали появляться и большие гиганты, как ПО “Титан” и, чуть позже Сивашский анилинокрасочный завод. Казалось бы, химическая промышленность и курорт не должны сосуществовать рядом. Тем не менее, механизм саморазвития и самовоспроизводства химической отрасли был запущен в 60-х годах прошлого столетия. В пользу “большой химии” было принято необоснованное решение о размещении в г. Саки химического завода по производству: персоли (перкарбоната натрия - отбеливателя), калия и аммония бромистых (удобрений), бромистого метила (инсектицида) и др. С 1973 года на территории химического завода был запущен цех по производству перманганата калия (ПМК) методом кислородной обработки с образованием щелочных отходов.

Объектом исследования по использованию вторичных ресурсов промышленности Крыма являлись отходы перманганата калия (ОПМК) Сакского химического завода. По состоянию на 2003 год в шламонакопителях на территории завода и за его пределами было складировано до 96,5 тыс.т отходов ПМК по официальным документам. Согласно проекту шламы ПМК сбрасывали в шламонакопитель №1 в районе очистных сооружений химзавода до момента их заполнения в 1976 году. С 1976 года согласно распоряжения №243 от 22.12.76г. Сакского горисполкома шламы вывозили в отработанные карьеры в районе с.Гаршино на территории Красного мыса оз. Сасык (шламонакопитель №2).

По оценкам специалистов только в шламонакопителе №2 Сакского химического завода до 1989 года находилось 100 тыс.т отходов ПМК с ежегодным образованием до 10 тыс.т, а с 1999г. – по 2 тыс.т ежегодно. Площадь, занимаемая шламонакопителем №2, составляет свыше 9 га отчужден-

ных земель. Площадь нарушенных земель согласно инженерно-геологического заключения составляет до 30 га. Глубина шламонакопителя по проектным данным составляет от 4 до 8 м.

В связи с деятельностью химических заводов остро стоит вопрос водоснабжения г. Саки. Длительно действующим источником марганцево-щелочного загрязнения подземных вод являются шламонакопители Сакского химического завода на территории завода и в районе с. Гаршино. По данным Крымской гидрогеологической экспедиции еще в 1988 году содержание марганца в подземных водах почти в 5 раз превышает ПДК. Отмечено по отдельным пробам появление марганца в количествах, превышающих ПДК, на Чеботарском водозаборе, который является основным источником водоснабжения г. Евпатории. Специалисты-гидрогеологи считают, что дальнейшее существование этого источника загрязнения почв и подземных вод приведет к выводу из строя Чеботарского водозабора.

Согласно решению VIII сессии 17 созыва от 25.06.82 г. и постановления Совета Министров УССР №404 от 12.08.82 г. завод должен был прекратить вывоз шламов и рекультивировать участки захоронения в 1984 году. Письмом Совета министров УССР от 06.04.84 г. №3667/4 срок вывоза шламов в район Красного мыса продлевался до 01.01.85 г. Не выполнялось постановление Совета Министров УССР от 30.05.86 г. “Об утилизации, обезвреживании и захоронении токсичных промышленных отходов”. Решения Крымского облисполкома от 20.12.88 г., принятого по постановлению Совета Министров СССР от 27.09.88 г. “О прекращении строительства новых и расширения действующих промышленных предприятий на территории Крымской области”, поставили вопрос о необходимости разработки технологии утилизации отходов ПМК, исключая их дальнейший вывоз и хранение. Это решение и послужило основой для начала исследовательских работ по разработке утилизации отходов перманганата калия.

Шламы производства перманганата калия представляют собой темно-коричневую или темно-фиолетовую едкую пастообразную массу, химический состав которой отличается в зависимости от времени образования и хранения. Накопленные в шламонакопителях ОПМК имеют следующий химический состав (по справке лаборатории химического завода), % по весу:

1. Окислители в пересчете на $KMnO_4$	- до 0,1
2. MnO_2	- до 7 – 8
3. KOH	- до 1
4. K_2CO_3	- 2 – 4
5. Влага	- 47 – 55
6. Прочие	- 31,9 – 42,9.

По данным химического анализа Украинского института минеральных ресурсов (г. Симферополь) и химической лаборатории Крымского института природоохранного и курортного строительства отходы ПМК, содержащиеся в накопителях, имеют более высокие концентрации соединений марганца до 10 - 12%, гидроокиси калия – до 15% (и это при хранении более 20 лет).

Исходя из химического и минералогического состава ОПМК производили исследования их использования по следующим направлениям:

- применение в производстве цемента;
- применение в производстве строительных растворов;
- использование в производстве кирпича полусухого формования;
- использование стеклообразующего компонента при производстве теплоизоляционных материалов по типу ячеистого стекла;
- использование щелочного стеклообразующего компонента при производстве стекольного гранулята для композиционных строительных материалов: заполнителей для кислотоустойчивых полов, декоративной плитки, стеклянных блоков, асфальтобетонных покрытий дорог, декоративной штукатурки и др.

По первым трем вариантам были введены экспериментальные производства, которые впоследствии не получили широкого использования, из-за высокой степени токсичности отходов (оксиды марганца в составе ОПМК имеют второй класс опасности) и незначительный расход – до 10 % по массе сырьевой смеси.

Учитывая относительно высокую токсичность ОПМК и, используя подходы к выбору направления их утилизации в стройиндустрии, предлагаемые учеными Соломатовым В.И., Кореньковой С.Ф., Чумаченко Н.Г. данные отходы могут быть рекомендованы только как сырьевой компонент шихты в высокотермических технологиях производства строительных материалов.

В исследованиях по применению ОПМК, как компонента для производства теплоизоляционных материалов, были получены положительные результаты при высокотемпературном сплавлении этих отходов с отсевами гранодиоритов Шархинского карьера и низкокачественных Мазанских песков, разрабатываемых в Крыму. В результате такого сплавления при определенных режимах и составе получен стекольный гранулят, на основе которого можно получать теплоизоляционные материалы типа ячеистых стекол.

Ячеистые стекла на основе сплавленных ОПМК и отсевов гранодиоритов или песков Мазанского месторождения представляют собой высокопористый теплоизоляционный материал, получаемый с использованием эффективных газообразователей: антрацита, сажи, древесного угля и др. Преимущества данного направления использования токсичных отходов ПМК заключаются в следующем:

1. Сплавляемые токсичные компоненты ОПМК связываются химически и минералогически и утрачивают активность и токсичность.
2. Высокий расход ОПМК в составе шихты (до 60% по массе и более) для получения стекольного гранулята дает возможность их более быстрой утилизации.
3. В процесс стеклообразования можно включать и другие стеклообразующие виды отходов, что позволит получить значительный экологический эффект на территории Крыма.
4. Полученный в результате сплавления ОПМК с отсевами гранодиоритов и Мазанских песков стекольный гранулят по минералогическому составу не отличаются от стекла, получаемого на традиционном сырье, что расширяет границы их использования.
5. При получении стекла из вышеуказанных отходов можно получить экономический эффект за счет более дешевой стоимости отходов по сравнению с природным сырьем и дорогостоящими щедами.
6. Универсальные и изотропные свойства ячеистых стекол на основе отходов ПМК дают возможность получать долговечные, прочные, негорючие, водо-, тепло- и химически стойкие строительные конструктивные и теплоизоляционные материалы широкого назначения.

В качестве базового изделия приняты стеновые камни и блоки, скорлупы с температурой эксплуатации от -250°C до $+600^{\circ}\text{C}$. Кроме этого, производство ячеистого стекла на основе ОПМК, в зависимости от используемого топлива, не давало бы вредных выбросов в атмосферный воздух, не производило бы сточных вод и отходов (так как некондиционные изделия могут использоваться как теплоизоляционная засыпка в полые конструкции здания).

Выполненный комплекс исследований позволил получить полную физико-механическую характеристику полученных теплоизоляционных материалов (табл.1).

Таблица 1.

Физико-механические свойства ячеистых стекол на основе ОПМК и отсевов камнедробления.

№ п/п	Наименование свойств	Единица измерений	Кол-во
1.	Предел прочности на осевое сжатие	МПа	1,0 – 2,0
2.	Предел прочн. на растяжение при изгибе	МПа	0,6 – 0,7
3.	Средняя плотность	Кг/куб.м	200 – 300
4.	Истинная пористость	%	85 – 90
5.	Открытая пористость	%	2 – 5
6.	Закрытая пористость	%	83 – 85
7.	Теплопроводность	Вт/м °С	0,045–0,065
8.	Водопоглощение	%	2 – 5
9.	Коэффициент размягчения		0,88 – 0,92
10.	Морозостойкость	циклы	50

Тем не менее, имеются и недостатки для внедрения предложенного варианта утилизации ОПМК:

1. Так как технологический процесс протекает при длительном воздействии от 10 до 17 часов высоких температур (до 750 - 1300°C) в течение двух этапов, то в современных условиях, при дефиците, высокой дороговизне энергоносителей и тенденции к их удорожанию производство ячеистых стекол на основе ОПМК и отсевов камнедробления становится затруднительным.
2. В связи с закрытием финансирования производства Сакского химического завода с его последующим перепрофилированием, с октября 2003 года завод остановил выпуск перманганата калия и другой продукции и, соответственно, прекратил образование отходов.

Накопленной массы отходов ПМК недостаточно, чтобы окупить затраты на новое производство по выпуску ячеистых стекол и принести прибыль, поэтому для запуска нового производства промышленной перспективы практически нет.

Что же тогда остается? Нельзя оставлять такие высокотоксичные отходы в существующих шламонакопителях и, тем самым, игнорировать опасность загрязнения окружающей природной среды, в том числе и угрозу отравления питьевой водой и продуктами растениеводства населения на территории Сакского и Евпаторийского районов. Как найти выход из сложившейся экологической ситуации? Выход напрашивается один – использовать наработанный опыт производства стекольного гранулята для производства других строительных материалов. Этот гранулят можно получать на основе вышеуказанных отходов, таким же образом, на уже налаженных существующих стекловаренных заводах (например: Керченском, Лисичанском или др.). Дальнейшая судьба шламонакопителей Сакского химического завода и экологической безопасности региона зависит от воли и желания местных властей и нового собственника завода передать безвозмездно накопленные отходы ПМК, как и отходов камнедробления Шархинского карьера или Мазанских песков стекольным заводам и, в качестве выгоды, получить освобождение от бремени платить за загрязнение окружающей природной среды шламонакопителями. Прибылью стекловаренных заводов будет являться выпуск дополнительной продукции в виде стекольного гранулята и применение его для различных композиционных материалов: от декоративного стекла и стеклянных блоков до заполнителей бетонов, асфальтобетонов и др. В дальнейшем для полной реабилитации нарушенных земель, высвобожденных от шламов ОПМК необходимо провести их биологическую и техническую рекультивацию.

Для завершения работы по исследованию экологической ситуации в Сакском регионе, а также для подбора эффективной технологии использования стекольного гранулята из ОПМК и отсевов камнедробления Шархинского карьера или Мазанских песков требуется внимание и минимальная материальная поддержка со стороны Министерства экологии и природных ресурсов, Министерства чрезвычайных ситуаций Украины, инвесторов, равнодушных к состоянию ОПС в Крыму и в Украине, ученых и общественности Крыма.

ВЫВОДЫ:

1. Показано существование локальной экологической проблемы в Сакском регионе из-за действующих шламонакопителей бывшего Сакского химического завода.
2. Предложены возможные варианты утилизации ОПМК и перспектива их промышленного внедрения.
3. Обоснованы рекомендации к основному направлению утилизации ОПМК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Строительные материалы Крыма: Справочное издание/ автор-сост. П.П.Лушпаева. - Симферополь: Таврия, 1987.- 160с.
2. П.Г. Лавринев. Утилизация промышленных отходов предприятий Крыма: учебное пособие. - Симферополь: Бизнес – Информ., 2005.- 439с.
3. Строительство и техногенная безопасность/Сб. науч. трудов КИПКС. -Симферополь: Таврия, 1998г.- 213с.
4. Строительство и техногенная безопасность/Сб. науч. трудов КИПКС. -Симферополь: Таврия, №9, 2002г.- 213с.
5. Горянов Ю.П. Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий: Учеб. для вузов. - М.: Высш.шк., 1989.- 384с.
6. Устойчивый Крым. Инновационный потенциал Крымской академии природоохранного и курортного строительства/ Приложение к научно-практическому дискуссионно-аналитическому сборнику «Вопросы развития Крыма». Симферополь, «Сонат», 2000.-112с.

Стоянов В. У., д.т.н. профессор; Ревякина Ю. Н., аспирант
 Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Проблема регенерации воздуха в герметизированных помещениях защитных сооружений

В статье оценивается эффективность существующих систем регенерации воздуха в условиях длительного пребывания людей в герметизированных объектах.

Защитные сооружения, допустимые параметры воздушной среды, регенеративные установки, химические источники кислорода.

Основным способом защиты населения от крупномасштабных ЧС, вызванных взрывами, пожарами, авариями и катастрофами на химически и радиационно-опасных объектах, является укрытие персонала предприятий и населения городов в защитных сооружениях, согласно Закона Украины «Про правові засади цивільного захисту» № 1859-IV от 24.06.04 г. [1].

Системы жизнеобеспечения должны создать условия для непрерывного пребывания населения в герметичных помещениях не менее 2 суток. В защитных сооружениях, размещающихся при атомных электростанциях и других особо опасных объектах, продолжительность автономного пребывания обслуживающего персонала обычно доводится до 5 суток [2].

Для обеспечения относительно длительного пребывания людей в закрытых помещениях убежищ и противорадиационных укрытий необходимо соблюдать (поддерживать) допустимые параметры воздушной среды [2].

Допустимые параметры воздушной среды определяются ГОСТ 12.1.005-88 [3] и ДБН В 2_2_5_97 [5]. В герметизированных помещениях газовый состав и параметры микроклимата, указанные в табл. 1, поддерживаются в основном за счет работы фильтро-вентиляционных и регенеративных систем [4,5].

Таблица 1.

Параметры окружающей среды убежищ

Параметри	Норма	Критичні
Температура	0—30 °С	34°
Кисень	17%	14%
<u>Двуокис вуглецю (CO₂)</u>	3%	5%
<u>Окис вуглецю (CO)</u>	до 30 мг/м ³	1000 мг/м ³

Критические параметры воздуха в защитных сооружениях создаются при напряженной работе укрываемого персонала, функционировании оборудования, и особенно возрастают в условиях режима полной изоляции (режим III), который устанавливается при загазованности наружного приземного воздуха продуктами горения или сильнодействующими ядовитыми и другими вредными веществами, защита от которых не обеспечивается обычными фильтрами-поглотителями. В таких случаях для жизнедеятельности укрываемых требуется регенерация внутреннего воздуха помещения [2].

В существующих убежищах в Украине согласно [5] для регенерации воздуха в режиме изоляции установлены регенеративные установки РУ-150/6 (рис. 1) или специальные регенеративные патроны с химическим поглотителем углекислого газа, которые используются совместно с кислородными баллонами. Рециркуляция воздуха при работе таких регенерационных установок обеспечивается электроручным вентилятором ЭРВ-600/300 [2,6].

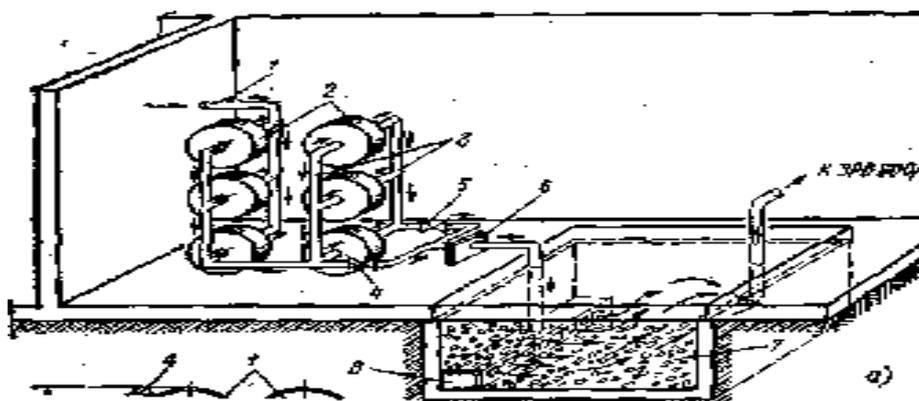


Рис. 1. Принципиальная схема регенеративной установки РУ-150/6: 1 – расходомер; 2 – регенеративные патроны; 3 – воздухопроводы; 4, 5 - герметические клапаны; 6 – фильтры очистки воздуха от пыли; 7 – теплоемкий фильтр; 8 – короб.

По сферам применения системы регенерации воздуха можно разделить на два класса: системы электрохимической (ЭХРВ) и химической регенерации воздуха (ХРВ) (табл. 2) [8,10,11,12].

Системы с ЭХРВ в отличие от систем с ХРВ применимы лишь при режиме работы, исключающем аварийные ситуации, рассчитаны на непрерывную работу в течение длительного времени, энерго- и наукоемки и требуют больших материальных затрат на обслуживание.

Таблица 2

Сферы применения систем регенерации

Сфера применения	Система регенерации		
	ЭХРВ	ХРВ	
		Системы с общим поглотителем CO_2 , H_2O и источником O_2	Системы с отдельными поглотителями CO_2 , H_2O и источником O_2
Атомные подводные лодки	Электролиз дистиллированной воды и поглощение углекислого газа в аппаратах-поглотителях CO_2 на основе гидроксидов щелочных металлов (преимущественно лития)	Регенеративные двухъярусные установки (РДУ) с комплектом регенеративных пластин В-64	Патроны-поглотители CO_2 на основе окиси и гидроокиси щелочных и щелочноземельных металлов и баллоны со сжатым кислородом
Космические станции	Система «Электрон-ВМ» на основе процессов электролиза, сепарации газожидкостной смеси, фильтрации и каталитической очистки газов	Устройства на основе химически активных соединений со связанным кислородом	Системы очистки атмосферы от углекислого газа «Воздух» (СОА-УГ) и от вредных примесей БМП (СОА-МП)
Авиационные летательные аппараты		Устройства на основе химически активных соединений со связанным кислородом	Регенерационные установки, содержащие поглотители газовых примесей и влаги, теплообменники и баллоны со сжатым кислородом
Защитные сооружения		Установки РУ-150/6, РВ-150, устройства 300	Регенеративные установки в составе патронов с ХПИ и баллонов со сжатым кислородом.

Как следует из табл. 2, при определенных условиях система ХРВ используется во всех сферах. Но, несмотря на широкое применение, анализ такого способа регенерации выявил целый ряд недостатков. А именно:

1. При использовании устройств с отдельным поглотителем углекислого газа и источником кислорода хранение газообразного или жидкого кислорода

- приводит к большому «мертвому» весу металлических баллонов (вес газообразного кислорода обычно составляет 10-20% полного веса снаряженных баллонов);
- требует регулярного наблюдения вследствие утечек кислорода через запорную арматуру, что может вызвать аварийную ситуацию;
- с увеличением в герметичном пространстве числа людей растет количество хранимых баллонов;
- необходимо иметь хорошую тепловую изоляцию емкостей с жидким кислородом для уменьшения его потерь на испарение [7].

2. При применении устройств с химически связанным кислородом:

- лишь треть защитного ресурса регенеративного патрона используется в течение гарантированного срока защитного действия. Т. е. извлечение кислорода из его твердофазного источника происходит неэффективно, и две трети попросту теряются;
- имеет место процесс спекания регенеративного продукта по причине большого веса РП, вследствие чего нельзя построить теплообменник нужной мощности;
- из-за отсутствия в существующих аппаратах узлов, позволяющих увеличить их динамическую активность, возникает, т. н. ресурс мертвого слоя сорбента; [9]
- все процессы регенерации сопровождаются выделением значительного количества тепла, что приводит к повышению температуры газо-дыхательной смеси;
- для рециркуляции и охлаждения регенерируемого воздуха требуются значительные энергозатраты.

Особенность в разработке новых систем регенерации воздуха для защитных сооружений состоит в том, что кроме поддержания допустимых параметров воздушной среды, они должны удовлетворять целому ряду технических требований: малое энергопотребление, высокая надежность и прочность, ограниченный вес и габариты, автоматическая работа, невысокая стоимость и небольшое тепловыделение от установок во внешнюю среду [5,6].

Строительство новых убежищ в последние годы практически полностью приостановилось, а большинство имеющихся находятся в неудовлетворительном состоянии: техническое состояние устройств для регенерации воздуха в существующих защитных сооружениях не отвечает предъявляемым к ним требованиям, оборудование является морально устаревшим и энергоемким, КПД регенерирующих систем низок и не способен обеспечить заданные параметры воздуха. Также требуется совершенствование систем по утилизации тепла, выделяемого от установок, и этот вопрос в настоящее время остается открытым.

Неудовлетворительное состояние рассматриваемых систем связано в первую очередь с несовершенством законодательной базы. Нормативная база по применению средств регенерации воздуха в убежищах ГЗ остается на уровне требований СНиП 11-11-77х, при этом создаются условия, достаточные для отсидки укрываемых, а не выполнения ими нормальной работы и функций управления. В проекты вновь строящихся убежищ закладываются устаревшие средства регенерации воздуха. Так, установка РУ-150/6 является снятой производителем со снабжения и до сих пор не заменена на другое подходящее средство регенерации [15].

Поэтому создание систем регенерации воздуха нового поколения сегодня является актуальной задачей, требующей немедленного решения.

В связи с этим, для защитных сооружений считается перспективным создание установок, позволяющих хранить и получать кислород из химических соединений или их композиций.

Содержание кислорода в единице объема некоторых твердофазных соединений превосходит жидкий кислород и соизмеримо даже с его содержанием в единице объема твердого кислорода (табл. 3) [13,14].

Некоторые из этих веществ могут не только выделять кислород, но и образовывать продукты, способные поглощать углекислый газ, частично влагу, также уничтожать вирусы и бактерии.

Устройства с химически связанным кислородом стабильны в широком диапазоне температур, могут выдерживать значительные механические нагрузки, транспортироваться любыми видами транспорта, имеют практически неограниченный срок хранения и способны генерировать кисло-

род высокой чистоты с любыми параметрами, при этом не требуя дополнительного обслуживания при эксплуатации [13]. К преимуществам также можно отнести их повышенную надежность, небольшой вес и размеры.

Таблица 3.

Содержание кислорода в некоторых твердофазных соединениях

Вещество	LiClO ₄	NaClO ₄	Mg(ClO ₄) ₂	NaClO ₃	NaO ₂	KO ₂	Жидкий O ₂	Твердый O ₂
Плотность, г/см ³	2,42	2,49	2,61	2,49	2,21	2,17	1,13	1,49
Содержание O ₂ , л/кг	421	366	401	315	305	236	700	700

Следует отметить, что при определенной комбинации таких соединений и при подборе соответствующих катализаторов процессов можно добиться протекания реакций при более низких температурах, а использование механических утилизаторов теплоты позволит избежать энергетических затрат, идущих на охлаждение воздуха при его регенерации.

ВЫВОД

Рассмотрены существующие системы регенерации воздуха. Показана возможность повышения эффективности работ этих систем с применением новых регенеративных композиций из химических веществ, позволяющих не только повысить КПД этих установок по кислороду, но и способных к одновременному поглощению из воздуха углекислого газа и избытка влаги при применении специальных устройств для утилизации выделяющегося тепла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон України Про правові засади цивільного захисту № 1859-IV від 24.06.04.
2. Шульгин В.Н., Овсяник А.И. Инженерная защита населения под общ. ред. Ю. Л. Воробьева. - 2006 г.
3. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
4. Губський А. І. Цивільна оборона. – Львів.: «Ластівка», 1995.
5. ДБН В 2_2_5_97. Будинки і споруди. Захисні споруди цивільної оборони.
6. Приказ МЧС Украины «Про затвердження Інструкції щодо утримання захисних споруд цивільної оборони у мирний час» № 653 от 09.10.2006.
7. Бубнов И. Я., Каманин Л. Н. Обитаемые космические станции. – М.: Военное издательство министерства обороны СССР, 1964 г.
8. Средства коллективно защиты. ООО «АРС-НН», Нижний Новгород, 2007.
9. Пак В. В., Ехилевский С. Г. Эффективное использование химически связанного кислорода для защиты дыхания шахтеров и горноспасателей// Науково-практична конференція «Донбас 2020: наука і техніка - виробництву», 5-6 лютого 2002 р., Донецьк – с.549-553.
10. Давыдов Д. С. Регенерационные системы кондиционирования воздуха ЛА // Международная конференция «Авиация и космонавтика - 2005», 10-11 октября 2005 г., Москва.
11. Баранов И. Л. Устройство и технический облик подводного крейсера «КУРСК» <http://www.rpf.ru>.
12. Прошкин В. Ю., Самсонов Н. М., Гаврилов Л. И. Анализ эксплуатации систем «Электрон-ВМ» на борту МКС // Международная конференция «Авиация и космонавтика - 2005», 10-11 октября 2005 г., Москва.
13. Шаповалов В. В., Ванин В. И. Самораспространяющееся взаимодействие в твердофазных системах как основа новых химических технологий// Науково-практична конференція «Донбас 2020: наука і техніка - виробництву», 5-6 лютого 2002 р., Донецьк – с. 544-548.
14. Вольнов И. И. Перекисные соединения щелочных металлов. - М.: Наука, 1980.
15. Усов В. Н. Современные средства регенерации воздуха, обеспечение «третьего» режима вентиляции в убежищах ГО// Материалы одиннадцатой Международной научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. 18-20 апреля 2006 г./МЧС России. – Н.Новгород: Вектор-ГиС, 2006. – 145-147 с.

УДК:550.4:631.41

Чабан В.В., аспирант

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Влияние грунтовых вод на экологическую безопасность Сакского лечебного озера

Описывается влияние грунтовых вод на экологическую безопасность водоема. Грунтовые воды рассматриваются как среда транзита загрязняющих веществ в Сакское лечебное озеро. Дается оценка уровню загрязнения грунтовых вод.

Сакское лечебное озеро, транзитная среда, водоприток, гидроминеральные ресурсы, грунтовые воды, водоемы.

На сегодняшний день Сакское соленое озеро представляет собой 7 изолированных друг от друга водоемов, каждый из которых имеет свое промышленное или лечебное назначение и свой гидрологический режим, контроль. Восточный бассейн - современный район добычи гидроминеральных ресурсов (лечебных пелоидов и покровной рапы), носит названия Лечебного озера (водоема).

Грунтовые воды – один из важных источников питания Сакского соленого озера, активно влияющий на его вводно-солевой баланс.

В результате подпитки с сельскохозяйственных земель на южном побережье и дачно-огороднических участков происходит изменение гидрохимических характеристик грунтовых вод, разгружающихся в котловине озера. Следовательно, грунтовые воды, поступающие в Сакское соленое озеро, являются транзитной средой при переносе загрязняющих веществ в водоем [1].

Цель работы заключается в изучении степени влияния грунтовых вод на экологическую безопасность Сакского лечебного озера.

Объект исследования – гидроминеральные ресурсы Сакского месторождения лечебной грязи и рапы.

Предметом исследования является изучение отрицательного влияния грунтовых вод на экологическую безопасность озера.

Состояние изученности

Проблема влияния грунтовых вод на состояние водной экосистемы Сакского соленого озера была предметом изучения известных исследователей в этой области: Л.С. Ивановой, А.И. Дзенсе-Литовского, С.А. Пастах, Л.А. Яроцкого, В.И. Родкина, В.А. Хохлова и др.

Для наблюдения динамики параметров грунтовых вод в зоне их транзита с 1986 года оборудована гидрогеологическая сеть наблюдательных грунтовых скважин, расположенная в 1-й зоне санитарной охраны Сакского лечебного озера и состоящая из 39 скважин наблюдательной сети. В связи с истечением срока эксплуатации наблюдательных скважин, с мая 2004 года оборудована новая гидрогеологическая сеть, состоящая из 12-ти скважин. Большинство скважин новой наблюдательной сети расположены по схеме 1986 года, что позволяет сопоставлять результаты водопритока в озеро на различных участках побережья в разные годы (Рис. 1).

Для снижения техногенного воздействия на водоем ДП «Сакская ГТЭС» ведет непрерывный контроль за гидрологическими, физико-химическими и санитарно-бактериологическими параметрами грунтовых вод.

Методика исследования

При изучении влияния грунтовых вод на экологическую безопасность Сакского лечебного озера проводили работу по анализу и обобщению опубликованных и фондовых материалов. Отбор проб и обобщение результатов исследования гидрохимических и санитарно-бактериологических параметров грунтовых вод в наблюдательных скважинах. Изучали поступление загрязнителей с грунтовыми водами в защитные водоемы Сакского озера.

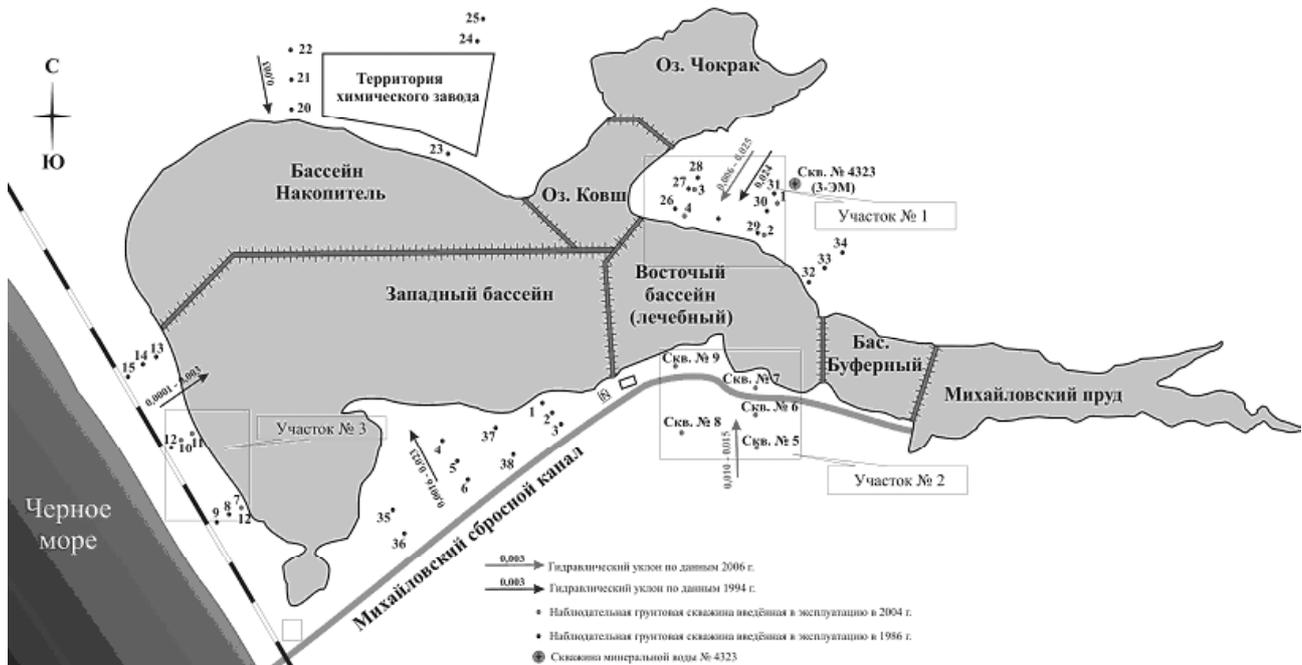


Рис. 1. Схема расположения наблюдательных скважин грунтовых вод на участках побережья Сакского озера.

Обработку результатов проводили при помощи пакета компьютерных программ «Microsoft Office - 2003». Для составления топооснов использовали компьютерные программы «Goggle Earth», «Photoshop 8» и «Corel draw 12».

Наблюдения за параметрами грунтовых вод

С 2004 по 2007 гг. практически на всех наблюдательных скважинах сохраняется стабильный гидрохимический состав грунтовой воды с незначительными вариациями анионо-катионной ассоциации. Исключением являются скважины на морской пересыпи, где происходят сезонные изменения состава грунтовых вод под воздействием морских вод Черного моря.

Грунтовые воды участка №1 и №2 (северный и южный берега Восточного бассейна): хлоридно-сульфатные кальциево-натриевые, с минерализацией 4 – 10 г/л.

Грунтовые воды участка №3 (морская пересыпь) имеют сульфатно-хлоридный магниевонатриевый или гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный магниевокальциево-натриевый состав, с минерализацией 6 – 12 г/л. Переменный состав вод имеет сезонный характер.

Санитарно-бактериологические параметры грунтовых вод носят четко выраженный сезонный характер и не оказывают отрицательного влияния на экологическую безопасность озера.

Грунтовые воды как среда транзита загрязняющих веществ

В Восточный бассейн ежегодно поступает в среднем 156 тыс. м³ грунтовых вод. На графиках сравнения объема притока грунтовых вод и выпадения атмосферных осадков видно, что объем притока грунтовых вод не зависит от выпавших осадков, следовательно, источником поступления большого количества сточных вод в водоем является техногенный фактор: повышение общего объема грунтовых вод за счет стоков с полей орошения и населенных пунктов (Рис. 2).

В 80-х годах прошлого столетия в месте с грунтовыми водами в лечебные водоемы Сакского соленого озера (Восточный и Западный бассейны) поступали загрязнители из группы тяжелых металлов в концентрациях превышающих ПДК. Среднегодовые значения содержания металлов в грунтовых водах на различных участках побережья озера за период 1987 – 1994 годы представлены в табл. 1.

Превышение содержания тяжелых металлов в грунтовых водах, разгружающихся в Сакское озеро, по отношению к их содержанию на фоновых участках достигало значений: по железу до 5 раз, по марганцу в 21 – 35 раз, по никелю в 3 – 4 раза, по кадмию в 6 – 10 раз, по свинцу в 9 – 12 раз, по цинку в 20 – 27 раз [2].

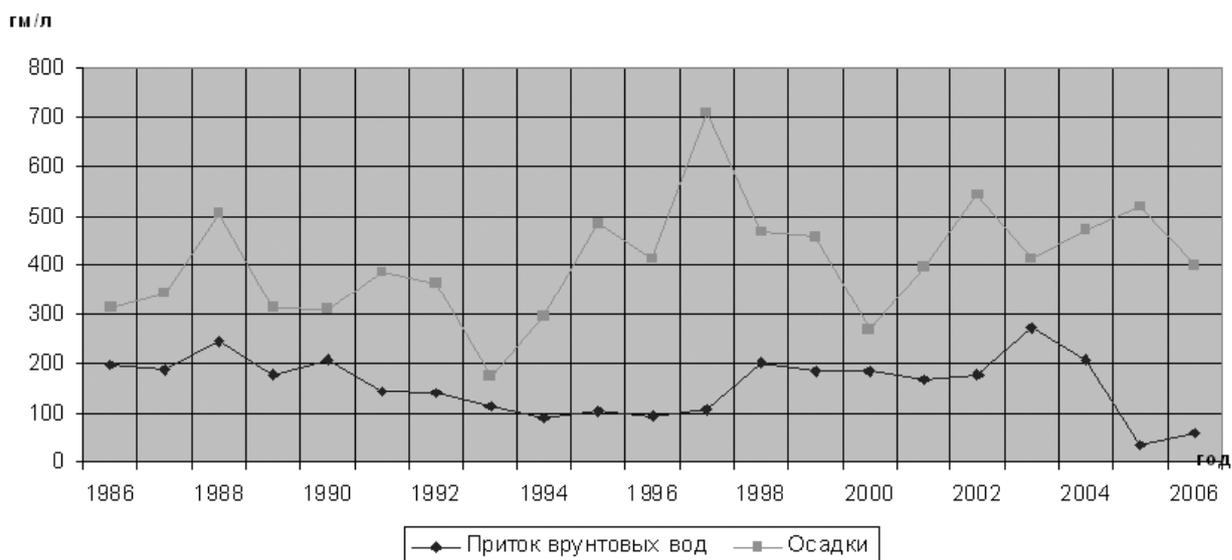


Рис. 2. Притока грунтовых вод в Восточный бассейн и выпавших осадков

Таблица 1

Среднегодовое содержание тяжелых металлов в грунтовых водах (мг/л)

место расположения скважин	Fe	Mn	Cu	Ni	Cd	Pb	Zn
1987 г.							
на участке химических предприятий	50,14	72,5	0,05	7,64	0,004	0,13	1,45
на участке города и курорта	8,3	2,28	0,015	0,088	0,004	2,1	0,28
на участке южного берега Сакского озера	1,8	4,78	0,01	0,07	0,003	0,72	0,093
на участке Сакской морской пересыпи	7,8	1,16	0,013	0,095	0,01	3,24	0,102
1988 г.							
на участке химических предприятий	110	76,0	0,075	14,5	0,07	14,5	1,3
на участке города и курорта	27,4	5,90	0,018	0,90	0,038	0,90	9,4
на участке южного берега Сакского озера	34,4	2,3	0,018	0,11	0,005	0,11	0,80
на участке Сакской морской пересыпи	2,3	5,7	0,015	0,14	0,05	0,14	2,8
1989 г.							
на участке химических предприятий	236,0	68,0	0,155	4,3	0,4	0,2	0,076
на участке города и курорта	23,6	7,4	0,017	0,15	0,035	0,060	5,4
на участке южного берега Сакского озера	39,2	7,5	0,10	0,48	0,03	0,13	0,18
на участке Сакской морской пересыпи	27,2	7,0	0,012	0,028	0,015	3,9	0,74
1990 г.							
на участке химических предприятий	6,0	2,79	0,07	0,44	0,05	0,151	0,36
на участке города и курорта	2,89	39,9	0,070	0,22	0,09	0,21	2,34
на участке южного берега Сакского озера	5,31	2,83	0,028	0,225	0,037	0,12	0,71
на участке Сакской морской пересыпи	17,0	40,0	0,033	0,632	0,050	0,303	3,07
1991 г.							
на участке химических предприятий	0,122	0,426	0,020	0,038	0,012	0,049	0,023
на участке города и курорта	0,118	0,189	0,021	0,031	0,011	0,036	0,211
на участке южного берега Сакского озера	0,214	0,458	0,010	0,035	0,012	0,034	0,030
на участке Сакской морской пересыпи	0,332	1,900	0,010	0,053	0,017	0,047	0,028

1992 г.							
на участке химических предприятий	0,201	0,270	0,010	0,018	н/о	0,015	0,019
на участке города и курорта	0,335	0,161	0,012	0,010	0,003	0,003	0,036
на участке южного берега Сакского озера	0,247	0,234	0,010	0,008	н/о	0,002	0,034
на участке Сакской морской пересыпи	0,389	1,5	0,012	0,018	н/о	0,017	0,032
1993 г.							
на участке химических предприятий	0,201	0,270	0,010	0,018	н/о	0,015	0,019
на участке города и курорта	0,335	0,161	0,012	0,010	0,003	0,003	0,036
на участке южного берега Сакского озера	0,247	0,234	0,010	0,008	н/о	0,002	0,034
на участке Сакской морской пересыпи	0,389	1,5	0,012	0,018	н/о	0,017	0,032
1994 г.							
на участке химических предприятий	0,094	0,104	0,019	0,010	н/о	0,010	0,023
на участке города и курорта	0,099	0,147	0,040	0,009	н/о	0,002	0,029
на участке южного берега Сакского озера	8,914	0,495	0,021	0,008	н/о	0,004	0,058
на участке Сакской морской пересыпи	0,394	0,743	0,021	0,017	н/о	0,005	0,022

Как было доказано В.И. Родкиным, важной геохимической особенностью рапы является осаждение в ней ионов металлов, которые в виде комплексных соединений вступают в лечебные грязи. Восстановительные условия среды, большое количество коллоидных частиц и сернистых соединений создают благоприятные условия для сорбции металлов в лечебных грязях, что в свою очередь приводит к изменению их геохимических характеристик [3].

После прекращения работы Сакского химического завода (начало 90-х годов прошлого столетия) поступления тяжелых металлов с грунтовыми водами в Восточный бассейн резко снизилось, и с 1991 - 1992 годов обнаруженные концентрации не превышали ПДК (Рис. 3). С 1994 г. работы по определению содержания тяжелых металлов в грунтовых водах на берегах озера не проводили. За время миграции тяжелых металлов в лечебный водоем, произошло их накопление в донных отложениях, следы и малые концентрации некоторых элементов обнаруживаются в рапе и донных отложениях и в последние годы (Табл. 2, 3).

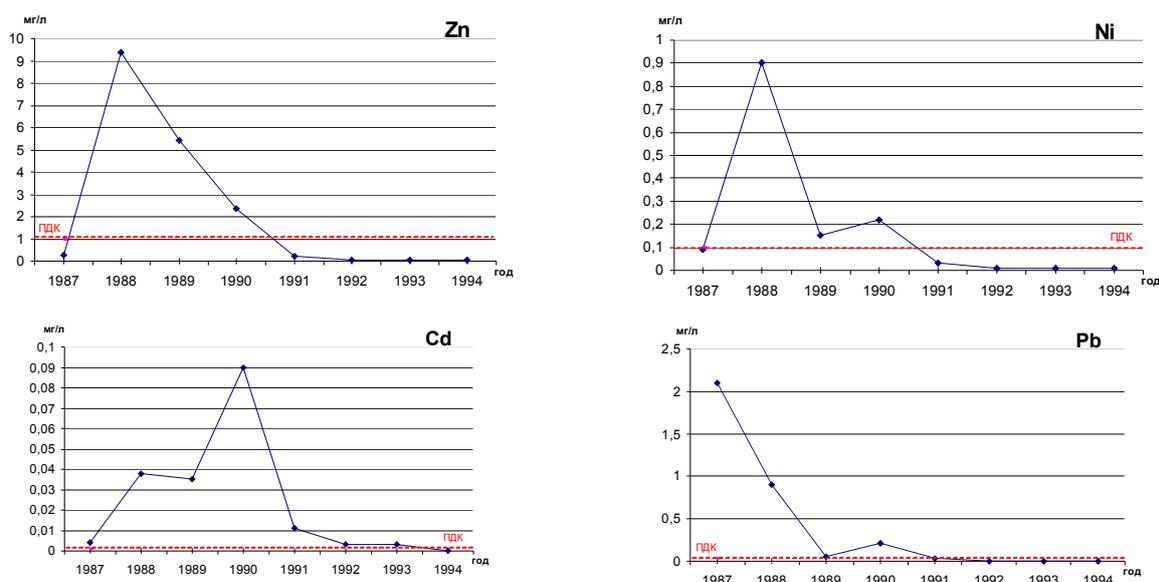


Рис. 3. Содержание тяжелых металлов в грунтовых водах на северном берегу Восточного бассейна

Таблица 2.

Содержание тяжелых металлов рапы Восточного бассейна в г/дм³.

дата	Cu	Zn	Pb	Cd
2006	0,000004	0,000012	<0,000002	0,00084
2007	<0,00001	<0,0001	н.о	-

Таблица 3.

Содержание тяжелых металлов в донных отложениях Восточного бассейна в мг/кг.

дата	Cu	Zn	Pb	Cd
2006	5,80	20,07	н.о	н.о
2007	9,31	28,45	н.о	н.о

С увеличением притока грунтовых вод в лечебный водоем происходит распределение рапы вдоль берегов, что может приводить к процессу ресуспендирования (возвращение в толщи воды (растворение), выпавшей в осадок биомассы, что замедляет процесс грязеобразования) [4].

В настоящее время грунтовые воды не оказывают прямого воздействия на экологическую безопасность лечебного водоема, но являются источником поступления загрязняющих веществ в защитные водоемы Сакского лечебного озера (по данным исследований ДП «Сакская ГГРЭС») и при экстремальных природных условиях возможно загрязнение гидроминеральных ресурсов при переливе загрязненных вод через разделительные дамбы.

ВЫВОДЫ

1. Сакское озеро является региональной дренажной областью разгрузки грунтовых вод, формирующихся в различных гидрогеологических и техногенных условиях.
2. В 80-х годах прошлого столетия грунтовые воды являлись средой транзита в озеро загрязняющих веществ, в результате чего происходило изменение гидро-геохимического режима рапы и лечебных грязей.
3. В настоящее время грунтовые воды не оказывают прямого воздействия на экологическую безопасность лечебного водоема, но являются источником поступления загрязняющих веществ в защитные водоемы Сакского соленого озера.
4. Грунтовые воды являются важнейшим элементом экологического мониторинга Сакского озера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чабан В.В., Сулова Н.А. Исследование сезонного изменения экологической обстановки Сакского соленого озера.// Вестник «Крымское качество». № 1 (9) г.Симферополь, 2007 – С. 56 – 60.
2. Хохлов В.А., Модель управления гидролого-гидрохимическим режимом и качеством лечебных ресурсов бальнеогрязевых месторождений. М.: ВСЕГИНГЕО, 1995 – 170 с.
3. Родкин В.И. Формирование геохимической обстановки месторождений лечебных грязей Крыма в условиях техногенного воздействия.-М: Московский ордена трудового красного знамени геологоразведочный институт им. С. Орджоникидзе, 1988, -20с.
4. Гулов О.А., Хохлов В.А. Информация о современном состоянии гидроминеральных ресурсов лечебного назначения на территории АР Крым.// Сборник статей специалистов ДП «Сакская ГГРЭС» 1995 – 2007. г.Саки.- С.41 – 44.

Раздел 6. Водообеспечение и водоотведение, гидромелиорация, теплоснабжение и энергетика

УДК 536.24

Анисимов С.Н. , доцент, **Глухов Н.Д.** , д.т.н., профессор, **Климова А.Д.** , магистрант
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Термодинамическая эффективность интенсификации процессов теплообмена.

Дан анализ состояния и значимости проблемы. Проведен обзор существующих методов интенсификации процессов теплообмена. Рассмотрены вопросы получения обобщенных решений тепло-гидродинамических задач применительно к развитым поверхностям теплообмена и критериев оценки термодинамической эффективности.

Источники энергии, тепловая энергия, энергосбережение, тепловой поток, теплообмен, гидродинамика, теплообменное оборудование, поверхность теплообмена, интенсификация теплообмена, критерии эффективности.

Энергосбережение – один из главнейших приоритетов современной государственной экономической и технической политики Украины. В последние годы на правительственном уровне принят ряд постановлений и программ по энергосбережению.

Энергосбережение – задача многоплановая. Ее решение должно базироваться на рациональном использовании энергетических ресурсов и разработке высокоэффективных энергосберегающих технологий во всех отраслях народного хозяйства.

В настоящее время и на обозримую перспективу основным источником энергии является химическая энергия органических топлив: угля, нефти и природного газа. Как при энергетическом, так и при технологическом использовании этой энергии промежуточным этапом является получение тепловой энергии, что в свою очередь требует создания высокоэффективных теплотехнических устройств, неотъемлемой частью которых является теплообменное оборудование. Кроме того, совершенствование теплообменного оборудования способствует прогрессу многих областей техники, в которых процессы теплообмена играют основную или вспомогательную роль. Среди них такие разнообразные области, как космонавтика, авиация, кондиционирование воздуха, химическая и нефтеперерабатывающая промышленность, производство ЭВМ, криогеника и холодильная техника, электроника, топливные элементы, печи, газовые турбины, магнитогидродинамические установки, плазменные двигатели, отопление, ядерная и гелиоэнергетика.

Создание более эффективного теплообменного оборудования преследует цели снижения затрат энергии и материалов, что выражается либо в уменьшении габаритов теплообменников, которые должны обеспечивать передачу требуемого количества тепла, либо в увеличении тепловой производительности существующих теплообменников. Решение этих задач неизбежно приводит к необходимости интенсификации процессов теплообмена. Более эффективный теплообмен необходим так же для предотвращения перегрева и разрушения систем при заданной интенсивности тепловыделения, т.е. для повышения надежности систем.

Тепловой поток, передаваемый в тепловых аппаратах от греющей к нагреваемой среде, зависит от большого количества факторов. Его рассчитывают по уравнению теплопередачи

$$Q = k\Delta tF, \quad (1)$$

где: k – коэффициент теплопередачи; Δt – температурный напор; F – площадь поверхности теплопередачи.

Величина температурного напора Δt зависит от схемы движения теплоносителей и технологических параметров работы аппарата.

Абсолютное значение площади поверхности теплопередачи F не влияет на интенсивность процессов теплообмена. Влияние оказывает геометрия поверхности как с точки зрения интенсификации процессов теплообмена, так и с точки зрения компактности теплообменных устройств.

Коэффициент теплопередачи в простейшем случае для плоской стенки рассчитывают по формуле:

$$k = \frac{1}{1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2}, \quad (2)$$

где: α_1 и α_2 – коэффициенты теплоотдачи для горячей и холодной сред соответственно; δ – толщина стенки; λ – коэффициент теплопроводности материала стенки.

Величины $1/\alpha_1$, δ/λ и $1/\alpha_2$ представляют собой термические сопротивления теплоотдаче от горячей среды к стенке, стенки и теплоотдаче от стенки к холодной среде соответственно.

Интенсивность передачи теплоты от горячего теплоносителя к холодному, главным образом, зависит от коэффициента теплопередачи. Однако, знания численного значения одного лишь коэффициента теплопередачи для исследования процесса недостаточно. Сделать правильное заключение и добиться существенного изменения теплового потока можно только на основе анализа соотношений всех термических сопротивлений, входящих в выражение для коэффициента теплопередачи.

При изучении условий передачи теплоты в тепловых аппаратах для интенсификации процесса необходимо стремиться уменьшить наибольшее из термических сопротивлений. Значение коэффициента теплопередачи, определяемое по уравнению (2), всегда меньше меньшего из значений α . Поэтому, если имеет место существенное различие в значениях коэффициентов теплоотдачи α_1 и α_2 , то необходимо предпринять действия по увеличению меньшего из значений α .

При больших значениях коэффициентов теплоотдачи коэффициент теплопередачи в значительной степени зависит от термического сопротивления стенки. В этом случае необходимо принять меры по снижению термического сопротивления стенки путем подбора соответствующего материала стенки (с высоким значением λ и, по возможности, с минимальным значением δ).

Диапазон изменения средних значений коэффициента теплоотдачи приведен в табл. 1. Как следует из таблицы, значение коэффициентов теплоотдачи изменяется в очень широких пределах и при различном сочетании теплоносителей и условий необходимо принимать меры по интенсификации теплообмена.

Таблица 1.

Диапазон изменения средних коэффициентов теплоотдачи

Среда	$\bar{\alpha}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
Воздух (10 Па), естественная конвекция	2-20
Воздух (10^5 Па), вынужденная конвекция	10-200
Воздух ($2,5 \cdot 10^7$ Па), вынужденная конвекция	200-1000
Вода	500 - 5000
Органические жидкости	100 -1000
Конденсация (вода)	2000 - 50000
Конденсация (органический пар)	500 -10000
Испарение(вода)	2000 -100000
Испарение (органические жидкости)	500 - 50000
Частица - газ - стенка	5 - 500
Излучение при комнатной температуре, черные поверхности	5
Излучение при 2000 К, черные поверхности	15000

Спектр приемов и методов интенсификации процессов теплообмена довольно обширный, но все их можно разделить на два вида: пассивные и активные.

Пассивные методы не требуют непосредственных затрат энергии извне и включают: специальную физико-химическую обработку поверхности, использование шероховатых и развитых по-

верхностей, устройств, обеспечивающих перемешивание и закручивание потока, способов воздействия на поверхностное натяжение, добавление примесей к теплоносителям.

