

Министерство образования и науки Украины
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сборник научных трудов
Выпуск 19-20

БУДІВНИЦТВО ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Збірник наукових праць
Випуск 19-20

Зареєстрован 21.11.2005 г. серия KB № 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»
2007

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 № 6 від 21.06.2007 р.

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

©Национальная академия
природоохранного
та курортного будівництва,
2007

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 № 6 от 21.06.2007 г.

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

© Национальная академия
природоохранного
и курортного строительства,
2007

Оглавление

Раздел 1. Строительные конструкции, здания и сооружения

Авдоньев Е.Я. Некоторые способы реализации наперед заданных требований к объекту	6
Ажермачев Г. А., Морозова Е. В., Абдурахманов А. З. Применение энергопоглотителей в стальных каркасах типа «Фламинго» *	9
Ажермачев Г.А., Перминов Д.А. Узлы стальных рамных каркасов повышенной сейсмостойкости. *	13
Ажермачев Г.А. Дополнительные сейсмические силы на колонны рамных каркасов зданий при крутильных колебаниях	17
Ажермачёв С.Г. Еще раз о законе Гука	21
Ажермачёв С.Г. Влияние уклона кровли на работу прогонов	23
Глушаков Н.И., Литовченко П.А. Многослойные панели перекрытия, особенности поведения под нагрузкой, проблемы расчета *	27
Древетняк А. С., Алексеенко В. Н. К вопросу об огнестойкости железобетонных конструкций при динамических воздействиях *	32
Жигна В.В., Булавинцев Ю.Е. Реконструкции зданий сложившейся застройки с учетом норм сейсмостойкости при обустройстве мансардных этажей.	35
Жиленко О.Б., Алексеенко В.Н., Панюков Э.Ф. Оценка технического состояния и задачи реконструкции театра им. А.П. Чехова в городе Ялте *	41
Московец И.Ю., Панасюк Т.В., Федотова Е.К., Авдоньев Е.Я. Поверхности и их применение	46
Сафонов А. А., Сафонова А. А., Дьяконова А. М. О ландшафтно-планировочной организации нарушенных земель в результате добычи полезных ископаемых открытым способом в Крыму в современных условиях на примере карьера Лозовое *	50
Сафонов А. А., Сафонова А. А. О подготовке и сферах деятельности современного дизайнера - графика	55
Сафонов А. А., Сафонова А. А., Лавлинская И. А. О формировании и эффективности использования зеленых зон Симферополя *	58
Ямщиков В.В., Литовченко П.А. Моделирование НДС каменной стены, усиленной железобетонной обоймой, при действии вертикальной нагрузки *	63

Раздел 2. Основания и фундаменты, механика и сейсмостойкость

Багмут А.В. Применение цифровой идентифицированной системы для регистрации отклика стен сооружений на механическое воздействие.	66
Замша В. Т., Левенстам В. В. Некоторые особенности инженерной подготовки овражных территорий под строительное освоение	69
Слободнюк С.К. О моделях упругого основания	72

Раздел 3. Строительные материалы и изделия

Любомирский Н.В., Федоркин С.И., Локтионова Т.А., Носатов В.Г. Автоматическая установка и методика изучения процесса карбонизации извести	74
Макарова Е.С. Снижение энергоемкости производства золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры.	79

Раздел 4. Технология промышленного и гражданского строительства

Корохов В.Г., Лавринев П.Г., Шумилов С.В. Предпосылки непрогнозируемого внезапного разрушения конструкций*	82
Корохов В.Г., Лавринев П.Г., Мирзоян Г.А. Стыковка и сварка труб под водой*	87
Морозов А.Д., Чередниченко И.А., Федоришин О.Ю. Анализ эффективности очистки воздуха, загрязненного выбросами крупных пневмотранспортных комплексов.	92

Раздел 5. Техногенная безопасность

Эмирсалиев А.Э., Боровский Б. И. Оценка выбросов загрязняющих веществ и возможностей перевода Сакской ТЭЦ на уголь.*	95
--	----

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

Авраменко Н.Б. Преимущества внедрения индивидуального газового отопления в существующих многоквартирных домах.	98
Бакулина М.В., Шепелев С.С. Новые технологии в области повышения пожаростойчивости зданий и сооружений*	103
Бакулина М.В. Исследование возможностей усовершенствования технических систем жизнеобеспечения защитных сооружений.	106
Бекиров Э.А. Устройство автоматического регулирования оборотов асинхронного двигателя теплогазвентиляционной установки.	109
Захаров Р.Ю., Лепеха И.С. Анализ эффективности работы элементов систем капельного орошения в Крыму*	118