Активные методы требуют прямых затрат энергии от внешнего источника и включают: механические воздействия, вибрацию поверхностей теплообмена, пульсации потока теплоносителя, использование электрических полей, вдув и отсос теплоносителя. Возможно одновременное использование двух или более методов (комбинированная интенсификация).

Попытки интенсификации теплоотдачи регистрировали в течение более 100 последних лет и в этой области накоплена большая информация.

Важность данного научного направления подтверждается ростом числа работ, опубликованных по этому вопросу, включая статьи, доклады, диссертации и патенты в последние десятилетия. Широкий обзор методов интенсификации представлен в [1].

Использование методов интенсификации теплообмена, как показывает практика, служит следующим термогидравлическим целям: уменьшению площади поверхности теплообмена; увеличению теплопередающей способности; уменьшению достигаемой разности температур между потоками теплоносителей; уменьшению мощности на прокачивание теплоносителей. Цели конструирования определяют выбор методов интенсификации теплообмена, параметров, ограничений и рабочих соотношений. Эти вопросы и перспективы коммерческого использования и развития методов интенсификации теплообмена рассмотрены в [3].

Интенсификация процессов теплообмена обычно не представляет интереса, если не дает выигрыша в стоимости по сравнению с использованием стандартных образцов. На выбор метода интенсификации дополнительно влияют такие факторы, как наличие материалов, безопасность и надежность. Примерная взаимосвязь свойств теплообменников при их оценке и сравнении представлена на рис.1.

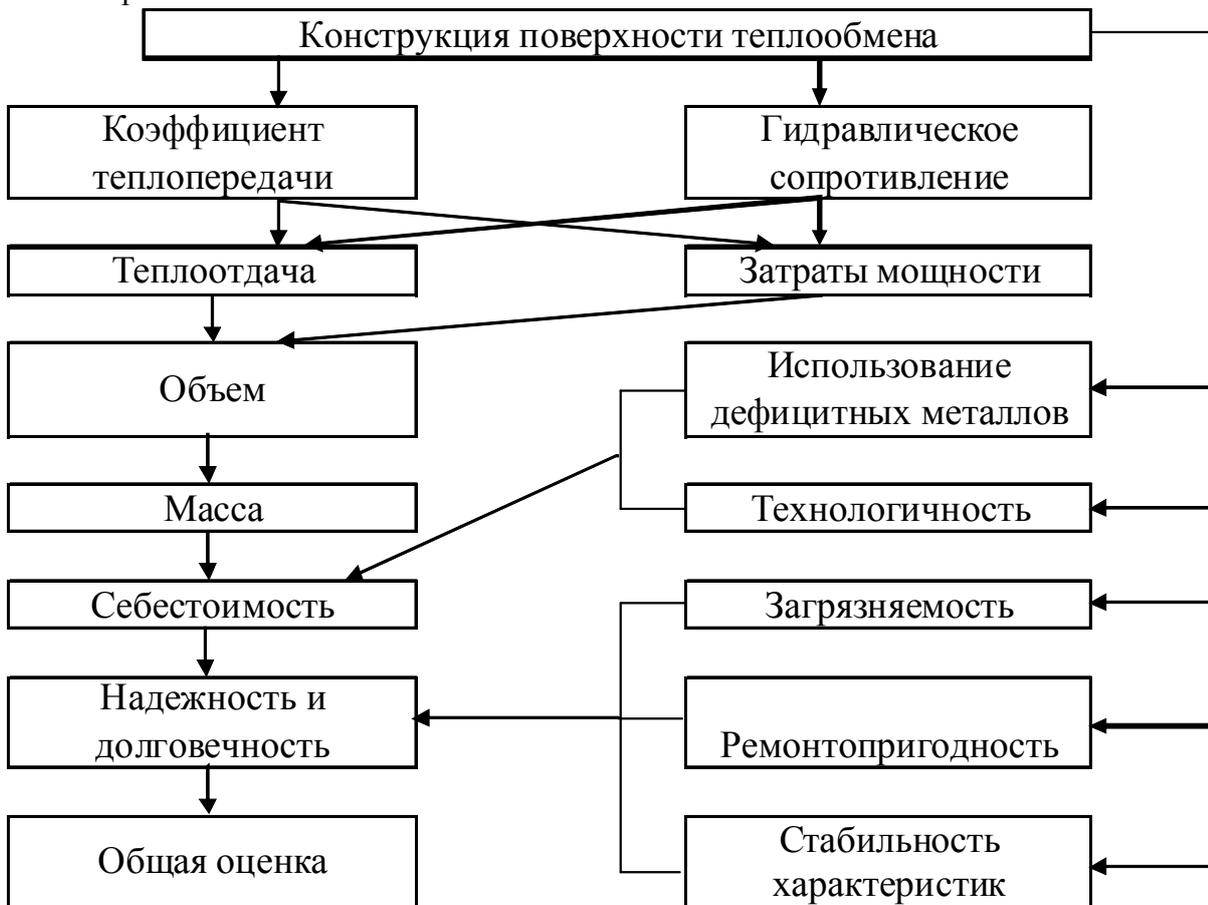


Рис.1. Взаимосвязь свойств теплообменников при их оценке и сравнении.

В большинстве технических приложений наиболее широко применяют пассивные методы интенсификации с использованием развитых поверхностей теплообмена. Некоторые характерные примеры компактных поверхностей теплообмена представлены на рис. 2.

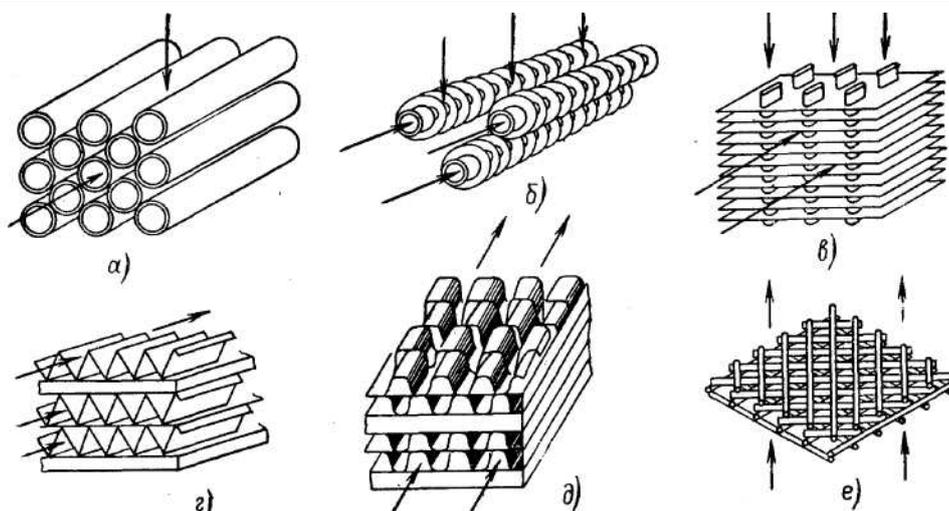


Рис. 2. Некоторые характерные примеры компактных поверхностей теплообмена. *a* — пучок круглых труб; *b* — круглые трубы с цилиндрическими или радиальными ребрами; *в* — пучок плоских труб со сплошными ребрами; *г* — пластинчатые ребра; *д* — прерывистые пластинчатые ребра; *e* — насадка (матрица) из пересекающихся стержней.

Создание развитых поверхностей теплообмена преследует две цели:

- с одной стороны увеличивается площадь контакта теплоносителя и стенки и компактность поверхности, т.е. площадь поверхности теплообмена в единице объема;
- с другой стороны – существенно меняется гидродинамическая картина обтекания поверхности, что ведет к интенсификации теплообмена и увеличению коэффициента теплоотдачи.

При выборе метода интенсификации теплообмена возникает вопрос об оценке эффективности воздействия и выборе критериев. Этот вопрос не однозначный и включает термодинамические, массо-габаритные, технологические, эксплуатационные и экономические аспекты.

Как показывает опыт, наиболее полный учет дает критерий сравнения по приведенным затратам. Однако не следует исключать и другие критерии, которые позволяют отклонить заведомо худшие варианты на более ранних этапах проектирования и производства.

Что касается интенсификации теплообмена, то для оценки на первый план выдвигаются критерии термодинамической эффективности, которые могут быть получены на основе известных методов термодинамического анализа эффективности, таких как: метод коэффициентов полезного действия, энтропийный и эксергетический методы оценки потерь работоспособности. Выбор метода оценки будет зависеть от цели использования теплоты, а именно – энергетического или технологического.

С точки зрения системного подхода при энергетическом использовании теплоты, учитывая ее разную энергетическую ценность в зависимости от температурного уровня, более глубокий результат дают энтропийный и эксергетический методы.

При технологическом использовании применим метод коэффициентов полезного действия, который для теплообменного оборудования сводится к методу энергетических коэффициентов.

Обоснование вида критерия термодинамической эффективности дано в работе [3]. Как показал анализ энергетическую эффективность теплообменных поверхностей можно оценивать по удельным затратам мощности на прокачку теплоносителя для передачи заданных количеств теплоты. В этом случае критерий термодинамической эффективности имеет вид:

$$E = \frac{Q}{N}, \quad (3)$$

где: Q – тепловой поток от теплоносителя к поверхности теплообмена или наоборот; N – затраты мощности на прокачку теплоносителя.

Такая оценка позволяет исключить заведомо худшие варианты на ранних стадиях принятия конструктивных и проектных решений.

Для раскрытия величин Q и N необходимо использовать обобщенные зависимости для широкого класса поверхностей.

Тепловые и гидродинамические процессы, протекающие в развитых поверхностях теплообмена, во многом обуславливают друг друга и достаточно сложны. Несмотря на наличие обширного экспериментального материала, полное аналитическое описание и тем более точные решения до настоящего времени отсутствуют, поэтому для расчетов используют либо эмпирические зависимости для конкретных видов поверхностей, либо при проектировании используют экспериментальные данные в виде графиков и таблиц.

Отсутствие обобщенных зависимостей по теплообмену и гидравлическим сопротивлениям для развитых поверхностей усложняет задачу оценки и выбора наиболее оптимальных вариантов.

Решение задачи обобщения существующих экспериментальных данных должно основываться на использовании методов теории подобия. Важнейшей составляющей данной задачи является отыскание обобщенных геометрических параметров для поверхностей различной геометрии, что позволило бы получить обобщенные критериальные уравнения. Попытка обобщения предпринята в работе [4], но не нашла своего завершения.

В работе [5] обобщение применительно к тепловой задаче проведено на основе уравнений энергии и теплообмена. Полученное решение имеет вид:

$$j = \frac{A_j}{l/d} + B_j, \quad (4)$$

где: j – фактор Колборна; A_j и B_j – коэффициенты, зависящие от числа Рейнольдса; $l/d = F/(4f_c)$ – безразмерный геометрический параметр поверхности теплообмена (F – площадь боковой поверхности канала; f_c – площадь живого сечения канала).

Распространяя предложенный в [5] подход на гидродинамическую задачу, на основе уравнения равновесия сил, действующих в потоке теплоносителя, можно получить решение в следующем виде

$$f = \frac{A_f}{l/d} + B_f, \quad (5)$$

где: f – фактор Фаннинга; A_f и B_f – коэффициенты, зависящие от числа Рейнольдса.

Даже чисто внешнее сходство уравнений (4) и (5) указывает на общность решений тепловой и гидродинамической задач, что нашло полное подтверждение в результате обработки имеющихся экспериментальных результатов методами математической статистики.

Безразмерный геометрический параметр l/d , входящий в уравнения (4) и (5), имеет глубокий физический смысл. Анализ уравнений тепловой и гидродинамической задач показывает, что отношение F/f_c является мерой отношения эффектов: конвективного и молекулярного переносов – для тепловых явлений и импульса и сил трения – для гидродинамических явлений. Используя данный факт легко связать тепловую и гидродинамическую задачи. Появляется возможность количественного выражения тепловых эффектов через гидродинамические и наоборот – гидродинамическая аналогия.

Таким образом, величину l/d можно рассматривать как обобщенный геометрический параметр в тепловых и гидродинамических задачах применительно к теплообменным поверхностям. Для развитых поверхностей теплообмена под l/d следует понимать безразмерную длину потока между соседними возмущениями, так как развитые поверхности обычно работают в условиях, соответствующих начальным участкам «длинных» каналов.

Аналитический анализ и данные обработки экспериментальных результатов показывают, что первые слагаемые в уравнениях (4) и (5) учитывают влияние так называемого начального участка, а вторые слагаемые представляют собой значения соответствующих величин для условий стабилизированного течения. Таким образом, первые слагаемые и есть те добавки, которые вносят в

процесс «развитие» поверхностей. Иными словами, эффект интенсификации теплообмена в развитых поверхностях теплообмена учитывается членами, содержащими величину l/d . С увеличением l/d первое слагаемое убывает и при $l/d \rightarrow \infty$ (в реальных условиях к конечному значению) искомые величины стремятся к их значениям при стабилизированном режиме течения.

Как видим, все вышесказанное объясняет физическую картину интенсификации теплообмена в развитых поверхностях.

Подход можно применить и для описания тепловых и гидравлических явлений в пульсирующих потоках. Применяя метод обращения воздействий, были получены соответствующие критериальные уравнения для пульсирующего потока газов в устройствах пульсирующего горения [6].

ВЫВОДЫ

1. Создание современного теплообменного оборудования задача сложная и многоплановая.
2. Интенсификация процессов теплообмена – одно из важнейших направлений развития современного теплообменного оборудования.
3. В настоящее время наиболее широко применяют пассивные методы интенсификации теплообмена и, в частности, использование развитых поверхностей теплообмена.
4. До настоящего времени не разработаны универсальные методы и критерии для оценки эффективности поверхностей теплообмена.
5. Необходимо дальнейшее углубленное изучение тепловых и гидродинамических процессов, протекающих в развитых поверхностях теплообмена, с целью получения обобщенных зависимостей для расчета тепловых и гидравлических характеристик и оценки их эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. Бергльс. Интенсификация теплообмена // Избр. труды 6-й международной конференции по теплообмену. Пер. с англ. – М.: Мир, 1981. – с. 145-192.
2. Справочник по теплообменникам: В 2т. Т.1 / Пер. с англ., под ред. Б.С. Петухова – М.: Энергоатомиздат, 1987. 560 с.: ил.
3. Анисимов С.Н. Обоснование вида критерия термодинамической эффективности теплообменных поверхностей / Деп. В Укр НИИНТИ №1946 – Ук 89. – 6 с.
4. Лохайе, Нойгебауер, Саахайя. Обобщенный метод расчета теплообменных поверхностей / Труды Американского общества инженеров-механиков. Теплопередача. Пер. с англ. – М.: Мир, 1974 - №4. – с. 80-85.
5. Анисимов С.Н. Обобщенное критериальное уравнение теплообмена при вынужденном канальном течении теплоносителя. / Деп. в Укр НИИНТИ №2658 – Ук 89. – 15с.
6. Анисимов С.Н. Параметры газового потока и теплообмен в камерах пульсирующего горения гармонического типа. // Сб. тр. междунар. конф. «Наука і освіта 2005». – Том 61. – Днепропетровск: Наука і освіта, 2005 – с. 7-10.

Бойчук С.Д., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Экологический способ обработки промывных вод водоочистой станции для повторного их использования

Даны результаты изучения режимных параметров и эффективности очистки жидких отходов водоочистой станции в отстойно-фильтровальной установке промышленного типа. Представлена технология подготовки промывных вод к повторному использованию в цикле производства питьевой воды.

Вода, очистка, отходы, осадок, доза, отстойник, фильтр, повторное использование, экологическая эффективность.

Существующие и регламентируемые методы обезвреживания промывных вод и осадков водопроводных станций не отвечают современным требованиям экологической безопасности, в результате этого на практике происходит несанкционированный сброс загрязнений в природные источники. В связи с тем, что рекомендуемые методы повторного использования грязных промывных вод приводит к загрязнению токсикантами питьевой воды, этот метод экономии воды практически не применяют. По причинам несовершенства технологии и конструкций аппаратов существующие цеха по обработке производственных отходов водоочистой станции бездействуют, разрушаются, являются непригодными для выполнения основных функций, а проектные затраты на их эксплуатацию нередко превышают аналогичные расходы в основном цикле подготовки питьевой воды.

Современные экологические требования и задачи по сокращению эксплуатационных затрат на подготовку питьевой воды обусловили не только теоретический интерес, но и необходимость разработки и внедрения новых технологических решений по вопросам переработки и утилизации технологических отходов и осадков водопроводных очистных сооружений (ВОС). В практике большинства ВОС промывные воды и осадки из отстойников без обработки сбрасывают в природные источники или в пруды-накопители, где происходит захоронение минеральных, органических токсичных отходов водоочистки.

Применяемый отвод технологических стоков водопроводных станций на площадки их накопления является попыткой перемещения во времени поиска решения проблемы, не редко с усугубляющими ее последствиями. Многолетнее накапливание и хранение осадка сопровождается изменением его физико-химических и санитарно-бактериологических свойств, проникновением опасных загрязнений в окружающую среду и в подземные воды.

Отсутствие глубоких исследований и рекомендаций по технологическим приемам обезвреживания и утилизации грязных промывных вод привело к строительству на многих водоочистных станциях дорогостоящих комплексов по обработке технологических стоков. Поэтому проблема разработки и внедрения экономичных технологий утилизации осадков промывных вод приобретает все большую актуальность. Все это требует неотложного поиска технических решений, позволяющих обеспечить эффективную утилизацию технологических стоков. К недостаткам перечисленных типовых и наиболее распространенных технологических схем в практике, следует отнести:

- невозможность возврата неочищенных промывных вод и осадков отстойников в основную технологию подготовки питьевых вод по причине их токсичности;
- отсутствие сооружений по обезвреживанию осадков ВОС;
- огромные потери природной воды; экологический ущерб из-за отчуждения значительных площадей земли под иловые площадки и накопители;
- дополнительное загрязнение природных источников воды побочными продуктами хлорирования, ионами тяжелых металлов и другими загрязнениями, забранными из источника или образовавшимися в процессе очистки воды.

Поэтому основными задачами наших исследований были:

- выявление состава загрязнений промывных вод;

- разработка технологии очистки промывных вод скорых фильтров с целью их последующего использования;
- минимализация загрязнения окружающей среды отходами.

При выполнении работы намечены следующие этапы:

- проверка эффективности и определение параметров водоочистной установки с целью повторного использования промывных вод ВОС;
- усовершенствован метод обезвоживания осадков водоочистных станций и подготовка их к использованию в производстве строительных материалов;
- разработаны и испытаны методы термического обезвреживания осадков ВОС;
- разработана технология приготовления строительных материалов из формовочных смесей, содержащих осадки ВОС;
- установлены токсикологические и радиационные показатели и оценена безвредность осадка и готового продукта после термообработки.

По данным Симферопольского предприятия водопроводно-канализационного хозяйства на ВОС «Петровские скалы» ежедневно образуется более 8 тыс. м³ жидких технологических отходов. Их состав находится в прямой зависимости от качества воды в используемом источнике водопользования.

На существующих очистных сооружениях водоканала используются пруды-накопители осадков промстоков ВОС, в которые сбрасывают осадки из отстойников и грязные промывные воды скорых фильтров. Первоначально определили их физико-химические, токсикологические и радиоактивные свойства и на их основе разработали технологию обезвоживания жидких отходов и утилизации осадков.

При выборе требуемой технологии руководствовались экологическими стандартами и государственными нормами строительства по охране водных ресурсов. Принимая во внимание современные требования по предотвращению загрязнения окружающей среды отходами, в Симферопольском производственном предприятии водопроводно-канализационного хозяйства совместно с Национальной академией природоохранного и курортного строительства, Национальным университетом водного хозяйства и природопользования была разработана установка промышленного типа для обезвоживания жидких отходов ВОС, которая разработана в соответствии с патентом Украины «Осветлитель для очистки воды», № 7595, (7 В01D21/00, С02F1/100) от 15.06.2005, 68164А, авторы Гироль Н.Н., Бойчук Н.Н., Мякишев В.А., Котовская Е.Е., [1].

На основании результатов проведения предварительных опытов по выбору наиболее эффективного вида реагента, его дозы (сернокислый алюминий, Полвак, хлорное железо, полиакриламид, ПолиДАДМАХ, глина бентонитовая) подготовлен план исследований обезвоживания промывных вод в отстойно-фильтровальной установке промышленного типа с применением коагулянта хлорного железа.

На следующем этапе выполнен двухфакторный эксперимент и определены тип реагентов их дозы для конкретных промышленных сточных вод фильтровальной станции «Петровские скалы», затем были проведены серии фильтроциклов и установлены технологические параметры процесса обезвоживания грязных промывных вод на крупномасштабной экспериментальной установке с пенополистирольной загрузкой.

По результатам исследований получены режимные и конструктивные показатели работы разработанной нами установки (табл.). Результаты также показали, что очищенная в установке вода соответствует требованиям по качеству исходной воды, подаваемой на водоочистную станцию в цикл подготовки питьевой воды.

Для глубокой очистки промывных вод их после осветления в отстойно-фильтровальной установке подают в сорбционный фильтр в периоды повышенного содержания органических веществ в водоисточнике (рис. 1) В данной технологической схеме сорбционный фильтр для очистки промывных вод находится после отстойно-фильтровальной установки. Загрузка фильтра активированным углем марки АГ-3 обеспечивает необходимый эффект очистки промывных вод от органических веществ (см. табл.).

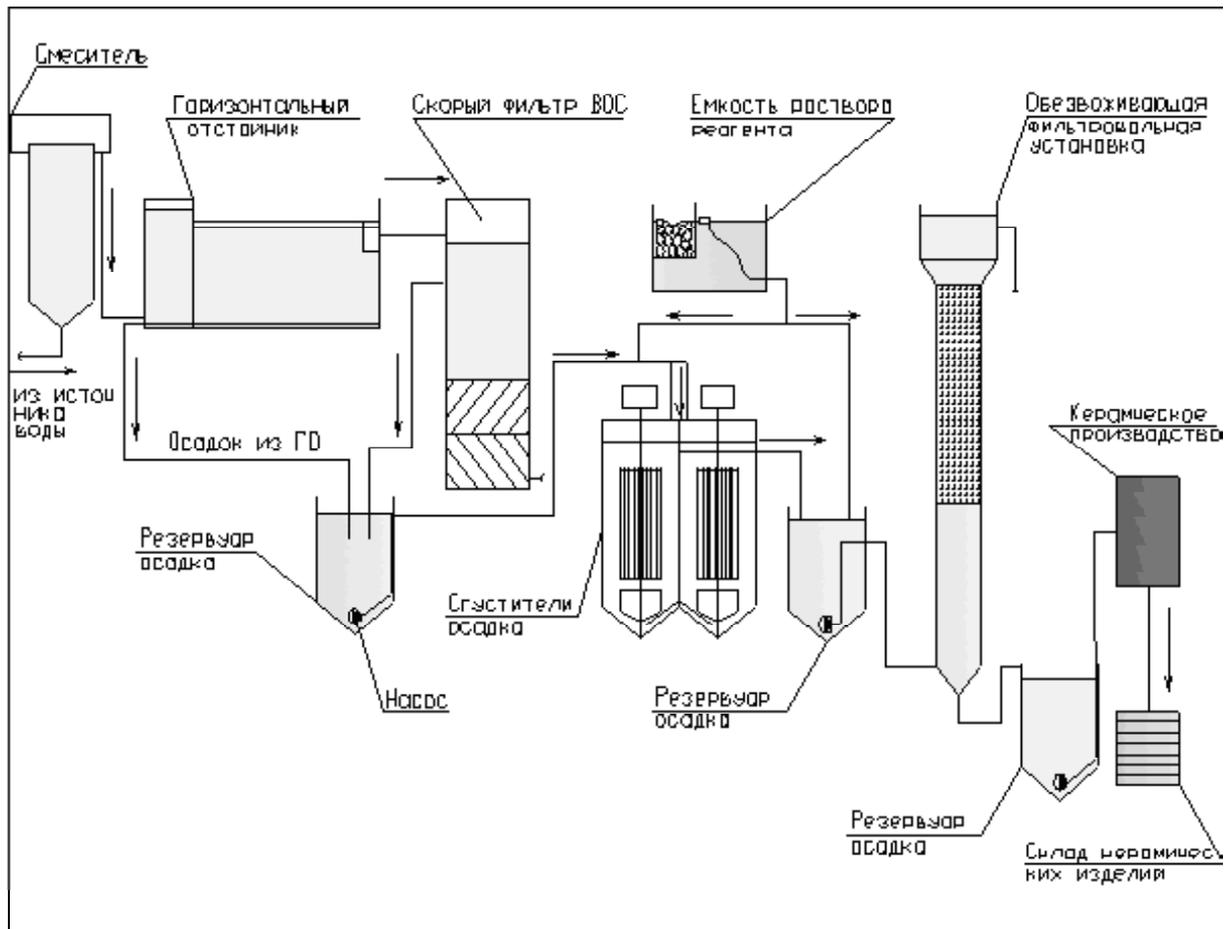


Рис. 1. Схема очистки грязной промывной воды на водоочистной станции «Межгорное»

Гигиенические критерии безвредности диктующих химических веществ и оценки органолептических свойств питьевой воды, подраздели их на обобщенные и индикаторные. Индикаторные показатели не характеризуют уровень загрязненности воды отдельными веществами, но служат предупреждающими факторами, отражающими угрозу риска для здоровья человека и возможность появления сопутствующих более вредных загрязнений. Индикаторные показатели также могут свидетельствовать о недостаточной эффективности барьера – сооружений подготовки питьевой воды, в том числе в отношении патогенных микроорганизмов. Например, увеличение цветности, запахов или перманганатной окисляемости воды предупреждением о возможности образования канцерогенных хлорорганических соединений в процессе обработки воды хлорсодержащими реагентами. Основные составные части данного метода заключаются в следующем:

- выбор и обоснование наиболее эффективных технологий водоподготовки, транспортировки воды;
- прогнозирование уровней загрязнения воды в пространственно-временных координатах.

Математическая модель определения значений ингредиентов на выходе из водоочистной установки может быть представлена в виде:

$$C_{1(k)} = f(C_{1cp}, P_1, P_2, P_n); C_{2(k)} = f(C_{2cp}, P_1, P_2, P_n); C_{n(k)} = f(C_{ncp}, P_1, P_2, P_n),$$

где: $C_{1(k)}$ и C_{1cp} – концентрации ингредиента после и до очистных сооружений;

P_1, P_2, \dots, P_n – основные технологические параметры работы очистных сооружений, определяющие эффективность их работы.

Применив понятие допустимого риска и методику оптимизации водоочистной технологии, можно определить приведенные затраты на проведение экологических мероприятий в технологии очистки питьевой воды для конкретного комплекса с учетом допустимого риска для здоровья человека [4].

**Рекомендуемые технологические показатели работы установки промышленного типа
для очистки грязных промывных вод**

Наименование показателя	Показатели качества воды			
	30 – 70		70 – 110	
Исходная концентрация взвешен. вещ., мг/л				
Концентрация взвешен. вещ. на выходе, мг/л	4	6	4	6
Доза реагента (FeCl ₃ по тов. продукту), мг/л	15-20		25-30	
Эффект снижения перманг. окисляемости, %	31	29	25	20
Скорость воды, м/ч	4	7	4,6	7
Расход на собств. нужды, % расхода в сут.	1,4	2	2,3	2,4
Продолжительность фильтроцикла, ч.	140-200	80	100	60
Потери напора в фильтре за фильтроцикл, м	0,5	0,7	1,0	1,4
Высота слоя загрузки, м	1,2			
Крупность загрузки, мм	1 – 3			
Тип загрузки	Вспененный полистирол			
Интенсивность промывки, л/с*м ²	32			
Время промывки, мин	2,5-3			

Не допуская подмены действующих экологических требований, в качестве индикаторных показателей рекомендуются: запах, перманганатная окисляемость, азот аммиака, фосфаты, цветность и микроорганизмы. Учет динамических тенденций показателей качества воды позволяет своевременно изменить технологию реагентной обработки воды на водоочистной станции и предотвратить угрозу сверхнормативного загрязнения питьевой воды. Основным результатом его применения должно быть предупреждение вредных для здоровья населения антропогенных воздействий, а не констатация эпидемических ситуаций. Экологическая безопасность разработанной технологии заключается в минимизации отвода земли под строительство сооружений обработки промывных вод водоочистной станции, отсутствие экологически опасных отходов внедряемой технологии.

ВЫВОДЫ

1. Экспериментально обоснована технология очистки воды в отстойно-фильтровальной установке промышленного типа с последующей сорбционной очисткой в случае необходимости.
2. Разработан экологически безопасный законченный цикл и технологическая схема повторного использования промывных вод скорых фильтров в технологии подготовки питьевой воды водоочистной станции.
3. Данная технология позволяет прекратить сброс грязных промывных вод водоочистной станции в природные водные объекты, за счет их повторного использования в цикле подготовки водоподготовки получить экономию природной воды в объеме 3 млн. кубометров в год.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Патент Украины «Осветлитель для очистки воды», № 7595, (7 B01D21/00, C02F1/100) от 15.06.2005. Гироль Н.Н., Бойчук Н.Н., Мياкишев В.А., Котовская Е.Е.,
2. Гироль Н.Н., Гироль А.Н., Якимчук Б.Н., Бойчук С.Д., Мякишев В.А. Обработка технологических стоков и утилизация осадков станций очистки питьевых вод. Сборник докладов седьмого международного конгресса «Вода: экология и технология». –М.: 2006, 534 с.
3. Гироль Н.Н., Бойчук С.Д., Мякишев В.А., Пастушенко А.В., Котовська О.Є. Трансформація забруднень при очистці водосховищної води і розробка технології утилізації осадків водоочисної станції. Збірник доповідей «AQUA Ukraine – Water & Environment, 2006.
4. Мякишев В.А., Бойчук С.Д., Котовская Е.Е. Управление качеством воды в источнике питьевого назначения по индикаторным показателям изменения загрязненности. Материалы конференции 111 Международного Водного форума. „АКВА Украина -2005”.

Улучшение качества и безопасности питьевой воды в ГАУ (математическая модель процесса адсорбции загрязнений)

Применение микропористых ГАУ «Сорбер» в процессах очистки позволяет улучшить качество и безопасность питьевой воды, а построенная математическая модель учитывает коллоидно-дисперсную составляющую биогенных загрязнений.

Гранулированный активированный уголь, адсорбция и «антиадсорбция», адекватность

Адсорбционная очистка воды от токсичных растворённых органических ингредиентов (РОИ) в слое плотного неподвижного гранулированного активного угля приводит к непрерывному изменению геометрической структуры поверхности угольных гранул. В значительной степени это происходит из-за содержания в воде коллоидно-дисперсных частиц, что усложняет процесс очистки воды. Уравнение Шилова А.Н. [1,2,3, 4]

$$T = kL - \tau_0 \quad (1)$$

и позже построенные математические модели адсорбции [5,6,7,8,9,10,11], позволяющие определить основные составляющие массопереноса (конвекцию и диффузию, электростатическое и каталитическое взаимодействие сорбируемых частиц и сорбента), содержат математические методы решения разнообразных задач адсорбции с учетом смешанного механизма кинетики и нелинейных изотерм. Определены лимитирующие стадии кинетики в смешанно-диффузионном процессе, рассмотрено влияние дополнительных физико-химических механизмов, но влияние многокомпонентности состава воды на процесс адсорбции изучен недостаточно. Особенно это касается влияния взвеси и продуктов гидролиза коагулянта, содержащихся в исходной воде, в концентрациях более 1,5 мг/дм³, и предположительно, ускоряющих процесс «экранирования» свободной поверхности угольных гранул.

Результаты экспериментальных исследований дают возможность построения математической модели процесса сорбционной очистки воды в условиях «антисорбции».

Таблица 1.

Параметры процесса адсорбции РОИ в ГАУ марки «Сорбер»

Номера опытов	У _з , час	X ₁ , м	X ₂ , мм	X ₃ , м/час	X ₄ , мг/дм ³	X ₅ , мг/дм ³
1	2	3	4	5	6	7
1	0,0	0,10	1,3	7,0	12,1	1,25
2	0,0	0,15	1,3	7,1	12,1	1,20
3	2,0	0,20	1,3	7,0	11,9	1,21
4	6,0	0,25	1,3	6,9	11,9	1,27
5	8,0	0,30	1,3	7,2	12,2	1,25
6	13,0	0,35	1,3	7,0	11,8	1,22
7	16,0	0,40	1,3	7,3	12,0	1,25
8	22,0	0,45	1,3	6,8	11,9	1,24
9	23,0	0,50	1,3	7,2	12,1	1,27
44	21,0	0,50	1,5	7,0	12,0	1,25

Результаты проверки однородности дисперсий приведены ниже.

Анализ однородности дисперсий.

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	У _{ср}	N	S _B ²
Точка №1	0,2	1,3	7,0	11,9	1,12	2,0	5	1,00
Точка №2	0,5	1,3	7,2	12,1	1,27	23,0	5	0,40
Точка №3	0,5	1,3	6,1	12,0	1,30	28,0	5	2,21

Сравнение дисперсий воспроизводимости выполняют по критерию Кохрена

$$\sigma = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{i=1}^N S_i^2}; \quad (2)$$

$$\sigma = \frac{2.21}{3.61} = 0.612 \quad (3)$$

где $S_{\max}^2 = 2,21$, а $\sum_{i=1}^N S_i^2 = 3.61$.

Табличное значение критерия Кохрена при уровне значимости $P = 0,05$ (вероятность 95 %), числе точек $N = 3$ и числе повторных опытов в точке $N = 5$ равняется 0,7743, то есть $\sigma_{\text{табл}} = 0,7743$. Поскольку значение расчетного σ меньше значения $\sigma_{\text{табл}}$, то условие $\sigma < \sigma_{\text{табл}}$ выполняется и дисперсии воспроизводимости однородны, а математический аппарат метода наименьших квадратов легитимен.

Среднюю дисперсию воспроизводимости для всех экспериментальных точек определяем по формуле,

$$S_{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N S_i^2}{N} = 1.203 \quad (4)$$

а среднеквадратичная ошибка будет равна $S = 1,08$.

Коэффициенты B_0, B_1, \dots, B_m определяли после решения системы нормальных уравнений вида:

$$\sum_{i=1}^N y = B_0 N + B_1 \sum_{i=1}^N x_1 + \dots + B_m \sum_{i=1}^N x_m \quad \sum_{i=1}^N x_1 y = B_0 \sum_{i=1}^N x_1 + B_1 \sum_{i=1}^N x_1^2 + \dots + B_m \sum_{i=1}^N x_1 x_m \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^N x_m y = B_0 \sum_{i=1}^N x_m + B_1 \sum_{i=1}^N x_1 x_m + \dots + B_m \sum_{i=1}^N x_m^2$$

где N – количество фильтроциклов в сформированном массиве равно 44. Компьютерное решение системы уравнений дало возможность получить следующие значения коэффициентов уравнения:

$B_0 = 67,74$; $B_1 = 71,10$; $B_2 = 15,60$; $B_3 = 3,68$; $B_4 = 3,14$; $B_5 = 1,97$.

Значения полученных коэффициентов показывают, что наибольшее влияние на процесс очистки оказывает параметр L_1 (высота слоя), а наименьшее X_5 (концентрация хлорреагента).

На основе выполненных расчетов коэффициентов уравнения регрессии проводили статистическую оценку значимости влияния соответствующих параметров X_i по t (критерию Стьюдента), для чего проверяли выполнение условия

$$|B_i| > S \cdot t(f, P) \quad (6)$$

где t – табличное значение критерия при уровне значимости $P = 0,05$ и числе степеней свободы $f = N - 1 = 43$ которое равно $(43 \cdot 0,05) = 2,3$. Среднеквадратичная ошибка, $S = 1,08$.

Таким образом, условие (5.9) эквивалентно требованию, когда

$$B_i > 1.08 \cdot 2.3 = 2.48$$

Значения всех вычисленных коэффициентов, кроме B_5 , удовлетворяют этому требованию, то есть параметры $X_1; X_2; X_3; X_4$ значимо влияют на процесс и легитимны в расчетной формуле. Коэффициент $B_5 = 1,97$ и с точки зрения статистического анализа должен быть исключен из расчетной формулы 7.

$$\tau_{np} = 67,74 + 71,1L - 15,60d_3 - 3,68V_{\phi} - 3,14C_u + 1,97Cl_2 \quad (7)$$

Но такое заключение противоречит физико-химической природе очистки воды. В связи с этим были проведены дополнительные опыты, подтвердившие значимость влияния параметра X_5 (концентрация хлорреагента) на процесс. Поэтому параметр X_5 был включен в расчетную формулу, а конечный вид формулы для расчета санитарно-защитной высоты слоя ГАУ «Сорбер»

$$L = \frac{\tau_{np} - 67,74 + 15,60d_3 + 3,68V_{\phi} + 3,14C_u - 1,97Cl_2}{71,10} \quad (8)$$

Адекватность полученного уравнения проверяли по критерию Фишера

$$F = \frac{S_{ад}^2}{S_{воспр}^2}; \quad (9)$$

где $S_{воспр}^2 = 1,203$, а $S_{ад}$ определяли по формуле:

$$S_{ад}^2 = \frac{1}{N - N_1} \cdot \sum_{i=1}^N (y_{i\text{ расч}} - y_{i\text{ изм}})^2; \quad (10)$$

где $N = 44$ – число экспериментальных точек,

$N_1 = 6$ – число коэффициентов в уравнении

$$S_{ад}^2 = 5,020$$

Расчетное значение критерия Фишера $F = \frac{5,020}{1,203} = 4,172$

Табличное значение критерия Фишера, $F_{табл}$ при уровне значимости $P = 0,05$ и числе степеней свободы $f_1 = 38$, и для $S_{воспр}^2 = 1,203$, $f_2 = 43$, $F_{табл} = 5,71$.

То есть $F < F_{табл}$, поскольку $4,172 < 5,71$.

Условие адекватности выполняется и, следовательно, полученное уравнение – формула (7) может быть применима для расчетов и проектирования сооружений, а предложенная математическая модель адсорбционной очистки воды в условиях «антисорбции» – для описания процесса очистки воды.

ВЫВОДЫ

Выполненные изыскания и построенная математическая модель позволяют рассчитать параметры адсорбции, протекающей в реальных условиях водоочистки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митченко Т.Е., Макарова Н.В., Митченко Е.А. Сорбция гуминовых веществ из воды активированными углями // «АКВА Украина» – 2003»: МНПК. – К., 2003.
2. Макарова Н.В., Митченко Т.Е., Шевчук Е.А. Эффективность использования активированных углей различной природы в процессах очистки воды // Вода и водоочистні технології. – 2006. - № 3 (19). – С. 30 – 32.
3. Махорин К.Е., Пищай И.Я. Очистка питьевой воды активными углями // Химия и технология воды. – 1997. – Т. 19. - № 2. – С. 195 – 198.
4. Swietlik J., Dabrowska A., Raczyc-Stanislawiak U., Nawrocki J. // Water Res. – 2004. – V. 38. – P. 549 – 557.
5. Кульский Л.А., Ярошевская Н.В., Шевчук Е.А. Очистка воды от хлорпроизводных // Химия и технология воды. – 1991. – Т. 13. - № 3. – С. 239-241.
6. Гончарук В.В., Клименко Н.А., Савчина Л.А., Врубель Т.Л., Козятник И.П. Современные проблемы технологии подготовки питьевой воды // Химия и технология воды. – 2006. – Т. 28. – № 1. – С. 16 – 19, 21 – 23, 26 – 28, 30 – 31.
7. Орлов В.О., Шевчук Б.И. Интенсификация работы водоочистных сооружений. – К.: Будивельник, 1987. – С. 121 – 124.
8. Hall D., Fitzpatrick C.S.B. A mathematical filter backwash model // Water Sci. and Technol. – 1999. – V. 37. - N 12. – P. 369 - 372.
9. Klimenko N., Winter – Niclsen M., Smolin S. et all. // Water Res. – 2002. – V. 36. – P. 5133 – 5139.
10. Махорин К.Е., Пищай И.Я. Очистка питьевой воды активными углями // Химия и технология воды. – 1997. – Т. 19. - № 2. – С. 198 -195.
11. Нижник Т.Ю., Баранова А.И., Мариевский В.Ф., Нижник Ю.В., Стрикаленко Т.В. Безопасные технологии комплексной очистки воды с использованием биоцидных полимеров // Сборник трудов XIII МНТК. – Харьков – Алушта, 2005. – С. 544 – 550.

Донченко С.Б., аспирант

Одесский национальный политехнический университет

Управление положением максимума температуры в топке при использовании закрученных потоков

Приведены результаты экспериментальных исследований взаимодействия закрученных потоков в процессе сжигания газа в теплогенерирующих установках. Предложен новый способ управления положением максимума температур в топке.

Топка, закрученные потоки, сжигание газа, теплогенерирующие установки, температура горения.

Развитие энергетического комплекса Украины в условиях импорта около 60% потребляемых топливно-энергетических ресурсов требует разработки и применения высокоэффективных энергосберегающих технологий. Однако, применяющееся в настоящее время теплогенерирующее оборудование установлено из расчета максимальных тепловых нагрузок, что в условиях изменения наружной температуры предполагает его работу в режимах, отличных от номинальных и приводящих к перерасходу топлива. В то же время, нормативные документы [1] требуют установки терморегулирующей арматуры на каждом нагревательном приборе, что в свою очередь увеличивает их площадь на 15% для обеспечения необходимого диапазона температурного регулирования, которое изменяет гидравлику теплоснабжающих систем [2] и снижает, таким образом, полезную производительность тепло генераторов. Необходимо также отметить, что при установке теплогенерирующих установок большой мощности эти колебания режимов работы сглаживаются за счет преобладающей доли потребления тепла на технологические нужды, что выдвигает на первый план проблему расширения режимов работы теплоэнергетического оборудования малой мощности, применяемого, в основном, для систем децентрализованного теплоснабжения.

В настоящее время одним из наиболее перспективных методов интенсификации передачи тепла в камерах сгорания является приближение поверхности нагрева к фронту пламени.

На основании полученных в [3] результатов исследований выявлено, что применение взаимодействующих встречных закрученных потоков, смещенных относительно друг друга, позволяет формировать требуемое результирующее поле скоростей в зависимости от конфигурации пространства.

Таким образом, предложен способ интенсификации передачи тепла в камерах сгорания, заключающийся во взаимодействии двух встречных закрученных потоков, смещение которых относительно друг друга формирует требуемое результирующее поле скоростей в зависимости от конфигурации пространства топочной камеры. Сравнение экспериментальных данных результирующих скоростей при взаимодействии встречных смещенных закрученных потоков, сходящихся под различным углом, встречных и параллельных закрученных струй показало, что предложенный способ позволяет до 20% увеличить диапазон варьирования тепловой нагрузки оборудования [4].

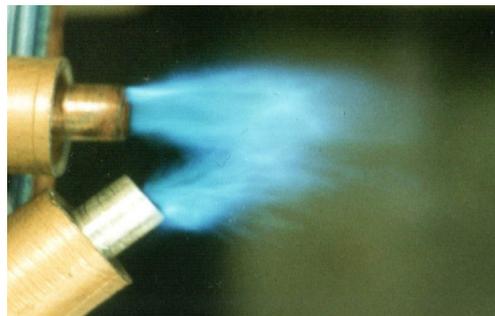
Выполнено сравнение получаемого в результате взаимодействия прямоточных и закрученных струй диффузионного пламени под сходящимся углом (рис.1—3), встречных (рис.4) и встречных, смещенных в горизонтальной плоскости (рис.5, 6), при сжигании сжиженного газа [5]. В качестве базы была использована горелка Бунзена, на которую коаксиально устанавливался патрубок с тангенциальным подводом воздуха, расход последнего варьировался шиббером, установленным на выходе из вентилятора таким образом, чтобы не превышать коэффициент избытка воздуха более 1,1. В результате проведения таких опытов выявлено, что длина результирующего пламени гораздо меньше в закрученных потоках, чем при сжигании газа в прямоточных струях при одинаковых остальных условиях, а ширина значительно больше, при этом отсутствуют зоны неполного сгорания, наблюдаемые в прямоточных струях, хотя при сжигании в закрученной струе необходим предварительный подогрев горелки для избежания срыва пламени в начальный период работы. Формирование пламени при сжигании встречных, смещенных в горизонтальной плоскости закрученных потоков газа показало, что разрыва пламени не наблюдается даже при смещении горелок на 3 диаметра, а вращение его в горизонтальной и вертикальной плоскостях подтверждает выводы, сделанные в аэродинамических исследованиях изотермических потоков.

Рассмотрение пламени, образованного при крутке сжигаемого газа внешним потоком воздуха в одиноч-

ной струе (рис.5), показало, что в данном случае также имеется прецессирующее вихревое ядро, которое располагается между областью обратных токов и внешней границей струи и вследствие разности скоростей на различных участках ядра размывается и имеет собственное вращение, что подтверждает теоретические исследования [3].



а) Прямоточные струи

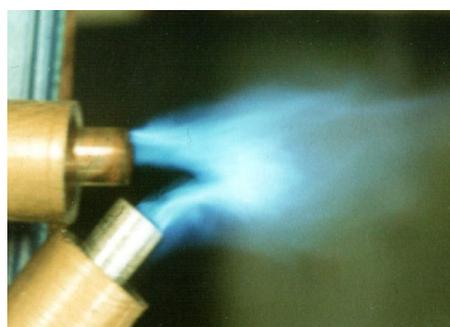


б) Закрученные струи

Рис.1. Взаимодействие струй сжигаемого газа под углом 90°.



а) Прямоточные струи

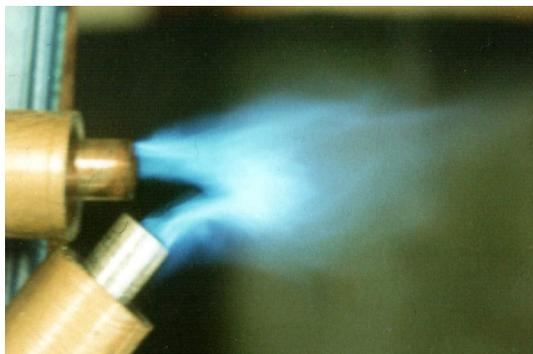


б) Закрученные струи

Рис.2. Взаимодействие струй сжигаемого газа под углом 45°.



а) Прямоточные струи

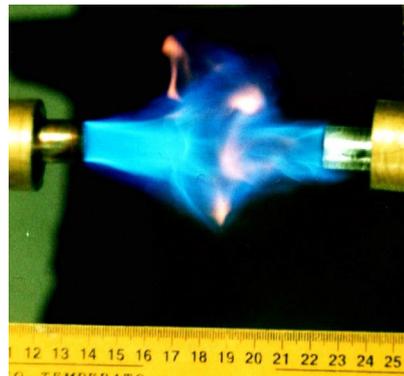


б) Закрученные струи

Рис.3. Взаимодействие струй сжигаемого газа под углом 30°.

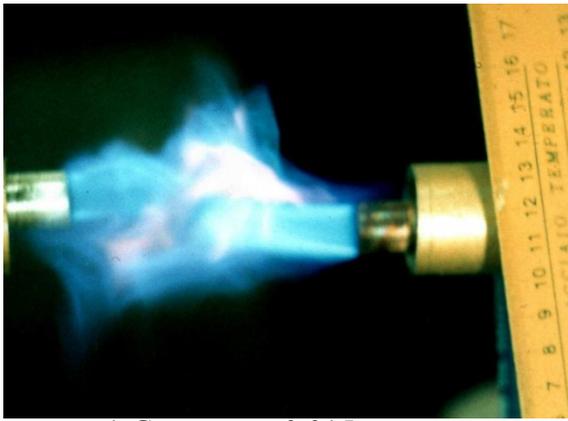


а) Прямоточные струи



б) Закрученные струи

Рис.4. Взаимодействие встречных струй сжигаемого газа.



а) Смещение 0,015 м.



б) Смещение 0,03 м.



а) Вид сверху.



б) Изолинии температурного поля.

Рис.5. Сжигание сжиженного газа в одиночной закрученной струе.

ВЫВОДЫ

На основании выполненных исследований взаимодействующих закрученных потоков предложен новый способ интенсификации передачи тепла в камерах сгорания, заключающийся во взаимодействии двух встречных закрученных потоков, смещение которых относительно друг друга формирует требуемое результирующее поле скоростей в зависимости от конфигурации пространства топочной камеры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изменение №2 к СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – К.: Держбуд України, наказ №290 від 20 грудня 2000 р. – 7 с.
2. Пырков В.В. Особенности современных систем водяного отопления. – К.: 2 ДП «Такі справи», 2003. – 176 с.
3. Зайцев О.Н. Управление аэродинамической установкой в рабочем объеме теплогенерирующих установок. // Вісник ОДАБА. - Одеса: ОДАБА. – 2002. - №8. – С. 60-64.
4. Зайцев О.Н. Процессы взаимодействия закрученных потоков в энерго- и ресурсосберегающих технологиях теплоэнергетических объектов. // Збірник наукових праць “Перспективні напрямки проектування житлових та громадських будівель”. Спеціальний випуск. Матеріали науково-практичної конференції “Енергозберігаючі технології в будівництві та архітектурі”. – К.: ЗНДП. - 2004. – С.110-114.
5. Зайцев О.Н. Энергосбережение в автономных системах теплоснабжения. // Науковий вісник будівництва. - Харків: ХДТУБА, ХОТВАБУ. - 2000. - №11. - С. 204-207.

Зайцев О.Н., д.т.н., профессор,

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Аксенова И.Н., инженер

Одесский национальный политехнический университет

Повышение эффективности получения тепла установками термообезвреживания бытовых отходов

Приведены результаты теоретических исследований процессов сжигания твердых бытовых отходов в циклонной топке, выявлена наиболее опасная, с точки зрения образования вредных веществ, зона топки.

Циклическая топка, твердые отходы, вредные вещества.

Современное состояние топливно-энергетических ресурсов, удорожание их добычи, требует эффективного использования получаемой энергии. Однако теплоэнергетическое оборудование установлено из расчета максимальных нагрузок, с небольшим запасом варьирования выработки тепловой энергии, что не обеспечивает эффективного использования топлива, а в случае использования твердых бытовых отходов (ТБО) – задача становится актуальной вследствие ограничения располагаемого количества топлива.

В данной работе предлагается исследовать процесс сжигания твердых бытовых отходов с целью получения тепловой энергии для систем теплоснабжения с помощью циклонной топки с установкой газовой горелки для поддержания температуры горения ТБО и тангенциальным подводом измельченных бытовых отходов.

Задача исследования состоит в определении поля скорости, давления и температуры в циклонной топке при сжигании ТБО и передаче тепловой энергии теплоносителю.

Моделирование исследуемых процессов выполнено согласно [1], и позволяет получить пространственное распределение линий тока при численном решении уравнений Навье-Стокса с заданными граничными условиями для данной задачи, приведенными в приложении. В модели использовали «внутреннюю» задачу – то есть воздух, природный газ и частицы ТБО (размером 0,01 м) подавали с определенным расходом через тангенциальный патрубок (воздух и газ с расходом 0,1 кг/с, с массовыми долями 0,3 и 0,7 соответственно), а твердые частицы со скоростью 15 м/с и массовым расходом 1 кг/с. Температура воздуха задана равной 20 °С, а природного газа и твердых частиц при их горении – 1100 °С. Удаление продуктов сгорания осуществляли через выхлопной патрубок в верхней части камеры, а зольный остаток – через отверстие в нижней части камеры с заданием пониженного давления в патрубке – 80 кПа, в нижнем отверстии – 90 кПа. При этом для моделирования процесса отбора тепловой энергии через поверхность стенки были заданы коэффициент теплопроводности стенки, температура стенки (200 °С) и температура теплоносителя (вода, 20 °С). Общий вид модели представлен на рис.1.

В результате исследований при различных скоростях входа твердых частиц и температур получено, что наиболее опасная температурная зона (200-400 °С) с точки зрения образования вредных веществ находится в нижней части циклонной камеры и занимает объем 10-15 % от общего объема камеры, при этом данная зона характеризуется уменьшением тангенциальной скорости движения газа и частиц и распределена практически равномерно в этой части топки (рис.2-3).

Распределение температуры по линиям тока газовой составляющей позволяет сделать вывод, что наибольшая температура (зона горения) наблюдается в верхней части камеры, до среза газоотводящего патрубка, то есть в этой зоне возможен пережог конструктивных элементов топки. Для исключения последнего возможна установка теплоотводящих поверхностей (водяного кожуха) коаксиально отводящему патрубку в той части, которая находится в камере сгорания (рис.2-3). Однако, значительного понижения температуры нельзя допустить,

поскольку зона опасных температур (образования вредных веществ) будет в этом случае увеличиваться, кроме того возникает опасность снижения температуры ниже температуры горения. То есть в данном случае наиболее рациональным будет формирование отдельного водяного контура со стороны внешней оболочки камеры в области входного патрубка, при чем температура воды в нем должна быть наиболее низкой (1-й контур – из системы отопления и подпитки котла).

Распределение твердых частиц в камере сгорания (рис.3) показало, что основной процесс сгорания твердых частиц происходит в центральной области камеры, при этом основная масса частиц успевает сделать 1-2 оборота вокруг выхлопного патрубка. Траектория частиц имеет вид спирали, направленной вниз, что увеличивает (вместе с зоной горения газа) область горения и, соответственно, уменьшает зону температур 400-200 С, что благоприятно влияет на тепловую обстановку в камере сгорания. Анализ распределения температуры в топке (рис.4) показывает, что температура в средней части изменяется от 1200 до 800 К, что свидетельствует о высокотемпературных процессах в топке и значительной тепло напряженности ее объема. Однако, из-за большой тангенциальной скорости и малого времени нахождения дымовых газов в топке температура уходящих газов оказывается в среднем равной 800 К, что требует установки после камеры сгорания второго (хвостового) теплообменника для снижения данной температуры до 120-150 С.

Распределение числа Рейнольда по высоте камеры сгорания (рис.5) характеризуется практически во всем объеме камеры турбулентным режимом движения для газового потока, в тоже время твердые частицы в подавляющем большинстве имеют ламинарный или переходный режим движения – последнее объясняется большой парусностью частиц (миндалевым сечением).

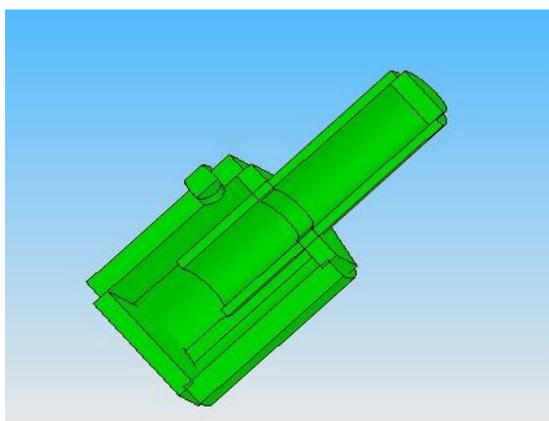


Рис.1 Общий вид модели

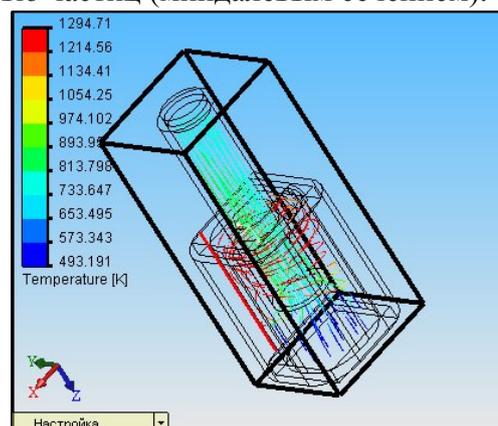


Рис.2 Траектория газовой составляющей

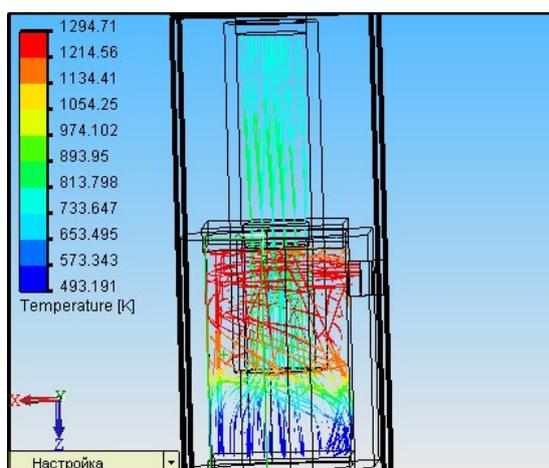


Рис.3 Совместное представление линий тока – газ и твердые частицы

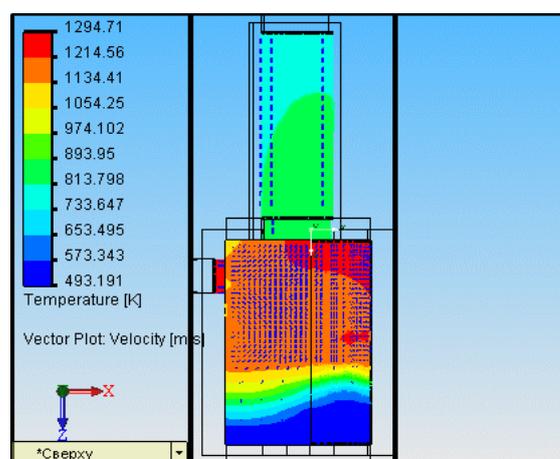


Рис.4 Поле температур на внутренней стенке циклонной камеры

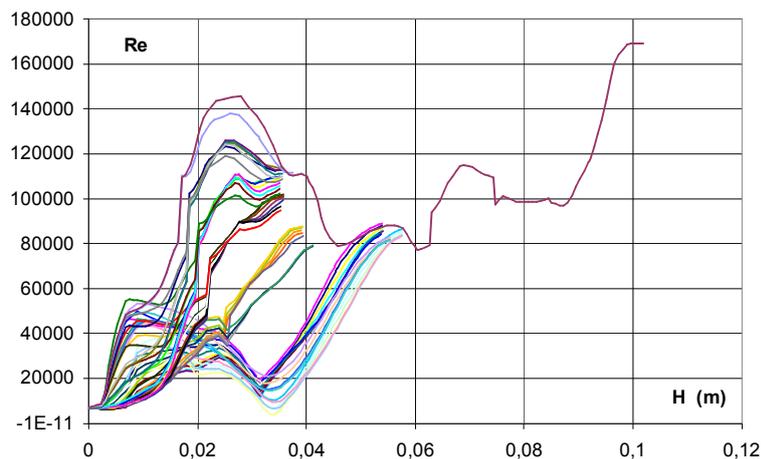


Рис. 5 Распределение критерия Re по высоте циклонной камеры

ВЫВОДЫ

1. Определен тип камеры сжигания твердых бытовых отходов, наиболее эффективно нейтрализующий их и позволяющий осуществить отбор тепловой энергии с последующим использованием ее в теплоснабжении.
2. Выполнено численное моделирование процесса сжигания измельченных твердых бытовых отходов в циклонных топочных камерах в результате чего были получены линии тока при различных скоростях, температурах и массовых расходах входа природного газа, воздуха и твердых частиц в циклонную камеру.
3. Выявлена наиболее опасная с точки зрения образования вредных веществ температурная зона в циклонной камере – 10-20 % от высоты камеры, располагающаяся в нижней ее части.
4. Полученные результаты позволили предложить конструкцию циклонной камеры для сжигания твердых бытовых отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С.Соу. Гидродинамика многофазных сред. – М.: Из-во «Мир», 1971, с. 536.

Зайцев О.Н., д.т.н., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Цуляну К. И., к.т.н., доцент, Гуцул В. Г., инженер

Технический Университет Молдовы

Теоретические исследования локализации выделяющихся вредных веществ плоской газовой струей при взаимодействии с щелевым отсосом

Выполнено численное моделирование активированного отсоса, получены линии тока результирующего потока при различных скоростях выхода приточной струи, предложена конструкция активированного отсоса.

Плоская газовая струя, щелевой отсос, вредные вещества.

Необходимость поддержания допустимых концентраций вредностей в рабочей зоне, уменьшения количества вредностей, выбрасываемых в атмосферу, а также необходимость учета требований к технической компоновке современного технологического оборудования и постоянно растущая стоимость энергоресурсов определило главное направление в вентиляционной технике — устройство местных отсосов, встроенных в оборудование.

Очень часто технологические процессы не сопровождаются тепловыделениями, а плотность выделяющихся газов несущественно отличается от плотности воздуха (окраска, обработка изделий химикатами, склеивание и т.п.). В этом случае вредности распространяются в помещении путем диффузии [1]. В данной работе теоретически исследовали локализацию выделяющихся вредностей от плоских, движущихся, диффузионных источников плоской газовой струей при взаимодействии со щелевым отсосом. На основании поисковых экспериментов и учитывая технологические требования к оборудованию, нами была разработана конструкция местного отсоса [2], которая позволит локализовать вредности в месте их образования и уменьшить тем самым неорганизованное загрязнение воздуха.

Ввиду сложности измерения и обобщения экспериментальных данных всасывающего потока при подаче потока защитного газа в виде плоской струи, укрывающей обрабатываемое изделие, предпочтение отдается аналитическим методам расчета.

Для теоретического исследования предложенного способа локализации выделяющихся вредностей использовали математическую модель, которая представляет собой систему дифференциальных и интегральных уравнений, отражающих законы физики с граничными и начальными условиями, привязывающими данную математическую модель к поставленной конкретной инженерной задаче [3].

В связи с тем, что используемые в математической модели системы дифференциальных или интегральных уравнений в данном случае не имеют аналитического решения, они должны быть приведены к дискретному виду и решаются с помощью выбранной расчетной сетки. Решение математической задачи существенно зависит как от способа дискретизации уравнений, так и от способа решения полученных в результате уравнений

В данной задаче движение текучей среды моделируют с помощью уравнений Навье — Стокса, описывающих в нестационарной постановке законы сохранения массы, импульса и энергии этой среды. А также используют уравнения состояния компонентов текучей среды и эмпирические зависимости вязкости этих компонентов среды от температуры. Кроме того, сжимаемые жидкости задают зависимостью их плотности от давления. Для моделирования турбулентных течений (для данного случая) уравнения Навье — Стокса усредняют по Рейнольдсу, т. е. используют осредненное по малому масштабу времени влияние турбулентности на параметры потока, а крупномасштабные временные изменения осредненных по малому масштабу времени составляющих газодинамических параметров потока (давления, скоростей) учитывают введением соответствующих производных по времени. В результате уравнения имеют дополнительные члены — напряжения по Рейнольдсу. Для замыкания этой системы уравнений используются уравнения перено-

са кинетической энергии турбулентности и ее диссипации в рамках $k - \varepsilon$ модели турбулентности:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_k) = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial (\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_i u_k) - \frac{\partial}{\partial x_k} \left[(\mu + \mu_t) \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_k} + \frac{\partial u_k}{\partial x_i} \right) \right] + \frac{\partial P}{\partial x_i} = S_i, \quad (2)$$

$$\frac{\partial (\rho E)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} ((\rho E + P) u_k + q_i - \tau_{ik} u_i) = S_{ik} u_k, \quad (3)$$

где: t — время; u_i — скорость текучей среды; ρ — плотность текучей среды; P — давление текучей среды; x_i — координата движения в пространстве; S_i — внешние массовые силы, действующие на единичную массу текучей среды; E — полная энергия единичной массы текучей среды; τ_{ik} — тензор вязких сдвиговых напряжений, q_i — диффузионный поток (нижние индексы означают суммирование по трем координатным направлениям).

Преимущества модели турбулентности $k - \varepsilon$ следующие: напряжения по Рейнольдсу могут быть рассчитаны при помощи тангенциальных напряжений усредненного движения, турбулентной вязкости μ_t и кинетической энергии турбулентности k . В соответствии с $k - \varepsilon$ моделью турбулентности, турбулентная вязкость μ_t , определяется через кинетическую энергию турбулентности k и диссипацию этой энергии ε :

$$\mu_t = f_\mu \frac{c_\mu \rho k^2}{\varepsilon},$$

где: f_μ — функция при помощи которой моделируется переход с ламинарного течения в турбулентное и наоборот; $c_\mu = 0,09$.

Кинетическую энергию турбулентности k и диссипацию этой энергии ε определяют в результате решения следующих двух уравнений движения:

$$\frac{\partial \rho k}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_k k) = \frac{\partial}{\partial x_k} \left(\left(\mu_i + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_k} \right) + s_k,$$

$$\frac{\partial \rho \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_k \varepsilon) = \frac{\partial}{\partial x_k} \left(\left(\mu_i + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_k} \right) + s_\varepsilon,$$

где:

$$s_k = \tau_{ij}^R \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \rho \varepsilon + \mu_i P_B,$$

$$s_\varepsilon = C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} \left(f_i \tau_{ij}^R \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \mu_t C_B P_B \right) - C_{\varepsilon 2} f_2 \frac{\rho \varepsilon^2}{k},$$

$$\tau_{ij}^R = \mu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2 \partial u_j}{3 \partial x_j} \delta_{ij} \right) - \frac{2}{3} \rho k \delta_{ij},$$

$$P_B = -\frac{g_i}{\sigma_B \rho} \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x_i},$$

где g_i - составляющая гравитационного ускорения в координатном направлении x_i .

Постоянные в модели $k - \varepsilon$ были определены различными методами, которые часто базируются на экспериментальных данных, полученных при изучении простых течений. Согласно рекомендациям [4]: $\sigma_B = 0,9$; $C_B = 1$, при $P_B > 0$ и $C_B = 0$, при $P_B < 0$; $C_{\varepsilon_1} = 1,44$; $C_{\varepsilon_2} = 1,92$; $\sigma_\varepsilon = 1,3$; $\sigma_k = 1$.

Поскольку в данной задаче имеется смесь различных газовых составляющих, по своим физико-химическим свойствам отличающаяся от воздуха, то необходимо учесть изменение концентраций компонентов смеси в пространстве вследствие диффузии. В данной задаче эти процессы моделируют следующими уравнениями:

$$\frac{\partial \rho y_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_k y_i) = \frac{\partial}{\partial x_k} \left((D_{ij} + D_{ij}^t) \frac{\partial y_i}{\partial x_k} \right),$$

где: $i = 1, 2, \dots, N$; y_i — концентрация i -го компонента смеси ($\sum_{i=1}^N y_i = 1$); N — число компонентов; D_{ij} и D_{ij}^t — коэффициенты молекулярной и турбулентной диффузии, которые подчиняются закону Фика.

Система уравнений, состоящая из уравнений Навье — Стокса и уравнений $k - \varepsilon$ модели турбулентности, — это сложная система, которую иногда трудно решить, кроме того, с учетом граничных условий существование и стабильность решения данной системы трудно продемонстрировать. Существуют расчетные конфигурации, в которых модель $k - \varepsilon$ становится нестабильной, в других случаях модель не может дать ни одного решения, что делает невозможным использование данной модели. В данном случае существуют методы контроля решений этой модели турбулентности. Учитывая, что вязкость $\nu + C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$ имеет положительное значение, очевидно, что диссипация энергии ε имеет только положительные значения. Это определяет обязательное положительное решение для k и ε . В. Мохамеди [5] в 1994 году развивает теоремы о существовании и стабильности решений системы уравнений модели $k - \varepsilon$. Кроме того, анализирует различные схемы дискретизации модели и достоверности полученных решений. Можем сделать вывод, что предложенная модель обеспечит стабильные расчетные схемы для получения решения данной системы.

Для нахождения искомого численного решения задачи непрерывную нестационарную математическую модель физических процессов дискретизируют как по пространству, так и по времени.

Для дискретизации дифференциальных уравнений используют метод конечных объемов. При этом пространственные производные аппроксимируют с помощью неявных разностных операторов второго порядка точности. А именно, полученные из уравнений (1-3) интегрированием по поверхности и объему ячейки расчетной сетки интегральные уравнения:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V U dv + \oint_S F ds = \int_V Q dv,$$

где: U — вектор физических параметров (независимых переменных); V — объем ячейки; F — потоки; S — площадь поверхности (граней) ячейки; Q — массовые силы, преобразуют к дискретной форме:

$$\frac{\partial}{\partial t}(UV) + \sum_S F_S = QV \cdot$$

Потоки F рассчитывают с использованием их аппроксимации вперед второго порядка точности, основанной на модифицированных неявных QUICK-аппроксимациях Леонарда [6] и методе минимизации полной вариации TVD[5].

При дискретизации по времени используют метод расщепления операторов для более эффективного расчета давления и скорости. В соответствии с методом SIMPLE [7], давление рассчитывают в результате решения дискретного эллиптического уравнения, полученного алгебраическими преобразованиями дискретных уравнений сохранения массы и импульса с учетом граничных условий для скорости. В результате, для расчета значений параметров течения на очередном временном слое $(n+1)$ по известным значениям этих параметров на предыдущем временном слое используют следующую систему алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{U^* - U^n}{\Delta t} + A_h(U^n, p^n)U^* &= S^n, \\ L_h \delta p &= \frac{\text{div}_h(\rho u)^*}{\Delta t} + \frac{1}{\Delta t} \frac{\rho^* - \rho^n}{\Delta t}, \\ \rho^* &= f(\rho^n + \delta\rho, T^*, y^*), \\ \rho u^{n+1} &= (\rho u)^* - \Delta t \text{grad}_h \delta p, \\ \rho^{n+1} &= \rho^n + \delta p, \\ (\rho T)^{n+1} &= (\rho T)^*; (\rho k)^{n+1} = (\rho k)^*; (\rho \varepsilon)^{n+1} = (\rho \varepsilon)^*; (\rho y)^{n+1} = (\rho y)^*, \\ \rho^{n+1} &= f(\rho^{n+1}, T^{n+1}, y^{n+1}), \end{aligned} \quad (4)$$

где: $U = (u, pT, \rho k, \rho \varepsilon, \rho y)$ — вектор всех независимых переменных, кроме давления p ; $u = (u_1, u_2, u_3)$ — вектор скорости; $y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_N)$ — вектор концентраций компонентов текучей среды; p^{n+1} , p^n — вспомогательная переменная, поправка давления. Индексом * обозначены промежуточные (между слоями n и $n+1$) значения переменных. Все значения переменных относятся к центрам расчетных ячеек. Дискретные операторы: A_h , div_h , grad_h и $L_h = \text{div}_h \text{grad}_h$ аппроксимируют соответствующие дифференциальные операторы со вторым порядком точности.

Сначала решают систему полностью неявных линейных дискретных уравнений (4) относительно промежуточных (обозначенных индексом *) значений составляющих вектора U . Для решения этой системы уравнений используют обобщенный метод сопряженных градиентов [8] с привлечением метода неполной LU-факторизации.

Затем решают эллиптическое уравнение относительно поправки давления δp . Это уравнение составлено таким образом, что значения импульса $(\rho m)_{\text{т}}$ удовлетворяют полностью неявному дискретному уравнению неразрывности. Решение ищут с помощью специально разработанного итерационного метода с использованием многосеточного метода [9] для ускорения сходимости. Согласно многосеточному методу рассматривают решения на вариационных подмножествах узлов используемой расчетной сетки, для каждого определяют соответствующую невязку, далее решение экстраполируют на нулевые значения невязки. Для повышения устойчивости и ускорения сходимости используют также процедуру сглаживания получаемого решения.

Значения остальных составляющих вектора U находят из приведенных ранее уравнений.

Моделирование локализация выделяющихся вредностей от плоских, движущихся, диффузионных источников плоской газовой струей при взаимодействии со щелевым отсосом выполнено при следующих граничных условиях:

- в данной модели решается «внутренняя» задача;
- требования к технологическому дизайну налагает определенные требования к габаритным размерам конструкции местного отсоса, к высоте и месторасположению приточного и вытяжного воздуховодов;
- воздух подавали со скоростью 1-7 м/с из щели цилиндрического воздуховода переменного сечения (ограничения по скорости воздуха с целью исключить обратные токи воздуха и влияние на качество обрабатываемой продукции);
- воздух подавали под углом в 10 градусов к горизонтальной плоскости (принято по предварительным экспериментальным исследованиям);
- удаление воздуха осуществляли над горизонтальной плоскостью имитацией щелевого отсоса с заданием давления 10-20 кПа в самой щели;
- для моделирования параметров внутреннего воздуха помещения и воздействия последнего на процесс удаления вредностей, задана скорость дополнительного (бокового), параллельного горизонтальной поверхности потока воздуха, 0,3 м/с равная скорости движения воздуха в рабочей зоне помещения;
- ограждающие стенки модели выбраны на достаточном удалении от втекающей и вытекающей струи для исключения влияния стенок на аэродинамику результирующего потока;
- для всех случаев область течения была дискретизирована при помощи расчетной сетки. Густота сетки: по горизонтали (оси x) -50 объемов и по вертикали 30.

Исследовали следующие случаи движения воздуха:

1. Скорость выхода приточной струи составляла 1-2 м/с, а разрежение в щелевом отсосе составляло 10-20 кПа (рис.1, 2, 4). При этом «укрывающий» слой воздуха получается очень тонким и движется с небольшой скоростью, то есть возникает опасность его прорыва выделяющимися вредностями;
2. Расположение линий тока по длине укрытия. Смещение линий тока вызвано влиянием движения воздуха в рабочей зоне помещения и движением плоского источника выделения вредностей (рис.3);
3. Увеличение скорости приточного воздуха свыше 4 м/с, а разрежение в щелевом отсосе 10-20 кПа (рис.7-9). В этом случае происходит значительная турбулизация потока, вследствие которой происходит вовлечение значительной части окружающего (внешнего) воздуха в нисходящее движение приточной струи, что создает вращающийся вихрь над горизонтальной плоскостью. Данное явление также может вызвать прорыв вредностей в воздух рабочей зоны;
4. Скорость выхода приточной струи составляла 3-3,5 м/с, а разрежение в щелевом отсосе — 10-20 кПа (рис.5-6, 10-11). При этом отсутствуют недостатки предыдущих случаев.

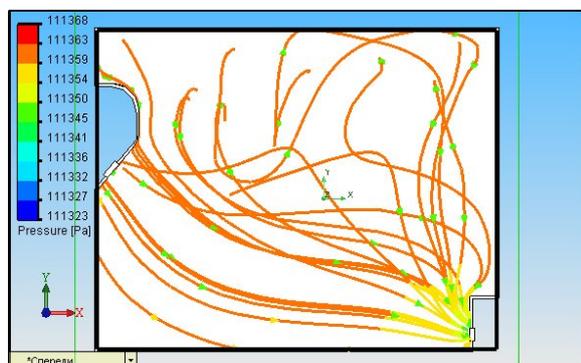


Рис.1 Линии тока результирующего течения при скорости приточной струи 1 м/с, внешней скорости 0,3 м/с (скорость воздуха рабочей зоны), разрежение в отсосе – 10 кПа.

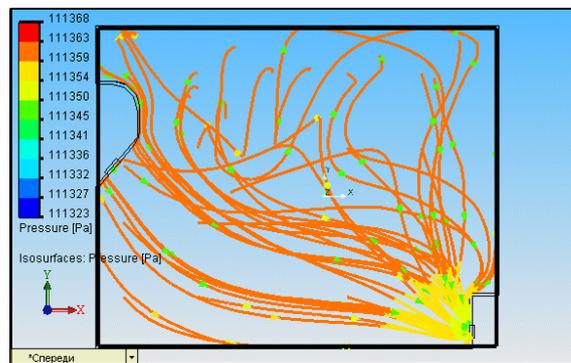


Рис 2. Линии тока результирующего течения при скорости приточной струи 1 м/с, внешней скорости 0,3 м/с, разрежение в отсосе – 20 кПа.

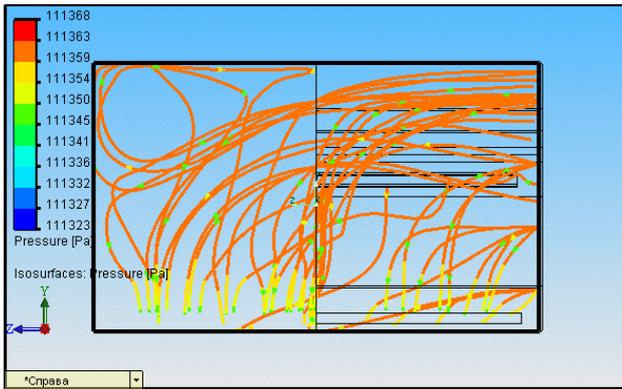


Рис.3. Расположение линий тока по длине укрытия.

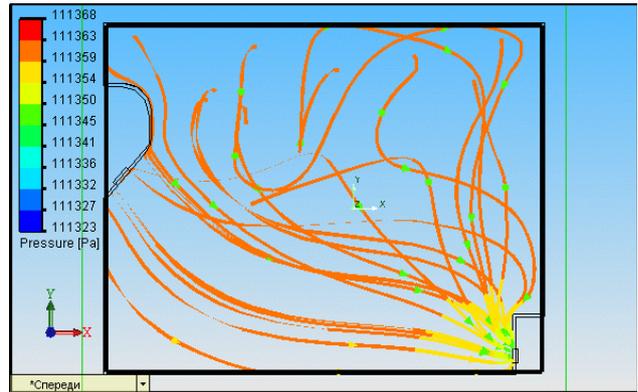


Рис.4. Линии тока результирующего течения при скорости приточной струи 2 м/с, внешней скорости 0,3 м/с, разрежение в отсеке – 10 кПа.

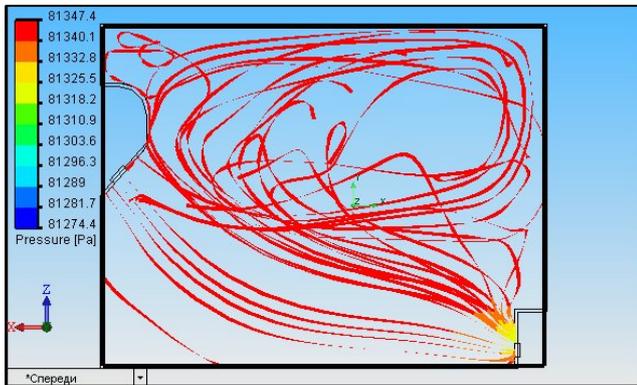


Рис.5. Линии тока результирующего течения при скорости приточной струи 3 м/с, внешней скорости 0,3 м/с, разрежение в отсеке – 20 кПа.

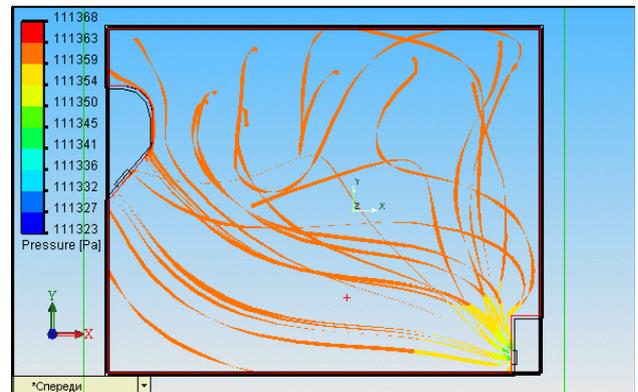


Рис.6. Линии тока результирующего течения при скорости приточной струи 3 м/с, внешней скорости 0,3 м/с, разрежение в отсеке – 10 кПа.

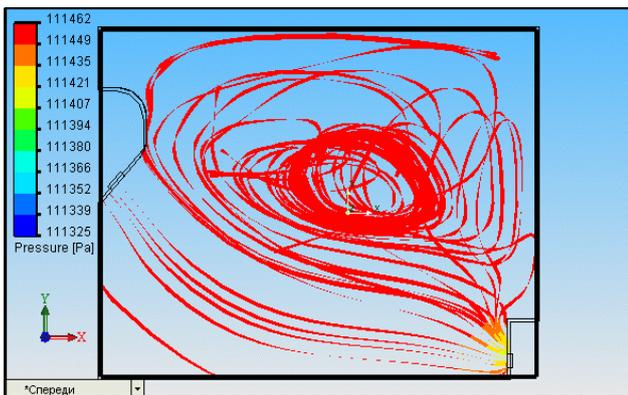


Рис.7. Линии тока результирующего течения при скорости приточной струи 4 м/с, внешней скорости 0,3 м/с, разрежение в отсеке – 10 кПа.

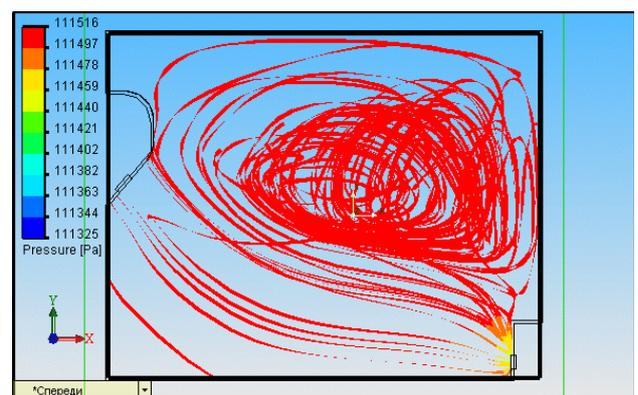


Рис.8. Линии тока результирующего течения при скорости приточной струи 5 м/с, внешней скорости 0,3 м/с, разрежение в отсеке – 10 кПа.

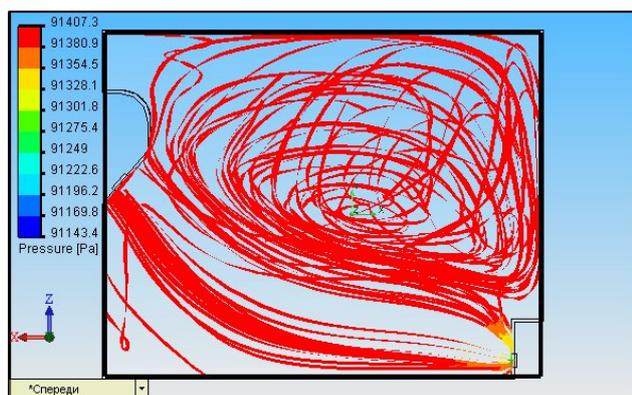


Рис.9. Линии тока результирующего течения при скорости приточной струи 7 м/с, внешней скорости 0,3 м/с, разряжение в отсосе – 10 кПа.

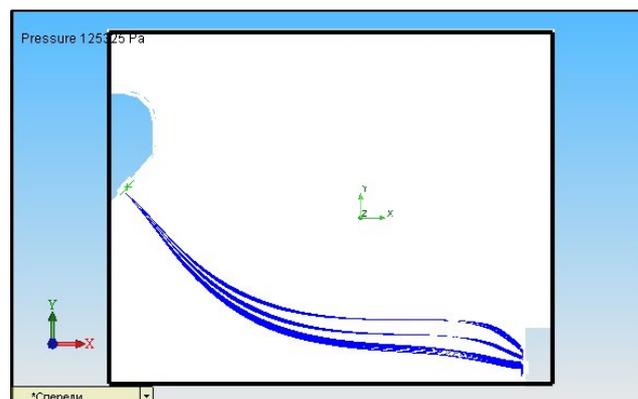


Рис.10. При скорости 3,5 м/с, разряжение 10 кПа

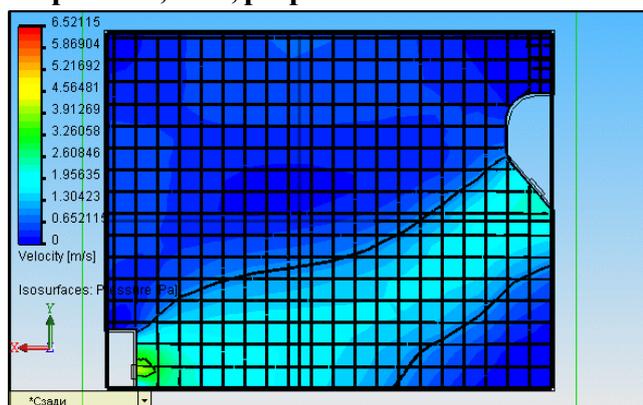


Рис.11. При скорости 3,5 м/с, разряжение 10 кПа (распределение давления) по расчетной области.

ВЫВОДЫ

1. Определен тип отсосов, наиболее эффективно удаляющих вредности от движущихся плоских источников выделения вредностей.
2. Возникающий в результате технологического процесса диффузионный поток предложено локализовать плоским потоком защитного газа в месте ее образования.
3. Отсутствуют приемлемые для практического использования расчетные зависимости для определения пределов скорости (расхода) результирующих потоков, возникающих при взаимодействии диффузионного потока, потока защитного газа струи и спектра всасывания щелевого отсоса, встроенного в оборудование.

Эти зависимости могут быть получены в результате экспериментальных исследований.

4. Выполнено численное моделирование активированного отсоса, на основании которого получены линии тока результирующего потока при различных скоростях выхода приточной струи.
5. Полученные результаты позволили выявить, что для данных условий с точки зрения аэродинамики наиболее оптимальным является скорость выхода воздуха из приточного воздуховода в пределах 3-4 м/с.
6. На основании данных численного моделирования предложена конструкция устройства для улавливания вредностей от плоских источников, расположенных преимущественно на транспортной ленте.
7. Предложенная расчетная модель может быть использована для анализа и прогнозирования эффективности различных систем вентиляции.
8. Достоверность теоретических исследований необходимо проверить экспериментально.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В. Н. Посохин. Расчет местных отсосов от тепло- и газовыделяющего оборудования. Москва. 1984.
2. А. с. № 2740. В 08 В5/00, 15/00. Устройство для очистки воздуха от источников вредностей расположенных преимущественно на транспортной ленте. Гуцул В., Цуляну К. Молдова ВОПИ №.4. 2005.
3. В. Е. Launder and D. В. Spalding. Mathematical Models of Turbulence. Academic Press, 1972.
4. В. Mohamaddi and O Pironneau. Analysis of the k -epsilon turbulence model. Research in applied mathematics. Wiley. 1994.
5. Hirsch C. Numerical computation of internal and external flows. John Wiley & Sons, Chichester, 1988.
6. Roache P.J. Fundamentals of computational fluid dynamics. Hermosa Publishers, Albuguerque, New Mexico, USA, 1998.
7. Patancar S. V. Numerical heat transfer and fluid flow. Hemisphere, Washington, 1980.
8. Saad Y. Iterative methods for sparse linear systems. PWS Publishing Company, Boston, 1996.
9. Hackbush W. Multi-grid methods and applications. Springer-Verlag, NY, 1985.

Захаров Р.Ю., к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Обеспечение интегрированного управления водными ресурсами с учетом особенностей водохозяйственно-мелиоративного комплекса региона

Обоснована необходимость изменения концепции управления водными ресурсами на стратегическое управление, а также трансформации модели управления в модель интегрированного управления адаптивной системой, основанной на системно-логистических принципах, путем многопараметрической оптимизации режимов работы структурных элементов водохозяйственно-мелиоративного комплекса с учетом региональных особенностей.

Водные ресурсы, водохозяйственно-мелиоративный комплекс, стратегическое управление, интегрированное управление, адаптивные системы, оптимизация, региональные особенности.

В современных условиях, в связи со сложностью решения проблем обеспечения потребителей качественной водой, необходимо в кратчайшие сроки пересмотреть принципы и изменить модель управления водными ресурсами.

В большинстве случаев водозабор, водоподача и водораспределение в Украине осуществляется предприятиями и организациями водохозяйственно-мелиоративного комплекса (ВМК) [1]. Данный термин в большей степени нежели термин «водохозяйственный комплекс (ВХК)» отражает то, что данные комплексы являются одновременно сложными многофункциональными техническими системами (ТС) и природно-техническими системами (ПТС) с постоянным влиянием технической компоненты в процессе функционирования (эксплуатации) на природную компоненту (рис.1).

Однако эти системы не являются в настоящий момент сбалансированными устойчиво высокоэффективно работающими системами [2]. Устаревшее изношенное ненадежное и, следовательно, неэффективное оборудование и вся инженерная инфраструктура при затратной ресурсо- и энергоемкой технологии не может быть высококачественно и высоконадежно управляема на основе современных научных принципов [3]. Технические и технологические проблемы переходят в проблемы социально-экономические и экологические. При громадном потенциале регионов, в том числе Крыма [4], эффективность использования ресурсов, в первую очередь природных (земельных, водных, тепловых и т.д.), а также людских, технических и других, недопустимо низка.

Разработка и внедрение новых технологий управления водными ресурсами, совершенствование существующих сложных ПТС при их трансформации в адаптивные системы, основанные на логистических принципах, позволит повысить их эффективность и экологическую безопасность.

Необходима разработка новой общей концепции, общей целевой функции, общих принципов и модели интегрированного управления для возможности осуществления единого общего руководства управлением водными ресурсами, основанного на единой политике и единой законодательной базе в области водных ресурсов.

Целевая функция управления водными ресурсами на основе многопараметрической оптимизации ВМК должна пониматься как обеспечение подачи воды потребного качества в заданную точку в заданное время с наименьшими потерями при минимуме затрат и обеспечении экологической безопасности.

Выполнение целевой функции возможно путем высокоэффективного своевременного решения эксплуатационных задач, включающих комплексное проведение организационных, организационно-технических и конкретно-технических мероприятий с учетом экономических и социальных приоритетов и экологических ограничений конкретного региона (рис. 2).

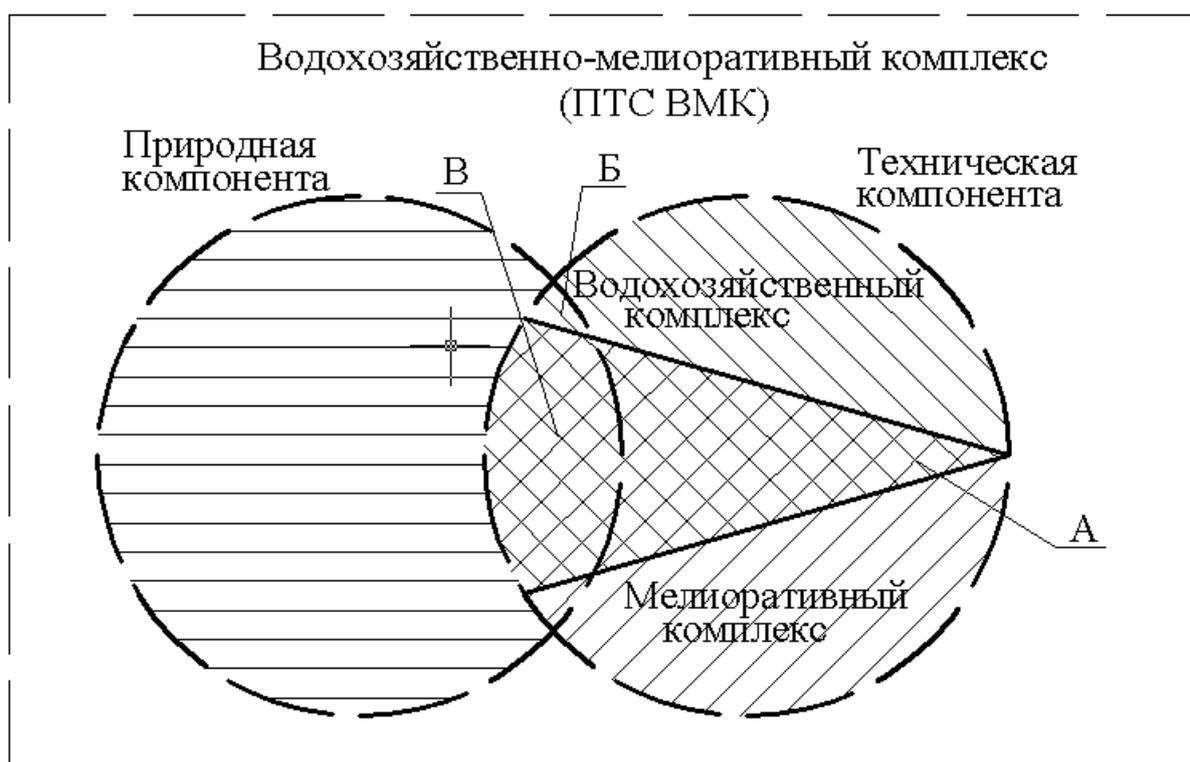


Рис.1. Структурная схема природно-технической системы водохозяйственно-мелиоративного комплекса: А – зона взаимодействия водохозяйственного и мелиоративного комплекса; Б – зона влияния технической компоненты на природную компоненту; В – зона взаимовлияния водохозяйственного и мелиоративного комплексов на природную компоненту

Модель управления в этом случае представляется как стратегическое управление на основе соблюдения общих принципов интегрированного управления природно-техническими системами и внедрения высокоэффективных научно-обоснованных адаптивных технологий.

Изменение концепции управления водными ресурсами региона на стратегическое управление может быть осуществлено только при четко сформулированных целях и распределении функций структурных элементов ВМК под единым общим целевым руководством.

Для конкретизации модели управления водными ресурсами в определенном регионе и мероприятий по обеспечению выполнения целевой функции с учетом особенностей ВМК этого региона необходим четкий анализ ситуации и путей ее улучшения на основе системного анализа, SWOT-анализа и других методов анализа. Крайне нежелательно « типовое » решение « под копирку », а также сужение методов управления до уже известных, например, до принципов и методов бассейнового управления водными ресурсами.

С точки зрения необходимости учета региональных особенностей и структуры ВМК региона необходим единый координирующий и управляющий орган управления водными ресурсами данного региона с четко обозначенными вертикальными линиями подчинения органу государственного управления региона. Это является существенно-значимым, поскольку руководство – это взаимодействие руководителей и исполнителей в целях обеспечения оптимального функционирования данной системы в целом.

Изменения как внутри ВМК региона, так и по отношению к окружающей среде в целом, отражающие принципы и методы регионально-отраслевого управления, могут основываться, например, на стратегии вперед идущей вертикальной интеграции [5].

Эффективность работы ВМК региона может быть достигнута только при достаточно точной оценке региональных особенностей и участии маркетинга в стратегическом управлении, в том числе при разработке специализированной системы распределения, основанной, например, на централизованной диверсификации [5].

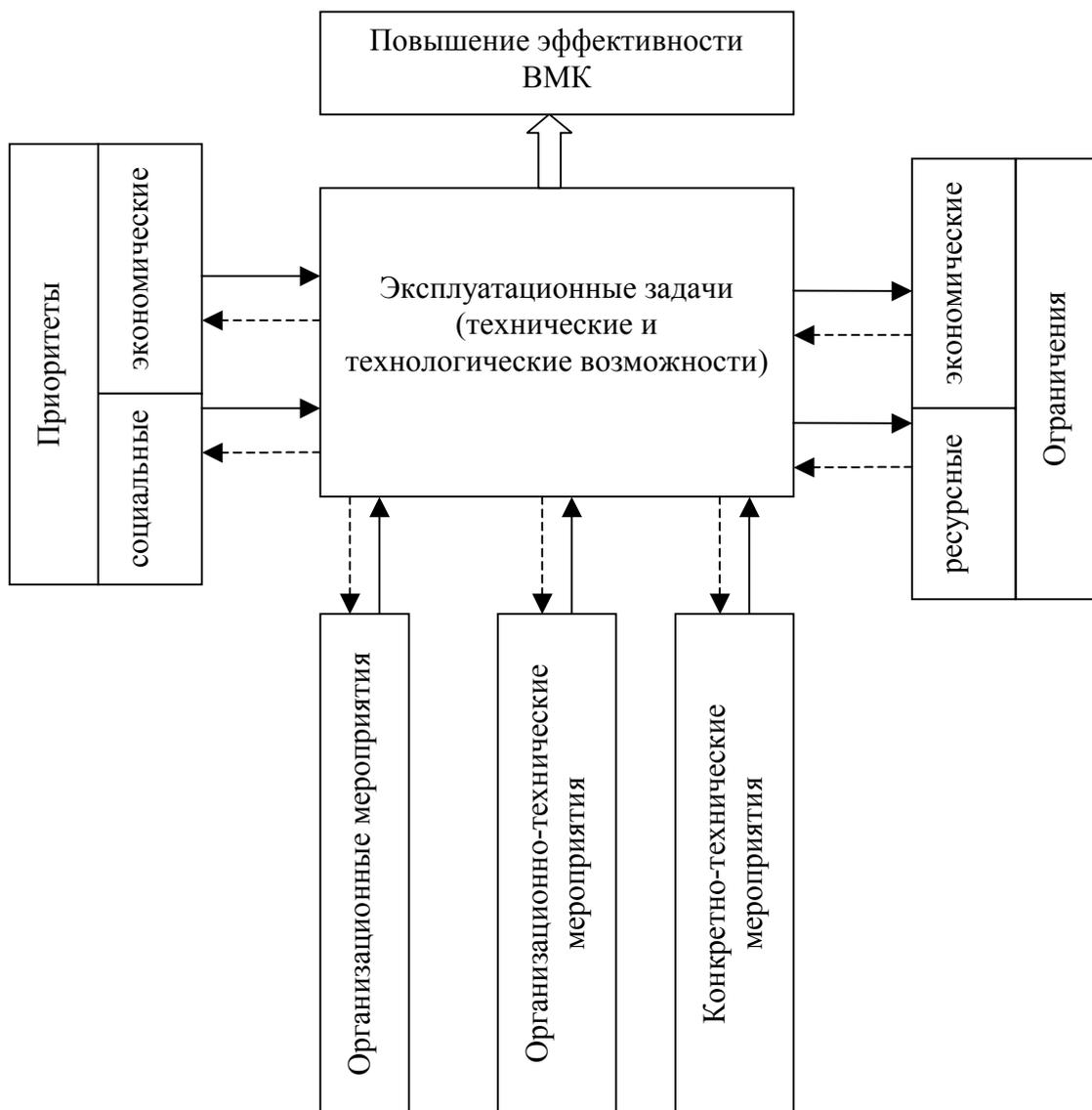


Рис.2. Принципиальная схема реализации целевой функции повышения эффективности ВМК

Эволюционирование ВМК реально может быть осуществлено только путем многопараметрической оптимизации режимов работы структурных элементов. Одним из главных критериев оптимизации должно быть определено энергосбережение и рациональное использование водных ресурсов при обеспечении экологической безопасности.

Кроме этого необходима четко разработанная система оценки эффективности работы различных подразделений ВМК для мотивации активной деятельности по внедрению нового оборудования, передовых технологий, в том числе энергосберегающих. Но также нужна и система мер мотивационного характера для потребителей с целью внедрения передового опыта, технологий и научно-обоснованных методик производственной деятельности.

Для осуществления выбора целевой функции при стратегическом управлении требуется, кроме анализа существующей ситуации, разработка долгосрочных сценариев развития ситуации в рассматриваемой системе.

В отношении водных ресурсов под долгосрочным сценарием понимается сценарий изменения количественного и качественного обеспечения водными ресурсами в рассматриваемом регионе, т.е. порядок проведения различных мероприятий по осуществлению стратегических и тактических целей по улучшению обеспечения водными ресурсами в регионе с указанием места, времени, ответственных с расшифровкой конкретных задач и конкретных результатов, ради которых эти задачи выполняются, в количественном и качественном выражении, а также возможных источников финансирования, средств повышения инвестиционной привлекательности проектов, сро-

ков окупаемости, дополнительных приоритетов, как краткосрочных и быстро реализуемых (занятость населения), так и долгосрочных и долго реализуемых (улучшение экологии и состояния здоровья населения).

Следует отметить, что сценарий не является прогнозом, т.е. заключением, выводом о предстоящем развитии и исходе рассматриваемых процессов с определенной точностью или вероятностью, а, скорее, возможным развитием событий с привязкой к действию конкретных объектов, территорий и групп лиц с дифференциацией по времени.

Кроме этого следует также отметить необходимость детальной проработки причинно-следственных связей существующих факторов влияния и планируемых изменений.

Сценарий одновременно и более гибкая адаптивная структура поведения системы и более детально проработанная, позволяющая на основе информации об изменяющихся условиях принимать решения по корректировке заданий, не изменяя при этом общей цели.

Для АР Крым обеспеченность водными ресурсами в количественном и качественном плане играет определяющую роль в развитии по множеству причин:

- недостаток собственных водных ресурсов;
- увеличение водопотребления жилищно-коммунальными предприятиями вследствие увеличения численности постоянно проживающего населения и количества отдыхающих и туристов;
- рост требований по качеству воды;
- значение орошения как гаранта обеспечения продовольственной безопасности на государственном уровне;
- и другие.

К основным программным моментам долгосрочных сценариев изменения обеспечения водными ресурсами в АР Крым можно отнести:

- создание единой схемы развития ВМК АР Крым с учетом потребностей всех отраслей, технической возможности, экономической целесообразности, социальной стабильности и экологической безопасности; на основе этой схемы разработать долгосрочную программу реализации системы интегрированного управления водными ресурсами;
- выполнение системной научно-обоснованной реконструкции и строительства объектов инженерной инфраструктуры ВМК АР Крым, на основе принятой схемы развития и системы управления, для оптимизации его работы с учетом особенностей региона;
- разработка взаимосвязи отраслевых приоритетов с тенденциями и планами на макро и микро уровне в соответствии с законодательной базой.

В этом случае интеграция по регионально-отраслевым параметрам, базирующаяся на комплексности и взаимосвязи стратегических, тактических и оперативных управленческих решений, может обеспечить эффективность внедрения адаптивных технологий в кратчайшие сроки.

ВЫВОДЫ:

1. Необходимо изменение концепции управления водными ресурсами на стратегическое управление.
2. Применение комплексных научно-обоснованных подходов к трансформации существующей модели управления водными ресурсами в модель интегрированного управления адаптивной системой на основе системно-логистических принципов является одним из главных условий стабильного развития водохозяйственно-мелиоративного комплекса в условиях рыночных отношений.
3. Эволюционирование водохозяйственно-мелиоративного комплекса может быть осуществлено только путем многопараметрической оптимизации режимов работы структурных элементов с учетом особенностей региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Указ Президента України від 23.06.1997 р. №670 «Про заходи щодо підтримки водогосподарсько-меліоративного комплексу».
2. Указ Президента України від 03.03.2006 р. № 187 «Про заходи щодо розвитку зрошуваного землеробства в Україні».
3. Ромащенко М.І., Балюк С.А. Зрошення земель в Україні. Стан та шляхи поліпшення. – К.: Видавництво «Світ», 2000. – 114 с.
4. Устойчивый Крым. Водные ресурсы. – Симферополь: «Таврида», 2003. – 413 с.
5. Виханский О.С. Стратегическое управление: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Гардарики, 2000. – 296 с.

Лужанская А.В., к.т.н.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Аэродинамические особенности воздушно-тепловой завесы

Приведены результаты визуализации системы структуры потоков плоских струй, истекающих из воздушно-тепловой завесы. Получены расстояния слияния потоков при различных скоростях истечения из щелевого отверстия насадка, перекрываемого по вертикали в перемежающемся порядке.