Захаров Р. Ю. Интегральная оценка эффективности энергозатрат на оросительных системах	123
Захаров Р.Ю., Софроний И. Н. Рекомендации по технической модернизации дождевальных машин BAUER-LINESTAR 5000*	126
Карпова Л.Г., Дедова С.А. GPS-приемники и их применение	130
Демиденко Л.В., Еремеева О.К., Карпова Л.Г., Калиниченко В.А., Купко А.Д. Спектральные поправки при измерении параметров источников ультрафиолетового излучения приборами отечественного производства	134
Ковальчук П.И., Зуева Т.В. Управление водохранилищем в условиях прохождения паводка на основе минимизации экономического и экологического рисков	143
Марюшин П.А., Ступаченко Ю.В., Лунев Д.В. Вопросы энергосбережения при орошении земель на Украине	149
Стоянов В.У., Баранский А.В. Анализ степени риска возникновения масштабных чрезвычайных ситуаций в АР Крым и пути решения задачи защиты населения.	154
Стоянов В. У., Ревякина Ю. Н., Поползунов Д. В. Проблема хранения непригодных и запрещенных к использованию сельскохозяйственных ядохимикатов.	159
Химич А. П., Новикова Д. В., Пасечник А. П., Козлов О.М. Исследование оптических характеристик гелиопрофиля ТЕПС методом равновесных температур*	163

*-сборник №20 - по материалам научной конференции НАПКС по итогам 2006-2007г.г. (24-26 апреля 2007г.) с участием аспирантов и студентов.

Раздел 1. Строительные конструкции, здания и сооружения

УДК 515.000

Авдоньев Е.Я., к.т.н., профессор.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

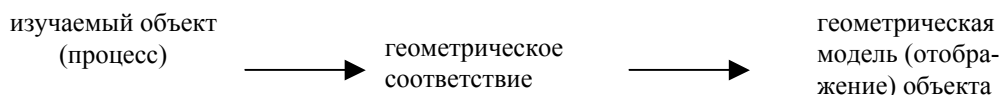
Некоторые способы реализации наперед заданных требований к объекту

Предлагаются способы учета наперед заданных требований к поверхности проектируемого объекта через их геометрические характеристики.

Проектирование, параметры формы и положения, каркас поверхности, требования к линии и поверхности, обводы.

Формирование объектов и процессов в различных отраслях техники подчинено наперед заданным требованиям технологического, расчетного, эстетического, конструктивного, экономического или другого характера. Эти требования частично или полностью находят свое геометрическое выражение в том, что искомая поверхность должна проходить через заданные точки, линии, охватывать определенные объемы (поверхности), касаться заданных поверхностей, сопрягать или пересекать их по наперед заданным линиям и т.д. Отнесем эти требования к четырем группам: механические (сопротивление движению, устойчивость и т.д.), эксплуатационные (способ передвижения, водоизмещение, емкость и т.п.), архитектурно-конструктивные (внешний вид, форма, размеры и т.п.), технологические (форма и размеры составных частей, шаблонов для их изготовления и т.п.).

В основе образования всех геометрических форм лежит идея соответствия [1-5]. Решение инженерных задач геометрическими методами также требует установления соответствия между изучаемым объектом в природе и тем реальным объектом (механизмом), который мы могли и можем создать. Иначе говоря, в явном или скрытом виде здесь всегда существует такая зависимость:



Поставленная задача может быть успешно решена, если надлежащим образом установлено соответствие между объектом и моделью, на которой проводятся исследования.

Установить соответствие между двумя множествами (образами) – это значит найти закон, отображающий элемент одного множества в определенный элемент другого. Очевидно, что такие законы могут быть разными. Соответствие может быть точным или приближенным, когда оно установлено, допустим, с помощью проекционных методов, или неявным – когда оно выражено некоторой функцией. В общем определении функции выдвигается на первый план идея соответствия элементов двух множеств, природу же элементов и закон их связи оставляют без внимания [табл.1].

Наша цель – изучение не вообще соответствий, что в достаточной мере сделано [1-3], а отыскание конструктивных способов образования линий и поверхностей по наперед заданным условиям, определение траекторий движущихся точек, решение уравнений высших степеней и др. [6].

Чаще всего сложная поверхность определяется каркасом плоских или пространственных линий, несущих в себе информацию о предъявляемых к поверхности требованиях. На основании этого дискретного каркаса, определяющего множество поверхностей, создается математическая модель, являющаяся оптимальной или близкой к реальной для данных конкретных условий.

Математическая модель будет воспроизводить наилучшим образом стороны физической ситуации (объекта), если можно установить правила соответствия, связывающие специфици-

ческие физические объекты и отношения с определенными геометрическими формами и отношениями. Очевидно, что такие правила могут быть различными, т.е. конструктивных схем, позволяющих создавать геометрические образы по одним и тем же наперед заданным условиям, может быть много. В широком плане – это различные виды проецирования (проецирование поверхностями, линиями), координатные системы (сферическая, коническая и т.д.), преобразования проекционного чертежа и другие функциональные зависимости.