Аэродинамические процессы, воздушно-тепловая завеса, плоские струи.

Для локализации прорывов воздуха в отапливаемые помещения цехов используют воздушно-тепловые завесы. При перекрытии в перемежающемся порядке воздуховыпускного отверстия насадка происходит слияние струй на начальном участке. Наиболее рациональным представляется исследование данного процесса методом визуализации структуры потоков [1], основанным на просвечивании полярным светом оптически активной жидкости, которая перемещается в моделирующем устройстве, имитирующем характерный профиль проточной части исследуемого устройства.

Обобщенное представление визуальных картин истечения струи рассмотрено в работах [2-6]. Для разработки оптимальной проточной части моделирующего устройства целесообразно получить визуальные картины распределения оптической плотности интерполировать в поле реальных скоростей.

Принцип визуализации заключается в обеспечении циркуляции оптически активной жидкости (0,04-0,05% концентрации оксида ванадия, схожего по своим физико-химическим свойствам с реальным потоком жидкости) по замкнутому контуру. При прохождении поляризованного света через жидкость происходит эффект двойного лучепреломления, в результате в каждой точке потока возникает разность фаз обыкновенного и поляризованного света.

Анализ движения температурного режима представляет собой сложную теоретическую и экспериментальную задачу. Данные для расчета этих моделей могут быть получены при испытании модели. Для соответствия модели и натуры необходимо равенство соответствующих критериев подобия, представляющие собой безразмерные комплексы физических величин, характеризующее данное явление.

Макет был выполнен из пластины гетинакса, размерами 400x265 мм и толщиной 1 мм.

В качестве исследуемой среды принята оптически активная жидкость, истекающая из щелевых отверстий, вырезанных в соответствующем геометрическом масштабе в соответствии с теорией подобия.

В ходе исследования было выполнено подобие потоков, предусматривающее геометрическое, кинематическое и динамическое их подобие.

Геометрическое подобие представляет собой пропорциональность размеров и равенство соответствующих углов. При кинематическом подобии скорость в сходных точках пропорциональна, а потоки ограничены геометрически подобными поверхностями.

Подобие сил инерции и трения характеризуется динамическим подобием числа Рейнольдса, т.е. $Re_n = Re_m$, представлено в таблице.

Таблица

Число Рейнольдса для различных скоростей истечения

Число Рейнольдса, Re	13280	33200	66400	99601	112882
Скорость истечения при натуральных замерах V_n , м/с	2	5	10	15	17
Скорость истечения в модели V_m , м/с	1,34	3,35	6,7	10,05	11,4

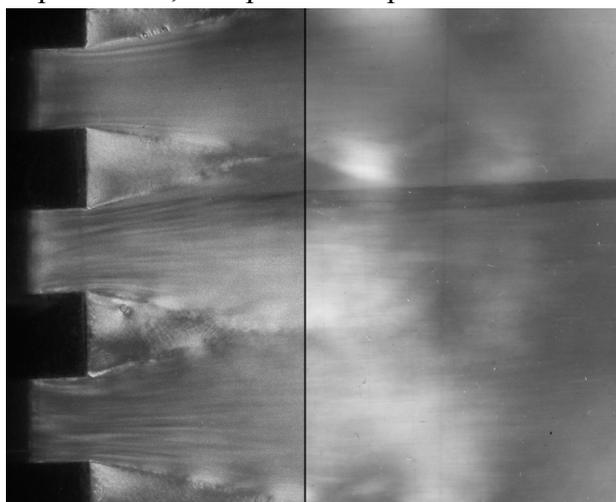
Из теории подобия следует, что подобные между собой явления имеют одинаковые критерии. Следовательно, подобны те явления, условия однозначности которых подобны и критерии численно одинаковы.

В ходе выполненных исследований между моделью и натурой для любых схожих точек указанные критерии подобия имеют одно и тоже значение, что говорит о правомерности проведения визуализации потоков.

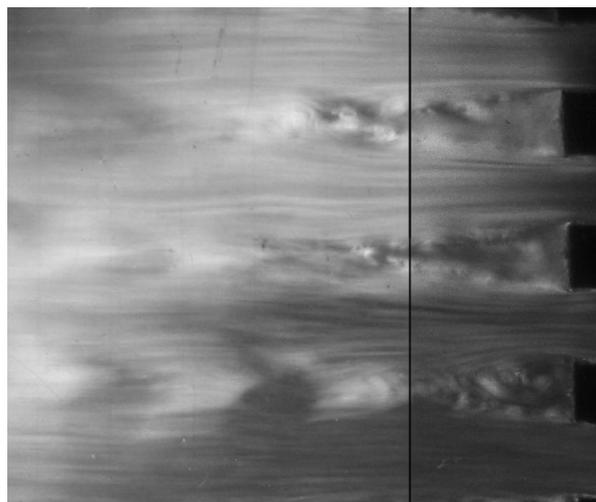
Анализ результатов визуализации при малых скоростях истечения показал, что сила трения действует не значительно и суммарная скорость единого потока плавно уменьшается (рис 1(а)).

При дальнейшем увеличении скорости (рис 1(б)) выявлено увеличение угла наклона по отношению к плоскости выпуска водяной (воздушной струи) и слияние струй в единый поток происходит на начальном участке.

С увеличением скорости истечения увеличивается угол наклона истечения элементарных струй, с последующей его стабилизацией до 12° , что соответствует углу бокового расширения струи в основном участке ее развития. Также происходит торможение крайних (периферийных) слоев потока. Вследствие возникновения завихрений за торцами щелевых отверстий с увеличением расстояния от точки истечения происходит более плавное движение жидкости, что свидетельствует об уменьшении торможения и потерь давления на трение и более равномерном движении образованного единого потока. При этом слияние струй в единый поток происходит на расстоянии равном $2,2$ ширины отверстия истечения.



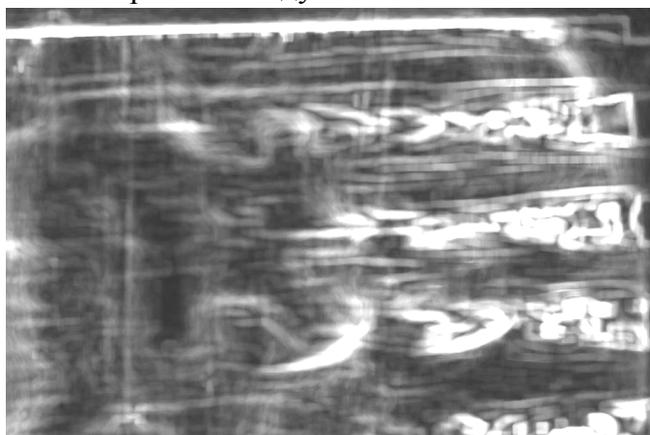
а). Взаимодействие струй при малых скоростях истечения



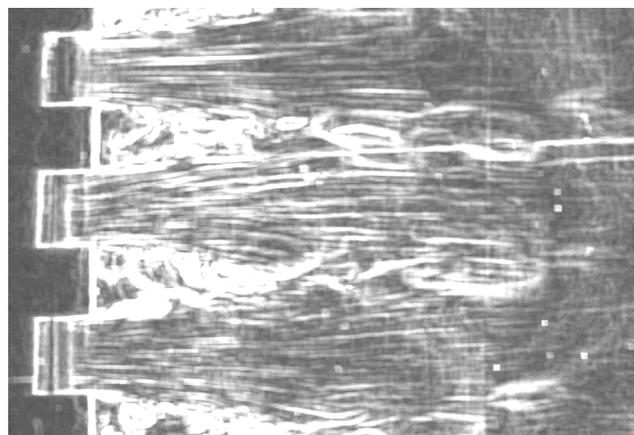
б). Взаимодействие потоков при слиянии отдельных струй в конструкции насадка

Рис.1. Результаты визуализации

Рассмотрение визуализации зон наибольшего торможения потока при различных скоростях истечения (рис.2) показало, что с увеличением скорости истечения уменьшается длина зоны обратных токов, оказывающих тормозящее влияние и, соответственно, уменьшается длина пути смещения струй. То есть, чем больше первоначальная скорость истечения, тем больше скорость в поперечном сечении струи, вследствие чего, с одной стороны, происходит увеличение дальности потока, а, с другой стороны, - уменьшение пути смещения струй, что повышает эффективность работы воздушно-тепловой завесы.



а) $V_m = 1,34 \text{ м/с}$



б) $V_m = 11,4 \text{ м/с}$

Рис.2. Зоны торможения потока при различных скоростях истечения.

ВЫВОДЫ

Визуальные исследования показали целостность создаваемой воздушной струи, то есть эффективность шибирующего действия завесы, поскольку в зоне взаимодействия потоков образуется зона обратных токов и формируется обратный поток со скоростью сравнимой со скоростью истечения струи, при этом слияние струй в единый воздушный поток происходит на относительном расстоянии равном 2,2 ширины воздуховыпускного отверстия в щелевом насадке воздушно-тепловой завесы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Струминский В.В. Механика турбулентных потоков. – М.: Наука, 1980. – 251 с.
2. Арсирий В.А., Бычков Ю.М. Поляризационно–оптический метод визуализации тонких струй в затопленном пространстве // Сибирский физико–технический журнал. – 1992. – Вып.2. – С. 64–69
3. Бычков Ю.М. Визуализация тонких потоков несжимаемой жидкости. – Кишинев: Штиинца. 1980. С – 132.
4. Бычков Ю.М. Гидродинамика тонких потоков несжимаемой жидкости. – Кишинев: Штиинца. 1981. С – 112.
5. Арсирий В.А. Разработка проточных частей оборудования водоснабжения и водоотведения на основе анализа структуры потоков жидкости: Дис. канд. техн. наук: 05.24.04 – Одесса, 1996. – 145 с.
6. Олексова Е.А. Энергосберегающие аппараты и гидродинамика в условиях комбинирования технологических процессов пищевых производств: Дис. канд. техн. наук: 05.18.12 – Одесса, 2003. – 175 с.

Науменко С. Н., аспирант

Одесский национальный политехнический университет

Эффективность взаимодействия элементов регулируемых систем отопления

Приведены результаты исследований эффективности взаимодействия терморегуляторов нагревательных приборов систем отопления в зависимости от тепловой инерции последних. Определена область оптимальной работы терморегуляторов.

Терморегуляторы, нагревательные приборы, тепловая инерция, оптимизация.

Системы отопления являются основным инструментом, позволяющим создавать и поддерживать тепловые комфортные условия в зданиях и сооружениях. В настоящее время к этим функциям добавилась функция управления параметрами микроклимата, что в совокупности с требованиями энергосбережения выводит на первую роль именно системы отопления.

Современные системы отопления имеют принципиально иной подход к регулированию – это не процесс наладки перед пуском с последующей работой в постоянном гидравлическом режиме, это системы с постоянно изменяющимся тепловым режимом в процессе эксплуатации, что соответственно требует оборудования для отслеживания этих изменений и реагирования на них. К примеру, изменение теплового режима зависит от способности терморегулятора изменять расход тепловой энергии на приборы в системе отопления, что вызывает цепную реакцию других систем (либо терморегуляторов, что может вызвать как разрегулировку системы, так и выход из строя циркуляционного насоса, либо перегрузку системы электроснабжения).

Системы отопления можно разделить:

1. По радиусу действия – местные и центральные;
2. По виду циркуляции теплоносителя – естественные и искусственные (насосные);
3. По типу теплоносителя – воздушные, водяные, паровые, электрические, комбинированные;
4. По способу разводки – с верхней, нижней, комбинированной, горизонтальной, вертикальной;
5. По способу присоединения приборов – однотрубные, двухтрубные, комбинированные;
6. По типу применяемых приборов – конвекционные, лучистые, конвекционно-лучистые;
7. По ходу движения теплоносителя в магистральных трубопроводах – тупиковые и попутные;
8. По тепловым режимам – с постоянным и изменяемым режимом.
9. По значению перепада температур в подающей и обратной магистрали – бифилярные системы.

Все эти признаки системы в реальности, как правило, смешиваются – например, водяная система с нижней разводкой тупиковая с изменяемой гидравликой, включающая нагревательные приборы – конвекторы, электрическая – прямого действия и воздушная или водяная системы отопления

Очевидно, что задачей проектирования и расчета является определение двух взаимосвязанных показателей - количества энергии и способа ее распределения [3]. Энергосберегающие решения зданий, рассматриваемые при проектировании систем отопления, включают в себя следующие мероприятия:

- тепловая защита здания: утепление стен, покрытия, потолков подвалов, замена оконных заполнений, балконных и входных дверей;

- реконструкция тепловых вводов в здание с установкой приборов учета, контроля и регулирования расхода энергоносителей;
- переход от систем отопления с постоянным гидравлическим режимом к системам с регулируемым гидравлическим режимом;
- модернизация систем вентиляции с устройством отбора и повторного использования теплоты;
- реконструкция систем горячего водоснабжения с установкой счетчиков расхода воды и дискретно регулирующей запорной арматуры.

При этом реакция отопительного прибора на работу автоматики управления теплоотдачей при установке терморегулятора и автоматических регуляторов на стояках системы отопления [2] должна быть минимизирована по времени.

Однако регулирование уже вышло из границ поддержания гидравлической устойчивости системы и решает задачи в более обширной области - энергосбережения. В связи с тем, что терморегулятор должен быть установлен на каждом нагревательном приборе, возможно, представляет интерес рассмотрение взаимодействия этих двух элементов с точки зрения их эффективной работы.

По интенсивности тепловой инерции нагревательные приборы подразделяют на приборы малой тепловой инерции, имеющие малый вес и водоёмкость на единицу площади изготовленные из материалов с высоким коэффициентом теплопроводности (конвекторы, металлические и биметаллические штампованные радиаторы) и большой тепловой инерции соответственно с большой массой материала, водоёмкостью на единицу площади и низким коэффициентом теплопроводности материала из которого изготовлены (чугунные радиаторы, чугунные ребристые трубы, отопительные панели «теплый пол» и т.д.). То есть, нагревательные приборы малой инерционности быстрее нагреваются и остывают при изменении расхода температуры теплоносителя проходящего через них, что при эксплуатации систем отопления с терморегуляторами является более эффективным, чем использование приборов с большой инерционностью [4].

Однако, нагревательные приборы большой инерционности, как правило, дешевле и более долговечны, что определяет их большую распространённость. Кроме того, в настоящее время все большее распространение получают так называемые периодические системы отопления – основанные на аккумуляции тепла нагревательными приборами (например, при использовании нагревательных элементов в ограждающих конструкциях).

В связи с этим возникает вопрос о сопоставлении времени полного закрытия терморегулятором подачи теплоносителя в нагревательный прибор и временем остывания самого нагревательного прибора.

Данные о времени полного закрытия терморегулятора приняты согласно требованиям нормативных документов (до 40 мин.), что согласовывается с данными, приведенными в каталогах ведущих фирм–производителей терморегуляторов.

Анализ графика (Рис.) показывает, что терморегуляторы наиболее эффективно работают в случае установки конвекторов и стальных, алюминиевых, биметаллических радиаторов. В случае установки терморегуляторов на чугунные радиаторы при изменении температуры внутреннего воздуха (например, при повышении) произойдет полное закрытие потока теплоносителя в нагревательный прибор, поскольку время остывания последнего значительно больше времени полного закрытия клапана терморегулятора. То есть, регулирование в данной системе будет осуществляться в двух позициях – клапан терморегулятора либо полностью открыт, либо закрыт, что, по всей вероятности, уменьшает эффективность регулирования с точки зрения энергосбережения. Что же касается систем отопления с нагревательными элементами в стене или перекрытии, то возможно, в данном случае использовать качественное регулирование в котельном агрегате.

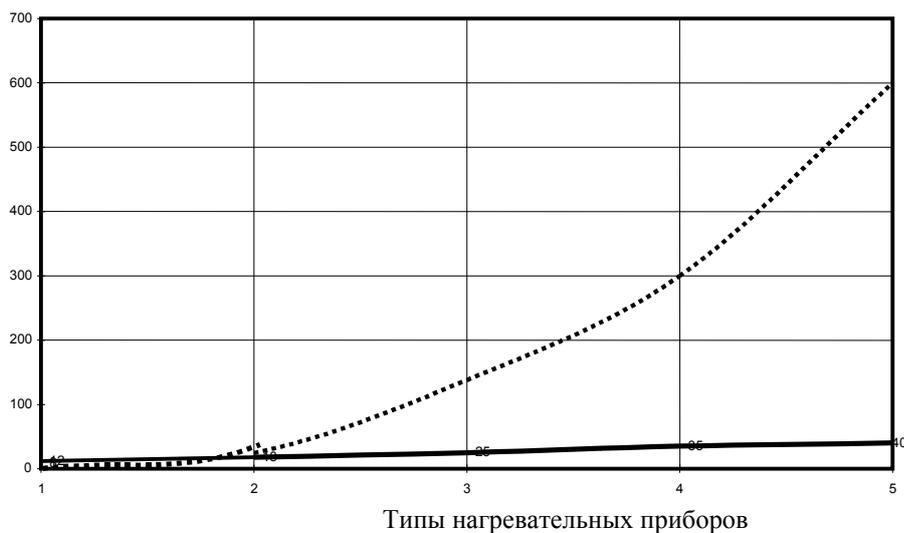


Рис. Сопоставление времени закрытия терморегулятора со временем остывания нагревательного прибора: - время остывания нагревательного прибора (1- конвектор, 2- стальной радиатор, 3 – чугунный радиатор, 4 – нагревательная панель в стене, 5 – нагревательная панель в перекрытии). — - время полного закрытия терморегулятора.

ВЫВОДЫ

1. Терморегуляторы наиболее эффективно работают в случае установки конвекторов и стальных, алюминиевых, биметаллических радиаторов.
2. В случае установки терморегуляторов на нагревательные приборы большой инерционности произойдет полное закрытие потока теплоносителя в нагревательный прибор, поскольку время остывания последнего значительно больше времени полного закрытия клапана терморегулятора.
3. В системах отопления с нагревательными элементами в стене или перекрытии возможно использовать качественное регулирование теплоносителя в котельном агрегате.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кононович Ю.В. Тепловой режим зданий массовой застройки.-М.: Стройиздат, 1986. – 157с.
2. Пырков В.В. Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения. Теория и практика. К.: Таки справи, 2005, с.302.
3. Табунщиков Ю.А., Хромец Д.Ю., Магросов Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений. - М.: Стройиздат, 1986
4. СНиП II-3-79**. Строительная теплотехника. -М. : ЦНИИТП Госстроя СССР, 1986-32с.

Шмоняк В.И., аспирант

Одесский национальный политехнический университет

Методика расчета полей скорости при различных видах взаимодействия закрученных потоков

Разработаны программы, позволяющие получить данные об устойчивости отдельных закрученных потоков, возмущающей силе при прецессии вихревого ядра, воздействии закрученных струй на устойчивость создаваемой ими структуры в теплогенерирующей установке.

Теплогенерирующая установка, закрученный поток, поля скоростей, вихревое ядро, устойчивые структуры.

В теплогенерирующих установках малой мощности наряду с другими возможностями воздействия на характеристики пламени часто используется закрутка. Закрутка воздуха, впрыскиваемого топлива или того и другого весьма благоприятно сказывается на структуре течения, что в свою очередь способствует достижению проектных характеристик устройств. Интенсивность закрутки обычно характеризуется безразмерным параметром S , который представляет собой отношение потока момента количества движения к потоку осевого импульса, умноженному на эквивалентный радиус сопла.

В зависимости от назначения разрабатываемых средств и способов применения закрученных потоков на основании теоретических зависимостей были разработаны и реализованы в компьютерных программах следующие расчеты:

- зависимость коэффициента крутки потока S от частоты колебаний вихревого ядра, объема защитного газа и конструктивных параметров в области устойчивости закрученного потока;
- моделирование прецессии вихревого ядра в закрученном потоке;
- исследования колебаний скорости в закрученном потоке;
- колебания скорости при взаимодействии закрученных струй.

Все эти расчеты объединены в один комплекс программ, позволяющий после введения исходных данных получить не только численные значения, но и графическое отображение результатов. Так для расчета зависимости степени крутки потока необходимо ввести (рис.1):

d - диаметр сопла, м;

a - расстояние от точки резки до сопла, м;

R - радиус сопла, м;

Q - массовый расход газа, кг/м³;

ν - частоту колебаний вихревого ядра, с⁻¹.

Зависимость коэффициента крутки потока от частоты колебаний вихревого ядра, объема защитного газа и конструктивных параметров в области устойчивости закрученного потока					
d	0,1	м	коэффициент крутки потока		
a	0,5	м	График $V_y(x)$		
R	0,05	м			
Q	0,15	кг/м ³			
ν	300	с ⁻¹			
точек графика количество	30		диапазон значений	-10	30
График $V_y(x)$		График $V_y(x)$		График $S(d)$	

Рис.1. Форма расчета зависимости степени крутки потока от конструктивных и динамических параметров.

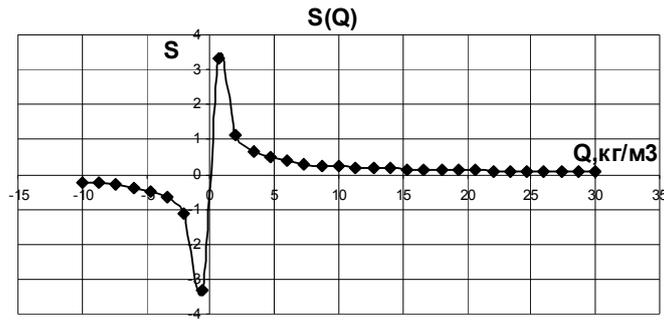


Рис.2. Зависимость степени крутки потока от массового расхода газа.

Для расчета процессии вихревого ядра в закрученном потоке в соответствующие поля исходных данных (рис.3) необходимо ввести:

Ω — угловая скорость вращения вихревого ядра, рад/с; C — константа; x, y — текущие координаты точки; ρ — плотность газа, кг/м³.

В результате расчета получают зависимости радиальной и тангенциальной скорости от скорости, вызванной амплитудой колебаний вихревого ядра и координат (на рис. 4 приведена зависимость радиальной скорости от амплитуды колебаний вихревого ядра для выбранных исходных данных).

Модель процессии вихревого ядра в закрученном потоке				
Ω	100			
c	1			
x	0,1			
y	0,1			
ρ	1,2			
точек графика количество	30	диапазон значений	-5	5
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin: 2px;">График $V_x(a)$</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin: 2px;">График $V_x(x)$</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin: 2px;">График $V_x(y)$</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin: 2px;">График $V_y(a)$</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin: 2px;">График $V_y(x)$</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin: 2px;">График $V_y(y)$</div> </div>				

Рис.3. Форма для расчета процессии вихревого ядра в закрученном потоке.

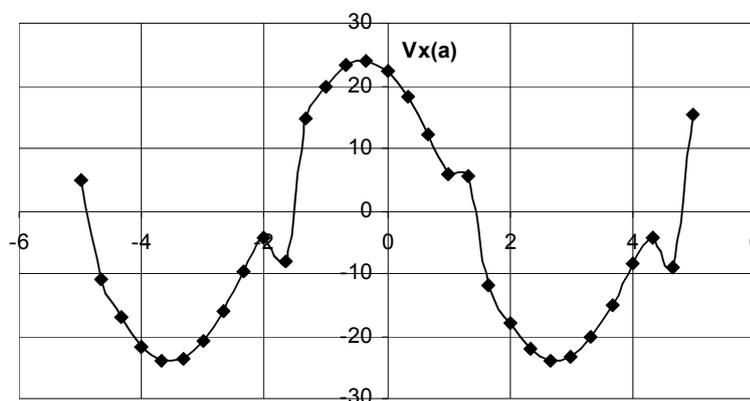


Рис.4. Зависимость радиальной скорости закрученного потока от амплитуды колебаний вихревого ядра.

Расчет колебаний скорости в закрученном потоке выполняется в третьей программе, для чего необходимо ввести следующие исходные данные (рис.5):

Ω — угловую скорость вращения вихревого ядра; C — константа; x, y — текущие координаты точки, (х-м); ρ — плотность газа, кг/м³; ν — кинематическая вязкость газа, м²/с; n — волновое число; t — время, с.

Результаты расчета выводятся на экран путем выбора требуемой зависимости — в качестве примера на рис.6 приведена полученная при принятых исходных данных зависимость возмущающей силы от поперечной координаты.

Теоретические исследования колебаний скорости в закрученном потоке				
x	0,3			
y	0,05			
t	10			
Ω	100			
ν	0,000001			
n	1			
K	1			
количество точек графика	30	диапазон значений	-0,5	0,5
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around; text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin: 2px;">U(x)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin: 2px;">U(y)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin: 2px;">U(F)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin: 2px;">U(f)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin: 2px;">U(v)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin: 2px;">U(n)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin: 2px;">U(t)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin: 2px;">U1(x)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin: 2px;">U1(y)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin: 2px;">U1(F)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin: 2px;">U1(f)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin: 2px;">U1(v)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin: 2px;">U1(n)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin: 2px;">U1(t)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin: 2px;">F(x)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin: 2px;">F(y)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin: 2px;">F(f)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin: 2px;">F(v)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin: 2px;">F(n)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin: 2px;">F(t)</div> </div>				

Рис.5. Исходные данные для расчета колебаний скорости в закрученном потоке.

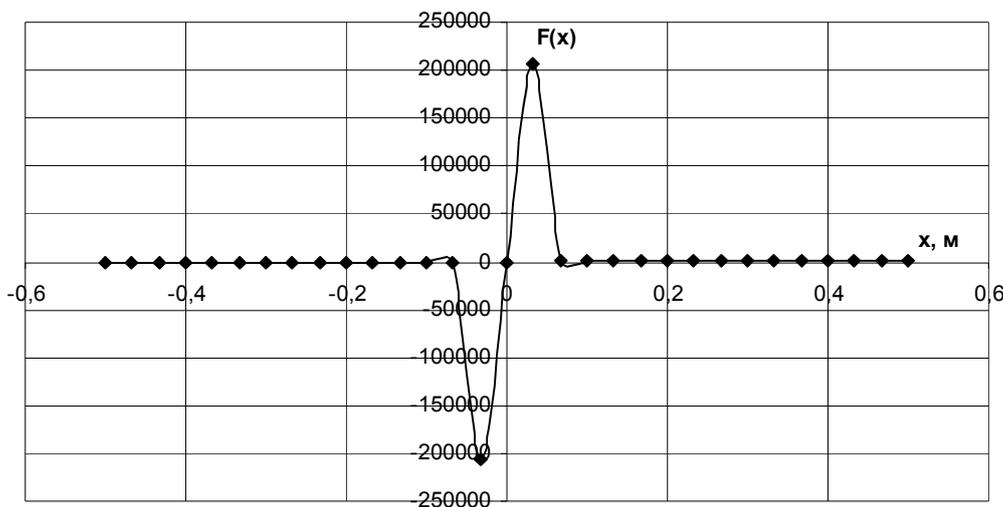


Рис.6. Зависимость возмущающей силы от координаты.

В четвертом разделе программы выполняется расчет результирующей скорости при взаимодействии двух закрученных потоков в случае с развитым вихревым ядром в каждом из них, для чего вводятся следующие исходные данные (рис.7):

Ω — угловую скорость вращения вихревого ядра; C — константа; x, y — текущие координаты точки, х-с; ρ — плотность газа, кг/м³; ν — кинематическая вязкость газа; n — волновое число;

a — эмпирический коэффициент длины смещения струй; f — частота колебаний вихревого ядра, с⁻¹; t — время, с.

Колебания скорости при взаимодействии закрученных струй				
x	0,05		A1	0,104171003
y	0,05		A2	-0,085230821
v	0,00001		U(x, t)	-0,021635519
n	2		b	-65,65655644
t	100		Reb1	1309051,43
f	20		Reb2	-1071042,079
Ω	100		Reb	238009,351
a	0,5		Расчет	
c	1			
количество точек графика	50	диапазон значений	1	15
Re(f)		Re(A)		
Re(t)		Re(x)	Re(y)	

Рис.7. Исходные данные для расчета скорости в закрученных струях.

В качестве примера результатов расчета на рис. 8 приведена зависимость частотного критерия Рейнольдса от времени.

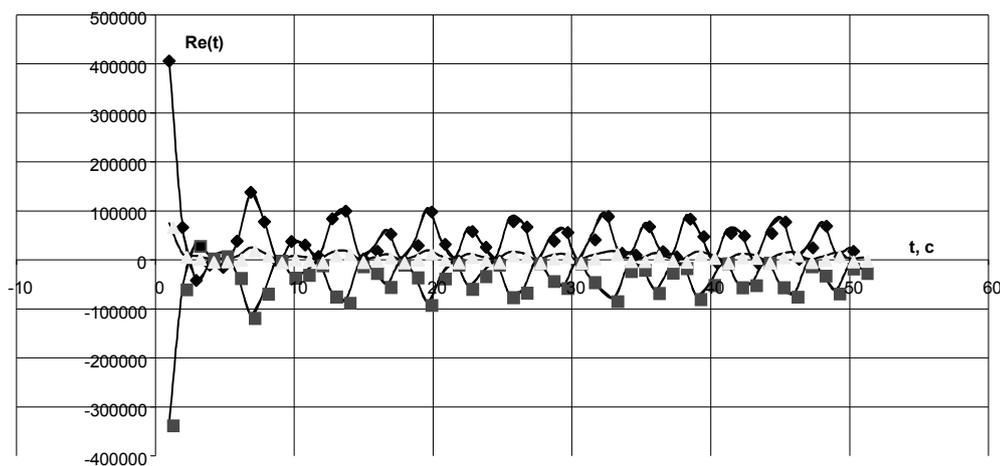


Рис.8. Зависимость частотного критерия Рейнольдса от времени при взаимодействии параллельных закрученных потоков:

- ◇, □ — зависимости критерия для каждой из взаимодействующих струй;
 △ — изменение критерия при слиянии струй.

ВЫВОДЫ

Создан комплекс программ, позволяющих получить следующие характеристики:

- устойчивости отдельных закрученных потоков;
- возмущающей силы при прецессии вихревого ядра;
- воздействия закрученных струй на устойчивость создаваемой структуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. Гупта, Д. Лилли, Н. Сайред. Закрученные потоки // Пер. с англ. — М.: Мир, 1987, — С. 588.
2. Алексеев С.В., Куйбин П.А., Окулов В.Л. Введение в теорию концентрированных вихрей. — Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН, 2003. — 504 с.

Выпуск №25
Материалы научной студенческой конференции НАПКС
по итогам 2007-2008г.г. (22-24 апреля 2008г.)

УДК 626.83

Боровский Б.И., д.т.н., профессор, Захаров Р.Ю., к.т.н., доцент, Покотило М.А., студентка
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Методы оптимизации режимов работы оросительных насосных станций

Обоснована необходимость повышения эффективности работы оросительных насосных станций; определены методы оптимизации режимов работы оросительных насосных станций, основные задачи и комплекс мероприятий по снижению энергоемкости водоподачи, в том числе за счет дифференцированной подачи воды на орошаемый участок с помощью регулирующего бассейна.

Насосные станции; водоподача; энергосбережение; оптимизация; режимы работы.

Согласно Постановлению Совета Министров Автономной Республики Крым №58 от 27 февраля 2001 года «О комплексных мероприятиях по развитию мелиорации земель и улучшению экологического состояния орошаемых угодий в 2001-2005 годах и прогноз до 2010 года» [1], мелиорация земель в Крыму является главным гарантом интенсификации сельского хозяйства, обеспечения устойчивого производства сельскохозяйственной продукции, особенно в годы с неблагоприятными погодными условиями. *Для получения высоких урожаев при любых неблагоприятных погодных условиях на Крымском полуострове альтернативы орошению нет.* От эффективности использования и сохранения мелиорируемых земель зависит экономическая, экологическая и социальная ситуация в Крыму. Многие гидротехнические сооружения, оросительные системы, насосные станции и дождевальная техника отработали установленный нормативный срок и требуют проведения реконструкции, технического переоборудования насосных станций и замены дождевальной техники, уменьшения их энергоемкости.

Основными направлениями программы развития мелиорации земель на Украине являются реконструкция мелиоративных систем и внедрение прогрессивных водознергосберегающих технологий и систем оптимизации режимов работы водохозяйственных объектов за счет замены и восстановления дождевальной техники, замены энергозатратного оборудования и изношенных участков трубопроводов.

В связи со значительными затратами топливно-энергетических ресурсов при эксплуатации водохозяйственно-мелиоративного комплекса основным направлением стабилизации и дальнейшего развития водного хозяйства Украины, согласно «Концепции программы энергосбережения на водохозяйственных системах Украины в 2001-2005 годах и прогноз до 2010 года» [2], является энергосбережение.

Основными заданиями энергосбережения являются определение существующего и перспективного энергопотенциала и энергосбережения, разработка направлений по его реализации, внедрение первоочередных и перспективных энергосберегающих мероприятий.

На основании статистических данных характеристик и эффективности работы оросительных насосных станций ВМК АРК, итоговые значения которых приведены в таблице 1, четко видно, что при сохранении общего количества оросительных насосных станций и увеличении площади полива, увеличиваются фактические удельные энергозатраты на единицу поданной воды, а следовательно и себестоимость водоподачи.

Оптимизация режимов работы оросительных насосных станций заключается в определении таких совокупностей основных ее эксплуатационных показателей в определенные интервалы времени в пределах оросительного сезона, при которых обеспечивается подача необходимого количества воды соответствующего качества в требуемое место в требуемое время с наименьшими потерями при минимуме затрат и при обеспечении экологической безопасности.

При этом водоисточник, водозаборное сооружение, насосная станция (НС), оросительная сеть и дождевальные машины (ДМ) должны рассматриваться как единое целое для обеспечения гарантированной подачи воды на орошаемый участок.

Исследования по оптимизации режимов работы оросительных НС разделяются на теоретические исследования и экспериментальные исследования.

Таблица 1.

Сравнительная таблица основных показателей работы государственных насосных станций ВМК АР Крым (по данным Рескомводхоза АР Крым, 2004, 2008)

№ п/п	Показатели	Единицы измерения	Значения		2007 г. в % к 2003г.
			2003г.	2007г.	
1	Всего оросительных НС на балансе	шт.	336	336	100
2	Всего НС эксплуатировалось	шт.	212	211	99,5
3	Коэффициент использования оросительных НС		0,633	0,63	99,5
4	Всего насосных агрегатов, задействованных в работе	шт.	856	729	85,2
5	Коэффициент использования насосных агрегатов подкачивающих НС		0,603	0,476	78,9
6	Всего наличие дождевальных машин	шт.	1940	1610	83,0
7	Всего площадь орошения	га	136200	159600	117,2
8	Коэффициент использования орошаемых площадей		0,539	0,63	116,9
9	Объем воды, перекачанной подкачивающими НС	тыс. м ³	173308	192335	111,0
10	Затраты электроэнергии на работу подкачивающих НС	тыс. кВт·час	29844	36373	121,9
11	Стоимость затрат электроэнергии	тыс. грн.	5957	12676	212,8
12	Фактические удельные энергозатраты	$\frac{\text{кВт}\cdot\text{час}}{\text{тыс. м}^3}$	172,2	189,113	109,8
13	Экономия за счет использования устройств многотарифного учета электроэнергии	%	11,28	9,7	86,0
14	Средняя себестоимость водоподачи	грн. / м ³	0,0344	0,0659	191,6

Теоретические исследования подразумевают определение основных зависимостей по снижению энергозатрат и других эксплуатационных издержек оросительных НС. Основными методами в теоретических исследованиях являются: системный подход при формировании модели работы оросительной НС и определении основных и дополнительных совокупностей факторов влияния на режимы работы оросительной НС; построение экономически-эффективной модели работы оросительной НС с учетом обеспечения экологической безопасности [3].

Экспериментальные исследования понимаются как совокупность статистической обработки результатов экспериментальных данных и проведение вычислительного эксперимента для анализа выработанных теоретических положений.

Задачами, которые должны решаться при оптимизации режимов работы оросительных НС, являются:

1. Обеспечение максимально стабильных уровней воды в водоисточнике.
2. Определение путей снижения требуемых напоров насосов.
3. Определение числа одновременно работающих насосов и их характеристик;
4. Оценка эффективности параллельной работы нескольких насосов на один напорный трубопровод.
5. Оценка эффективности различных способов регулирования насосных агрегатов.
6. Оценка эффективности преимущественно ночных поливов, которые осуществляются для экономии денежных затрат на потребленную НС электроэнергию при многотарифном учете.
7. Мероприятия по повышению эксплуатационной параметрической надежности оросительных НС.
8. Определение эффективности работы НС при различной длине трассы водоподачи.

9. Определение различий в режимах работы оросительных НС для открытой оросительной сети (ООС), закрытой оросительной сети (ЗОС), и комбинированной сети.

10. Оценка влияния режимов орошения и техники полива на режимы работы оросительных НС.

Одной из основных задач проведения исследований по оптимизации работы оросительных НС по основным факторам влияния и показателям работы является снижение энергоемкости водоподачи (рис.1).

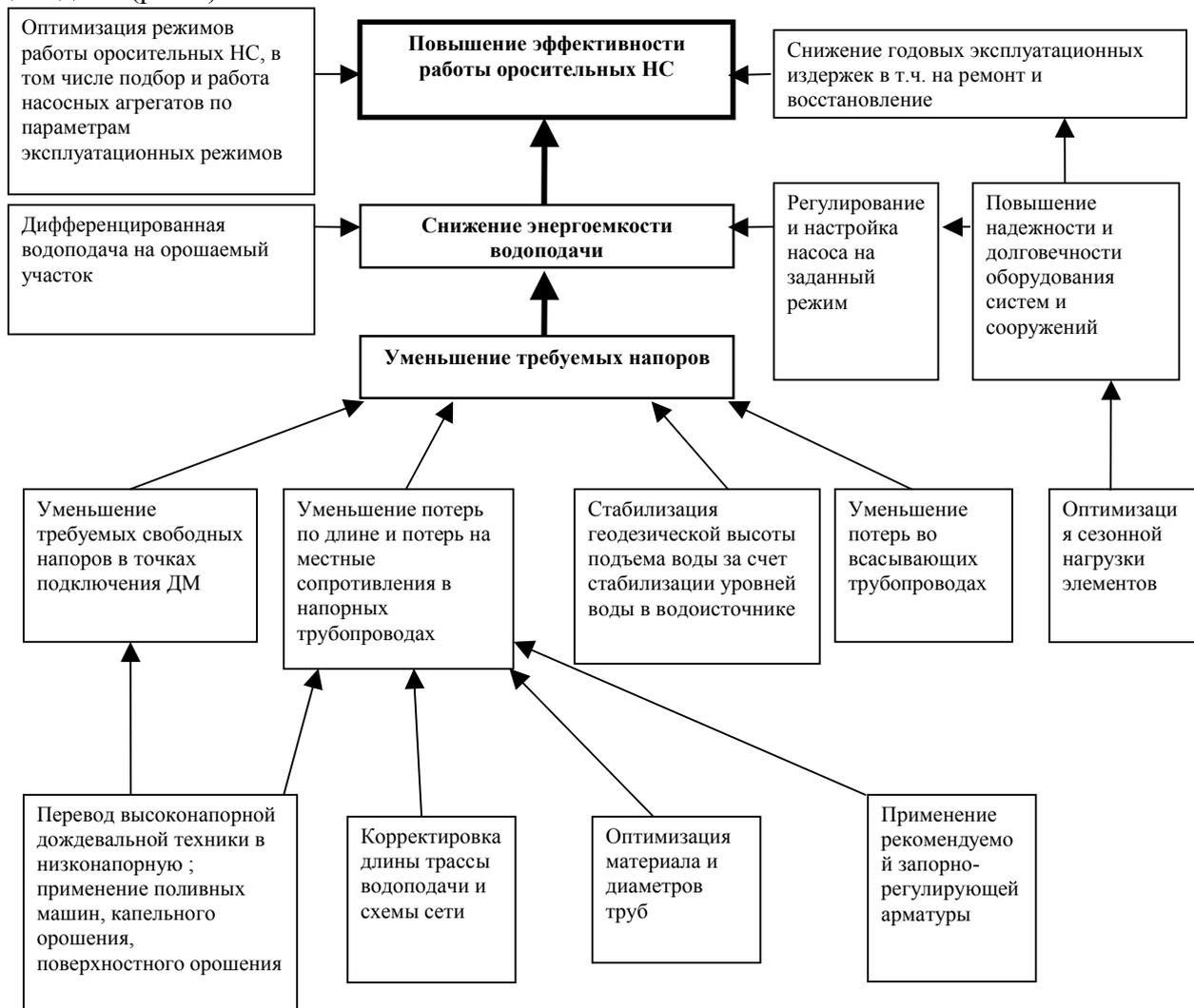


Рис.1. Блок-схема основных требуемых мероприятий по оптимизации работы оросительных НС

Одним из способов по осуществлению этой задачи является дифференцированная подача воды от водоисточника до орошаемого участка. Суть этого мероприятия заключается в следующем.

Подача воды на орошаемый участок осуществляется дифференцировано при помощи регулирующего бассейна по такой схеме: сначала вода забирается из водоисточника и подается перекачивающей насосной станцией (НСI) по напорному трубопроводу в регулирующий бассейн, а потом подкачивающей насосной станцией (НСII) подается из бассейна по системе трубопроводов в оросительную сеть (рис.2).

Наличие в структуре водоподачи регулирующего бассейна позволяет:

- увеличить эффективность и надежность водоподачи за счет накопления резервного объема;
- уменьшить непродуктивный сброс воды из каналов разного порядка за счет более стабильного режима управления водоподачей;
- уменьшить негативные нагрузки на территории, прилегающие к каналам, за счет поддержания горизонтов воды меньших чем максимальные;
- уменьшить годовые суммарные эксплуатационные затраты на оросительной системе за счет уменьшения суммарных объемов перекачки воды и более точного соответствия параметрам

- эксплуатационных режимов насосных станций, в том числе с учетом использования регулирования работы насосов;
- улучшить микроклимат орошаемых территорий и территорий, прилегающих к насосным станциям.

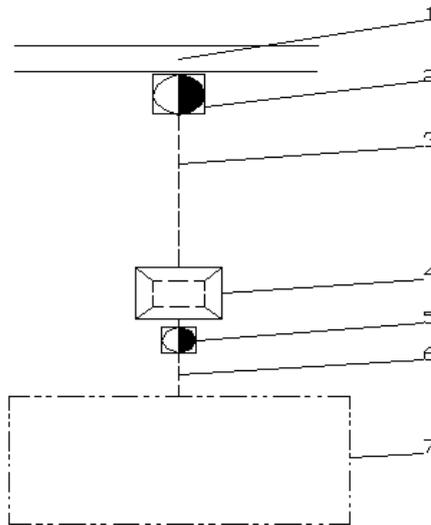


Рис. 2. Оросительная система 1- источник воды; 2- перекачивающая насосная станция; 3- напорный трубопровод; 4- регулирующий бассейн; 5- подкачивающая насосная станция; 6- главный напорный трубопровод; 7- орошаемый участок

Объем регулирующего бассейна $W_{п.б.}$, m^3 , определяется на основании графика накопления воды в регулирующем бассейне (рис.3), который строится на основании графиков поступления воды в бассейн от НСИ и отбора воды из бассейна НСИ, а при их отсутствии по формуле, аналогичной формуле [4]:

$$W_{п.б.} = Q_{сут.маx} \cdot \left(1 - K_1 + (K_2 - 1) \cdot \left(\frac{K_1}{K_2} \right)^{\frac{K_2}{(K_2-1)}} \right)$$

где $Q_{сут.маx}$ – требуемый расход воды в период максимального водопотребления согласно графику поливов на орошаемый участок, $m^3/сут$;

K_1 – коэффициент общей неравномерности объемов водоподачи, - отношение объема водопотребления НСИ к объему водоподачи НСИ. K_1 зависит от величины испарения с поверхности водного зеркала в бассейне и фильтрации через ложе бассейна, а также от КПД напорного трубопровода от НСИ до НСИ. Так как испарение меняется в течение оросительного сезона, то значение K_1 определяется путем интегральной оценки в конкретных условиях. $K_1 \approx 1$ в случае, когда условно считается фильтрация и испарение близкими к нулю.

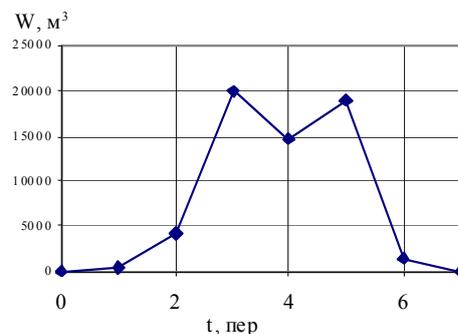


Рис. 3. График накопления воды в регулирующем бассейне

K_2 - коэффициент неравномерности подачи, - отношение подачи первой насосной станции (НС I) к подаче второй насосной станции (НС II) за интервал времени $\Delta t_{\text{реж}}$.

Интервал времени $\Delta t_{\text{реж}}$ равен времени работы в постоянном эксплуатационном режиме, который определяется показателями работы дождевальной техники.

Зависимость объема регулирующего бассейна от коэффициента неравномерности подачи K_2 при $K_1=1$ для различных расходов НСII представлена на рис.4.

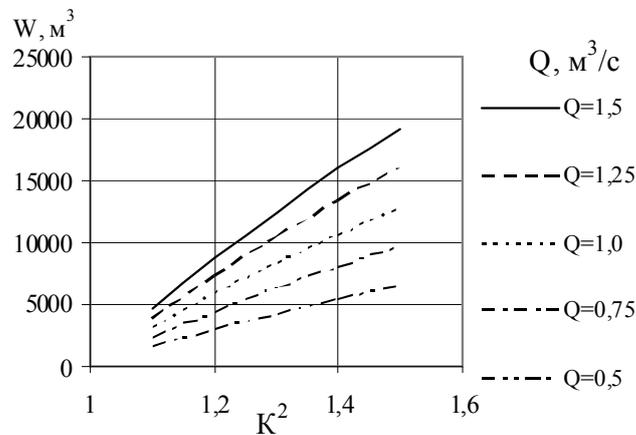


Рис.4 График зависимости объема регулирующего бассейна $W_{\text{р.б.}}$ от коэффициента неравномерности подачи K_2 при коэффициенте общей неравномерности объемов водоподачи $K_1=1$.

Окончательное решение по определению объема регулирующего бассейна принимается на основании технико-экономического сравнения вариантов по маркам насосно-силового и вспомогательного оборудования (частотных преобразователей в том числе) и режимов их работы; и, соответственно, вариантов требуемых объемов регулирования; а также исходя из обеспечения более высокого уровня экологической надежности.

ВЫВОДЫ.

1. Работа существующих оросительных насосных станций с имеющимися режимами, оборудовании и его техническом состоянии является экономически неэффективной за счет избыточных затрат электроэнергии.
2. Для повышения эффективности работы оросительных насосных станций необходим комплекс мероприятий, основой которых является оптимизация режимов работы для снижения энергоемкости водоподачи.
3. Снижение энергоемкости водоподачи возможно за счет дифференцированной подачи воды на орошаемый участок с помощью регулирующего бассейна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплексные мероприятия по развитию мелиорации земель и улучшению экологического состояния орошаемых угодий в 2001 – 2005 годах и прогноз до 2010 года по Автономной Республике Крым. Постановление Совета Министров АРК от 27 февраля 2001 года № 58.
2. Концепція програми енергозбереження на водогосподарських системах України у 2001-2005 роках і прогноз до 2010 року, затверджена наказом Держводгоспу України від 05.11.2001 р. №237.
3. Карук Б.П. Системный подход и системный анализ в проектировании мелиоративно-водохозяйственных объектов. – К.: Изд-е ВИПК Минфодхоза СССР, 1988. – 183 с.
4. СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения/ Госстрой СССР. - М: Стройиздат, 1985. - 136с.

Дербенёв П.В. студент группы ПГС-401. Руководитель Ажермачев Г.А.к.т.н., профессор.
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Колонны промышленных зданий при кранах большой грузоподъемности

Рассматриваются некоторые принципиальные вопросы конструирования стальных колонн и подкрановых балок под краны большой грузоподъемности.

Ключевые слова: каркас, колонны, подкрановые балки, нагрузки, усилия

В крупных цехах со стальным каркасом вес колонн и подкрановых балок достигает 75% общего расхода стали, поэтому экономичное решение этих конструкций имеет важное значение. Конструкции колонн и подкрановых балок тесно связаны, в частности вес колонн зависит от статической схемы подкрановых балок (разрезной или неразрезной), от решения опорного узла и поэтому вопросы экономии стали в этих конструкциях следует рассматривать совместно.

Стальные колонны в одноэтажных промышленных зданиях применяют только при значительной высоте и больших крановых нагрузках.

Таковыми промышленными зданиями являются мартеновские и подобные им цехи в металлургической промышленности, а также сборочные корпуса заводов тяжелого машиностроения.

Расход стали на конструкции колонн в этих цехах составляет 30—40% от всего стального каркаса, поэтому каждый процент уменьшения их веса значительно сказывается на общем расходе металла.

Однако проектировщики (особенно в индивидуальных проектах крупных цехов) не всегда используют возможности уменьшения расхода стали в колоннах.

Для уменьшения расчетного момента от значительных реакций подкрановых балок можно предложить смещение оси балок с оси внутренней ветви колонны ближе к центру тяжести всего сечения, увеличивая одновременно ширину сечения колонны. Размер этого смещения конструктивно возможен от 250 до 500 мм. Обычно применяемая постановка подкрановых балок по оси внутренней ветви колонн представляется нам ничем не оправдываемой традицией, которая нашла свое отражение и в типовой серии колонн КЭ-01-43. Согласно этой серии при грузоподъемности кранов до 250 т и отметке подкрановых путей до 20 м (при одноярусном расположении кранов) ширина сечения крайних колонн равна 1,5 м.

При смещении оси подкрановых балок с оси внутренней ветви на 500 мм ширина колонны составит 2 м. На рис. 1 приведены эпюры моментов в однопролетной раме от кранов грузоподъемностью 250/30 + 150/30 (т), расположенных на отметке 14 м. для двух решений колонн.

Как видно, моменты от вертикальной крановой нагрузки в колонне, принятой по серии КЭ-01-43, возрастают на 40% (под подкрановой балкой)

Смещение подкрановых балок к внутренней ветви колонны при увеличении размера по осям ветвей с 1500 до 2000 мм при одновременной центрировании балок на ось колонны из плоскости рамы дает экономию веса на 1,4 т, или 17%.

Очевидно, что уширенная колонна имеет преимущества в поперечной жесткости, особенно при отметке кранов 20 м и выше. Как недостаток расширения колонн на 0,5 м следует отметить требование дополнительной площади пола. Однако при шаге колонн 12 м или 24 м этого во многих случаях не требуется.

Для уменьшения веса колонны большое значение имеет центрированное опирание подкрановых балок в продольном направлении (разрезных и неразрезных). В справочнике проектировщика отмечается: «Подкрановые балки рекомендуется опирать на колонны посредством торцовых опорных ребер, фиксирующих центральную передачу давления на колонну»

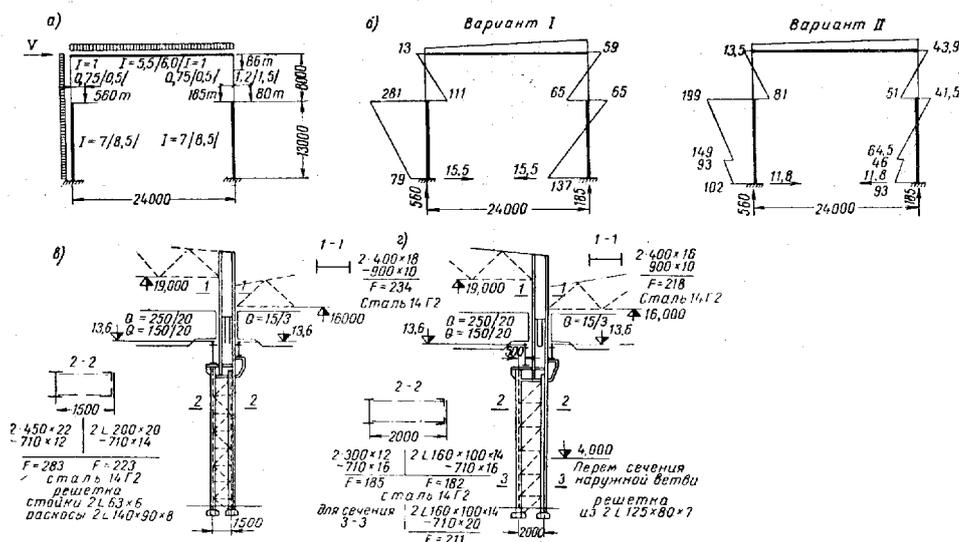


Рис 1 Сравнение вариантов решения стальной колонны: а - расчетная схема рамы; б - эпюры моментов от кранов грузоподъемностью 250/30+150/30 т; в- эскиз колонны –вариант 1 по типу серии КЭ-01-43; г-эскиз колонны - вариант 2

При центрировании опорной реакции подкрановой балки основным рабочим сечением ветви колонны является ее стенка, а полки играют роль окаймляющих элементов. Поэтому большую часть материала ветви необходимо сосредоточить именно в стенке сварного двутавра, делая ее толщину больше толщины полок.

В практике проектирования подобное опирание применяли для неразрезных балок с пролетами 12 м при грузоподъемности кранов до 250/30 т. с расчетной опорной реакцией до 660 т. Опорное ребро было принято 2x230x50 мм при толщине стенки на опоре 18 мм. При этом расчетная площадь на сжатие составила 230+100 = 330 см², а на смятие — 230 см², что оказалось достаточным (материал—сталь ВСт.3). На колонне эта реакция воспринималась вставкой утолщенного листа в одностенчатую траверсу, пристроганного к опорной плите и врезанного «вилкой» в достаточно толстую стенку двутавровой ветви колонны (рис. 2).

При пролетах в 12 м применение многопролетных неразрезных подкрановых балок значительно усложняется необходимостью их монтажного соединения в стык в пролете. На рис. 3 показан монтажный стык сварной неразрезной подкрановой балки, рекомендуемый в типовых проектах. Потолочные швы в верхнем поясе балки, необходимость весьма точной подгонки для сварки в стык как вертикальной стенки, так и поясов, потолочные подварочные швы в том и другом поясе — все это вызывает сомнения в практической пригодности этого стыка.

Применение двухпролетных неразрезных балок полностью устраняет монтажные сварные стыки (при пролетах до 12 м). Такую балку общей длиной 24 м можно перевозить целиком или, в крайнем случае, соединять на стеллажах до подъема.

Общеизвестно, что значения пролетных моментов в многопролетной неразрезной балке (в том числе и под подвижную крановую нагрузку) меньше, чем в двухпролетных. Отсюда делали вывод о том, что применение двухпролетных балок не рационально

Однако при детальном рассмотрении этого вопроса такое заключение оказывается неправильным, так как сечение балки определяется не только величиной момента, но и величиной поперечной силы. И вот это дает преимущество двухпролетным балкам, так как в них максимум поперечной силы имеется только на средней опоре, т. е. через 24 м, а в многопролетных балках такой максимум будет на каждой опоре через 12 м.

Эффективность применения двухпролетных балок можно повысить предварительным напряжением путем натяжения болтами двух крайних опор на 10—20 мм. Этот прием особенно рационален в балках на высоких колоннах, когда опорный момент получается значительно меньше пролетного.

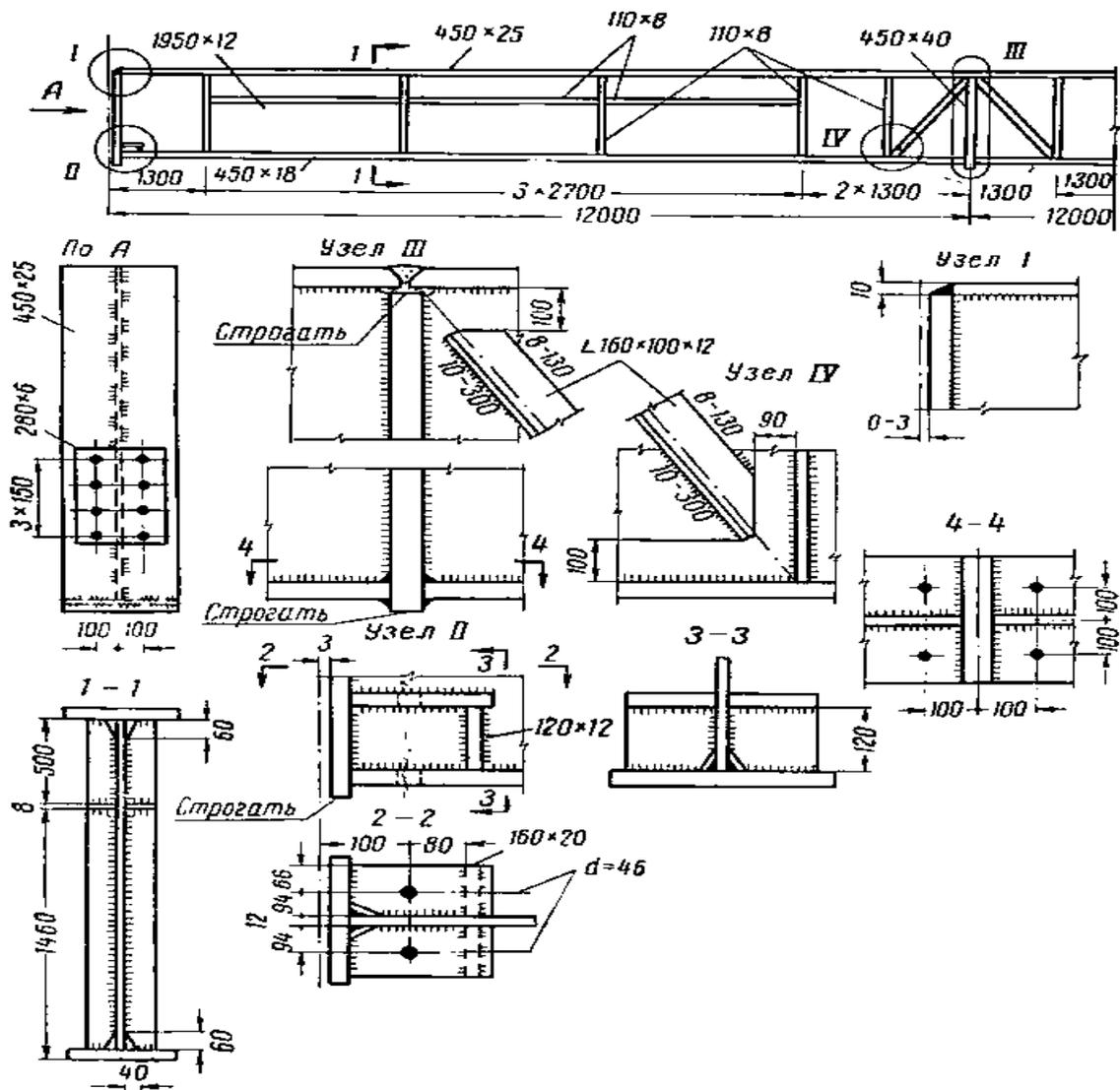


Рис 4 Двухпролетная подкрановая балка (вес балки длиной 24 м равен 4500 кг.) постоянного сечения под два крана 150/30 т, L=28 м среднего режима работы

ВЫВОДЫ

1. Для уменьшения моментов от вертикальных крановых нагрузок и увеличения жесткости колонны следует смещать в поперечном направлении ось подкрановых балок с оси ветви к центру тяжести всего сечения колонны на 250-500 мм, увеличивая расстояние между ветвями.
2. Применение неразрезных подкрановых балок пролетом 12 м рационально при любой высоте колонн, причем с увеличением их высоты эффективность применения неразрезных балок повышается.
3. Рационально применение двухпролетных подкрановых балок, что исключает трудоемкие монтажные стыки. Эффективность можно повысить предварительным напряжением.

Жиленко О.Б., студ. гр. ПГС-531м, Алексеенко В.Н., к.т.н. доцент, Панюков Э.Ф., д.т.н. профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Обеспечение сейсмостойкости здания театра им. А.П. Чехова в г. Ялте

Рассмотрены основные дефекты несущих конструкций и условия обеспечения сейсмостойкости здания театра им. А.П. Чехова.

Здание, реконструкция, сейсмостойкость, дефекты, усиление, оптимизация, нормативные документы, театр

В связи с тем, что территория Крыма насыщена памятниками архитектуры, исследование оптимизации обеспечения их сейсмостойкости является необходимой задачей.

Т. к. театр им. А.П. Чехова является историческим памятником – то его в первую очередь необходимо привести в соответствие с действующими нормами, не нарушая правил реконструкции памятников архитектуры.

Данная научная задача в настоящее время очень актуальна, т. к. были введены новые нормы строительства в сейсмических районах, в которых указано, что балльность многих районов Крыма повысилась. Что означает несоответствие существующих зданий новым нормам.

Целью работы является обеспечение сейсмостойкости реконструированного здания театра им. А.П. Чехова в г. Ялте.

Задачи исследования:

- выполнить обследование театра им. А.П. Чехова;
- выявить существующие дефекты и повреждения несущих конструкций здания театра;
- разработать конструктивные решения по обеспечению сейсмостойкости здания театра.

Обследование здания выполнено в соответствии с требованиями нормативных документов и рекомендаций.

Проведены следующие виды работ:

- визуальный осмотр для определения конструктивной схемы здания и повреждений конструкций;
- визуальный осмотр элементов перекрытий и стен для определения конструкции, состава сечений, размеров, характеристик материалов;
- определение прочности бетона, камня и раствора методами, регламентированными нормами.
- для оценки сейсмостойкости объекта выполнен анализ пространственной несущей системы здания (рис. 1.) с учетом требований норм проектирования. При этом учтены принятые архитектурно-планировочные и конструктивные решения, параметры конструкций и фактические характеристики материалов.

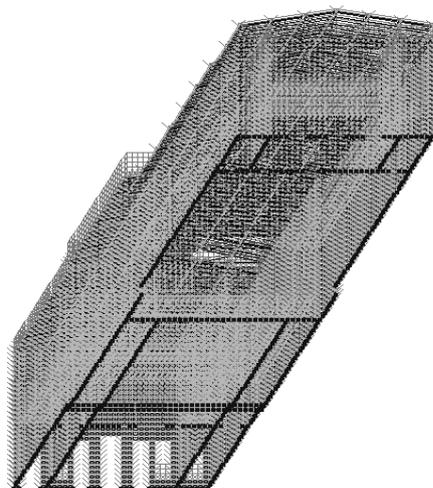


Рис. 1. Расчетная схема

Основными дефектами и повреждениями каменных конструкций зданий и сооружений яв-

ляются трещины, расслоения, скалывания, выпирания и выветривание.

Основными дефектами и повреждениями бетонных и железобетонных конструкций являются:

- трещины и повышенные деформации от силовых воздействий (статических и динамических);
- коррозионные повреждения бетона, арматуры, соединительных закладных деталей;
- повреждения от попеременного увлажнения-замораживания-оттаивания;
- повреждения механические, от огня.

Обследование несущих конструкций здания театра позволило выявить поврежденные конструкции и установить степень их повреждения [8], а так же обосновать технические решения усиления.

Строительная площадка находится в климатическом районе со следующими характеристиками: по весу снегового покрова – 50 кг/м²; по ветровому давлению – 38 кг/м² [3]. Глубина промерзания грунтов - 0,6 м.

Участок, на котором расположено здание, относится к району с 9 - балльной расчётной сейсмичностью по карте общего сейсмического районирования.

По данным инженерно-геологических изысканий основанием фундаментов здания являются суглинки дресвяные.

По сейсмическим свойствам грунты, слагающие участок проектируемой реконструкции, относятся ко II категории, что позволяет не менять нормативную сейсмичность, которая согласно карты сейсмического микрорайонирования центральной части Большой Ялты, утверждённой приказом №25-А Министерства архитектуры и строительной политики АР Крым от 30.05.02, составляет 9 баллов.

Подземные воды в пределах реконструируемого здания залегают на глубине 6 – 6,4 м от поверхности.

Оползневые процессы в пределах строительной площадки согласно Кадастра оползней АР Крым (Ялтинская ИГ и ГГ партия) отсутствуют.

В соответствии с классификацией, принятой в нормативных документах, установлено следующее техническое состояние строительных конструкций:

- фундаменты – удовлетворительное, необходимо выполнить конструктивные мероприятия по обеспечению их сейсмостойкости;
- стены, включая стены подвальных помещений – непригодное для дальнейшей эксплуатации без усиления;
- перекрытия – непригодное для дальнейшей эксплуатации без усиления;
- перемычки – непригодное для дальнейшей эксплуатации без усиления;
- кровля и покрытия - аварийное; подлежат демонтажу и замене на новые;
- стойки галереи и поддерживаемое ими перекрытие - аварийное, подлежат демонтажу и замене на новые;
- лестничные марши и площадки - непригодное для дальнейшей эксплуатации без усиления;
- портал главного входа - не пригодное для дальнейшей эксплуатации без усиления; для обеспечения устойчивости при сейсмическом воздействии необходимо устройство гибких связей с арматурой усиления стен.

Сопряжения блоков здания театра выполнены без устройства антисейсмических швов, что не допускается действующими нормами строительства в сейсмических районах.

Геометрические размеры простенков малы и не удовлетворяют требования действующих в Украине нормативных документов.

Глубина опирания многих перемычек менее значений, требуемых современными нормами.

Анализ результатов обследования технического состояния конструкций существующего здания показал, что фундаменты, стены и часть перекрытий могут быть оставлены для дальнейшей эксплуатации после выполнения конструктивных мероприятий, обеспечивающих их сейсмостойкость.

Необходимо выполнить ряд конструктивных мероприятий, регламентируемых нормами строительства в сейсмических районах Украины. Комплекс этих мер позволит устранить дефициты эксплуатационных характеристик существующих конструкций, оставляемых для дальнейшей эксплуатации, и обеспечить сейсмостойкость здания.

При реконструкции на существующие стены не будут передаваться дополнительные нагрузки, поэтому они могут быть оставлены для дальнейшей эксплуатации при обязательном усилении монолитными железобетонными рубашками повсеместно. Это обеспечит надёжную работу кладки в соответствии с требованиями норм.

Все простенки шириной менее допускаемой нормами следует усилить стальными уголковыми обоями.

Необходимо усилить колонны сложенные из пильного камня-ракушки, заменить деревянные конструкции козырька на стальные, связав ими все колонны в пространственную систему. Последнюю по крайним колоннам закрепить гибкими стальными связями с арматурой усиления продольных стен.

Обоснование конструктивных решений по усилению здания театра жестко диктовалась следующими факторами (в порядке значимости):

- обеспечение безопасности людей к возможности их быстрой эвакуации в случае сейсмического воздействия;
- возможность эксплуатации реконструированного здания при неизменных (по крайней мере. Без ухудшения) акустики зрительного зала и обзорности сценического пространства;
- технологическая приемлемость исполнения конструктивных решений усиления подрядной организацией «ЕРВЕК»;
- экономическая эффективность материальных (финансовых и трудовых) затрат.

Результатом комплексных расчетно-аналитических и технико-экономических оценок альтернативных конструктивных решений явился выбор следующих мероприятий:

1. Между блоками предусмотреть устройство антисейсмического шва шириной не менее 30 мм с возведением парной несущей конструкции в виде монолитной железобетонной рамы.

2. По верхнему обрезу всех фундаментов выполнить монолитный железобетонный пояс, охватывающий полностью верхний обрез фундамента на глубину не менее, чем 300 мм с каждой стороны. Ширина сечения пояса не менее 300 мм.

3. Усилить стены подвала из пильного камня – ракушки и рваного бутового камня внутренние двухсторонней монолитной железобетонной рубашкой толщиной не менее 50 мм, наружные - односторонней. Вертикальная арматура рубашек О5 Вр-I с шагом 100 мм, горизонтальная - О5 Вр-I с шагом 150 мм. Арматурные сетки двухсторонних рубашек должны быть соединены между собой стальными стержнями, проходящими через стену с шагом не более 600 мм, односторонних – закреплены в бутовую кладку анкерами.

4. Прочность бетона монолитных рубашек должна соответствовать классу по прочности на сжатие не менее В15.

5. Усилить балки перекрытий над подвальными помещениями (целесообразна установка дополнительных главных балок, уменьшающих пролет усиливаемых конструкций, на собственных опорах).

6. Все стены надземных этажей из пильного камня - ракушки усилить двухсторонней монолитной железобетонной рубашкой толщиной не менее 50 мм. Вертикальная арматура рубашек О5 Вр-I с шагом 100 мм, горизонтальная - О5 Вр-I с шагом 150 мм. Арматурные сетки рубашек должны быть соединены между собой стальными стержнями, проходящими через стену с шагом не более 600 мм.

7. Поперечные стены по цифровым осям усилить железобетонной рубашкой толщиной не менее 70 мм, вертикальная арматура рубашек О8 А400С с шагом 150 мм, горизонтальная - О8 А400С с шагом 200 мм. Арматурные сетки двухсторонних рубашек должны быть соединены между собой стальными стержнями, проходящими через стену с шагом не более 600 мм, односторонних – закреплены в бутовую кладку анкерами. Кроме того, предусмотреть сварные соединения арматурных стержней монолитных рубашек со стальными обоями усиления простенков и проемов.

8. Столбы и узкие простенки из пильного камня - ракушки и кирпичной кладки усилить стальными обоями из уголков, соединённых между собой планками из листовой стали через 400 мм.

9. Проемы поперечных стен по цифровым осям усилить обрамлением из парных уголков, со-

единённых между собой планками из листовой стали через 400 мм. Уголки соединить сваркой с арматурными стержнями монолитных рубашек.

10. Арочный проем поперечной стены, разделяющий сценическую часть и зрительный зал, усилить обрамлением из парного уголка соединенного между собой планками через 400 мм. Уголок связать сваркой с арматурными стержнями армированных рубашек.

11. Междуетажное перекрытие над фойе усилить подведением дополнительных стальных балок между существующими.

12. Колонны в холле 2-го этажа парадной части усилить листовой сталью из вертикальных и кольцевых элементов под штукатурку.

13. По верхнему обрезу всех стен выполнить монолитный железобетонный антисейсмический пояс, замыкающий железобетонные рубашки усиления стен. В этом поясе необходимо предусмотреть закладные детали либо выпуски, обеспечивающие надёжное закрепление мауэрлатов и других возможных элементов, размещаемых выше покрытия более, чем на 400 мм.

14. Стойки галерей зрительного зала заменить, установив их на новые фундаменты в виде монолитных железобетонных плит. Перекрытия под галереями заменить на новые.

15. Усилить несущие элементы (косоуры) всех лестниц.

16. Несущие элементы кровли усилить с помощью установки дополнительных стальных ферм опирающихся на колонны, поддерживающие перекрытия галерей зрительного зала. Нагрузку на основание передать посредством новой железобетонной плиты, устраиваемой в зрительном зале.

17. Перекрытия, кровлю и покрытия заменить на новые.

18. Усилить колонны главного портала из пильного камня-ракушки листовой сталью из вертикальных и кольцевых элементов под штукатурку, заменить деревянные конструкции козырька на стальные, связав ими все колонны в пространственную систему. Последнюю по крайним колоннам закрепить гибкими стальными связями с арматурой усиления продольных стен.

Демонтировать все элементы и части здания, отмеченные на совмещённых схемах размещения дефектов и зон технического состояния конструкций – аварийное.

ВЫВОДЫ

1. Реконструкция здания театра технически осуществима и целесообразна экономически (рис. 2).
2. Рекомендации по усилению конструкций и обеспечению реализации проекта реконструкции разработаны с учетом фактических прочностных и деформационных характеристик материалов и накопленных несущими конструкциями дефектов.



Рис. 2. Западный фасад

3. Выполнение этих рекомендаций обеспечит безопасную эксплуатацию и регламентируемую нормами строительства в сейсмических районах Украины сейсмостойкость здания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.1.1-12:2006 «Строительство в сейсмических районах Украины», Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины, Киев 2006.
2. ДБН В.1.1.-7-94. Проектування і будівництво цивільних будівель із блоків і каменів пильних вапняків Кримських родовищ в сейсмічних районах. Київ: Держком України у справах містобудування і архітектури, 1995, с. 40.
3. ДБН В.1.2-2:2006 «Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования», Минстрой Украины, Киев 2006.
4. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции./Госстрой СССР.- М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1998.-80 с.
5. Методика обследования железобетонных конструкций. Сб., вып. 21, НИИЖБ Госстроя СССР. М.: Стройиздат, 1975. с. 5-34.
6. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций по внешним признакам. М.: ЦНИИПромзданий, 1989, 111 с.
7. Бойко М.Д. Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий. Л.: Стройиздат, Ленингр. Отд-ние, 1975.-336 с.
8. Объект АРКрым, г. Ялта. Реконструкция театра им. А.П. Чехова. Существующее здание. Проектная документация на выполнение первоочередных противоаварийных работ. ООО «Крымсевреставрация», г. Алушта, 2006. 28 л.
9. «Оценка технического состояния и задачи реконструкции театра им. А.П. Чехова в г. Ялте», Жиленко О.Б., Алексеенко В.Н., Панюков Э.Ф., Сборник научных трудов «Строительство и техногенная безопасность» выпуск 19-20, Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь, 2007.
10. «Заключение по результатам обследования реконструируемого театра им. А.П. Чехова в г. Ялте», Э.Ф. Панюков, В.Н. - Алексеенко, Симферополь, 2006 г.

Захаров Р.Ю., к.т.н., доцент, Зуева Т.В., инженер, Лопушко Л.Г., студентка
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Определение оптимальной сезонной нагрузки напорных трубопроводов закрытой оросительной сети для обеспечения требуемого уровня надежности

Обоснована необходимость учета показателей надежности при определении основных параметров напорных трубопроводов; определено значение оптимальной сезонной нагрузки напорных трубопроводов закрытой оросительной сети при требуемом уровне надежности.

Закрытая оросительная сеть, напорные трубопроводы, уровень надежности, сезонная нагрузка, оптимальные параметры.

При новом проектировании и в проектах реконструкции оросительных систем существенным фактором является определение материала и экономически выгодного диаметра напорных трубопроводов закрытой оросительной сети.

Но также важным является определение значений показателей надежности, в первую очередь вероятности безотказной работы, этих трубопроводов в период оросительного сезона, т.к. закрытая оросительная сеть является одним из основных элементов системы обеспечения растений водой.

Поэтому определение основных параметров напорных трубопроводов необходимо выполнять с учетом показателей надежности.

Для малых по производительности насосных станций III категории надежности с подачей до 1,0 м³/с рекомендовано проектировать главный напорный трубопровод в одну нитку [1]. При этом рекомендуемыми материалами труб, в зависимости от значений расхода и напора, являются: железобетон, чугун, асбестоцемент и пластмасса.

Значение параметра вероятности безотказной работы к концу оросительного сезона зависит от параметра времени наработки на отказ [2].:

$$P(t) = e^{-\frac{t}{T}},$$

где t – значение времени наработки в текущем году, час;

T – среднее время наработки на отказ, час.

Поэтому для каждого варианта материала труб существует определенное значение времени наработки t_{opt} , которое будет соответствовать заданному уровню вероятности безотказной работы P_{opt} .

Нормативными документами рекомендуется уровень надежности водоподдачи насосной станцией не ниже 0,88 [1]. Следовательно, вероятность безотказной работы (надежность) системы напорных трубопроводов должна быть не ниже этого лимитирующего значения. Но при этом величина вероятной безотказной работы отдельных трубопроводов должна быть несколько выше в связи с учетом начальной вероятности безотказно работы 0,995 и доверительной вероятности $\gamma = 0,95$, а именно не ниже 0,931. Поэтому, за базовую оптимальную величину желаемого уровня вероятности безотказной работы для системы напорных трубопроводов закрытой оросительной сети можно принять, с некоторым запасом, $P_{HT opt} = 0,95$.

Величина расчетной средней наработки на отказ в текущем году эксплуатации с учетом эксплуатационных режимов текущего года оценивается по формуле [3].

$$T'_{HT} = \left(1 + \left(\sum_{i=1}^{n-1} \left(1 - \frac{Q_{реж i}}{Q_{max}} \right) \cdot \frac{t_{реж i}}{T_{год}} \right) \right) \cdot T_{HT},$$

где n – количество эксплуатационных режимов, шт.;

$Q_{реж i}$ – подача НС в i -том эксплуатационном режиме, м³/с;

$t_{реж i}$ – суммарная продолжительность работы НС в i -том эксплуатационном режиме за текущий год, час;

$T_{год}$ – наработка НС за текущий год, час;

Q_{max} – максимальная подача НС, м³/с;

T_{HT} – средняя наработка напорного трубопровода на отказ по нормативам, час.

Тогда окончательно зависимость оптимальной вероятности безотказной работы напорных трубопроводов закрытой оросительной сети с учетом параметров текущего года при t в пределах t_{opt} выражается следующей зависимостью:

$$P_{HT\ opt}(t) = 0,995 \cdot e^{\frac{-t_{opt}}{T'_{HT}}}$$

По оценке [4] можно принять, что $T'_{HT} = 1,10 \cdot T_{HT}$.

Исходя из значения $P_{HT\ opt}(t) = 0,95$, с учетом нормативных значений T_{HT} в зависимости от материала, полученные расчетные значения t_{opt} приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Значения оптимальной сезонной нагрузки (наработки) напорных трубопроводов при $P_{HT\ opt}(t) = 0,95$

№ п/п	Материал труб	Средняя наработка на отказ T_{HT} , час	Оптимальная сезонная нагрузка t_{opt} , час
1	Асбестоцемент	29200	1347
2	Сталь	50000	2303
3	Железобетон, чугун	27200	1263
4	Пластмасс	19900	929

Примечание:

Исходя из опыта эксплуатации, в настоящий момент для пластмассовых труб значение T_{HT} возросло и сравнялось со значением для асбестоцементных труб.

По экономическим показателям в настоящий момент экономически целесообразными остаются асбестоцементные трубы.

Поэтому рекомендуемыми значениями оптимальной сезонной нагрузки (наработки) напорных трубопроводов закрытой оросительной сети при уровне надежности 0,95 можно считать 1350 часов.

С точки зрения соответствия трубопроводов по параметрам сравнения, к расчету были приняты значения подачи насосной станции от 0,05 до 0,25 м³/с при скорости воды $v = 1,2$ м/с.

При этом при равных значениях других расчетных параметров выявилось следующее:

- при подстановке $t = t_{opt}$ материал практически не влияет на значение диаметра трубопровода при определенном расходе;
- значения диаметров, рассчитанные как гидравлически наиболее выгодные, при $t = t_{opt}$ практически совпадают;
- наибольшее влияние на расчетное значение диаметра кроме расхода и при $t = const$ оказывает соотношение величины стоимости единицы электроэнергии (грн/кВт·час) и коэффициента перерасчета цен на текущий год.

ВЫВОДЫ:

1. Определение основных параметров напорных трубопроводов необходимо выполнять с учетом показателей надежности.
2. Рекомендуемыми значениями оптимальной сезонной нагрузки (наработки) напорных трубопроводов закрытой оросительной сети при уровне надежности 0,95 можно считать 1350 часов.
3. При времени наработки в текущем году, равной оптимальному значению ($t = t_{opt}$), вид материала труб практически не влияет на расчетное значение диаметра трубопровода при определенном расходе; и значения диаметров, рассчитанные как гидравлически наивыгоднейшие, практически совпадают.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ДБН В.2.4-1-99 Меліоративні системи та споруди. – К., 2000.- 178 с.
2. Захаров Р.Ю., Боровский Б.И., Белашова Л.В. Оценка надежности оросительной насосной станции на этапе проектирования // Депон. в ГНТБ Украины 16.09.1997г., №493-Ук97. – Симферополь, 1997.– 35 с.
3. Захаров Р.Ю. Оценка и повышение при реконструкции экологической надежности оросительных подкачивающих насосных станций водохозяйственного комплекса Автономной Республики Крым // Строительство и техногенная безопасность. Вып.10. – Симферополь: НАПКС, 2005. – С.134-138.
4. Захаров Р.Ю., Зуева Т.В. Методика оценки показателей надежности напорных трубопроводов оросительных насосных станций // Матеріали УІ науково-практичного семінару «Шляхи підвищення надійності проектування, будівництва та експлуатації гідротехнічних споруд меліорації». - Київ, 2007.- С. 89-92.

Иванов К.С., ст. гр. НИЭ-501, Муровский С.П., инженер.
 Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Основы методики проектирования теплонасосных систем с грунтовыми теплообменниками

Освещены основные подходы к методике проектирования теплонасосных систем с грунтовыми теплообменниками типа коллектор и зонд.

Тепловой насос, грунтовый коллектор, грунтовый зонд, параметры для расчета.

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов представляет сегодня одну из глобальных мировых проблем, успешное решение которой будет иметь определяющее значение для дальнейшего развития мирового сообщества. Одним из перспективных путей решения этой проблемы является применение новых энергосберегающих технологий, в частности использование тепловых насосов (ТН). ТН - это компактная энергоустановка, предназначенная для автономного обогрева помещений и горячего водоснабжения для бытовых нужд. Данные системы экологически чисты, так как работают без сжигания органического топлива [1]. Тепловой насос окупается за 4-6 лет, исходя из сложившихся или постоянно растущих цен на природный газ. Он работает полностью в автоматическом режиме. Имеет большой срок службы до капитального ремонта (до 10-15 отопительных сезонов). Обслуживание установок заключается в сезонном техническом осмотре и периодическом контроле режима работы.

Источником низкопотенциального тепла могут служить различные среды: - тепло грунта, подземных вод, воздушного и водного бассейнов.

В основу методики расчета ТН с грунтовым коллектором положено:

- теплопотребление здания;
- тепловые параметры грунта.

Грунт является практически неиссякаемым источником тепловой энергии, он имеет свойство сохранять солнечное тепло в течение длительного времени, что ведет к относительно равномерному уровню температуры источника тепла на протяжении всего года. Отбор тепла из грунта осуществляется с помощью проложенной системы пластиковых труб на большой площади. Пластиковые трубы укладываются в грунт на глубину 1,2-2,5 м, в зависимости от выбранного поперечного сечения трубы, на расстоянии 0,5-0,7 м параллельно друг другу, так чтобы на каждый квадратный метр площади отбора тепла было уложено 1,4-2 пог. м труб (рис. 1). Длина каждой плети трубопровода не должна превышать 100 м, во избежание значительных гидравлических потерь в системе и выборе более мощного ТН.

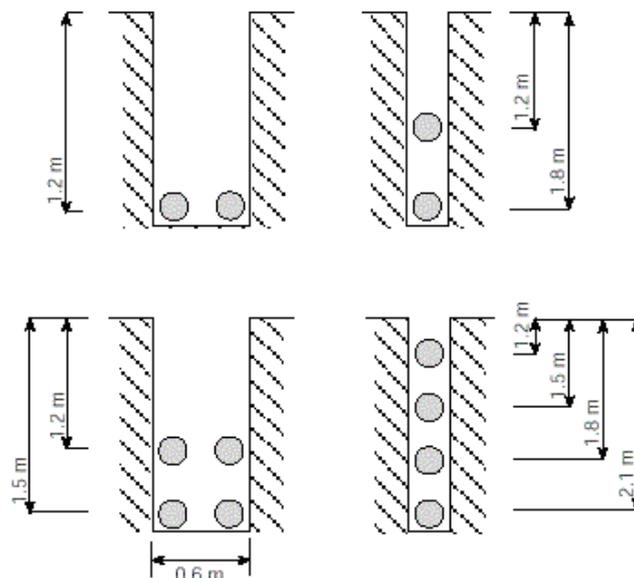


Рис. 1. Варианты укладки труб коллектора в траншее

Концевые части труб плетей соединены в распределительные гребенки обратной и подающей магистрали, которые должны находиться выше, чем сами трубы коллектора, для удаления воздуха из всей системы. Рекомендуется, чтобы каждая плеть могла перекрываться отдельно. Рассол прокачивается циркуляционным насосом по трубам коллектора, забирая при этом накопленное грунтом тепло (рис. 2).

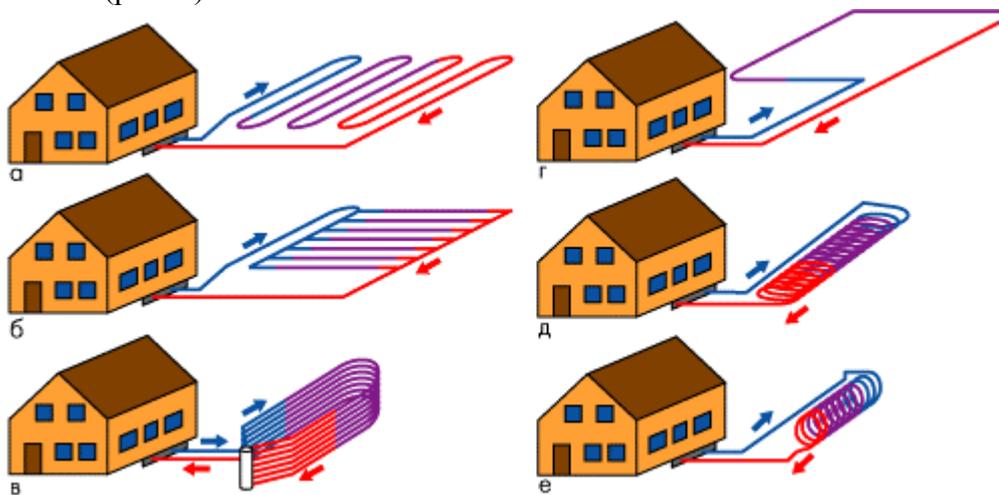


Рис. 2. Виды горизонтальных грунтовых теплообменников: а) теплообменник из последовательно соединенных труб; б) теплообменник из параллельно соединенных труб; в) горизонтальный коллектор, уложенный в траншее; г) теплообменник в форме петли; д) теплообменник в форме спирали, расположенной горизонтально; е) теплообменник в форме спирали, расположенной вертикально.

Временное замерзание грунта непосредственно в зоне пролегания труб не оказывает отрицательного воздействия на работоспособность установки и на рост растений. Но все же в зоне прохождения труб с рассолом не рекомендуется сажать деревья с глубокой корневой системой.

Регенерация остывшего грунта происходит уже во второй половине отопительного сезона благодаря возросшему солнечному излучению и осадкам [2].

Количество тепла, которое может отбираться из грунта, зависит от различных факторов. В качестве источника тепла особенно хорошо подходит суглинок, сильно насыщенный водой. Аккумулирующие свойства и теплопроводность тем выше, чем сильнее грунт насыщен водой, чем выше доля минеральных составляющих и чем меньше содержание пор. Мощность по отбору тепла для грунта (q_g) находится примерно между 10 и 35 Вт/м². В случае грунта с большим содержанием песка мощность теплопоглощения меньше.

Грунтовые зонды. Использование горизонтально расположенных грунтовых теплообменников часто сопряжено с недостатком площади для теплосъема. По этой причине устанавливают вертикальные грунтовые зонды на глубину 50-150 м [3].

В большинстве случаев параллельно устанавливают 4 трубы (зонд в форме двойной U-образной трубы) (рис. 3). Рассол по 2 трубам течет из распределителя вниз, а по двум другим трубам возвращается вверх к распределителю. Грунтовые зонды устанавливают с помощью бурильной установки.

Предпосылкой для проектирования и установки грунтовых тепловых зондов является точное знание свойств грунта, последовательности слоев, а также наличие грунтовых или почвенных вод. В случае установки с грунтовыми зондами можно исходить из средней мощности отбора тепла $q_g=50$ Вт на метр длины зонда при стандартных гидрогеологических условиях. В зависимости от свойств конкретного горизонта грунтовых вод, могут реализовываться и более высокие мощности по отбору тепла.

Методика расчета параметров грунтового коллектора. В основу методики положено значение параметров суммарной нагрузки на отопление и горячее водоснабжение (ГВС) здания и мощности грунта по отбору тепла.

При расчете отапливаемая площадь здания умножается на удельное теплопотребление, кото-

рое для здания с низким потреблением удельной мощности составляет - 40 Вт/м², новостройки с хорошей теплоизоляцией - 50 Вт/м², со стандартной теплоизоляцией - 80 Вт/м², без особой теплоизоляции - 120 Вт/м² [2].



Рис. 3. Схема отопления и горячего водоснабжения с использованием ТН с вертикальным грунтовым теплообменником

Тепловая мощность для приготовления горячей воды, исходя из нормы потребления согласно СНиП, составляет при температуре горячей воды - 60°C на 100 л - 1 кВт, при температуре 45°C на 100 литров - 0,5 кВт [4].

По суммарной нагрузке на отопление и ГВС выбираем соответствующий по значению холодопроизводительности ТН. Исходя из параметров грунта, определяем:

- требуемую площадь поверхности для отбора тепла:

$$F = \frac{Q_k}{q_e}, \quad (1)$$

где Q_k - теплопоглощение (холодопроизводительность ТН),
 q_e - мощность по отбору тепла.

- требуемое количество контуров труб для отбора тепла из грунта:

$$N = \frac{F \cdot n}{100}, \quad (2)$$

где n - длина трубы на кв. метр грунта (зависит от диаметра прокладываемой трубы [2]).
 Определяем количество теплоносителя в системе:

$$m = N \cdot 100 \text{ м} \cdot V_{1\text{мп.}} + l_{\text{н.л.}} \cdot V_{2\text{мп.}}, \quad (3)$$

где $V_{2\text{мп.}}$ - объем трубопровода от ТН до распределителя рассола,

N - количество контуров труб (плетей)

Потери давления в грунтовом коллекторе (Δp)

$$\Delta p = \Delta p_{\text{к.}} + \Delta p_{\text{н.л.}} + \Delta p_{\text{ТН}} \quad (4)$$

рассчитываются исходя из:

- расхода теплоносителя в расчете на контур труб:

$$Q = \frac{Q_{ТН}}{N}, \quad (5)$$

где $Q_{ТН}$ - расход теплоносителя в ТН.

- потерь в контуре коллектора:

$$\Delta p_{к.} = R \cdot 100m, \quad (6)$$

где R - потери давления на метр трубы, Па/м (в зависимости от расхода на контур труб).

- потерь в подающей линии:

$$\Delta p_{н.л.} = R \cdot l_{н.л.}, \quad (7)$$

где $l_{н.л.}$ - длина подающей линии, м.

$$\Delta p_{ТН} = R_{Н}, \quad (8)$$

где $R_{Н}$ – потери в ТН, согласно технического паспорта на ТН [1].

Расчет мембранного расширительного сосуда для контура рассола производим по формуле (9):

$$V_N = \frac{V_Z - V_V}{p_e - p_{st}} \cdot (p_e + 1), \quad (9)$$

где V_Z - увеличение объема при нагреве системы, л.

$$V_Z = V_A \cdot \beta, \quad (10)$$

где V_A - общий объем установки (рассол), емкость грунтового коллектора, включая подающую линию и емкость теплового насоса, л.

β – коэффициент расширения ($\beta = 0,01$, л для теплоносителя марки «Tyfocor») [1],

V_V – предохранительный затвор (стандартный расширительный сосуд 3 л для теплоносителя «Tyfocor»),

$$V_V = V_A \cdot \beta' \quad (11)$$

где β' - коэффициент расширения ($\beta' = 0,005$, л для «Tyfocor»),

p_e - дополнительное конечное избыточное давление, бар.

$$p_e = p_{SI} - 0,5, \quad (12)$$

где $p_{SI} = 3$ бар, давление сброса предохранительного клапана

$p_{st} = 0,5$ бар, предварительное давление азота.

Расчет параметров грунтового зонда. Длину зонда рассчитывают исходя из свойств грунта:

$$l = \frac{Q_k}{q_e}, \quad (13)$$

где Q_k - теплопоглощение (холодопроизводительность ТН),

q_e - мощность по отбору тепла.

Количество теплоносителя рассчитывают по формуле (14):

$$m = 2 \cdot l \cdot N \cdot V_{1mp.} + l_{н.л.} \cdot V_{2mp.}, \quad (14)$$

где $V_{2mp.}$ - объем трубопровода от ТН до распределителя рассола

N - количество контуров.

Расход теплоносителя на U – образную трубу зонда:

$$Q = \frac{Q_{ТН}}{2}, \quad (15)$$

где $Q_{ТН}$ - расход теплоносителя в ТН,
 N - количество контуров труб.

Потеря давления в грунтовом зонде

$$\Delta p_{\text{д.з.}} = R \cdot 2 \cdot l, \quad (16)$$

где R - потери давления на метр трубы зонда, Па/м.

$$\Delta p_{\text{н.л.}} = R \cdot l_{\text{н.л.}}, \quad (17)$$

где R - потери давления на метр трубы, Па/м подающей линии (в зависимости от расхода теплоносителя в ТН)

$$\Delta p_{ТН} = R \quad (18)$$

R - потери в ТН, согласно технического паспорта на ТН.

$$\Delta p = \Delta p_{\text{д.з.}} + \Delta p_{\text{н.л.}} + \Delta p_{ТН} \quad (19)$$

Расчет мембранного расширительного сосуда для контура рассола проводят по формуле (9) аналогично расчету для грунтового коллектора.

ВЫВОДЫ

1. Основные факторы, влияющие на работу горизонтальных и вертикальных грунтовых теплообменников: теплопроводность грунта, варианты расположения труб коллектора в траншее.
2. Рассмотрены основные подходы к методике проектирования теплонасосных систем, использующих теплоту грунта, с горизонтальными и вертикальными теплообменниками.
3. Представлен порядок расчета параметров теплонасосной системы с грунтовым теплообменником.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Форум: Электрон. информ. бюл.- 2008.- Режим доступа: <http://www.viessman.ru>.- Тепловые насосы.
2. Description of ground source types for the heat pump / В. Sanner // Режим доступа к журн.: http://www.geothermie.de/ueb_seiten/ub_sanner.htm
3. Основания и фундаменты вечномёрзлых грунтов: СНиП 2.02.04-88.- [действующий].- К.: Изд-во стандартов, 1988.- 87 с.
4. Волон Г.Я. Использование тепловых насосов в теплоснабжении и горячем водоснабжении / Г.Я. Волон, К.Л. Кочепасов / Энергия и менеджмент.- 2001.- № 2.- С. 30-33.

Казмина А.И., доцент, Мельниченко А.Ю., студентка 5 курса

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Применение активной и пассивной солнечной энергии при строительстве и реконструкции жилых зданий

Рассмотрены вопросы применения альтернативных источников энергоснабжения зданий на примере солнечной энергии, пассивных и активных источников ее использования, которые могут обеспечить экономию энергоносителей до 35-40%.

Энергия, климат, энергетическая эффективность, солнечный коллектор, тепловой аккумулятор, концентратор.

За последнее столетие потребление энергии в мире выросло в 25 раз и составляет в индустриально развитых странах 280 ГДж на одного жителя в год.

Энергетическая проблема представляет собой одну из ключевых технических, экологических и социальных задач, стоящих сегодня перед человечеством. Поэтому все чаще взгляды проектировщиков обращаются к альтернативным источникам энергоснабжения зданий, среди которых, несомненно, наиболее перспективным является энергия Солнца. Сегодня солнечная электроэнергетика, солнечное тепло- и хладоснабжение являются перспективнейшими направлениями, первыми, но очень необходимыми шагами к «чистой» энергетике будущего.

С момента появления человек начал использовать энергию солнца. По археологическим данным известно, что для жилья предпочтение отдавали тихим, закрытым от холодных ветров и открытым солнечным лучам местам. Вокруг светила создавались мифы, его обожествляли. Пожалуй, первой известной гелиосистемой можно считать статую Аменхотепа III, относящуюся к XV веку до н. э. Внутри статуи располагалась система воздушных и водяных камер, которые под солнечными лучами приводили в движение спрятанный музыкальный инструмент. В Древней Греции поклонялись Гелиосу. Имя этого бога сегодня легло в основу многих терминов, связанных с солнечной энергетикой.

Стремительный рост энергопотребления при серьезном снижении запасов топлива может привести к глобальной катастрофе, если не изменить отношение к наиболее дефицитному ресурсу на Земле – к энергии.

Украина – страна парадоксов, наиболее серьезные из которых относятся к энергетической сфере. При острейшем дефиците энергии в Украине практически отсутствует культура энергопользования. Население, производители продукции и услуг привыкли к расточительному отношению к энергии и за последнее десятилетие удельные затраты энергии в экономике страны выросли. Представляется, что сама концепция энергетической политики Украины имеет изъяны.

Украинец еще не привык к тому, что энергия – это товар, эффективное использование которого дает прибыль, а расточительное – делает банкротом. Мы по-прежнему боремся за «энергосбережение», а не энергетическую эффективность. В чем суть этих двух понятий? Приемы «энергосбережения» – это нормирование расходов энергии. Такой подход, вполне оправданный при социалистическом способе хозяйствования и низкой стоимости энергоносителей, не приемлем в условиях капиталистической экономики.

Расход тепловой энергии на отопление зданий, построенных в 60-70-е годы зачастую составляет более 600 кВт·ч./м² в год, что в 4-5 раз и более превышает затраты энергии на отопление пятиэтажных домов в Швеции и Финляндии. Энергоэффективность существующих зданий целесообразно повышать в рамках системы регионально целевых программ энергосбережения, включающих в себя комплексы градостроительных, архитектурных, технологических и экологических мероприятий.

К обязательным разделам региональных программ можно отнести такие мероприятия:

- комплекс научно-исследовательских работ по выявлению фактического состояния параметров энергоэффективности отдельных строительных конструкций и зданий в целом, инженерного оборудования и внутренних санитарно-технических систем, теплотехнического оборудования микрорайонной системы теплоснабжения;

·разработку с учетом местных климатических условий оптимальных инженерных и объемно-планировочных решений по повышению энергоэффективности зданий, их систем отопления, горячего водоснабжения с установкой приборов поквартирного учета и регулирования потребления тепловой энергии.

Следует поставить цель повышения энергетической эффективности, сосредоточить внимание на повышении общей культуры энергоиспользования, развитие мотивации снижения расхода энергии, проведении серьезных энергетических исследований объектов с последующим обоснованием приоритетных путей внедрения проектов, формирования программы этапного повышения энергетической эффективности. Причем, такие долгосрочные программы должны быть как для отдельных объектов, так и для всего предприятия, отрасли, города в целом. А в основе этих программ должны лежать результаты энергетической ревизии, аудита, исследований.

При проектировании энергоэффективного здания должны быть определены причины системного анализа : в первую очередь должны рассматриваться тепломассообменные процессы в здании, снижение затрат энергии на отопление за счет использования нетрадиционных источников энергии, снижение мощности оборудования, учет всех климатических факторов.

При этом, в соответствии с принципами системного подхода при проектировании энергоэффективного здания, необходимо рассматривать внешний климат как источник энергии и здание – как единую энергетическую систему.

Дефицит энергии, высокая стоимость топлива и прогнозируемый рост стоимости энергоносителей требует серьезного подхода. Принципиально может быть три направления решения проблемы : энергоэффективная эксплуатация, энергоэффективная реконструкция и энергэфективное строительство. Естественно, что самым простым, не требующим серьезных инвестиций, является первый и второй путь. Третий подход требует значительных инвестиций, предусматривает комплекс исследовательских и проектных работ, утверждения соответствующей нормативной базы.

Освоение солнечной энергии в проектировании и строительстве гражданских зданий осуществляется в двух аспектах : использование теплофизических свойств самого здания для накопления и хранения тепла (пассивные системы); создание специальных технологических устройств в пределах здания, преобразующих энергию солнца в тепловую или электрическую (активные системы). Каждая из солнечных энергосистем включает три основных элемента: приемник солнечного тепла (коллектор), хранилище тепла (аккумуляторы) и систему распределения тепла внутри здания.

Пассивные системы использования солнечной энергии - это такие энергетические системы, в которых процессы приема, накопления и использования солнечной энергии осуществляется естественным путем в архитектурно-строительных элементах здания с минимальным использованием дополнительной энергии и специального гелиотехнического оборудования. Такую систему следует рассматривать как средство повышения тепловой эффективности здания, применяемое в комплексе с остальными приемами и средствами поддержания микроклимата и экономии топливно-энергетических ресурсов.

Использование солнечной энергии в пассивных гелиосистемах осуществляется исключительно за счет архитектурно-конструктивных решений зданий и на основе природных физических свойств: естественной циркуляции, конвекции, отражения потока излучения и т. п., без использования внешних источников энергии. Это означает, что конструкция пассивной гелиосистемы не содержит подвижных частей, в ней не применяются специальное оборудование и сложные механизмы управления.

Одним из наиболее распространенных способов пассивного использования солнечной энергии является ее восприятие через поверхность ограждающих конструкций - оконные проемы, остекление крыши и фонари, обычные и модифицированные стены. Здание непосредственно играет роль естественного солнечного коллектора без применения специальных технических средств.

При пассивном использовании солнечной энергии можно достичь заметного уменьшения капиталовложений и сбережения органического топлива. Для достижения этой цели необходимо, чтобы здание удовлетворяло трем основным требованиям:

1. Конструкция здания должна выполнять функции солнечного коллектора. Здание должно впускать солнечную энергию в то время, когда требуется отопление, и препятствовать проникновению солнечных лучей, когда отопление не нужно. Это достигается путем правильной ориентации здания по сторонам света и проектирования здания таким образом, чтобы дать возможность лучам солнца проникать через окна и ограждающие конструкции зимой и не допускать этого летом, используя навесы, жалюзи, деревья и другие способы.
2. Здание должно быть тепловым аккумулятором, т. е. накапливать солнечную энергию и сохранять ее для использования в прохладную пору, когда солнце не светит, а также хранить прохладу во время теплых и жарких периодов. Наиболее эффективны в этом отношении здания, построенные из таких тяжелых материалов, как бетон и камень.
3. Здание должно быть хорошей тепловой ловушкой, т. е. эффективно воспринимать тепловую энергию и очень медленно ее терять. Это осуществляется путем снижения тепловых потерь теплоизолярованием стен, уменьшением инфильтрации воздуха через неплотности, устройством теплоизолирующих ставней и т. п.

Прямое улавливание солнечной энергии с помощью пассивных гелиосистем эффективно реализуется при выполнении следующих условий:

- Оптимальная ориентация дома – вдоль оси восток-запад или с отклонением не более 30° от этой оси;
- На южной стороне здания должно быть сосредоточено не менее 50...70% суммарной поверхности всех окон, а на северной – не более 10%;
- южные окна должны иметь двухслойное остекление, а северные – трехслойное;
- здание должно быть оборудовано регулируемой приточно-вытяжной вентиляцией;
- внутренняя планировка помещений должна обеспечить расположение жилых комнат с южной стороны здания, а вспомогательных помещений – с северной;
- должна быть обеспечена достаточно большая массивность ограждающих конструкций (наружных и внутренних стен и пола) для поглощения и аккумуляции теплоты солнечной энергии;
- для предотвращения нагрева помещений в летний период над окнами и светопрозрачными другими ограждающими конструкциями должны устанавливаться козырьки, навесы и т. п., для уменьшения солнечной инсоляции;
- остекленные элементы конструкции здания должны иметь теплоизолирующие щиты и ставни, закрываемые на ночь для уменьшения теплопотерь.

Правильно спроектированные пассивные гелиосистемы, как правило, характеризуются достаточно высоким КПД, достигающим при особо благоприятных условиях 60%. При этом они имеют достаточно низкие эксплуатационные затраты и высокий срок службы, практически равный сроку эксплуатации самого здания. В то же время капитальные затраты для сооружения пассивных гелиосистем имеют минимальное значение только для вновь строящихся зданий, а для существующих зданий их устройство обычно требует значительных работ по реконструкции многих элементов здания, что связано с большими капиталовложениями.

Пассивные гелиосистемы могут использоваться не только для теплоснабжения зданий в отопительный период, но и для охлаждения помещений в летнее время. Одним из способов пассивного охлаждения здания является подача прохладного ночного воздуха вентиляционной системой с естественным побуждением. Однако этот способ можно считать эффективным только тогда, когда температура наружного воздуха ночью не превышает 18°C . Такая естественная вентиляция охлаждает всю «тепловую массу» конструкций дома и установленной в ней мебели, создавая как бы «запас прохлады» на весь следующий день. Эффективность такого способа существенно возрастает при использовании специальных аккумуляторов тепловой энергии, которые в ночное время охлаждаются прохладным ночным воздухом, подаваемым снаружи, а в дневное время сами охлаждают теплый приточный воздух.

Недостаток пассивных отопительных гелиосистем состоит в том, что трудно точно регулировать температуру воздуха в помещении вследствие большой тепловой инерции их теплоаккумуля-

лирующих элементов, а также необходимо применять автоматически управляемые заслонки для организации подачи и удаления воздуха, закрывать и открывать теплоизолирующие щиты для уменьшения в ночное время теплопотерь светопрозрачных ограждений и т.п. К недостаткам отопительных гелиосистем следует отнести также существенное снижение их эффективности вследствие незначительного времени их использования в течение года (только в отопительный период), из-за уменьшения солнечной инсоляции в зимние месяцы и, следовательно, обусловленного этим обстоятельством увеличения площади коллекторов.

Активные системы использования солнечной энергии включают в себя:

- коллектор солнечной энергии;
- аккумулятор теплоты;
- дополнительный источник теплоты;
- теплообменники;
- насосы или вентиляторы с электроприводом;
- трубопроводы с арматурой;
- устройства автоматического управления работой системы.

В зависимости от вида теплоносителя, циркулирующего в контуре коллектора солнечной энергии (КСЭ), различают жидкостные и воздушные гелиосистемы теплоснабжения

Солнечный коллектор (гелиоколлектор) – основной элемент любой установки, в которой солнечное излучение преобразуется в тепловую энергию. Все солнечные коллекторы имеют поверхностный или объёмный поглотитель тепла, которое может отводить из коллектора или аккумулироваться в нем. Коллекторы первого типа называют проточными, второго – коллекторами с тепловым аккумулятором.

По виду теплоносителя коллекторы делятся на жидкостные (солнечные водонагреватели) и воздушные; по достигаемой температуре – на низкотемпературные (до 100° С), среднетемпературные (до 200° С) и высокотемпературные (до 350° С).

Температура нагрева теплоносителя прямо пропорциональна интенсивности падающей на накопитель солнечной энергии и обратно пропорциональна тепловым потерям в окружающую среду. Потери можно уменьшить, используя светопрозрачные покрытия и тепловую изоляцию для поглотителя. Однако при таких решениях не удаётся нагреть теплоноситель до температуры более 120...150° С. Для увеличения интенсивности поступающей солнечной энергии применяют концентраторы. Солнечные коллекторы, работающие без концентраторов, называют плоскими.

В жидкостных гелиосистемах теплоносителями чаще всего являются какие-либо незамерзающие жидкости (антифриз), недостатком которых в ряде случаев можно считать повышенную коррозионную активность по отношению к конструкционным материалам и токсичность. Использование воздуха в качестве теплоносителя исключает проблемы коррозии, замерзания и токсичности, однако несколько снижает тепловую эффективность систем из-за невысоких значений коэффициентов теплопроводности и теплопередачи воздуха по сравнению с водой.

Теплота в помещениях распределяется в воздушных системах с помощью вентиляторов воздухопроводами, совмещёнными с традиционными воздушными системами отопления, а в жидкостных гелиосистемах – посредством отопительных приборов – излучающих панелей, радиаторов и конвекторов. При этом жидкостные гелиосистемы хорошо совмещаются с низкотемпературными стандартными водяными системами отопления, в частности с напольными водяными системами. В последнем случае под отопливаемым полом на первом этаже целесообразно разместить галечный аккумулятор, через который вентилятором продувается воздух.

Преимуществом активных гелиосистем являются легкость интегрирования систем со зданием и традиционными системами теплоснабжения, а также возможность автоматического управления работой системы. Недостатком этих систем является их большая стоимость и не всегда высокая надежность оборудования.

Активные системы использования энергии Солнца, называемые энергоактивными или гелиоконструкциями, совмещают с наружными ограждениями зданий. В активных солнечных отопительных системах теплоноситель перекачивается насосом. Их проектируют в виде панелей бо-

лее крупных ограждающих элементов, стен или покрытий, поглощающих, аккумулирующих или отражающих солнечные лучи, с целью отопления здания, получения горячей воды и др. совмещение их с элементами стен, покрытий, а также балконов и светопрозрачных ограждений даёт возможность создания гелиоконструкций.

Конструктивное решение гелиоконструкции может быть различным: нерегулируемым или с регулируемым термическим сопротивлением и аккумуляцией солнечной энергии.

Коллекторы могут быть плоские, трубчатые и фокусирующие. Трубчатые коллекторы изготавливают из труб стальных, алюминиевых др. Эти коллекторы попеременно воспринимают солнечную энергию в течение дня.

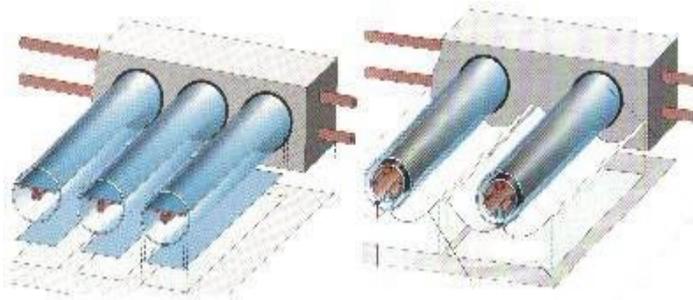


Рис 1. Трубчатый гелиоколлектор

Плоские коллекторы наиболее просты в изготовлении и экономичны; при устройстве в них различных теплоэлементов, передающих теплоту, теплоносителем служит воздух или жидкость. Их выполняют из пленки или пластикового листа черного цвета. Плоские солнечные коллекторы наиболее распространены в энергоактивных гелиозданиях. Действие их основано на «парниковом эффекте», возникающем в связи со свойством стекла пропускать коротковолновые солнечные лучи и задерживать длинноволновое тепловое излучение облучаемых конструкций.



Рис 2. Плоский гелиоколлектор

Для преобразования воспринимаемой энергии солнца в тепловую и сохранения ее используют гелиоустановки, состоящие из коллекторов, устройств теплопередачи и тепловых аккумуляторов.

Солнечные коллекторы в системе наружных ограждающих конструкций могут быть расположены на скатных или плоских покрытиях в наружных стенах, в ограждениях балконов, лоджий или соляриев, в оконных премах или фонарях верхнего света, на цоколе или ниже его, в окрестностях здания – автономный коллектор.

К фокусирующим коллекторам относятся концентрирующие устройства, позволяющие значительно повысить температуру теплоносителя по сравнению с плоскими коллекторами, однако емкость их слишком высока и они преобразуют лишь прямую солнечную радиацию, в то время как плоские коллекторы преобразуют также диффузную солнечную радиацию. Наибольшая эффектив-

ность концентраторов – в климате с высокой радиацией и большим количеством солнечных дней. Простейшим концентрирующим устройством служат плоские зеркала, расположенные под углом к основному теплоприемнику, как и все остальные типы отражателей, используемых в солнечных системах.

Для хранения тепла в активных системах используют специальные емкости, где в качестве аккумулирующих материалов используют воду, бетон, гравий. Коллектор, аккумулятор и отапливаемые помещения связывают системой воздухопроводов и трубопроводов. Водяные аккумуляторы обычно применяют в сочетании с водяными или жидкостными коллекторами, гравийные – с воздушными.

ВЫВОДЫ:

1. Необходимо переосмыслить ставшие традиционными ценности индустриального общества, переориентировать хозяйственную и культурную деятельность на достижение максимальной эффективности использования природных ресурсов планеты, выработать «щадящие» средства и методы преобразования природной среды, обуздать потребительскую эйфорию, возникшую вследствие развития высокотехнологичных производств.
2. Должны быть определены перспективные, высокоэффективные принципы и методики строительной деятельности, поскольку строительство - наиболее активный в отношении природной среды и ресурсоемкий вид человеческой деятельности, плоды которой определяют качество жизненной среды всех видов живых существ в течение десятков, сотен и даже тысяч лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРА:

1. Андерсон Б. Солнечная энергия. – М.: Стройиздат. 1982г.
2. Айзен М., Бережанский А. Отапливаем дома с помощью солнца// Особняк №1, с 74-79, 2004г.
3. Оболенский Н.В. Архитектура и солнце. – М: Стройиздат, 1988г.-205с.
4. Селиванов Н. П., Мелуа А.И., Заколей С.В. Энергоактивные здания, М. 1998г.

Кравчатая Ю.Ю., студентка, научный руководитель Синцов В.П., к. т. н, доцент
(Национальная академия природоохранного и курортного строительства)

Напряженно-деформированное состояние элементов бескаркасных складчатых зданий

Рассмотрены актуальные вопросы применения и развития бескаркасных складчатых зданий, проведено исследование напряженно-деформированного состояния нескольких вариантов складчатых покрытий с помощью программного комплекса «Лира» версии 9.4, указан наиболее оптимальный вариант из рассмотренных моделей.

Складка, металл, конструкция, покрытие, элемент, лоток, утепление, расчет

Первые легкие складчатые металлоконструкции были сконструированы в конце 30-х годов XX века. В 40...50-х гг. в США был выдан ряд патентов на бескаркасные складчатые здания (БСЗ). Они представляли собой здания арочного и сводчатого типов, составленные из одинаковых элементов металлического профиля. В нашей стране первое авторское свидетельство по складчатым конструкциям было выдано в 1945 г. на складчатый свод из листового металла [1]. Сегодня легкие металлоконструкции, благодаря низкой трудоемкости и стоимости изготовления, экономичности материала и скорости возведения, пользуются в строительстве большой популярностью.

Составные элементы быстровозводимых складчатых зданий из металлоконструкций имеют различную форму (криволинейные и прямоугольные лотки, объемные ребра и грани, ромбы и др.), которую достаточно легко выполнить из прямоугольной тонколистовой заготовки холодной гибкой. Более сложная форма обеспечивает и более высокую несущую способность элементов. Увеличению несущей способности элементов способствует устройство горизонтальных участков (продольное профилирование), выштамповок (поперечные выштамповки) и гофров (гофрирование граней).

Элементы могут соединяться между собой болтами на фланцах, закаткой фальцев, защелкиванием, совместным деформированием кромок и др.

Складчатые панели можно утеплять. Наружную обшивку панели изготавливают из более стойкой стали, в том числе и гофрированной. К внутренней поверхности панели требования могут быть ниже.

Главными направлениями дальнейшего развития бескаркасных зданий из металлоконструкций являются:

- 1) максимальная унификация и стандартизация элементов;
- 2) увеличение размеров элементов и образование складчатых крупноразмерных панелей составного сечения высокой несущей способности из нескольких профилированных элементов;
- 3) создание комбинированных конструкций;
- 4) утепление складчатых элементов.

Бескаркасные складчатые здания пролетом 12, 15, 18, 24 и более метров применяют в качестве складов, гаражей, ангаров для аэропортов, сельскохозяйственных объектов, спортивных комплексов, зданий и сооружений легкой промышленности, учреждений культуры и быта. Особенно перспективно применение этих зданий в труднодоступных районах.

Несмотря на возрастающее применение бескаркасных складчатых металлоконструкций, в литературе и в практике проектирования мало освещаются вопросы, которые касаются исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов этих конструкций.

Цель исследований: изучение влияния наличия утеплителя и остекления на НДС элементов БСЗ и расширение функциональности здания.

Для решения поставленной задачи были разработаны следующие модели БСЗ:

- холодные складчатые покрытия пролетом $B=12$ м и высотой в коньке 4,9 м, длиной $L=12$ м ;
- утепленные складчатые покрытия с аналогичными геометрическими параметрами с ленточным остеклением в направлении складок.

Построение и исследование НДС элементов моделей БСЗ выполняли с использованием программного комплекса «Лира» версии 9.4; в основу алгоритмов расчета заложен метод конечного элемента.

В моделях использовали складки со следующими геометрическими размерами: высотой 300 мм, шириной 1000 мм. БСЗ создавали из конечных элементов – 3-х и 4-х узловых пластин. Размеры одной пластины – 200x400 мм.

В торцах моделей здания устраивали складчатые вертикальные стены из конечных элементов основной конструкции БСЗ.

Расчетные модели представлены на рис. 1.

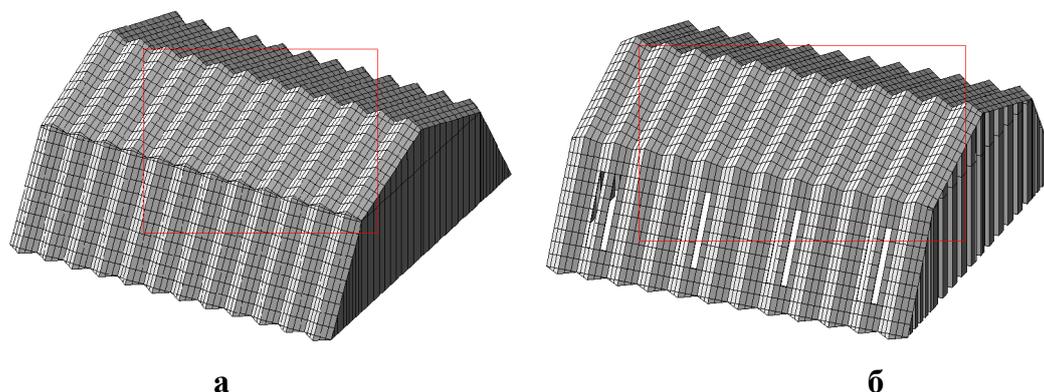


Рис. 1. Модели БСЗ, созданные для исследований: а – холодное здание; б – теплое здание с остеклением

Исследования выполняли для условий Южного региона Украины (ветровой район – III, снеговой район – II).

Схемы приложения нагрузок к конструкциям данного типа соответствуют требованиям [4] и представлены на рис. 2.

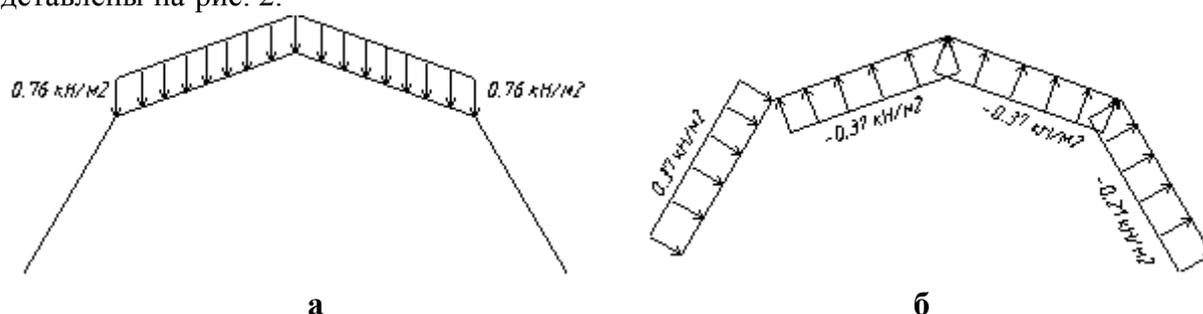


Рис. 2. Схемы загрузки элементов БСЗ: а – снеговая нагрузка; б – ветровое давление

На рис. 3 и 4 представлены перемещения и изополя напряжений в элементах моделей.

Критериями работоспособности моделей принимаем:

- ограничение деформативности величиной 1/250 пролета, что составляло 48 мм;
- значение нормальных напряжений σ_x и σ_y не должна превосходить расчетного сопротивления стали по пределу текучести $R_y=230$ МПа.

Результаты сравнительного анализа сведены в табл. 1.

Таблица 1.

Результаты расчета.

Наименование конструкций	Толщина элементов (складка, диафрагма), мм	Перемещения, мм	Напряжения, МПа
1. Холодное БСЗ без утепления	0,6 0,8	41,49	39,38
2. Холодное БСЗ с остеклением	0,6 0,8	41,61	42,31
3. Теплое БСЗ без остекления	0,5 0,5	22,15	37,63
4. Теплое БСЗ с остеклением	0,5 0,5	22,17	38,18

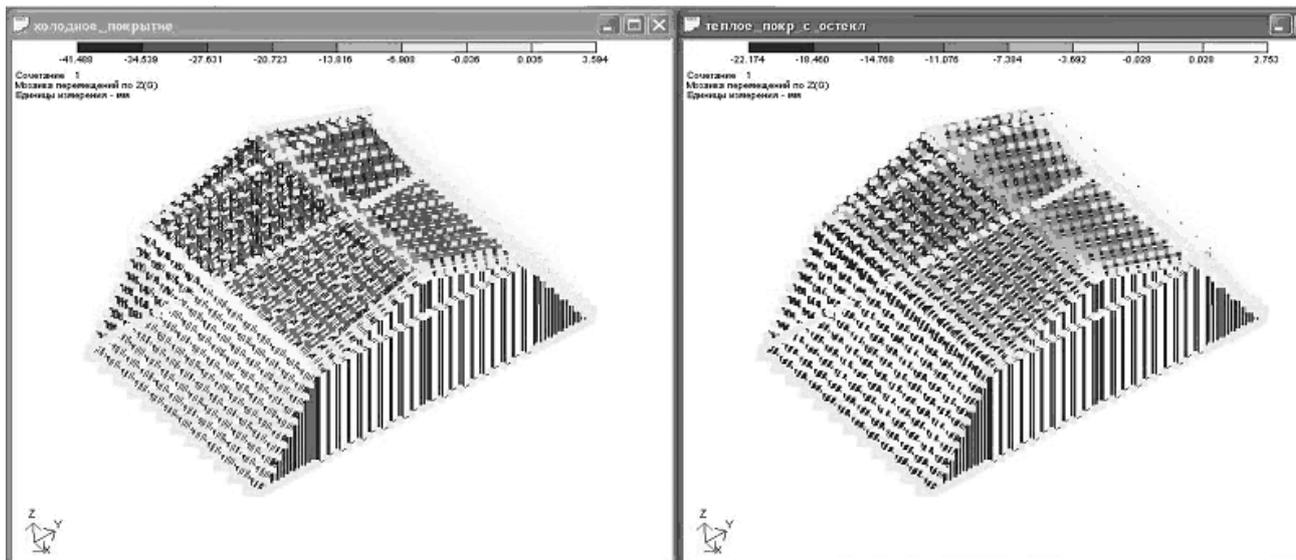


Рис. 3. Перемещения по оси Z , мм

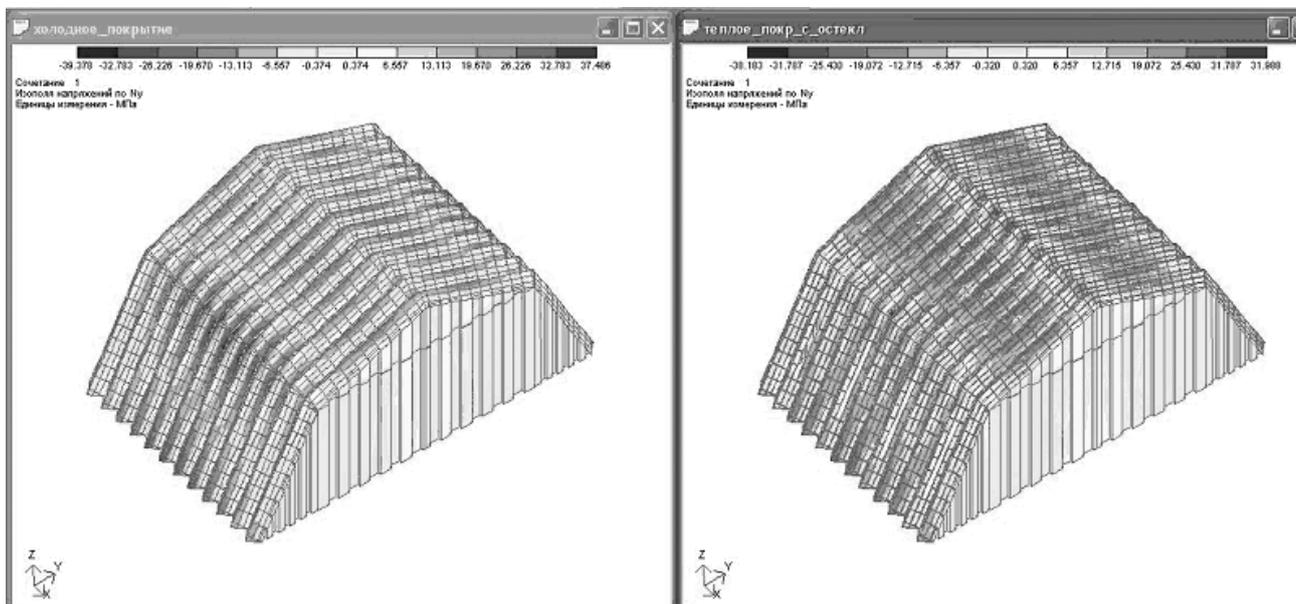


Рис. 4. Изополя напряжений по N_y , МПа, для сочетания собственного веса и снеговой нагрузки

ВЫВОДЫ

Наиболее оптимальным является вариант складки с утеплением типа «Сэндвич» и с проемами под остекление. В этой конструкции достигается минимальный расход металла, выполняются функции утепленного помещения, также присутствует естественное освещение. Трехслойные панели обеспечивают более жесткую работу элементов конструкции. Этот вариант можно выгодно использовать для сооружений различного назначения. Оно является многофункциональным, быстровозводимым и экономически эффективным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прицкер А.Я. и др. Бескаркасные складчатые конструкции / А.Я. Прицкер, В.А. Аденский, М.С. Фридман. – К.: Будивельник, 1991. – 88 с.
2. Проектирование металлических конструкций: Спец. курс. Учеб. пособие для вузов / В.В. Бирюлев, И.И. Кошин, И.И. Криволюв, А.В. Сильвестров. – Л.: Стройиздат, 1990 – 432 с.: ил.
3. Прицкер А.Я. Бескаркасные складчатые здания из легких конструкций // Промышленное строительство. 1974, № 10, С. 16-18.
4. ДБН В.1.2-2:2006. Нагрузки и воздействия / Минстрой Украины. – Киев, 2006. – 78 с.
5. Программный комплекс «Лира» версии 9.4.

Лупачева В. В., студентка, научный руководитель Маяк Т.Н., инженер.
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Проблемы в исследовании влияния электромагнитных полей промышленной частоты

Приведены накопленные общие сведения по теории электромагнитных полей различной частоты и их вредного влияния на биологические объекты, а также нерешенные наукой проблемы в исследовании электромагнитных полей промышленной частоты.

Электромагнитные поля - ЭМП, электромагнитные излучения, техногенная деятельность, волны, электромагнитное загрязнение, энергетические установки промышленной частоты, открытые распределительные устройства – ОРУ, линии электропередач – ЛЭП, ионизирующее и неионизирующее излучение, биологические объекты.

1. Общие сведения об электромагнитных полях (ЭМП).

Земля с момента своего существования подвергалась воздействию электромагнитного излучения Солнца и Космоса. В процессе эволюционного развития живые организмы, в определенной степени, адаптировались к естественному фону электромагнитных полей. Можно сказать, что живые организмы и человечество буквально «купаются в океане электромагнитных волн». Однако, вследствие научно-технического прогресса электромагнитный фон Земли, в настоящее время, не только увеличился, но и претерпел качественные изменения. Появились электромагнитные излучения миллиметрового диапазона длин волн, которые имеют искусственное происхождение в результате техногенной деятельности. Миллиметровое излучение внеземного происхождения интенсивно поглощается атмосферой Земли, поэтому живые организмы не имеют адаптации к этим волнам.

ЭМП создаются электрическими зарядами и токами, которые возникают при движении зарядов. Изменение во времени параметров электрического поля приводит к появлению магнитного и наоборот. Таким образом, в общем случае, электрическое и магнитное поля зависят друг от друга.

Покоящаяся система электрических зарядов создает электростатическое поле (электрическое поле). Электростатическое поле описывается при помощи распределения потенциала (?) и напряженности (E).

Магнитное поле существует при наличии постоянных токов и описывается с помощью магнитной напряженности поля (H) и индукции (B).

Таким образом, основные параметры, которые характеризуют электромагнитное поле - это напряженность электрического поля (E) и магнитная напряженность (H).

Напряженностью электрического поля E (В/м), называется сила, действующая на единичный неподвижный положительный заряд, помещенный в данную точку поля.

Напряженностью магнитного поля H (А/м), называется сила, действующая на движущийся заряд.

В настоящее время электромагнитный фон Земли особенно возрос в зонах с высокоразвитой наукоемкой промышленностью, что позволяет говорить об **электромагнитном загрязнении** окружающей среды в этих регионах.

2. Техногенные источники электромагнитных полей.

Спектр электромагнитных излучений, изученный в настоящее время, необычайно широк и находится в диапазоне от сверхдлинных волн (несколько тысяч метров и более) до коротковолнового γ – излучения (с длиной волны менее 10^{-12} см). В настоящее время известно, что радиоволны, свет, инфракрасное и ультрафиолетовое излучения, рентгеновские лучи и гамма-излучение (то есть весь спектр электромагнитных излучений) – все это волны одной электромагнитной природы.

К основным источникам ЭМП антропогенного происхождения относятся телевизионные

и радиолокационные станции, мощные радиотехнические объекты, промышленное технологическое оборудование, высоковольтные линии электропередач промышленной частоты, термические цеха, плазменные, лазерные и рентгеновские установки, атомные, ядерные реакторы, бытовые приборы.

Токи высокой частоты применяют для плавления металлов, термической обработки металлов, диэлектриков и полупроводников и для многих других целей. Для научных исследований в медицине применяют токи ультравысокой частоты, в радиотехнике — токи ультравысокой и сверхвысокой частоты. Различные энергетические установки, связанные с процессами производства, распределения и потребления электрической энергии создают электромагнитные поля промышленной частоты. Для европейских стран она равна 50 Гц, в США — 60 Гц.

Из всего спектра электромагнитных излучений наиболее опасными для живых организмов считаются сверхвысокочастотные (СВЧ) электромагнитные излучения, но опасность воздействия низкочастотных полей (промышленной частоты) некоторыми исследователями определяется напряженностью магнитной составляющей (или плотностью токов, протекающих через живой организм) и временем воздействия на биологический объект.

При эксплуатации электроэнергетических установок сверхвысокого напряжения промышленной частоты — открытых распределительных устройств (ОРУ) и воздушных ЛЭП напряжением выше 330 кВ в пространстве вокруг токоведущих частей действующих электроустановок возникает сильное электромагнитное поле, влияющее на здоровье людей. В электроустановках напряжением ниже 330 кВ возникают менее интенсивные электромагнитные поля, оказывающие менее существенное отрицательное влияние на биологические объекты.

На промышленной частоте достаточно интенсивные (в отношении экологических воздействий) электрические поля порождают слабые магнитные поля. Аналогичные процессы наблюдаются в индуцированных магнитным полем электрических полях. Поэтому для низких (промышленных) частот магнитные и электрические поля рассматриваются как практически независимые. Следовательно, допустимо рассматривать отдельно друг от друга влияние, оказываемое ими на биологические объекты.

Но для большого количества источников электромагнитных полей промышленной частоты, действующих одновременно в определенном пространстве, интенсивность электрического и магнитного полей возрастает и усиливается их вредное влияние на биологические объекты. Поэтому имеется необходимость учитывать суммарный эффект воздействия параметров ЭМП при их большом скоплении на одной территории.

Так как в бытовых приборах для нагрева и других функциональных действий, а также при эксплуатации персональных ЭВМ используется ток промышленной частоты, а число работающих бытовых электроприборов громадно, то целесообразно говорить о них как об особом классе установок, создающих ЭМП промышленной частоты.

Эффект воздействия электромагнитного поля на биологический объект принято оценивать количеством электромагнитной энергии, поглощаемой этим объектом при нахождении его в электромагнитном поле.

Установлено, что в любой точке поля в электроустановках сверхвысокого напряжения (промышленной частоты - 50 Гц) поглощенная телом человека энергия магнитного поля примерно в 50 раз меньше поглощенной им энергии электрического поля (в рабочих зонах открытых распределительных устройств и проводов ВЛ-750кВ напряженность магнитного поля составляет 20—25 А/м при опасности вредного влияния 150—200 А/м).

На основании этого был сделан вывод, что отрицательное действие электромагнитных полей электроустановок промышленной частоты, обусловлено электрическим полем, то есть, практически, нормируется электрическая напряженность E , кВ/м. В связи с такими подходами наблюдаются определенные противоречия в методике оценки вредного воздействия электромагнитных излучений на живые организмы. Но такие утверждения являются не окончательными в связи с недостаточной изученностью.

3. Биологическое действие ЭМП.

Влияние физических, особенно электромагнитных, полей на биосферу разнообразно и многогранно. Для изучения этой трудной и важной проблемы требуется комплексный подход при участии широкого круга специалистов - биологов, медиков, геофизиков, биофизиков.

Весь спектр электромагнитных волн делится на *ионизирующие* и *неионизирующие* излучения. К *ионизирующим* излучениям относят ультрафиолетовое, рентгеновское и γ – излучения. Ионизирующее излучение несет энергию квантов (фотонов) достаточную, чтобы разорвать межмолекулярные связи в различных средах. Эти виды излучений исследуются отдельно в специальных разделах физики, биологии, медицинской радиологии и др.

Из всего спектра электромагнитных излучений при оценке биологического воздействия ЭМП основное внимание будем уделять излучениям *неионизирующим*.

Весь диапазон *неионизирующих* электромагнитных излучений при рассмотрении специфики воздействий ЭМП на биообъекты условно делят на три группы:

- постоянные и низкочастотные поля (до метрового диапазона длин волн);
- СВЧ – диапазон (длины волн от 1м до 1см);
- миллиметровый и субмиллиметровый диапазон (длины волны от 10мм до 0,1мм).

Влияние ЭМП на человеческий организм может быть как полезным (лечебным), так и вредным. Лечебное воздействие ЭМП используется в медицинской диагностике, гипертермии, лазерной хирургии, физиотерапевтии, диатермии и т.п.

При оценке воздействия ЭМП на биологические объекты эти воздействия делят на 2 вида: *энергетическое* и *информационное*.

Энергетическое воздействие заключается в переходе поглощенной электромагнитной волны в тепло биоткани. Примером энергетического воздействия ЭМП на биообъект является гипертермия – полезное использование ЭМП для лечения. В онкологических клиниках используют СВЧ – гипертермию. Сфокусированное излучение на одной частоте локально нагревает опухоль до 42 – 45°C при проведении одновременно химиотерапии создает требуемый лечебный эффект.

К *информационному* воздействию на биообъект относят тот случай, когда падающее излучение низкой интенсивности не вызывает нагрева ткани, но полезный эффект оказывается значительным. При этом говорят об информационном или управляющем действии ЭМП. При информационном характере действия ЭМП изменяются характер и скорость передачи информации внутри организма, процесс формирования условных рефлексов, количество ключевых ферментов энергетического обмена и т.д.

Неионизирующие ЭМП оказывают воздействие на насекомых, рыб, животных и человека. Одним из самых чувствительных к воздействию ЭМП являются рыбы. Для них порог чувствительности по внешнему электрическому полю составляет единицы вольт на метр. Воздействие ЭМП на животных (на мышей, крыс, собак) изучалось в отношении их влияния на нервную, иммунную и эндокринную системы, нейрогуморальные реакции, половую функцию и на эмбрион. Кроме того, широко проводились клинко-физиологические исследования влияния ЭМП на человека. Однако, нельзя сказать, что механизмы воздействия ЭМП на человека в настоящее время полностью выяснены.

Процессы взаимодействия ЭМП с живой клеткой, живым организмом довольно сложные и в настоящее время, в полной мере, также не исследованы.

Живые организмы, состоящие из множества клеток имеют огромное количество молекул, атомов, заряженных частиц, которые сами являются источниками электромагнитных колебаний в широком диапазоне частот – от ультравысоких до инфранизких. Каким образом происходит взаимодействие и трансформация естественных ЭМП человека под воздействием внешних промышленных источников ЭМП является одной из основных задач специалистов.

Электромагнитные излучения радиочастотных установок, воздействуя на организм человека в дозах, превышающих допустимые, могут явиться причиной профессиональных заболеваний. В результате возможны изменения нервной, сердечно-сосудистой, эндокринной и дру-

гих систем организма человека. Действие электромагнитных полей на организм человека проявляется в функциональном расстройстве центральной нервной системы; субъективные ощущения при этом — повышенная утомляемость, вялость, снижение точности рабочих движений, изменение кровяного давления, сердечные и головные боли и т. п. Первичным проявлением действия электромагнитной энергии является нагрев, который может привести к изменениям и даже к повреждениям тканей и органов. Механизм поглощения энергии достаточно сложен. Возможны также перегрев организма, изменение частоты пульса, сосудистых реакций. Поля сверхвысоких частот могут оказывать воздействие на глаза, приводящее к возникновению катаракты (помутнению хрусталика). Степень биологического воздействия электромагнитных полей на организм человека зависит от частоты колебаний, напряженности и интенсивности поля, длительности его воздействия. Изменения, возникающие в организме под воздействием электромагнитных полей, чаще всего обратимы.

При систематическом облучении наблюдаются стойкие нервно-психические заболевания, изменение кровяного давления, замедление пульса, трофические явления (выпадение волос, ломкость ногтей и т. п.).

Аналогичное воздействие на организм человека оказывает электромагнитное поле промышленной частоты в электроустановках сверхвысокого напряжения.

Наряду с биологическим действием электрическое поле обуславливает возникновение разрядов между человеком и металлическим предметом, имеющим иной, чем человек, потенциал. Если человек стоит непосредственно на земле или на токопроводящем заземленном основании, то потенциал его тела практически равен нулю, а если он изолирован от земли, то тело оказывается под некоторым потенциалом, достигающим иногда нескольких киловольт.

Изучение механизмов действия ЭМП на биологические объекты таит много непознанного и в настоящее время находится на стыке различных направлений — физики, биологии, медицины, биофизики, радиоэлектроники, экологии и т.п., - и на этом перекрестке следует ожидать много нового, интересного, познавательного.

3. Проблемы нормирования ЭМП.

Все промышленно развитые страны мира имеют нормы по допустимым значениям воздействующих на человека интенсивностей ЭМП. Имеются региональные, национальные и глобальные нормы. Например, в США свои нормы по ЭМП устанавливает каждый штат. Примером глобальных норм являются нормы, рекомендуемые ВОЗ.

Следует понимать, что конкретные значения нормируемых параметров зависят от большого числа причин и являются предметом соглашения для конкретной страны или региона.

Так, относительно воздействия радиотелефонов (мобильных и стационарных) ведется «борьба» между их производителями и специалистами в области радиогигиены. Результат этой борьбы зависит от уровня экономического развития страны, общественного мнения, возможности законодательно влиять на фирмы-производители и т.д.

Как итог — в настоящее время нормы разных стран отличаются друг от друга и от рекомендаций ВОЗ, которые, как правило, являются самыми жесткими.

Общим для всех норм является ограничение по напряженности электрического и магнитного полей.

Нормирование напряженностей ЭМП производится в зависимости от частоты, а для низкочастотных полей в зависимости от времени воздействия. Характерная черта всех существующих норм состоит в том, что с ростом частоты допустимые значения напряженности уменьшаются. Еще одной общей чертой норм является их деление на нормы для персонала, обслуживающего установки (профессиональные нормы), и нормы для населения.

Наибольшие ЭМП у поверхности земли создаются линиями, имеющими горизонтальное расположение проходов всех фаз. Такие линии имеют номинальное напряжение 220 кВ и выше. Допустимые значения напряженностей ЭМП для персонала нормируются ГОСТ 12.1.002-84 «ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах».

Предельно допустимый уровень напряженности электрического поля для персонала устанавливается равным 25 кВ/м. Пребывание в поле с напряженностью более 25 кВ/м без средств защиты не допускаются. При напряжении поля от 20 до 25 кВ/м время пребывания персонала в нем не должно превышать 10 мин. Допустимое время пребывания в поле напряженностью от 5 до 20 кВ/м включительно вычисляется:

$$T = 50/E - 2,$$

где E - напряженность воздействующего поля в контролируемой зоне, кВ/м.

Применительно к населению нормирование напряженности электрического поля осуществляется «Санитарными нормами и правилами защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого ВЛ электропередачи переменного тока промышленной частоты (СН 2971-84)». В качестве предельно допустимых уровней приняты следующие значения напряженности:

- 0,5 кВ/м внутри жилых зданий;
- 1 кВ/м на территории зоны жилой застройки;
- 5 кВ/м населенной местности вне зоны жилой застройки;
- 10 кВ/м на участках пересечения ВЛ с а/м дорогами;
- 15 кВ/м ненаселенной местности.

Предельно допустимые уровни напряженности (ПДУ) магнитного поля для персонала, работающего под напряжением, установлены на уровне 3,2 кА/м – при воздействии на тело работника и 5,2 кА/м – при воздействии на кисти рук.

Поскольку проблемы биологического влияния магнитных полей промышленной частоты к настоящему времени окончательно не решены, существующие нормы также следует рассматривать, как переходные. Намечаются тенденции к их ужесточению. Международные рекомендации IRPA/INIRC содержат более жесткие нормы: 0,4 кА/м - для персонала и 0,08 кА/м - для населения.

Европейские нормы ENV – 50166, введены в 1995 году, а с 1998 года приняты, как постоянно действующие. Они содержат одновременно данные по напряженности как электрического, так и магнитного полей и применяются для нормирования на рабочих местах.

В табл. 4 приведено допустимое время пребывания человека в электрическом поле промышленной частоты сверхвысокого напряжения (400 кВ и выше).

Таблица 4.

Предельно допустимое время пребывания в электрическом поле, создаваемом линиями электропередач с напряжением 400 кВ и выше.

Электрическая напряженность E, кВ/м	Допустимое время пребывания, мин	Примечание
<5	Вез ограничений (рабочий день) <180	Остальное время рабочего дня человек находится в местах, где напряженность электрического поля меньше или равна 5 кВ/м
5—10 10—15	<90 <10 <5	
15—20 20—25		

Ограничение времени пребывания человека в электромагнитном поле представляет собой так называемую «защиту временем». Если напряженность поля на рабочем месте превышает 25 кВ/м или если требуется большая продолжительность пребывания человека в поле, чем указано в табл. 4, работы должны производиться с применением защитных средств — экранирующих устройств или экранирующих костюмов.

ВЫВОДЫ:

1. При изучении влияния электромагнитных полей имеются определенные проблемы, связанные с необходимостью:
 - выделения из широкого спектра электромагнитных волн диапазонов наиболее вредных для жизнедеятельности биологических объектов;
 - выявить промышленные источники, создающие поля с отрицательным воздействием на здоровье людей и оценить состояние окружающей природной среды (ОПС);
 - разработать объективный научно-обоснованный подход при оценке воздействия ЭМП промышленной частоты на биологические объекты ОПС;
 - ликвидировать различия в системе нормирования и стандартах на основные параметры ЭМП, существующие в международных нормативных документах и стандартах отдельных стран;
 - разработать и внедрить в производство эффективные индивидуальные и коллективные средства защиты от воздействия ЭМП.
2. Указаны имеющиеся подходы в изучении и систематизации полученных экспериментальных и теоретических результатов.
3. Показана целесообразность упорядочивания и согласования нормируемых параметров и их значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ю.И.Куклев. Физическая экология.- М.; Высшая школа, 2001.- с.132-167.
2. В.Т.Медведев. Инженерная экология.- М.; Гардарики, 2002.- с.220-256.
3. Электромагнитное загрязнение окружающей среды и здоровье населения/Под ред. А.К.Демина.- М.; Фонд "Здоровье и окружающая среда.", 1997, 91с.
4. Безопасность жизнедеятельности./Под ред. С.В.Белова.- М.; Высшая школа, 1999, 448с.

Маскалик О.М., магистрант, Панюков Э.Ф., д.т.н., профессор
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Обеспечение сейсмостойкости крупнопанельных зданий, возводимых по технологии фирмы “Consolis” (крупнопанельное домостроение, стыки, расчетные схемы).

Из-за недостаточной обеспеченности жильем населения возрождение крупнопанельного домостроения приобретает одно из первостепенных значений, и в первую очередь, в условиях повышенной сейсмичности. При освоении новых технологий, изготовления стеновых панелей, в частности, концерна «Consolis», возникает необходимость в исследовании стеновых панелей и их стыков в сейсмоопасных регионах, таких как АРКрым, и возможность дальнейшего их внедрения в серийное производство. Предложены подходы к решению этой задачи.

Здания, крупнопанельные, сейсмостойкость, стыки

Из доклада председателя Академии Строительства Украины Злобина Г.К. [1] следует, что потребность в доступном жилье может быть удовлетворена, прежде всего, за счет возрождения крупнопанельного домостроения. Средняя обеспеченность жильем на человека в Украине составляет 17 м², чтобы достичь уровня Польши – 27 м² на одного человека, нам не хватает 500 млн. м². В настоящее время строят максимум 6-7 млн. м² жилья в год.[2] Если учесть, что среднеевропейская обеспеченность жилой площадью в 3-4 раза выше, чем на Украине, то решение жилищной проблемы невозможно без применения кардинальных изменений в концепции массового домостроения. Начиная с 1989 года на Украине существует устойчивое падение объемов строительства крупнопанельного жилья. В настоящее время объем крупнопанельного домостроения составляет примерно 400 тыс. м² в год против 7 млн. (ввод 1990 г.).

К преимуществам крупнопанельного домостроения можно отнести:

- индустриальность и полносборность, что ускоряет оборачиваемость вложенных в строительство ресурсов и соотношение затраты-прибыль;
- наиболее низкая удельная сметная стоимость, что делает жилье доступным для слоев населения со средними доходами.

Для реализации программы «Доступное жилье» необходимо отметить, что в связи с особенностями строительства на Юге Украины: сложным рельефом, недостаточным развитием инфраструктуры, разнообразными инженерно-геологическими условиями строительства (карст, склоны, овраги и т.д.), а также повышенной сейсмичностью до 9 баллов на Юге Украины, себестоимость строительства квадратного метра жилья возрастает в силу объективных причин. Для снижения себестоимости строительства актуально применение крупнопанельного домостроения в тех районах, где ранее было возможно только монолитное и сборно-монолитное домостроение.

Эту программу реализовывает фирма «Consolis» при строительстве серии домов из трехслойных железобетонных стеновых панелей.

Особое внимание при проектировании уделяют стыкам стеновых панелей – обеспечению их сейсмостойкости, герметичности, технологичности проведения работ, обеспечению надежности работы конструкции здания в целом.

Цель настоящей работы: теоретическое обеспечение возрождения крупнопанельного домостроения на новых технологических и конструктивных основах, разработанных по технологии фирмы «Consolis», адаптированы фирмой «Consol», согласно действующим Государственным Строительным Нормам Украины, для применения в сейсмических районах.

Задачи настоящей работы:

- 1) разработка расчетной пространственной модели здания в целом;
- 2) расчет напряженно-деформированного состояния узлов стыков крупных панелей в составе несущей системы здания;
- 3) разработка рекомендаций по проектированию стыков стеновых панелей для дальнейшего использования в районах с сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов.

По способу передачи сжимающих нагрузок в стенах горизонтальные стыки подразделяют на платформенные, контактные и комбинированные (рис. 1.).

Виды нагрузок, передаваемые стыками:

платформенными — преимущественно через опорные участки перекрытий;

контактными — непосредственно через слой раствора или бетона, уложенного в полость стыка, минуя перекрытия;

комбинированными — через опорные участки перекрытий и контактные площадки стеновых панелей.

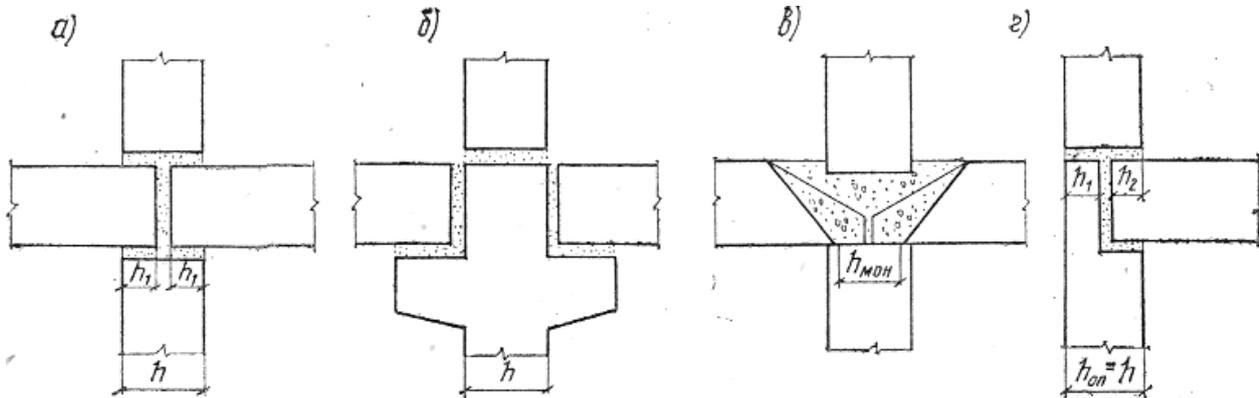


Рис. 1. Типы горизонтальных стыков панелей внутренних стен с перекрытиями: а – платформенный; б – контактный с опиранием панелей через растворный шов; в – монолитный контактный; г – комбинированный [3]

Платформенный стык весьма надежен, позволяет применять наиболее простые в изготовлении панели стен и перекрытий с плоскими торцами, требует минимального применения мокрых процессов.

При контактных стыках стеновые панели проектируют с консольными уширениями сверху для опирания перекрытий. Их применяют в случае недостаточной прочности при сжатии платформенных стыков с растворными швами. Контактные стыки имеют более высокую несущую способность при сжатии, но их применение сопряжено с усложнением изготовления панелей. При монолитных контактных стыках возникают дополнительные трудности при возведении зданий в зимних условиях.

Комбинированные стыки применяют в основном для стен с односторонним опиранием перекрытий (стены лестничных клеток, поперечные стены деформационных швов).

Контактный стык расположенный на рис. 4а) представляет собой соединение панелей перекрытия с наружной стеновой панелью с помощью анкеров для обеспечения работы конструкции как единой системы. Такой же принцип работы применен и в платформенных и комбинированных стыках, изображенных на рис. 4б), 4в).

В методике исследований принята последовательность: анализ существующих исследований и методов расчета – анализ проектной документации – разработка предварительных конструктивных решений и численных моделей – построение моделей с помощью ПК «Мономах 4.2» модуль «Компоновка» – экспорт полученных данных в ПК «Лири 9.4.» – создание расчетных сочетаний усилий – создание расчетного сочетания нагрузок – выбор наиболее опасных сечений – нахождение опорных реакций в узлах – моделирование нелинейного нагружения – отладка модели и разработка рекомендаций по усилению при необходимости.

На рис.2 изображена расчетная схема здания, экспортированная из ПК «Мономах 4.2.», шаг триангуляции элементов составляет 0,6 м. Стены приняты трехслойными и их толщины были приняты без учета толщины утеплителя, который составляет 80 мм. Толщина стен для наружных стеновых панелей составит 185, 265 и 320 мм; толщина внутренних стеновых панелей составляет 200 мм.

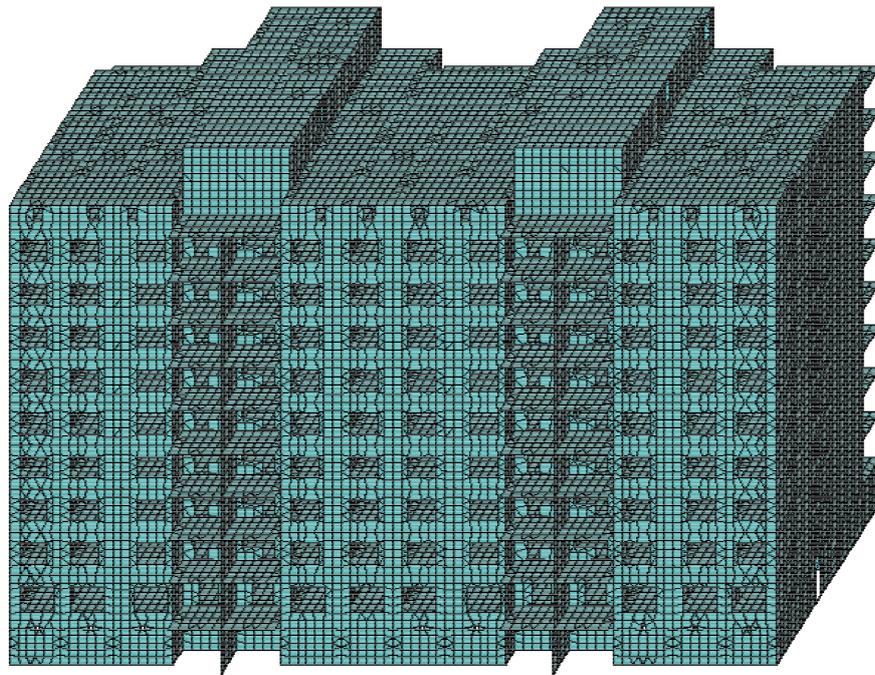


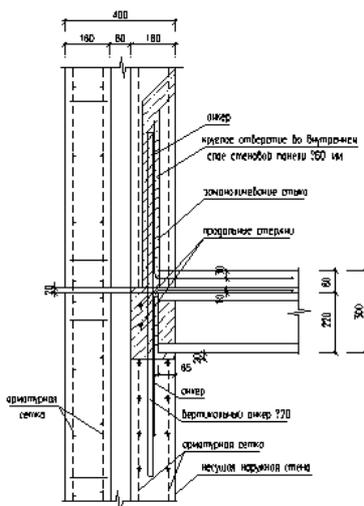
Рис.2 Расчетная схема исследуемого крупнопанельного здания

Характеристики материалов: ·параметры жесткости внутренних стеновых панелей $E = 3.1 \times 10^4$ МПа; $R_b = 19.5$ МПа; $R_{bt} = 1.3$ МПа; [5]

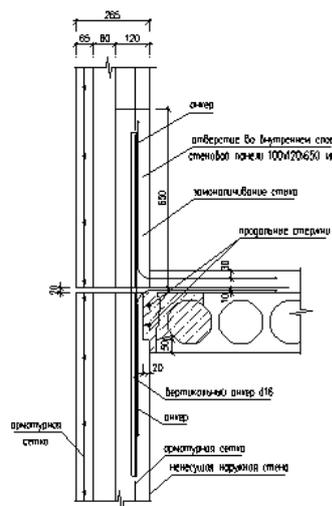
·параметры жесткости наружных стеновых панелей $E = 3.1 \times 10^4$ МПа; $R_b = 19.5$ МПа; $R_{bt} = 1.3$ МПа; [5]

·параметры жесткости монолитной фундаментной ленты бетон класса В15: $R_b = 8.5$ МПа, $R_{bt} = 0.75$ МПа, $E_b = 2.3 \times 10^4$ МПа. [5]

Соединение панелей перекрытия с несущими наружными стенами



Соединение панелей перекрытия с несущими внутренними стенами



Соединение панелей перекрытия с несущими наружными стенами

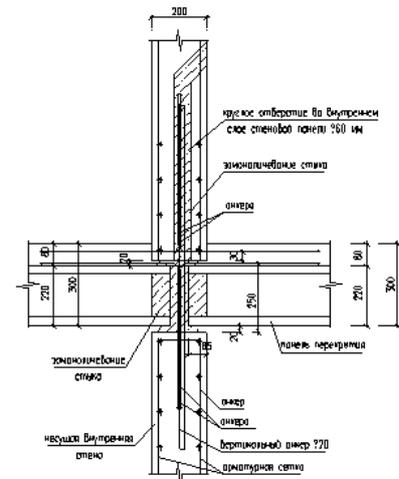


Рис. 3. а) соединение панелей перекрытия с несущими наружными стенами (контактный стык); б) соединение панелей перекрытия и внутренних несущих стен (платформенный стык); в) соединение панелей перекрытия с несущими наружными стенами (комбинированный стык) [4].

Основное назначение вертикальных стыковых соединений панелей — обеспечить восприятие сдвигающих сил, возникающих в стыках при совместной работе сопрягаемых стен. Для восприятия сдвигающих усилий обычно устраивают шпоночные соединения, образуемые за счет замоноличивания бетонной смесью или раствором полости между обращенными к стыку вертикальными торцами панелей, которые имеют углубления или выступы.

На рис. 4 и рис. 5 представлены вертикальные стыковые соединения внутренних и наружных стеновых панелей. Сопротивление сдвигу железобетонных шпоночных соединений обусловлено совместной работой бетона и арматуры. Вертикальной арматурой в стыке выступает стержень диаметром 12 мм А400С и петлевые выпуски располагают с шагом 500 мм из арматуры О8 мм А240С.

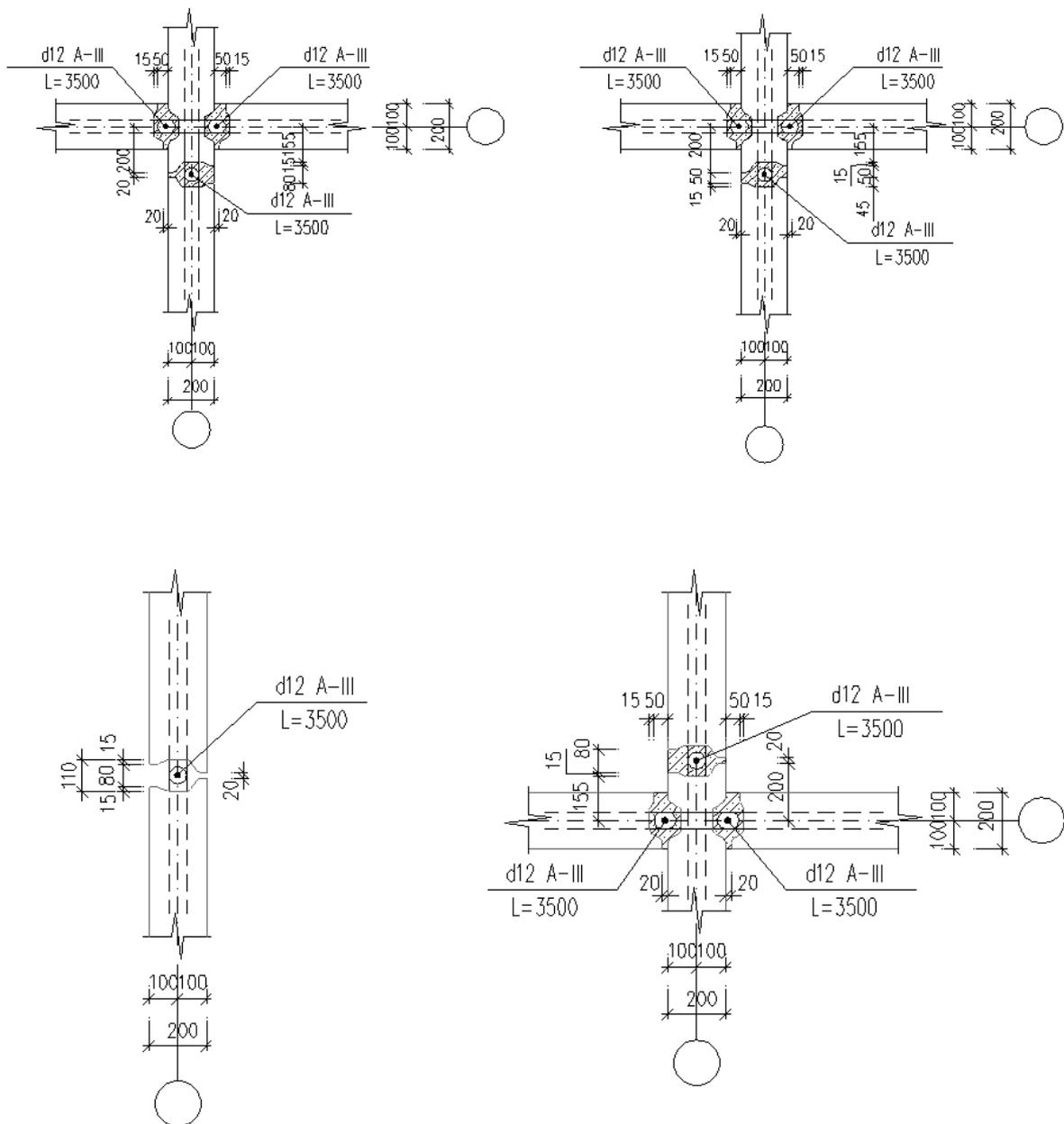


Рис.4 Сопряжение внутренних стеновых панелей [4]

пени. Таким образом, учитывая эту особенность, мы закрепили узлы в местах сопряжения стеновых панелей с панелями и конструкциями стыков, расположенных на первом этаже. В дальнейшем было добавлено закрепление стыковых соединений в области сопряжения с конструкциями третьего этажа.

После выполненных преобразований, нелинейный расчет проходит до нагрузки составляющей 60% от исходной и происходит разрушение элемента, моделирующего работу бетона стыкового соединения стеновых панелей (рис.7). Как видно из нелинейного расчета, разрушение конструкции происходит в области стыка стеновых панелей. Однако, в процессе производства стеновых панелей, петлевые выпуски арматуры не имеют возможности поворотов в процессе эксплуатации конструкции, мы учли возможность закрепления петлевых соединений в местах сопряжения со стеновыми панелями, присвоив им типы связей 4, 5, 6. (рис.6)

При закреплении узлов по вышеуказанным направлениям, расчет идет устойчиво до полного разрушения модели (рис.8). При моделировании физической нелинейности в ПК «Лира» предусмотрено, что конечные элементы состоят из двух материалов: основного (бетон) и армирующего (арматуры). Рассматриваемые петлевые выпуски арматуры из стеновых панелей принимаем в виде КЭ 10 – универсальный пространственный стержень, моделирующий связь стеновых панелей и бетона замоноличивания стыковых соединений. Бетон стыка панелей моделируем в виде КЭ 210 – физически нелинейный пространственный стержневой элемент. Для моделирования стыка стеновых панелей в центральном слое задаем процент армирующего материала, равный площади поперечного сечения арматурного стержня О12 А-III (А400С).

В результате предварительного численного эксперимента получены картины напряженно-деформированного состояния (НДС) (рис.8), трещинообразования и разрушений в узле стыка стеновых панелей. Разрушение модели наступает при усилии, соответствующем достижению в бетоне расчетного осевого растяжения. НДС и схема разрушения расчетной модели стыка стеновых панелей соответствуют выполненному анализу.

Загружение 1

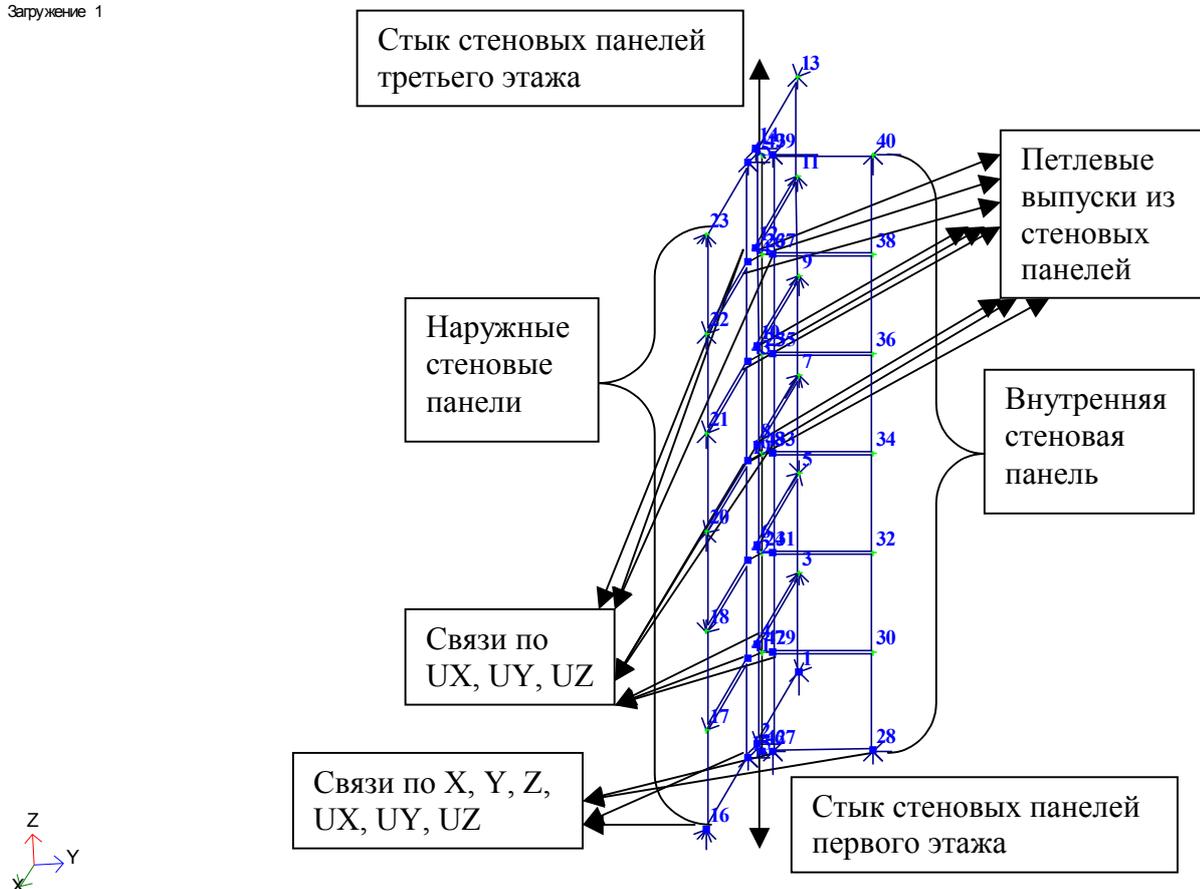


Рис.6 Расчетная модель стыка в пересечении стеновых панелей по оси А и по оси В

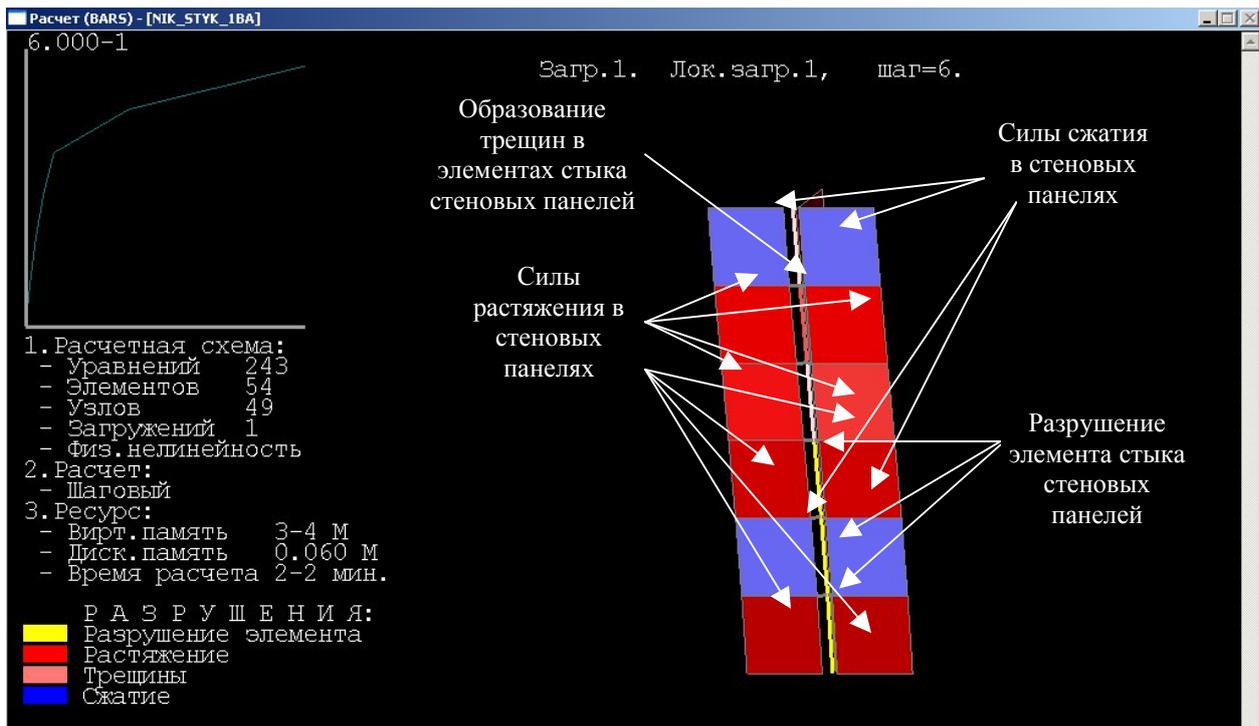


Рис. 7 Схема разрушения стыка стеновых панелей по оси 8 и по оси А, при отсутствии связей в области сопряжения петлевых соединений с бетоном стеновых панелей

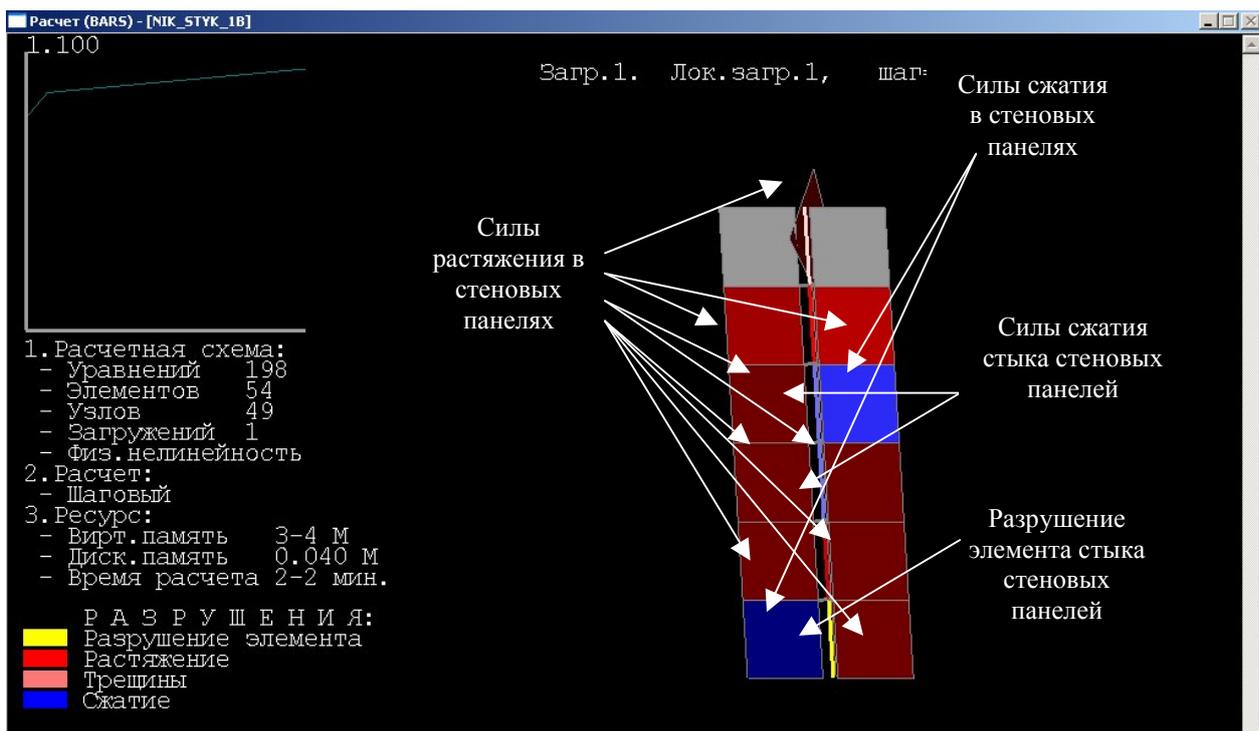


Рис. 8 Схема разрушения стыка стеновых панелей по оси А и по оси 8

ВЫВОДЫ:

После определения опасного сочетания нагрузок необходимо детально построить стыковое соединение стеновых панелей с учетом нагрузок, действующих в плоскости стыкового соединения. Тем самым мы сможем определить необходимое армирование этого участка и сравнить с проектными данными.

При использовании в расчете нелинейных характеристик материалов конструкций необходимо пошаговое приложение нагрузки, в ходе которого можно проследить формирование пластических шарниров вплоть до разрушения стыкового соединения. Благодаря этому возникает возможность исследовать поведение стыкового соединения в условиях, наиболее приближенных к реальным. Таким образом, согласно результатам нелинейного пошагового расчета, можно сделать вывод, что при возникновении сейсмического воздействия силой в 7 баллов, характерного для района строительства объекта, стыковое соединение стеновых панелей выдержит воздействие и сохранит свою несущую способность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Злобин Г.К. «О целесообразности возрождения индустриального домостроения на Украине и критериях реконструкции КПД»
2. Журнал «БудМайстер» №8-2007 «Ломать и строить или надстраивать». – с.38
3. Прочность и жесткость стыковых соединений панельных конструкций: Опыт СССР и ЧССР/ Е. Горачек, В.И. Лишак и др.; Под ред. В.И. Лишака. – М.: Стройиздат, 1980. – 192 с., ил.
4. 07771-1-КЖ.1 «Комплекс жилой и общественной застройки по ул. Никанорова в г. Симферополе». – Консоль-Проект, г. Севастополь, 2008 г.
5. СНиП 2.03.01-84* «Бетонные и железобетонные конструкции». Нормы проектирования./Госстрой СССР.- М.: ЦИТП, 1985.
6. Линченко Ю.П., Константинов В.А. Предварительные исследования напряженно-деформированного состояния узлов анкеровки экструзионных многопустотных плит/ в Сб. научных трудов НАПКС.– Вып. 12.– Симферополь: НАПКС, 2006 г.

Павлей В.М., ст. гр. НИЭ-501, Муровский С.П., инженер.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Расчет комбинированной системы горячего водоснабжения гостиничного комплекса на базе солнечных трубчатых вакуумированных коллекторов и тепловых насосов с грунтовым коллектором.

Рассмотрена схема комбинированной системы горячего водоснабжения (ГВС) с использованием солнечных вакуумированных трубчатых гелиоколлекторов (СТВК) и теплового насоса с грунтовым коллектором. Приведен вариант расчета комбинированной системы ГВС для гостиничного комплекса.

Горячее водоснабжение, вакуумный трубчатый коллектор, тепловой насос, грунтовый коллектор, расчет параметров комбинированной системы.

В последние годы в Украине наметился значительный прогресс в развитии оборудования для использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), это связано со снижением количества добываемых органических энергоресурсов, и, как следствие, их значительным удорожанием. В связи с такой тенденцией, а также ухудшением экологической обстановки в стране, использование ВИЭ приобретает уже не просто проектный характер, а повсеместно присутствует в различных рекреационных сооружениях. Использование ВИЭ в Крыму является основным направлением развития рекреационного региона, поскольку полуостров обладает значительными запасами возобновляемой энергии. На территорию Крыма приходится значительный поток солнечной энергии, в связи с чем, целесообразно использование гелиосистем для отопления зданий и горячего водоснабжения рекреационных комплексов, а также других промышленных сооружений.

Использование гелиосистем связано прямой зависимостью от притока солнечной радиации, ввиду ее переменности. Для гелиокомплексов с круглогодичной работой необходимо применение дублирующих установок. Наиболее целесообразным является использование комбинированных систем с дублиром на основе тепловых насосов (ТН). Современные ТН обладают эффективными техническими возможностями для экономии электроэнергии и сокращения выбросов парниковых газов в атмосферу. В сочетании со снижением расхода энергии за счет улучшения тепловой защиты ТН (прежде всего, в новых зданиях) являются целесообразной альтернативой [1].

Проектирование системы горячего водоснабжения круглогодичного действия. Проектируемая система ГВС для гостиничного комплекса в г. Ялта рассматривается как экологически чистая и экономически более выгодная, по сравнению с использованием традиционных источников энергии (ТЭ). Данная система основана на преобразовании солнечной энергии в тепловую посредством трубчатых вакуумных гелиоколлекторов. В качестве дублера система рассчитана на использование ТН.

Первичным источником тепла выбраны трубчатые вакуумные гелиоколлекторы, как одни из наиболее выгодных для Крымского региона, т.к. обладают большим КПД, имеют меньшие тепловые потери, эффективно работают при значительно меньшем уровне солнечной радиации, чем плоские коллекторы. Все эти условия необходимы для круглогодичного обеспечения горячей водой отдыхающих данного гостиничного комплекса.

Для обеспечения работы системы, в качестве дублера выберем ТН, который преобразует тепло окружающей среды и подогревает воду в баке-аккумуляторе до заданного параметра. Для рационального использования энергетических потоков окружающей среды в качестве источника низкопотенциального тепла в распоряжении имеются грунт, вода, воздух.

Для практического использования низкопотенциальных источников тепла необходимо принять во внимание следующие критерии:

- достаточное наличие;
- как можно более высокая аккумулирующая способность;
- как можно более высокий уровень температур;
- достаточная регенерация;
- экономичное получение;
- низкие затраты на техническое обслуживание.

По данным критериям в качестве оптимального низкопотенциального источника тепла для данного типа ТН был выбран грунт.

Грунт обладает высокой способностью аккумулировать солнечную энергию в течение длительного периода времени, что обеспечивает сравнительно равномерную температуру источника низкопотенциального тепла в течение года и, тем самым, высокий КПД работы ТН. Температура в верхних слоях почвы меняется в зависимости от сезона. Ниже границы замерзания эти температурные колебания значительно снижаются [2].

Накопленное тепло в грунте извлекается посредством горизонтально уложенных геотермических теплообменников, называемых также грунтовыми коллекторами, или посредством вертикально проложенных теплообменников, называемых грунтовыми зондами. Тепловая мощность, отбираемая от грунта, должна с учетом теплотерь в грунтовом теплообменнике, испарителе и конденсаторе ТН покрывать теплотери здания гостиничного комплекса.

Описание работы предложенной комбинированной установки. Данная установка (рис. 1) рассчитана на работу в четырех режимах:

- *основной* - режим работы, включающий в себя нагрев воды в баке-аккумуляторе с помощью солнечных вакуумных трубчатых коллекторов и подачу потребителю;
- *промежуточный* - режим, при котором недостаточный нагрев воды в баке-аккумуляторе компенсируется перетоком воды в бойлер, где происходит ее догрев до необходимой температуры за счет дублирующего устройства (ТН или ЭТ), после чего она направляется потребителю;
- *режим дублера* - данный режим предусматривает временную неработоспособность, или очень низкую эффективность работы СТБК. В этом режиме предусматривается отбор горячей воды только из бойлера, где происходит ее догрев за счет ТН;
- *аварийный режим* – режим, включающий частичную или полную неработоспособность системы гелиоколлекторов и ТН. В данном случае нагрев воды осуществляется посредством электрического нагревателя, установленного в бойлере.

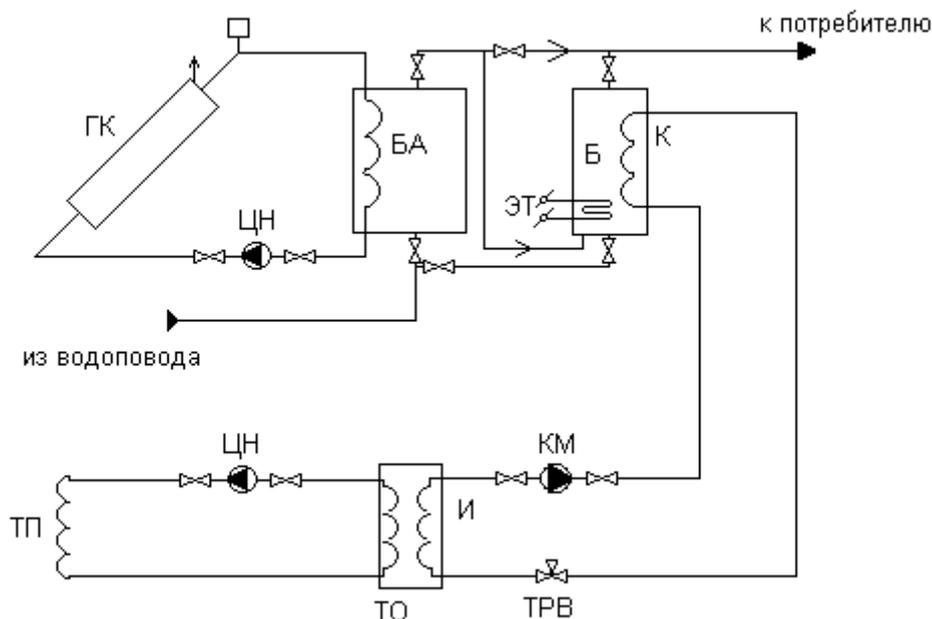


Рис. 1. Принципиальная схема комбинированной установки горячего водоснабжения круглогодичного действия. ГК – гелиоколлектор (СТБК), ТО – теплообменник, БА - бак-аккумулятор, ТП – теплоприемник, Б – бойлер, ЭТ – электронагреватель, КМ – компрессор, ЦН - циркуляционные насосы, И – испаритель, К – конденсатор, ТРВ - терморегулирующий вентиль.

Расчет площади СТБК и ТН. Данный расчет проводят в два этапа, на первом - расчет площади гелиоколлекторов, на втором – ТН в качестве дублера.

Расчет площади вакуумных гелиоколлекторов. Место строительства гостиничного комплекса – г. Ялта. Выбираем в качестве расчётного месяца июль, как месяц с наибольшей суммарной солнечной радиацией.

Требуемая солнцепоглощающая поверхность A (m^2) гелиополя установки с использованием в качестве дублёра ТН [3]:

$$A = \frac{1,16 \cdot G \cdot (t_{W2} - t_{W1})}{\eta \cdot \sum_i q_i}, \quad (1)$$

где: G – суточное потребление горячей воды в системе ГВС ($G = q_{свт}^h \cdot n = 100 \cdot 18 = 1800$ л/с);

$t_{W1} = 12^\circ C$ – температура холодной воды;

$t_{W2} = 55^\circ C$ – температура горячей воды;

$q_{свт}^h = 100$ л/сут – суточная норма водопотребления горячей воды на одного человека;

n – среднее число жителей, проживающих в доме;

$\sum q_i$ – интенсивность падающей солнечной радиации в плоскости коллектора, Вт/ m^2 :

$$\sum q_i = P_S \cdot I_S + P_D \cdot I_D, \quad (2)$$

где P_S, P_D – коэффициенты положения солнечного коллектора для прямой и рассеянной радиации соответственно;

I_S, I_D – интенсивности прямой и рассеянной солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность, Вт/ m^2 .

Для нахождения $\sum_i q_i$, определяем угол наклона коллекторов:

$$\beta = \varphi - 15^\circ = 60^\circ - 15^\circ = 45^\circ$$

$P_S = 1,04$ (для июля месяца [3])

$$P_D = \cos^2 \frac{\beta}{2} = \cos^2 \frac{45}{2} = 0,85$$

Имея значения величин P_S, P_D, I_S, I_D по формуле $q_i = P_S I_S + P_D I_D$ находим значение q_i , результаты заносим в табл. 1 и определим $\sum q_i$

Таблица 1

Результаты расчета $\sum q_i$ для суточной работы гелиоколлектора

Параметры	Часы дня								
	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17
I_S Вт/ m^2	247	305	401	522	557	571	566	532	495
I_D Вт/ m^2	111	123	152	198	221	223	219	205	187
T_0 $^\circ C$	22,4	27,7	24,5	25,7	26,1	26,7	26,5	26,2	25,3
q_i Вт/ m^2	351,2	421,8	546,2	711,2	767,1	783,4	774,8	727,5	673,8

Согласно табл. 1 - суточная суммарная интенсивность падающей солнечной радиации в плоскости коллектора ($\sum_i q_i$) равна 5757 Вт/м². Средняя температура окружающей среды (t_c) равна 25,7⁰С.

Вычисляем КПД гелиоустановки (η):

$$\eta = 0,8 \cdot \left[\Theta - \frac{9 \cdot U \cdot (0,5 \cdot (t_{w1} + t_{w2}) - t_c)}{\sum_i q_i} \right], \quad (3)$$

где $U = 3,36$ Вт/м²·⁰С - приведённый коэффициент теплопотерь солнечного коллектора;
 $\Theta = 0,84$ - приведённая оптическая характеристика (для одностекольного коллектора).

$$\eta = 0,8 \cdot \left[0,84 - \frac{9 \cdot 3,36 \cdot (0,5 \cdot (17 + 60) - 25,7)}{5757} \right] = 0,62$$

Определяем площадь плоского коллектора по формуле (1):

$$A = \frac{1,16 \cdot 1800 \cdot (55 - 12)}{0,62 \cdot 5757} = 25, \text{ м}^2$$

Для определения площади СТБК (A^*), умножаем полученное значение A для плоского коллектора на переводной коэффициент (?) для вакуумного коллектора (СТБК) [4]:

$$A^* = A \cdot \alpha = 25 \cdot 0,7 = 17,5 \approx 18, \text{ м}^2$$

Количество СТБК (N) определяем по формуле (4) исходя из размеров солнцепоглощающей поверхности (S) одного стандартного СТБК. Выбираем коллектор из типоряда изделий фирмы «Viessman» - Vitosol 200, Тип 30. Размеры выбранного СТБК: $S=3$ м² (ширина – 2159 мм, длина – 2028 мм).

$$N = A^*/S \quad (4)$$

$$N = 18/3 = 6 \text{ (шт.)}$$

Определение объёма баков – аккумуляторов. Определяем суммарный объём бака-аккумулятора для IV климатического района (г. Ялта):

$$V = 0,08 \cdot A^* = 0,08 \cdot 18 = 1,6 \text{ м}^3$$

Принимаем один бак–аккумулятор объемом 1,6 м³. Объем промежуточного бойлера для данной системы составляет 1/3 часть от объема бака-аккумулятора, т.е. 0,5 м³.

Расчет параметров ТН и грунтового теплообменника. Исходные данные для расчета: Необходимая тепловая мощность для приготовления горячей воды: при температуре горячей воды 60⁰С на 20-40 литров – 0,15-0,3 кВт [2].

Для рассматриваемого гостиничного комплекса на 18 человек: $Q_m = 18 \cdot 0,3 = 5,4 \text{ кВт}$, следовательно, выбираем из типоряда ТН фирмы «Viessman» - ТН ВW-106, хладопроизводительностью $Q_k = 5,4 \text{ кВт}$.

Тип грунта на исследуемой территории строительства - влажная глинистая почва, $q_e = 30 \text{ Вт/м}^2$. Для рассматриваемого ТН был выбран горизонтальный грунтовой коллектор, т.к. в наличии имеется значительная свободная площадь, около 400 м². Рассчитаем требуемую площадь грунта для отбора тепла:

$$F = \frac{Q_k}{q_e}, \quad (5)$$

где Q_k - хладопроизводительность ТН;

q_e - мощность по отбору тепла.

$$F = \frac{5400}{30} = 180 \text{ м}^2$$

Требуемое количество контуров труб (используются полиэтиленовые трубы 32x3 длиной 100 м каждая):

$$N = \frac{F \cdot n}{100}, \quad (6)$$

где n - длина трубы на квадратный метр (зависит от диаметра прокладываемой трубы [2])

$$N = \frac{180 \cdot 1,43}{100} = 2,6 \approx 3$$

Выбрано 3 контура, каждый по 100 м (32x3), подающая линия длиной 10 м с $D_y = 40 \text{ мм}$.

Определяем количество теплоносителя (m) в системе ТН и грунтового коллектора. В соответствии с количеством контуров коллектора необходимо предусмотреть один распределитель.

$$m = N \cdot 100 \text{ м} \cdot V_{\text{трубопр.}} + l_{\text{подающ. линии}} \cdot V_{\text{трубопр.}}$$

$V_{\text{трубопр.}}$ – объем трубопровода от ТН до распределителя рассола;

N – количество контуров.

$m = 3 \cdot 100 \text{ м} \cdot 0,531 + 10 \cdot 0,984 = 159 + 9,84 = 169 \text{ л}$ - выбрано 180 л (включая количество рассола в ТН).

ВЫВОДЫ:

1. Предложенная комбинированная система ГВС на базе СТБК и ТН позволяет круглогодично обеспечивать горячей водой проживающих в гостиничном комплексе при любых переменных значениях солнечной радиации.
2. Проведенный расчет параметров разработанной комбинированной установки для ГВС гостиничного комплекса позволяет правильно подобрать применяемое оборудование для обеспечения оптимально высокого КПД всей системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Волов Г.Я. Использование тепловых насосов в теплоснабжении и горячем водоснабжении / Г.Я. Волов, К.Л. Кочepasов // Энергия и менеджмент.- 2001.- № 2.- С. 30-33.
2. Description of ground source types for the heat pump / В. Sanner // Режим доступа к журн.: http://www.geothermie.de/ueb_seiten/ub_sanner.htm
3. Бекман У. Расчет систем солнечного теплоснабжения / Бекман У., Клейн С., Даффи Дж.; пер. с англ. Г.А. Гухман, С.И. Смирнова.- М.: Энергоиздат, 1982, 80 с.
4. Форум: Электрон. информ. бюл.- 2008.- Режим доступа: <http://www.viessman.ru>. - Солнечный коллектор.

Сеттаров Р.Э., студент группы ЭУН-402, Карпова В.С., студентка группы ССК-301, руководитель Меннанов Э.М., ассистент кафедры МДК

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

О выборе электродов для сварки продольной арматуры в каркасах сейсмостойких зданий и сооружений.

Рассмотрены варианты применения различных марок электродов при изготовлении сварных стыков рабочей арматуры ЖБК.

Сварка, электроды, арматура.

В настоящее время рынок товаров и услуг предлагает более 20 марок сварочных электродов предназначенных для ручной дуговой сварки.

На данный момент не существует рекомендаций по применению конкретных марок электродов, которые были бы предназначены для сварки арматурных сталей в конструкциях сейсмостойких зданий.

Электроды для ручной дуговой сварки представляют собой стержни длиной до 450мм изготовленные из сварочной проволоки, на которую нанесен слой покрытия — смесь веществ для усиления ионизации, защиты от вредного воздействия воздуха и металлургической обработки сварочной ванны.

В зависимости от назначения стальные электроды для ручной сварки подразделяются:

- **У** — для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 600МПа; ГОСТ 9467-75 предусматривает 9 типов электродов (Э38, Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60);
- **Л** — для сварки легированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву свыше 600МПа; ГОСТ 9467-75 предусматривает 5 типов электродов (Э70, Э85, Э100, Э125, Э150);
- **Т** — для сварки легированных теплоустойчивых сталей — 9 типов;
- **В** — для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами — 49 типов (ГОСТ 10052-75);
- **Н** — для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами — 44 типа (ГОСТ 10051-75).

К группе электродов для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей относятся электроды, предназначенные для сварки углеродистых сталей, содержащих до 0,25% углерода, и низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 590 МПа. Основными характеристиками электродов являются механические свойства металла шва и сварного соединения: временное сопротивление разрыву, относительное удлинение, ударная вязкость, угол изгиба. По этим показателям электроды, согласно ГОСТ 9467-75, классифицируются на следующие типы (в условном обозначении типа электрода две стоящие за буквой «Э» (электрод) цифры соответствуют минимальному временному сопротивлению разрыву металла шва или сварного соединения в кгс/мм²: Э38, Э42, Э46 и Э50 - для сварки сталей с временным сопротивлением до 490 МПа; Э42А, Э46А и Э50А - для сварки тех же сталей, когда к металлу шва предъявляются повышенные требования по относительному удлинению и ударной вязкости; Э55 и Э60 - для сварки сталей с временным сопротивлением разрыву от 490 МПа и до 590 МПа. Указанным стандартом регламентируется содержание серы и фосфора в наплавленном металле. Электроды для сварки углеродистых и низколегированных сталей характеризуются также уровнем сварочно-технологических свойств, в т.ч. возможностью сварки во всех пространственных положениях, родом сварочного тока, производительностью процесса, склонностью к образованию пор, а в некоторых случаях - содержанием водорода в наплавленном металле и склонностью сварных соединений к образованию трещин. Перечисленные характеристики, которые необходимо учитывать при выборе конкретной марки электрода, в значительной степени определяются видом покрытия. Рассмотрим электроды с рутиловым, основным и целлюлозным покрытиями.

Электроды с рутиловым покрытием. Основу покрытия таких электродов составляют рутиловый концентрат (природный диоксид титана). Металл шва, выполненный электродами с рутиловым покрытием, соответствует спокойной или полуспокойной стали[5]. Стойкость металла шва против образования трещин у электродов с рутиловым покрытием выше, чем у электродов с кислым покрытием. По механическим свойствам металла шва и сварного соединения большинство марок рутиловых электродов относится к электродам типа Э42 и Э46. Рутиловые электроды обладают целым рядом преимуществ по сравнению с дру-

гими видами электродов, а именно обеспечивают стабильное и мощное горение дуги при сварке переменным током, малые потери металла на разбрызгивание, легкую отделимость шлаковой корки, отличное формирование шва. Электроды мало чувствительны к образованию пор при изменении длины дуги, при сварке влажного и ржавого металла и по окисленной поверхности. К электродам рассматриваемой группы также относятся электроды с ильменитовым покрытием, занимающими промежуточное положение между электродами с кислым и рутиловым покрытиями. В состав покрытия этих электродов в качестве основного компонента входят ильменитовый концентрат (природное соединение диоксидов титана и железа).

Электроды с основным покрытием. Основу этого вида покрытия составляют карбонаты и фтористые соединения. Металл, наплавленный электродами с основным покрытием, по химическому составу соответствует спокойной стали. Благодаря низкому содержанию газов, неметаллических включений и вредных примесей металл шва, выполненный этими электродами, отличается высокими показателями пластичности и ударной вязкости при нормальной и пониженной температурах, а также обладает повышенной стойкостью против образования горячих трещин. По механическим свойствам металла шва и сварных соединений электроды с основным покрытием относятся к электродам типа Э42А, Э46А, Э50А, Э55 и Э60. Вместе с тем по технологическим характеристикам электроды с основным покрытием уступают другим видам электродов. Они весьма чувствительны к образованию пор при наличии окалина, ржавчины и масла на кромках свариваемых деталей, а также при увлажнении покрытия и удлинении дуги. Сварка, как правило, производится постоянным током обратной полярности. Перед сваркой электроды в обязательном порядке необходимо прокалить при высоких температурах (250⁰С-420⁰С).

Электроды с целлюлозным покрытием. Покрытие этого вида содержит большое количество (до 50%) органических составляющих, как правило, целлюлозы. Металл, наплавленный целлюлозными электродами, по химическому составу соответствует полуспокойной или спокойной стали. В то же время он содержит повышенное количество водорода. По механическим свойствам металла шва и сварных соединений электроды с целлюлозным покрытием соответствуют электродам Э42, Э46 и Э50. Для целлюлозных электродов характерно образование равномерного обратного валика шва при односторонней сварке на весу, возможность сварки вертикальных швов способом сверху вниз.

Все описанные выше электроды, предназначенные для сварки углеродистых и низколегированных сталей, с любым видом покрытия должны отвечать требованиям ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 9467-75, а также требованиям технических условий на электроды[4]. В технических условиях могут содержаться дополнительные требования, которые являются необходимыми для более эффективного ведения процесса и/или получения сварных соединений с особыми характеристиками и повышенной эксплуатационной надежностью.

Для сварки углеродистых и низколегированных сталей существует большое количество марок электродов, но самые распространенные из них по ГОСТу 9466-75 это-УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, УОНИ-13/65, АНО -2, АНО-3, АНО-4, АНО-21, МР -3, и ГОСТ 9467-75 предусматривает 9 типов электродов (Э38, Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60);

До последнего времени основным видом арматуры для железобетонных конструкций была арматура периодического профиля класса А400 (А-III)[3]. В Украине эта арматура изготавливается из стали марок 35ГС и 25Г2С, которые (особенно 35ГС) по общепринятым нормам являются ограниченно свариваемыми. В частности, для стали 35ГС СНиПом 2.03.01-84* запрещена дуговая сварка вкрест, которая, к сожалению, до сих пор повсеместно применяется. В результате большинство серьезных аварий железобетонных конструкций в процессе строительства происходит именно по причине дуговых прихваток стали 35ГС, а в отдельных случаях и 25Г2С[2].

В Национальной академии природоохранного и курортного строительства для изучения структуры наплавленного металла шва и околошовной зоны, были изготовлены сварные стыки арматуры диаметров 16 мм класса А500С, в количестве 10 шт. Пять образцов с использованием электродов с рутиловым покрытием и пять с основным[1].

После остывания были изготовлены микрошлифы по раннее известной и отработанной методике (рис. 1, 2,3).



Рис. 1 Изготовление микрошлифов



Рис. 2 Травление микрошлифов в 10-ти % спиртовом р-ре серной кислоты



Рис. 3 Микрошлифы. Общий вид



Рис. 4 Цифровые снимки шлифов при 600 кратном увеличении. Шов выполненный УОНИ13/55.

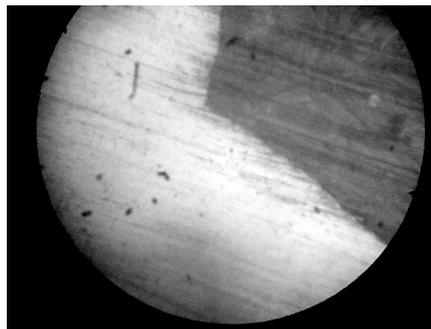


Рис. 5 Цифровые снимки шлифов при 600 кратном увеличении. Зона перехода от основного металла к шву. Выполненный АНО-4

Сравнение сварных соединений арматуры класса А500С с использованием электродов с рутиловым и основным покрытиями показало, что электроды с основным покрытием образуют более однородную, пластичную структуру металла шва и околошовной зоны. Наблюдается плавный, малозаметный переход от основного металла к наплавленному (см. рис. 4). Структура металла шва и околошовной зоны выполненные с использованием электродов с рутиловым покрытием (АНО-4), неоднородная с множеством неметаллических включений (см. рис.5) и микротрещин. Наблюдается резкий переход от основного металла к наплавленному металлу шва. Структура металла шва плотная, мелкозернистая, вероятное присутствие закалочных структур.

ВЫВОДЫ:

Для сварки арматурной стали класса А500С (ДСТУ 3760:2006), применяемой в железобетонных сейсмостойких каркасах, лучше применять электроды с основным покрытием (В), т.к. наплавленный металл и металл околошовной зоны имеют сравнительно высокие физико-механические показатели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ГОСТ 7564-97. Общие правила отбора проб, заготовок и образцов для механических и технических испытаний.-М.: Издательство стандартов. 1998. 24с.
2. ГОСТ 3242-79. Соединения сварные методы контроля качества. –М.: Издательство стандартов. 1981. 12с.
3. ДСТУ 3760-2006. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. –К.: 2007. 26с.
4. ГОСТ 9466-79. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия. –М.: Издательство стандартов. 1977.25.
5. Н.Н. Кропивницкий. Технология металлов. М.: Лениздат. 1973. 478с.

Сторчоус В.Н., к. с.-х. н., доцент; Софроний И.Н., студент
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Кременской В.И., научный сотрудник
Крымский научно-исследовательский центр ИГиМ УААН

Распределение оросительной воды различными типами водовыпусков по длине трубопроводов и на модулях системы капельного орошения

Определена равномерность распределения оросительной воды по длине поливных трубопроводов и на модуле системы с различными типами водовыпусков с разным их количеством; выявлен наиболее эффективный тип водовыпусков, обеспечивающий высокую равномерность при капельном поливе.

Капельница, поливные трубопроводы, водовыпуски, равномерность полива.

Обеспечение равномерного распределения оросительной воды по системе при наименьших затратах на ее строительство – одна из главных задач проектирования систем капельного орошения. Качество капельного полива зависит от равномерности распределения оросительной воды по длине поливного трубопровода и по площади модуля. Чем чувствительнее к дефициту влаги выращиваемые культуры, тем выше должна быть равномерность распределения воды [1].

Яблоня является влаголюбивой культурой и уменьшение поливной воды растениям на 50 - 60% приводит к существенному снижению урожайности.

Минимально недопустимым расходом воды капельниц, при котором полностью теряется эффект орошения, считается расход $q \leq 0,3q_c$, а максимально недопустимым расходом капельниц - $q \geq 2q_c$.

Проблемой равномерности распределения расходов воды при капельном орошении занимались Браверманн Р.Д., Маланчук З.Р., Федорец А.А., Скобельцин Ю.А., Калеников А.Т., Науменко И.И., Ярошенко С.В. и др [2,3].

Основными недостатками этих работ является то, что влияние факторов на работоспособность отдельных элементов велось обособленно друг от друга, а не комплексно.

Выполненный анализ работ показал, что в настоящее время отсутствуют данные о работоспособности новых современных водовыпусков в конкретных производственных условиях эксплуатации.

Задачей исследований являлось определение основных количественных показателей, характеризующих равномерность подачи воды различными водовыпусками по длине поливных трубопроводов и на модулях системы капельного орошения.

Условия и методика исследований. Интенсивный яблоневый сад был посажен в 2002 году на подвое М9 в совхозе-заводе «Плодовое» Бахчисарайского района АР Крым. Схема посадки 4 х 1,5 м. В 2004 году на площади 3,4 га была построена система капельного орошения с различными водовыпусками:

1. Поливные трубопроводы диаметром 16 мм с вмонтированными водовыпусками «Аквагол» (производства «Аквавита» г. Алушта), с интервалом 0,5 м; «RAM» (Израильская фирма «Netafim»), с интервалом 0,5 м; «DRIP In CLASSIC» (Итальянская фирма «TORO») с интервалом 0,6 м.

2. Поливные трубопроводы диаметром 20 мм с тупиковыми капельницами: «Тирас» производства ЧП «Джерело», Киевская обл. и КР-2 (Олсон) производства Симферопольского завода «Сизакор», установленными по одной у ствола дерева, а также капельницами «EURO-KEY» производства итальянской компании «TORO» и Супертиф НД (Израиль) установленными на расстоянии 0,3...0,4 м по обе стороны от ствола дерева.

Исследование гидравлических характеристик этих капельниц-водовыпусков проводили на стенде в лаборатории Крымского научно-исследовательского центра ИГиМ. Источником водоснабжения и напором служила городская сеть водоснабжения, которая обеспечивает давление до 300 кПа. Установка состояла из: задвижки регулирующей, образцового манометра, задвижки уста-

навливаемой, подводящего полиэтиленового трубопровода Ø 20 мм, муфты соединительной и исследуемого поливного трубопровода с капельницами.

Равномерность распределения поливной воды в полевых условиях по длине поливного трубопровода изучалась объемным методом на каждом из учетных рядов путем замера расхода воды капельницами, установленными на трубопроводе. Измерение расхода воды из водовыпуска проводили с помощью мерных цилиндров емкостью 500 мл. Исследования проводили на всех типах капельниц, установленных на системе в начале, середине и конце поливного трубопровода на 12 водовыпусках в клетке на трех поливных трубопроводах. На каждой клетке сада повторность опытов трехкратная. Время замера расходов воды капельницами 6...15 минут.

Равномерность распределения поливной воды на модуле системы определяется по Д.Келлеру и Д. Кармелли [4]:

$$E = \frac{q_{\min}}{q_C} \left(1 - \frac{1,27 \cdot V_T}{\sqrt{n} \cdot 100}\right) \cdot 100 \quad (1)$$

где: V_T – коэффициент вариации среднего расхода воды;

n – количество микроводовыпусков на одно дерево;

q_{\min} – среднее из 25% самых низких расходов капельниц, определенных в полевых условиях, л/час;

q_C – среднее значение расхода капельниц на поливном трубопроводе, определенная в полевых условиях, л/час.

Равномерность расхода воды капельницами в полевых условиях определяли по формуле Д.Келлера и Д.Кармелли [4]:

$$E = 100 \frac{1}{2} \left(\frac{q_{\min}}{q_C} + \frac{q_C}{q_{\max}} \right), \quad (2)$$

где: q_{\min} – среднее из 25% самых низких расходов капельниц, определенных в полевых условиях, л/час;

q_{\max} – среднее из 25% самых высоких расходов капельниц, определенных в полевых условиях, л/час;

q_C – среднее значение расхода капельниц на поливном трубопроводе, определенная в полевых условиях, л/час.

Результаты исследований. Анализ данных лабораторных исследований (рис.1) показывает, что с увеличением давления для всех исследуемых типов капельниц средний расход воды возрастает. У поливных трубопроводов с вмонтированными водовыпусками в диапазоне давления от 20 до 250 кПа расход воды капельниц изменялся: «DRIP In Classic» от 0,85 л/ч до 3,03 л/ч, «RAM» от 0,71 л/ч до 2,42 л/ч, «Аквагол» от 0,89 л/ч до 2,69 л/ч. Коэффициент технологической равномерности расхода воды капельницами «Аквагол» составил - 0,96...0,98, «DRIP In Classic» и «RAM» - 0,94...0,96. Экспонента расходов составляла 0,46...0,52. Таким образом, установлено, что поливные трубопроводы с вмонтированными водовыпусками имеют высокий коэффициент технологической равномерности расходов воды.

В результате исследований, проведенных в полевых условиях установлено, что разница давления в начале и конце поливного трубопровода незначительна и составляет 3...10 кПа, в среднем 5 кПа (0,5 м водного столба). Коэффициент расхода воды капельницами по длине поливного трубопровода составляет у капельниц «КР-2» (Олсон) - 0,86, а у компенсированной капельницы «Супертиф НД» - 0,96. В поливных трубопроводах со встроенными водовыпусками коэффициент составлял 0,95...0,98, что свидетельствует о стабильной работе водовыпусков.

Анализ данных об изменении коэффициента вариации расходов показывает, что у всех типов капельных водовыпусков с увеличением времени эксплуатации он увеличивается. Особенно интенсивно коэффициент вариации расходов увеличивается в капельных водовыпусках, в которых гашение напора происходит в длинных проточных каналах, выполненных в виде лабиринтов и спиралей.

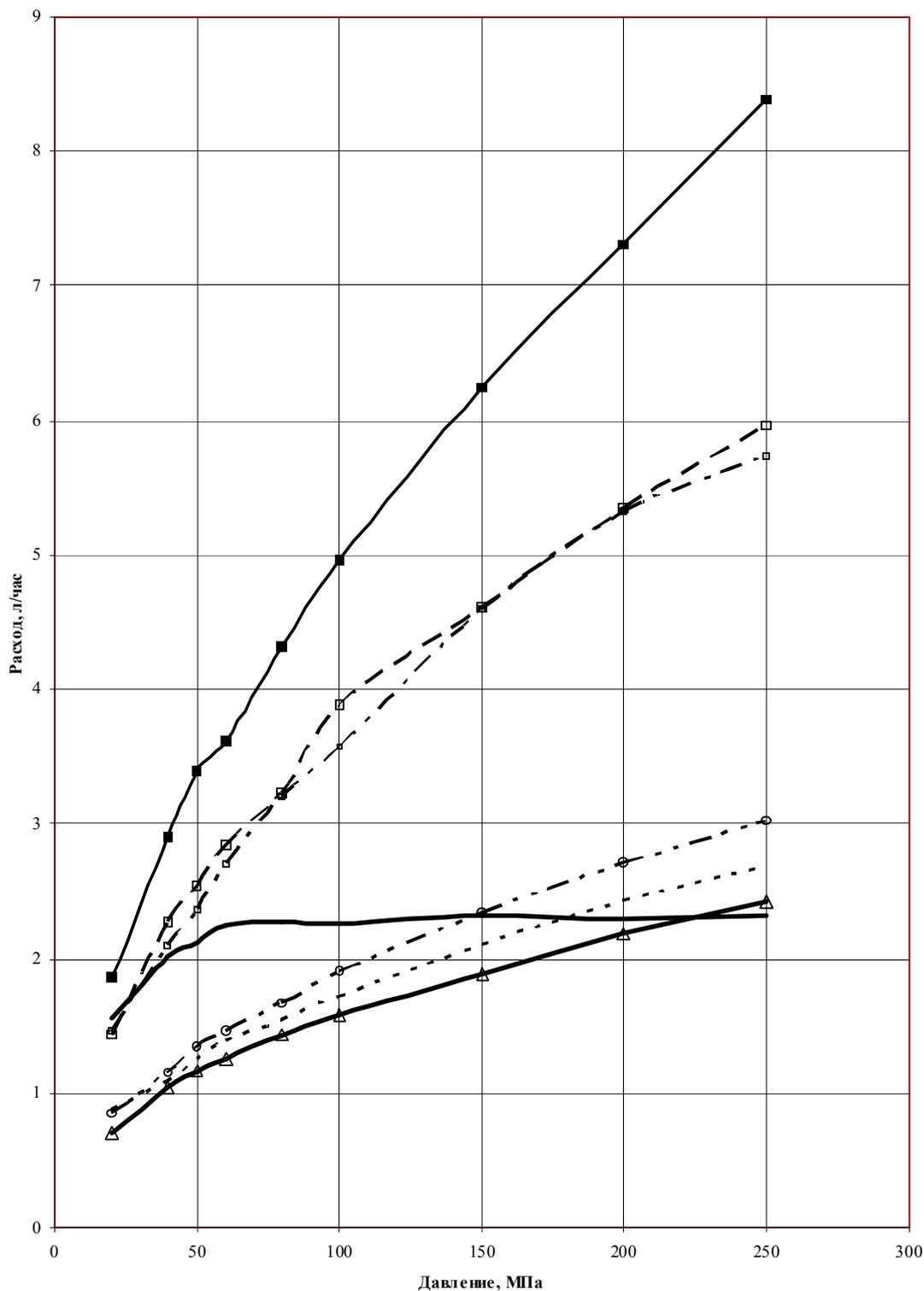


Рис. 1. Расходно-напорные характеристики различных типов водовыпусков

—○— "Drip in Klasic" —△— "Ram" компании "Netafim" - - - - - Аквагол
 —■— "Tipac" —□— "Олсон" —□— "EURO-KEY 4 л/год."

Данные об изменении коэффициента вариации расходов и коэффициент равномерности распределения расходов по поливным трубопроводам показывают, что с увеличением коэффициента вариации происходит уменьшение коэффициента равномерности раздачи расходов воды поливных трубопроводов.

Данные о равномерности распределения поливной воды по длине поливных трубопроводов для разных типов водовыпусков представлены в табл.1.

Как видно из табл.1 равномерность распределения поливной воды различными водовыпусками больше составляет 78-90%, кроме капельниц КР-2 (Олсон) в которых равномерность расхода воды составляет 67%

Таблица 1

Равномерность распределения поливной воды по длине поливных трубопроводов в полевых условиях

№ Пп.	Водовыпуски	Расход водовыпусков, л/час.			Равномерность подачи воды в полевых условиях, %
		ср.	мах.	min.	
1	Аквагол	1,65	1,83	1,42	88
2	RAM	1,43	1,73	1,21	83
3	DRIP In CLASSIC	1,7	1,87	1,44	88
4	Супертиф НД	2,21	2,43	1,96	90
5	EURO-KEY	1,85	2,44	1,49	78
6	Тирас	3,94	3,08	4,52	83
7	КР-2 (Олсон)	2,36	2,98	1,28	67

Исследование характера распределения поливной воды по площади секции модуля (клетки сада) проводили на основании замера расхода капельниц на поливных трубопроводах, распределенных равномерно по клетке сада.

В таблице 2 представлены результаты исследований по равномерности распределения поливной воды на модулях системы (клетках сада) капельного орошения в с-з „Плодовое”.

Равномерность расхода воды водовыпусками на участке составляла от 71,4 до 81,5%. Самой низкой равномерностью водоподачи (35,5%) отмечены капельницы «Олсон».

Таблица 2

Равномерность распределения поливной воды на модуле системы капельного орошения

Водовыпуски	Средн.расход на модуле системы, л/час.	Min расход воды, л/час.	$\frac{q_{min}}{q_{ср}}$	Количество капельниц на дерево, шт.	Равно-мерность на модуле, %
Аквагол	1,65	1,36	0,824	3	81,5
RAM	1,43	1,07	0,748	3	73,3
DRIP In CLASSIC	1,70	1,32	0,776	2,5	75,1
Супертиф НД EURO-KEY	2,03	1,49	0,734	2	71,4
КР-2 (Олсон)	2,89	1,29	0,446	1	35,5

В таблице 3 представлены данные по стоимости поливных трубопроводов длиной 100 п.м. и стоимости поливной сети на 1 га при схеме посадки сада 4x1,5 м с различными водовыпусками. Как видно из представленных данных наиболее дешевыми на 1.02.08 г. являются поливные трубопроводы с интегрированными капельницами «Аквагол».

Стоимость поливных трубопроводов с интегрированными капельницами в ценах на 01.02.08 г.

№пп	Наименование	Поливные трубопроводы с вмонтированными водовыпусками		
		«Аквагол»	«RAM»	«DRIP In Classic»
1	2	3	4	5
1	Количество водовыпусков на дерево, шт.	3	3	2,5
2	Стоимость 100 п.м. поливного трубопровода, грн.	150	190	162
3	Стоимость поливных трубопроводов с водовыпусками на 1 га, грн.	3750	4750	4050

ВЫВОДЫ

1. Поливные трубопроводы с интегрированными водовыпусками («Drip In Classic», «Ram», «Аквагол»), а также капельницы «Супертип НД», «EURO-KEY» имеют высокую равномерность полива как по длине поливных трубопроводов, так и на модуле системы капельного орошения.
2. Капельницы «КР-2 (Ослон)» имеют недостаточную равномерность раздачи расходов воды как по длине поливного трубопровода, так и по модулю системы. Закладывать в проекты такие водовыпуски не целесообразно.
3. У всех типов капельных водовыпусков с увеличением времени эксплуатации коэффициент вариации расходов увеличивается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Науменко И.И., Подласов А.В., Сидоренко А.М. и др. Повышение надежности оросительных систем. - К: Урожай, 1989. – 95 с.
2. Науменко И.И., Токар А.И. Оценка надежности работы капельниц. - К.: Урожай. // Мелиорация и водное хозяйство, №63, 1986.-С.84-87.
3. Токар А.И. Изменение гидравлических характеристик капельниц в процессе эксплуатации. - Львов: Вища школа. // Гидро-мелиорация и гидротехническое строительство, №14, 1986.-С. 49-51.
4. Келлер Д., Кармелли Д. Проектирование систем капельного орошения. - К: Перевод № 76/578, 1976. – 165 с.

Хмуровская Ю. О., студентка; Ажермачев С.Г., к.т.н. доцент
 Национальная академия природоохранного и курортного строительства

О закреплении консольных балок балкона в стене

Рассматривается проблема крушения балконов и пример расчетов всех необходимых параметров балконной заделки

29.04.2004. Шесть человек погибли и еще как минимум сто семнадцать получили ранения и травмы различной степени тяжести в результате внезапного обрушения балкона в ночном клубе бразильского города Сан-Паулу. Сообщается, что конструкция не выдержала веса посетителей.

Как передает Лента.Ру, балкон в клубе Ladies First обрушился около 2:00 по местному времени в ночь на воскресенье. «На балконе собралось больше людей, чем могла выдержать конструкция», - заявили представители местной полиции.

Рассмотрим это явление подробнее

Консольная балка балкона пролетом L_1 заделана в стену дома на глубину L_2 (рис. 1). Требуется определить линию прогибов балки L_2 , характер распределения изгибающего момента M в балке в заделке и характер распределения поперечной силы P в заделке.

На участке BC балка заделана в упругую среду. Ее расчетная схема представлена на рис. 2.

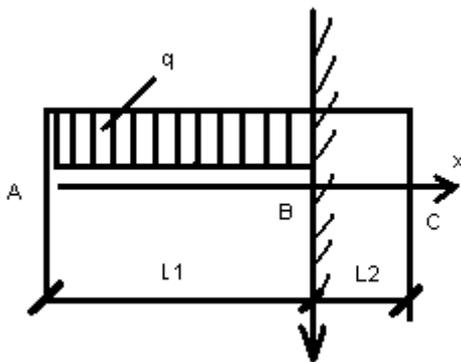


Рис 1

Уравнение упругой линии

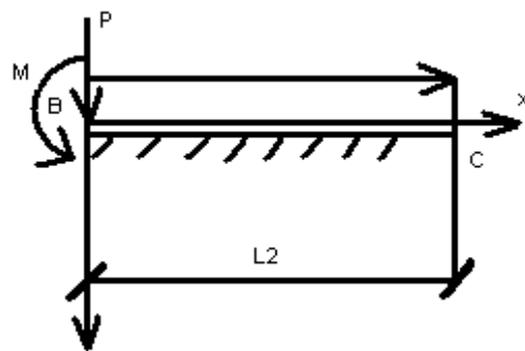


Рис 2

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} = q(x) \quad (1)$$

Зная уравнение упругой линии, вычислим в любой точке изгибающий момент M и поперечную силу Q :

$$M = -EIy'''; \quad Q = -EIy'''' \quad (2)$$

Для балки на упругом основании полная сплошная нагрузка входящая в уравнение (1) представится в следующем виде:

$$P(x) = q(x) - kv \quad (3)$$

Ось Oy направляет силу, нагрузку, направленную вниз, считаем положительной, а вверх – отрицательной.

Уравнение (1) принимает вид:

$$EIy'''' = q(x) - k(y) \quad (4)$$

Или

$$EIy'''' + k(y) = q(x) \quad (5)$$

Общее решение уравнения (5) имеет следующий вид

$$y = C_1 e^{\beta x} \cos \beta x + C_2 e^{\beta x} \sin \beta x + C_3 e^{-\beta x} \cos \beta x + C_4 e^{-\beta x} \sin \beta x$$

Для определения постоянных используем предельные условия:

$$\text{При } x = 0 \quad y'' = \frac{M}{EI} = \frac{gl_1^2}{2EI}; y''' = \frac{P}{EI} = \frac{gl_1}{EI},$$

$$\text{При } x = L_2 \quad y'' = 0; y''' = 0$$

$$\text{Здесь } \beta = \sqrt[4]{\frac{k}{4EI}};$$

k – отпорность упругого основания; E – модуль упругости материала балки; I – момент инерции балки.

Определяем вторую производную выражения (1), и получаем характер изгибающего момента M на участке L_2 эпюра поперечной силы Q для участка L_2 можно получить взяв третью производную выражения (1).

ВЫВОД

Рассчитывая момент M и поперечную силу Q мы можем рассчитать предельный вес и момент, который может выдержать данная заделка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.magnolia-tv.com.ua/news/2004-08-30/brazil/>
2. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. «Высшая школа», М. 1989. 624 стр.

Чепурная Е.А., студентка группы ПГС 303, руководитель Булавинцев Ю.Е. инженер
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Новая технология монолитного строительства с применением несъемной опалубки из пенополистирола.

Рассмотрена технология монолитного строительства зданий с применением несъемной опалубки на примере системы «Изодом». Приведены данные по пенополистиролу, указаны достоинства и недостатки системы.

Сегодня в Украине остро стоит проблема обеспечения населения качественным и не дорогим в эксплуатации жильем. За последние 10 лет мировые цены на газ выросли почти в десять раз. Как следствие руководством страны разрабатываются программы по развитию энергосберегающих технологий. В целях экономии энергоносителей действующими нормами проектирования значительно повышены требования к уровню теплозащиты зданий. Если раньше при низкой цене энергоносителей не было заинтересованности вкладывать деньги в стеновой материал с эффективной теплоизоляцией, то сегодня это стало насущной потребностью. Научные разработки стали направлять на поиск новых материалов, новых эффективных конструкций наружных ограждений зданий. Началось более широкое применение сверхлегких утеплителей, расположенных снаружи или внутри стен.

Одним из таких утеплителей является пенополистирол (ППС).

Пенополистирол (ППС) — это признанный во всем мире экологически чистый и долговечный строительный материал, изготовленный путем термального вспучивания гранул полистирола при воздействии газообразователя, позволяющий обеспечить не только высокую тепло- и звукоизоляцию, но и пожаробезопасность. Пенополистирол высокоэффективен для утепления частей здания, также этот материал обладает влагостойкими качествами. Пенополистирольные плиты почти невесомы, удобны при транспортировке и монтаже, долговечны и надежны. В последние годы получили распространение системы стен с применением пенополистирола - «Пластбау» (Германия), «Русская стена», «Изодом» (Россия), и «Термодом» (Украина).

Основные свойства пенополистирола:

- *Низкая удельная теплопроводность.* Это связано с тем, что пенополистирол почти полностью состоит из воздуха и только на 2% из полистирола, а воздух обладает одним из самых низких показателей теплопроводности. Поэтому теплопроводность пенополистирольных плит находится в пределах от 0,037 до 0,043 Вт/мК (для сравнения, аналогичный показатель для воздуха — 0,027 Вт/мК). Это значительно ниже, чем теплопроводность дерева (0,12 Вт/мК), кирпича (0,7 Вт/мК), керамзита (0,12 Вт/мК) и других строительных материалов. Низкая теплопроводность пенополистирольных плит обеспечивает высокий уровень энергосбережения. Достаточно всего 12 см полистирольного пенопласта там, где необходимая толщина стен из кирпича должна составлять 2 м 10 см, а из дерева — 45 см.
- *Хорошая звукоизоляция от ударного шума.* Именно ячеистая структура полистирольного пенопласта обусловила его высокие звукоизоляционные и шумопоглощающие свойства.
- *Устойчивость к химическим и биологическим воздействиям.* Пенополистирол сохраняет свои свойства при длительном контакте с солевыми растворами, с кислотами (кроме концентрированной азотной и уксусной), известью, битумом, клеящими водорастворимыми красками, гипсом, кремнийорганическим маслом и др. Будучи полностью синтетическим продуктом, пенополистирольные элементы не используются в пищу животными и микроорганизмами и не способствуют их размножению.
- *Высокая прочность при низкой плотности.* Плотность ППС плит невысока — 0,015–0,05 г/см³ (для сравнения плотность воды — 1,0 г/см³). Однако при этом ППС имеет достаточно высокую прочность на сжатие и растяжение.
- *Долговечность.* Поскольку пенополистирольные элементы — это пластик, то они способны при правильной эксплуатации сохранять свои физические свойства длительное время.

- *Экологическая чистота.* Гранулы полистирольного пенопласта состоят из углерода и водорода, что обеспечивает высокую экологическую чистоту материала. ППС не является ядовитым, не образует пыли, не имеет запаха, не выделяет токсичные вещества.

Ниже приводится технология строительства объектов с применением элементов несъемной опалубки из вспененного полистирола на примере системы «Изодом».

В основу технологии «Изодом» положено использование стеновых блоков из специального строительного пенополистирола, а также плит перекрытий различной длины в качестве несъемной опалубки (максимальная длина перекрытий определяется значением полезной нагрузки – обычно не более 7 м). Смонтированную из стеновых блоков ограждающую конструкцию заполняют тяжелым бетоном в полости блоков, образуя железобетонные колонны. Междуетажное перекрытие выполняется как обычное монолитное ребристое железобетонное перекрытие, опирающееся на железобетонные столбы в стенах здания. Пенополистирольные элементы несут функции опалубки, утеплителя, звукоизоляции, а в технологических отверстиях могут прокладываться различные инженерные коммуникации для электроосвещения, водоснабжения, кондиционирования, и др.

Таким образом в результате двух технологических операций (монтаж стеновых блоков и монтаж плит перекрытий) сооружается здание, которое можно рассматривать как жесткую пространственную рамную конструкцию, обрамленную тепло- и звукоизоляционной оболочкой из пенополистирола. После небольшого объема отделочных работ по элементам из пенополистирола (штукатуривание стен и потолков), коробка теплого дома готова за короткий срок строительства. Дальше остаются работы по установке конструкции кровли, по прокладке внутренних коммуникаций и внутренним отделочным работам.



Рис.1. Строительство 9-ти этажного жилого дома.

По системе «Изодом» возможно возводить: индивидуальные жилые дома, многоэтажные здания до 16-ти этажей включительно, вести реконструкцию существующих пятиэтажек с надстройкой двух этажей, строить мансарды на существующих зданиях, каскадные одно- и двухэтажные жилые многоквартирные дома, сервисные объекты, общественные здания, сельскохозяйственные объекты и др. сооружения (бассейны).

Номенклатура ППС блоков включает в себя стеновые блоки: рядовые, угловые, поворотные, перемышечные, опоры перекрытий и элементы перекрытий (рис.2).

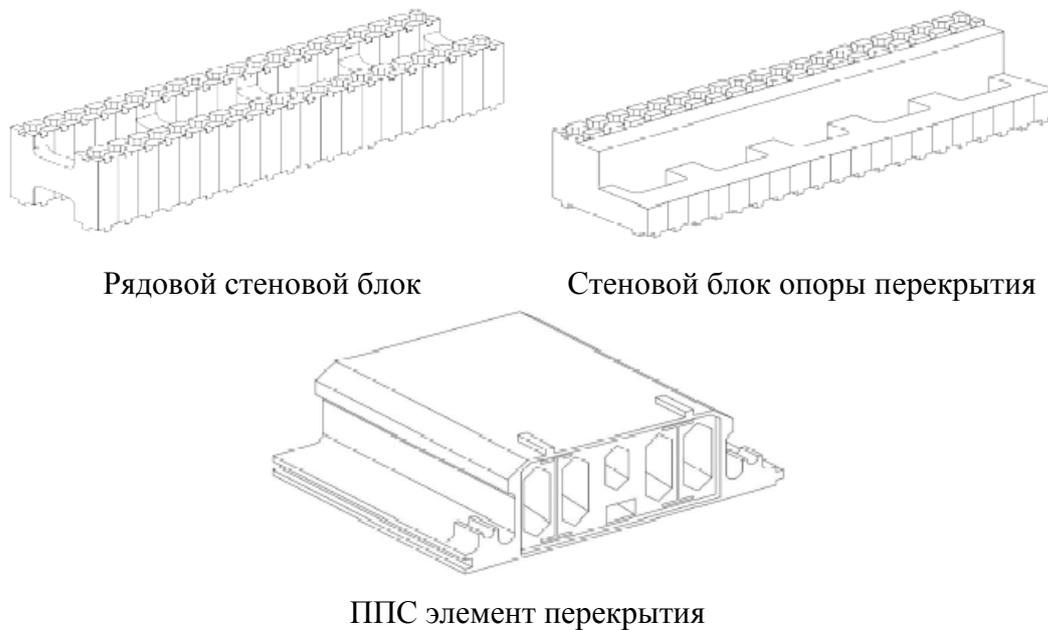


Рис. 2 Пенополистирольные элементы

Фундаменты. Фундаменты под сооружения, строящиеся по системе «Изодом», могут быть выполнены из монолитного бетона, железобетона или сборных бетонных блоков. При выполнении фундаментов из монолитного бетона, а так же из сборных бетонных блоков, должен быть выполнен монолитный пояс высотой не менее 300 мм, в котором устанавливаются выпуски-анкера из арматурной стали диаметром не менее 10 мм из стали класса А-III. Конструкции анкеров, места их расположения определяют расчетом. Указанные анкера необходимы для стыковки с арматурой стен и создания жесткой пространственной рамы сооружения.

При выполнении подвалов из ППС блоков в подошве фундамента необходима закладка монолитной железобетонной плиты с обязательной установкой анкеров, аналогично фундаментам из монолитного бетона и сборных бетонных блоков. Армирование стен подвала из ППС блоков производят с учетом нагрузки от бокового давления грунта. Стеновые элементы должны быть оштукатурены по сетке Рабитца толщиной слоя не менее 20 мм. На оштукатуренную стену подвальных помещений, контактирующую с грунтом, укладывают гидроизоляцию для предотвращения проникновения влаги внутрь подвала.

В качестве горизонтального гидроизоляционного слоя могут применять: поливинилхлоридную пленку, пергамин, рубероид и изоляционный раствор. Вертикальную гидроизоляцию выполняют из тех же материалов, но возможно применение обмазочной гидроизоляции горячим битумом или холодной асфальтовой мастикой.

Для защиты от влаги почвы, кроме выполнения горизонтальной гидроизоляции, можно уложить в первый слой блоков водонепроницаемый гидротехнический бетон марки В-4 толщиной слоя 10-20 см.

Стены. Монтаж стеновых элементов несъемной опалубки производят на подготовленное основание: по выполненной горизонтальной гидроизоляции фундаментов (стены первого этажа), монолитной железобетонной обвязке в уровне верха перекрытия последующих этажей с обязательным соблюдением стыковки арматурных стержней фундаментов или нижележащих колонн стен с вновь монтируемыми арматурными каркасами (вертикальными) новой стены каждого этажа. Армирование стен определяют расчетом.

Монтаж стеновых ППС блоков производят в следующей последовательности: вначале укладывают угловой и концевые блоки, затем пространство между ними заполняют блоками, которые укладывают один за другим на подготовленной поверхности фундамента или плиты основания. Последующие ряды блоков укладывают в той же последовательности с перевязкой вертикальных стыков нижерасположенных блоков. Укороченные (доборные элементы) укладывают в центре

секции стены.

Наиболее подходящим материалом для бетонирования стен с помощью бетононасоса является мелкозернистый бетон класса не ниже В15. Для поддержания расчетного водоцементного отношения и реальной экономии вяжущего необходимо добавлять в приготавливаемый бетон пластификаторы. Высота максимальная единоразовой укладки бетонной смеси три стеновых ППС блока по высоте, при этом происходит уплотнение бетонной смеси в конструкции без применения вибрации.

В секциях с дополнительным армированием уплотнение бетонной смеси достигается с помощью вибрационной иглы.

Перекрытия. Элементы несъемной опалубки перекрытий из вспененного полистирола выполняют кроме функций утепления и шумоизоляции, функцию опалубки монолитного железобетонного перекрытия.

Перекрытие рассчитывают как монолитный железобетонный Т-образный элемент с полкой в сжатой зоне по схеме однопролетной балки с проектными временными и постоянными нагрузками в зависимости от назначения здания. Расчетом определяют армирование балки и верхней плиты толщиной 50 мм.

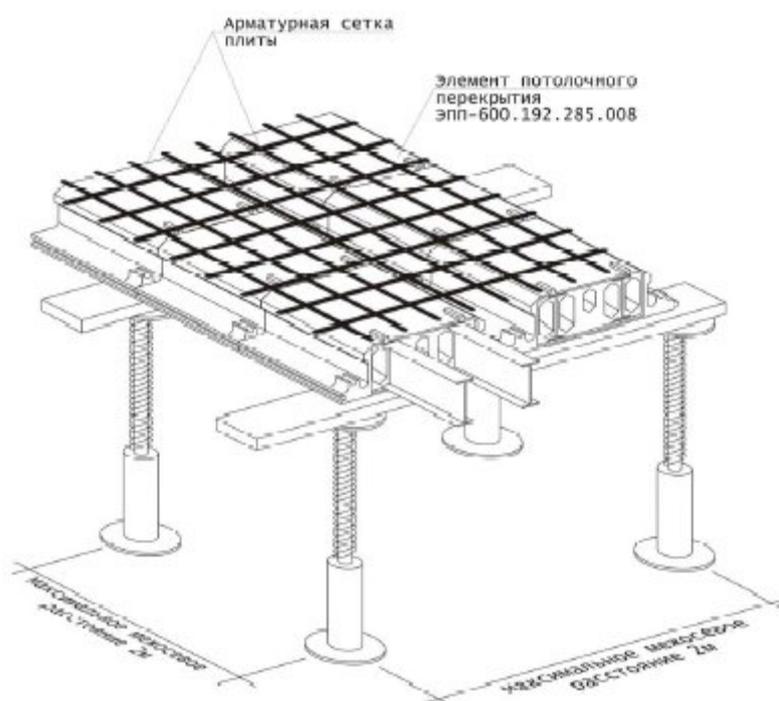


Рис.3 Схема монтажа перекрытия.

Перед монтажом перекрытий на строительной площадке в технологические пазы элементов перекрытия вставляют двутавровые элементы жесткости. Это значительно уменьшает прогиб конструкции перекрытия из пенополистирола.

Подготовленную таким образом плиту перекрытия монтируют на несущие стены с помощью инвентарных стоек и прогонов, уменьшая рабочий пролет плиты до 2 метров (рис.3)

Опираие плит перекрытия на несущие стены показано на рис.4, примыкание к самонесущим стенам на рис. 5.

Арматурные каркасы несущих балок перекрытия связывают с арматурным каркасом обвязочного железобетонного пояса по периметру всех несущих стен здания для создания жесткого диска перекрытия.

Бетонирование перекрытия совместно с обвязочным поясом ведут бетоном класса В15 с соблюдением всех технических условий бетонирования монолитных железобетонных перекрытий (швы бетонирования в 1/3 пролета).

Снятие инвентарных стоек и прогонов, поддерживающих элементы перекрытия, производят после достижения бетоном 75% проектной прочности.

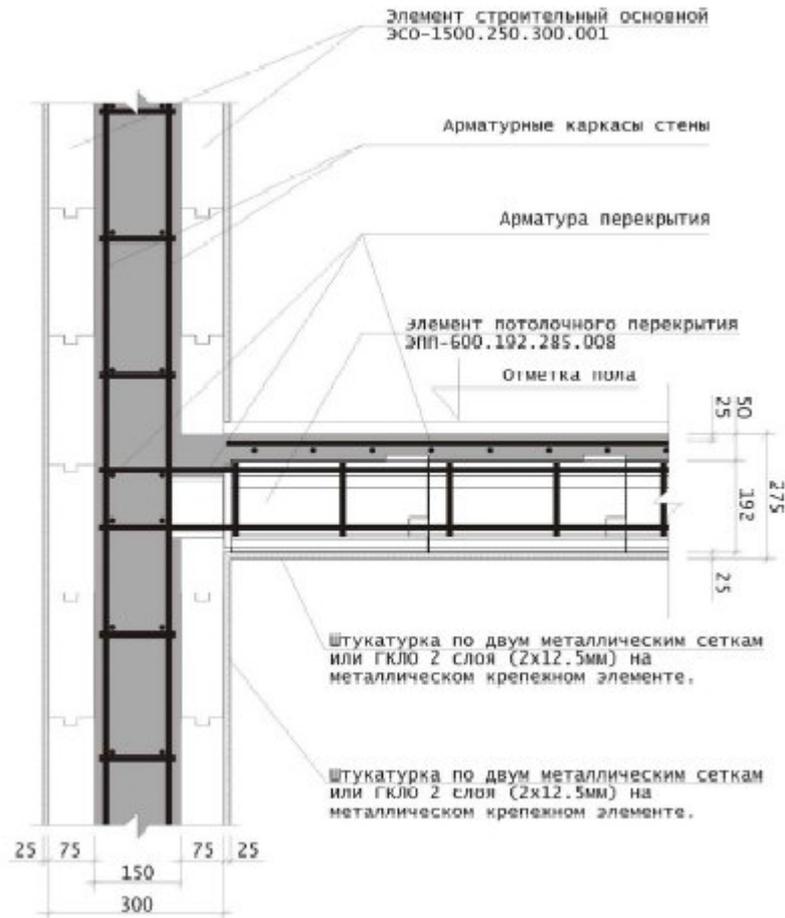


Рис.4. Узел примыкания перекрытия к внешней несущей стене.

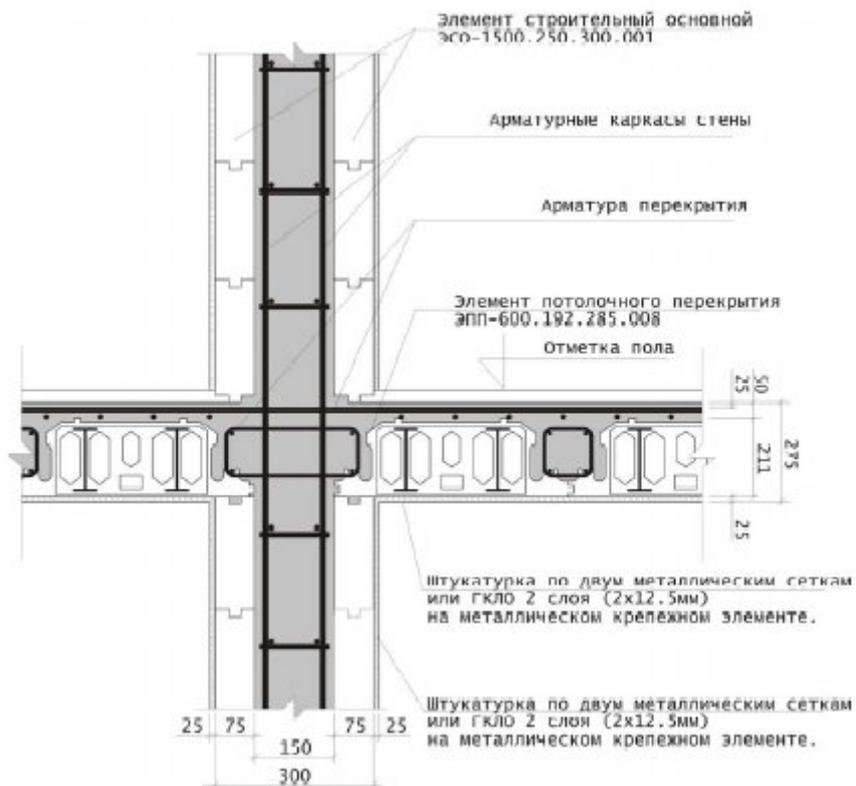


Рис.5. Узел примыкания перекрытия к внутренней стене

Перегородки выполняют из гипсокартона или из мелкоштучных строительных элементов.

Крыша. Возможны различные виды несущих кровельных конструкций: деревянные стропиль-

ные конструкции или плиты перекрытий с применением неснимаемой опалубки. При деревянных конструкциях кровли в верхнюю часть стены закладывают металлические анкера для крепления мауэрлатного бруса. При выполнении плоской кровли покрытие решается аналогично плоским кровлям на железобетонных сборных плитах, но без утеплителя.

Наружняя отделка. Для отделки стен применяют штукатурку цементно-известковым раствором по сетке, облицовку фасада полихлорвиниловыми панелями, листовым металлом, деревянной вагонкой, возможна облицовка стен кирпичом в 1/4 (клинкерным, керамическим, и т.д.) а также различными видами фасадных плиток, естественным и искусственным камнем. В этом случае кирпичную кладку армируют через 5-6 рядов и эту арматуру анкерами связывают с бетонной конструкцией стены. Анкера закладывают через пенополистирольные элементы стены до заливки стены бетонной массой.

Прокладка инженерных коммуникаций. Внутренние инженерные коммуникации прокладывают непосредственно в пустотах стеновых ППС блоков.

Достоинства технологии «несъемной опалубки из ППС».

1. Трудозатраты и время возведения конструкций с применением ППС сокращается в 2-3 раза, вследствие чего себестоимость строительных работ снижается как минимум на 30-40% по сравнению с традиционными технологиями.
2. Строительство из пенополистирола позволяет возводить здания различной конфигурации.
3. Благодаря высоким теплоизоляционным характеристикам стен снижаются затраты на отопление зимой и кондиционирование летом в 3-3,5 раза по сравнению с кирпичными домами.
4. Строительная система «несъемной опалубки из ППС» позволяет получить дополнительно до 10% площади за счет уменьшения толщины стен до 25см с сохранением ее высоких теплоизоляционных и прочностных характеристик.
5. Строительная технология позволяет многократно снизить расходы на фундаменты здания и использовать существующие фундаменты зданий при их реконструкции или надстройке.
6. Жесткая каркасная конструкция монолитных стен при их малом весе обеспечивает высокие антисейсмические свойства зданий, гарантирует отсутствие трещин при внутренней и внешней отделке стен.
7. Предел огнестойкости стены – 2,5 часа.
8. Рекомендовано применение в сейсмически опасных районах.
9. Гарантийный срок до 120 лет.

К недостаткам рассмотренной системы следует отнести более высокую стоимость пенополистирольных блоков по отношению к традиционным стеновым материалам.

ВЫВОДЫ

В совокупности, учитывая сокращение сроков и трудозатрат при строительстве, возможность надстройки существующих зданий без их усиления, а главное значительное сокращение энергозатрат при эксплуатации зданий в условиях надвигающегося энергетического кризиса делает применение технологии системы «Изодом» экономически оправданной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.2.6-6-95. Проектирование, строительство и эксплуатация зданий системы «Пластбау». Государственный комитет Украины по вопросам городского строительства и архитектуры.-К.: ,1997.-88с.
2. Маклакова Т.Г, Нанасова С.М. Конструкции гражданских зданий.– М.: Издательство АСВ, 2000 – 280 с.
3. Рекламные материалы.

Шевченко Н.Н., студ. гр. ЭУН-402, Швечкова Ю.О., студ. гр. ССК-301, руководитель ассистент каф. МДК Меннанов Э.М.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Альтернативный стык арматуры класса А500С

Рассматриваются особенности конструирования стыков продольной арматуры в колоннах железобетонных каркасов. Даются рекомендации по выполнению сварных стыков из термоупрочненной стали.

Сварка, арматура.

В 2006 году введен в действие ДСТУ 3760:2006 «Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Общие технические условия.» (ISO 6935-2:1991, NEQ)

В основу данного стандарта положены требования к арматурному прокату, установленные в следующих зарубежных нормативных документах ISO 6934, ISO 6935, DIN 488, ENV 10080, BS4449, в части основных параметров и размеров, химического состава, механических свойств и методов испытаний. Стандарт распространяется на прокат арматурный гладкого и периодического профиля диаметром от 5,5 до 40 мм, предназначенный для армирования обычных и предварительно напряженных железобетонных конструкций.

С введением ДСТУ 3760-98 и ДСТУ 3760-2006 в Украине отменены ГОСТ 5781—82 и ГОСТ 10884—94.

Отличительной особенностью введенного стандарта является применение нового обозначения класса арматурного проката. Арматурный прокат (А) подразделяют на классы в зависимости от показателя механических свойств и служебных свойств проката:

- свариваемый (с индексом С),
- стойкий против коррозионного растрескивания под напряжением (с индексом К),
- несвариваемый (без индекса С),
- нестойкий против коррозионного растрескивания (без индекса К).

Согласно ДСТУ 3760-2006 арматурный прокат изготавливают следующих классов:

- А240С - с гладким профилем;
- А400С, А500С, А600, А600С, А600К, А800, А800К, А800СК и А1000 - с периодическим профилем.

Класс проката А500С введен впервые. Класс проката А500С по способу производства классифицируется как термомеханически упрочненный, периодического профиля, Индекс «С» указывает, что прокат является свариваемым.

В табл. 1 приведена идентификация арматурного проката согласно ДСТУ 3760-98 по отношению к ГОСТ 5781—82 и ГОСТ 10884—94.

Как видно из табл. 1, класс А400С в зависимости от марки применяемой стали и способа упрочнения приравнивается к горячекатаной класса АIII (ГОСТ5781-82) и термомеханически упрочненной класса АтIII (ГОСТ10884-94).

Согласно рекомендаций выполнять вертикальных стыковку стержней по вертикали следует по ГОСТу 14098-91 и по типу С21-Рн, который предполагает использование двух параллельных боковых накладок из стержней того же диаметра и материала. (табл .2).

В колоннах монолитного железобетонного рамного каркаса здания требуемый минимальный защитный слой должен составлять 25мм. В итоге, при выполнении сварного стыка при помощи двух боковых накладок защитный слой бетона уменьшается, что не допустимо в сейсмостойких каркасах (рис.1).

Ранее предусматривался альтернативных сварной стык арматурного проката со смещением боковых накладок во внутрь колонны на величину 0,5 диаметра. При этом боковые накладки выполнялись из стержней того же диаметра и материала, что и стыкуемая арматура. (рис.2)

В этом случае толщина защитного слоя бетона почти близка к нормативной, но изменился режим работы соединения. Появился эксцентриситет равный 0,5 диаметра. Стык арматуры воспринимает нормальную силу и изгибающий момент что подтверждено испытаниями (рис.3).

Для исключения изгибающего момента необходимо выполнить противоположный сварной шов, то есть боковые накладки должны быть проварены с обеих сторон, что противоречит требованиям ГОСТ 14098-91.

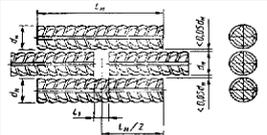
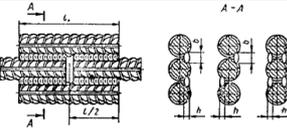
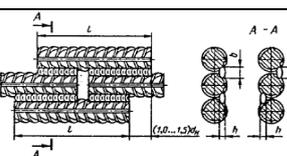
Таблица 1

Сравнительные характеристики арматурного проката

Класс арм проката по ДСТУ 3760-98	Номинальный диаметр, мм	Марка стали при изготовлении проката по ДСТУ 3760-98	Значение в действующих нормативных документах и нормативных документах, действующих раньше		
			Вид арматуры, стандарт	Класс арматуры	Марка стали
1	2	3	4	5	6
A400C	6-40	- 25Г2С -	Стержневая горячекатаная Периодического профиля, ГОСТ5781-82	А-III (А400) А-III	35ГС 25Г2С 32Гпс
	6 - 40	СТ3сп СТ3пс СТ3Гпс СТ5сп СТ5пс	Стержневая термомеханически упрочненная периодического профиля, ГОСТ10884-94	Ат400С Ат-IIIС	Ст3сп Ст3пс - БСт5сп БСт5пс
A 500 C	6 - 40	Ст5сп Ст5пс Ст3пс Ст3Гпс 25Г2С	Стержневая термомеханически упрочненная периодического профиля	-	Ст5сп Ст5пс - - -

Таблица 2

Сравнительные характеристики арматурного проката

Обозначение типа соединения, способа сварки	Соединение арматуры		Класс арматуры	d_n	$l_n = l$	l_1	b	h
	до сварки	После сварки						
C21 — P _n			A-I A-II, A-III A-IV A-V A-VI	10—40 10—32 10—22	$6d_n$ $8d_n$ $10d_n$			
То же, но накладки смещены			АТ-IIIС АТ-IVС, АТ-V, АТ-VСК	6—32 10—32	$8d_n$ $10d_n$	$0,5d_n$, но ≥ 10	$0,5d_n$, но ≥ 8	$0,5d_n$, но \geq

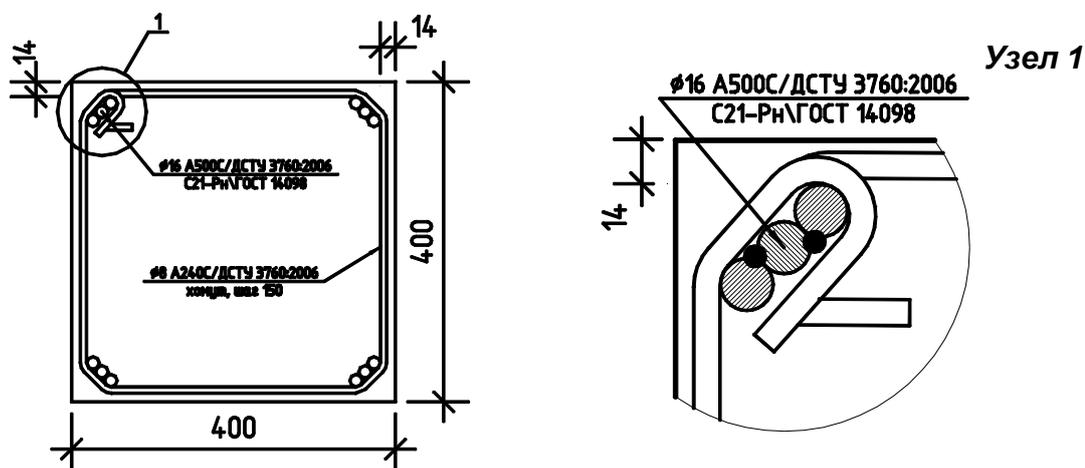


Рис. 1. Расположение стыка арматуры при двух накладках.

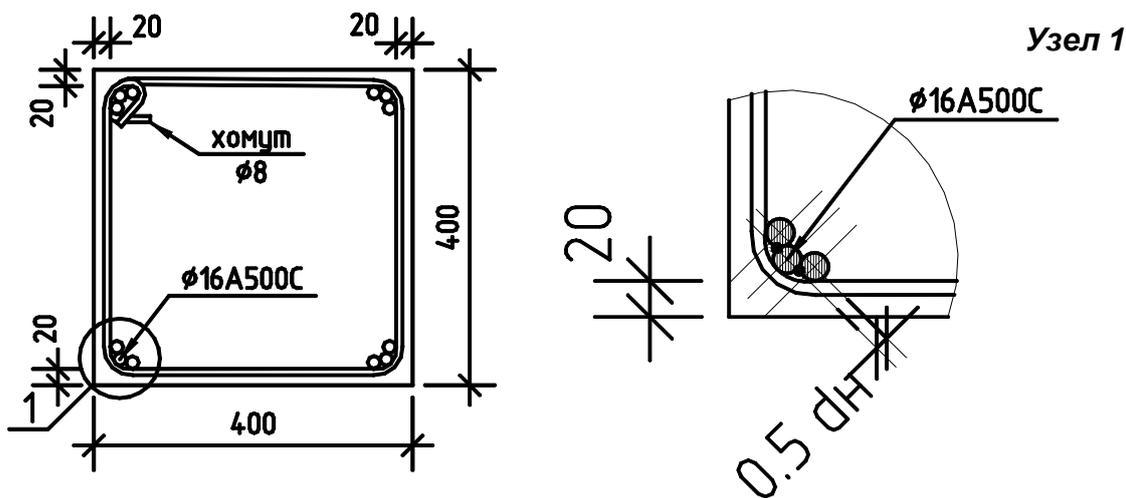


Рис. 2. Стык со смещенными накладками во внутрь колонны на 0.5 диаметра



Рис. 3. Сварные стыки арматуры со смещенными боковыми накладками во внутрь колонны, после испытания.

В Национальной академии природоохранного и курортного строительства проведена разработка и испытание альтернативного стыкового сварного соединения арматурного проката при помощи трех боковых накладок расположенных равномерно под углом 120°. (рис.4)

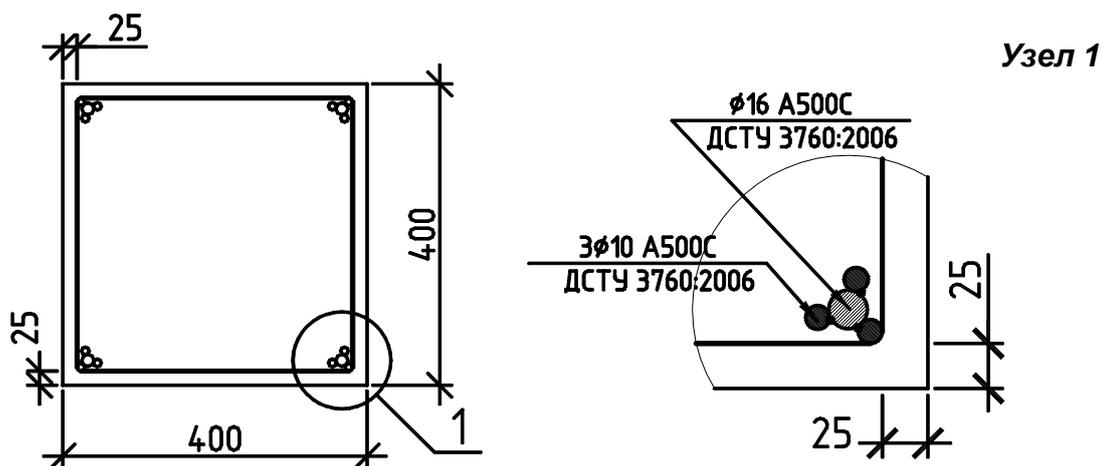


Рис. 4. Сварной стык продольной рабочей арматуры Ø16 A500C, с тремя боковыми накладками

Для исследования работы сварного арматурного стыка с тремя накладками было изготовлено 12 образцов.

Основная продольная арматура принималась Ø 16 класса А500С по ДСТУ 3760:2006.

Стыковые стержни в количестве трех штук из арматуры Ø 10 класса А500С по ДСТУ 3760:2006. Сварка выполнялась вручную на постоянном токе обратной полярности с односторонними мно-

гослойдными протяженными швами в шахматном порядке.

Электроды для сварки применяли с основным покрытием типа Э55А марки УОНИИ 13/55. Испытания проводили на разрывной машине Р50 (рис.5)

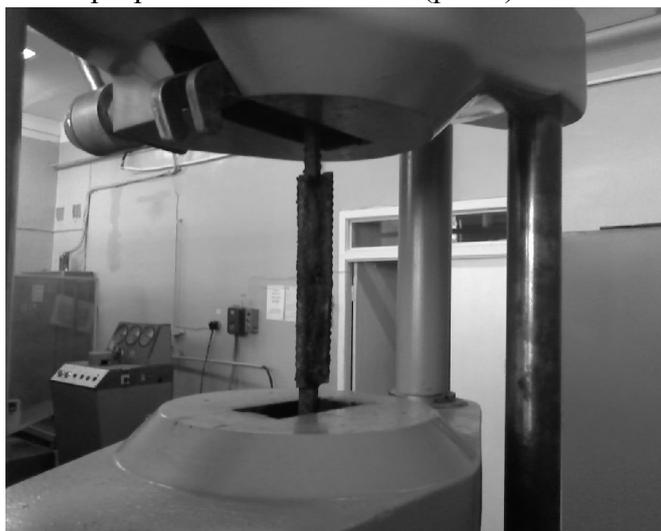


Рис. 5. Испытание сварного стыка продольной рабочей арматуры О16 А500С, с тремя боковыми накладками из арматурного проката О10 А500С.

Испытания показали:

1. В стыковом соединении основной стержень работает только на нормальные усилия. Изгибающие моменты не были зафиксированы.
2. Несущая способность сварного стыкового соединения определялась прочностью накладок.
3. Разрушение накладок всех 12 образцов происходило в местах окончания флангового сварного шва, соединяющего накладку с основным стержнем.
4. Место разрыва образцов определялось зоной высокой концентрации напряжения в конце флангового шва и разупрочнением металла накладки в результате термического влияния при сварке.

ВЫВОДЫ:

1. Конструктивное решение предполагаемого стыкового соединения арматуры класса А500С по ДСТУ 3760-98 и ДСТУ 3760:2006 в железобетонных колоннах обеспечивает четкую передачу продольных усилий;
2. Для уменьшения концентрации напряжений конец сварного шва выводить на конец соединяемого стержня, где усилия в этих стержнях минимально;
3. Начало сварного шва необходимо формировать на начале стыкуемой накладки;
4. Для исключения перегрева, сварные швы выполнять электродами диаметром не более 3 мм. Для снятия остаточных внутренних напряжений катет шва выполнить за несколько проходов;

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДСТУ 3760-98 «Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Общие технические условия.» 16с.
2. ДСТУ 3760:2006 «Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Общие технические условия.» (ISO 6935-2:1991,NEQ) 25с.
3. ГОСТ 5781-82 Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. 37с.
4. ГОСТ 10884-94 Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций. Технические условия. 46с.
5. Рекомендации по применению арматурного проката согласно ДСТУ 3760-98 при проектировании и изготовлении железобетонных конструкций без предварительного напряжения. 38 с.
6. ГОСТ 380-94 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки. 12 с.
7. УДК 621.791.052.2 Сварные стыки продольной арматуры класса А500С в колоннах сейсмостойких каркасов. Ажермачев Г.А., Меннанов Э.М., Симферополь, 2008 г. 5с.

Збірник наукових праць
«Будівництво та техногенна безпека»
24-25/2008

Сборник научных трудов
«Строительство и техногенная безопасность»
24-25/2008

Под общей редакцией докт. техн. наук Э.Ф. Панюкова
Технический редактор Т.И. Пчелинцева

Компьютерная верстка К.А. Янушковский
В.А. Белавский

Компьютерный набор авторский

Подписано в печать 2.06.2008. Формат 60x84 1/8. Гарнитура Times
Усл. п. л. 9 . Тираж 350 экз.

Подготовлено к печати в РИО «Национальной академии природоохранного и
курортного строительства»

Отпечатано в РИО «Национальной академии природоохранного и курортного
строительства»

95006 г. Симферополь,
ул. Павленко 5 к. 410 тел. (0652) 58-93-42

E-mail: rio@ecopro.crimea.ua