Таблица 1.

Параметризация требований к поверхности

Наперед заданные требования к поверхности (линии)	Число параметров, связываемых наперед заданными требованиями		Параметры
	на плоскости	в пространстве	
Направление осей координат	2	3	положения формы при заданных осях координат
Начало координат	2	3	
Оси координат	3	6	
Угол входа сечения	1	1	
Величина площади сечения поверхности	1	1	
Высота, ширина или длина	1	1	
Площадь поверхности или ее части	-	1	
Объем поверхности	-	1	
Координата центра тяжести	1	1	

Изменяя геометрические характеристики формы отдельных сечений, мы получаем возможность конструирования поверхности, обладающей наперед заданными свойствами, указанными выше. Покажем эту взаимосвязь.

- 1.Механические. Согласно теоретическим расчетам и экспериментальным данным сопротивление среды перемещению тела зависит от формы продольных и поперечных сечений его наружной поверхности, углов входа, площади соприкасающейся со средой поверхности, соотношения главных размеров, положения центра тяжести и т.д. Эти же геометрические параметры определяют характеристики устойчивости, непотопляемости, всхожести на волну и т.п.
- 2.Эксплуатационные. Рабочий объем, осадка, формы различных отсеков и их объемы непосредственно определяются соответствующими геометрическими характеристиками наружной (корпусной) поверхности. Параметры шпангоутов в оконечностях также определяются условиями эксплуатации.
- 3.Архитектурно-конструктивные. Внешний вид системы или сооружения, формы и размеры помещений и перегородок в значительной мере определяются геометрией обводов, площадями сечений, объемом наружной поверхности и т.п.
- 4.Технологические. Формы переборок, листов обшивки корпуса, рабочего органа, сооружения, шаблонов для изготовления и контроля повторяют соответствующие очертания линий обводов и участков его поверхности. Применение автоматизированных систем технологической подготовки производства и изготовления поверхностей технических форм в натуре также связано с их геометрией – возможностью математического описания.

С геометрической точки зрения наперед заданные требования к линиям и поверхностям обычно подразделяют на три группы: позиционные, метрические и дифференциально-геометрические (табл.2) [4, 6].

Понятно, что перечень их может быть продолжен, а конкретный набор определяется назначением и требованиями к той форме, которая создается.

Основные геометрические наперед заданные требования к поверхностям технических форм

Позиционные	Число связываемых параметров	Метрические	Число связываемых параметров	Дифференциально-геометрические	Число связываемых параметров
Касание данной поверхности	1	Задание площади отсека	1	Данная линия асимптотическая	2
Касание данной линии	1	Задание объема замкнутой поверхности	1	Данная линия геодезическая	2
Прохождение через данную линию	1	Задание длины линии каркаса	1	Данная линия – линия кривизны поверхности	2
Касание данной поверхности по данной на ней линии	2	Пересечение данной поверхности под данным углом	1	Задание нормали в точке линии на поверхности	1
Касание данной поверхности с данным порядком гладкости	1 + n	Величина оси линии каркаса	1	Задание радиуса в точке поверхности	1
Прохождение через точку	1	Фокусное расстояние линии каркаса	1	Закон изменения радиуса кривизны линии каркаса	1
Принадлежность линий каркаса ? ¹ плоскостям	2	Задание площади, ограниченной линией каркаса	1	-	-
Принадлежность линий каркаса ? ² плоскостям	1	-	-	-	-
Направление оси линии каркаса	1	-	-	-	-

ВЫВОДЫ.

Для решения вопросов задания, конструирования, исследования линий и поверхностей необходимо знать, каким числом взаимно независимых величин или условий (параметров) они определяются. Анализ наперед заданных условий с точки зрения их параметризации (табл. 1, 2) позволяет обычно оценить объем содержащейся в них информации о форме и положении в пространстве конструируемой линии или поверхности. Такой подход особенно ценен в САПР, где основой выполнения всех процедур служат модели объектов и процессов проектирования. Они являются единой информационной моделью проекта на всех этапах разработки изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вальков К.И. Введение в теорию моделирования. – Л.ЛИСИ, 1974. – 89 с.
2. Михайленко В.Е., Ковалев С.Н. Конструирование форм современных архитектурных сооружений. – К.: Будівельник, 1978. – 112 с.
3. Якунин В.И. Геометрические основы систем автоматизированного проектирования технических поверхностей. – М.: МАИ, 1980. – 86 с.
4. Рыжов Н.Н. Параметризация поверхностей. //Тр. УДН. им. П.Лумумбы.// Прикладная геометрия. – М., 1976. – с. 3-12.
5. Скидан И.А. Специальные параметризации пространства и поверхностей. //Геометрическое и компьютерное моделирование, Харьков, 2005. – с.6-12.
6. Авдоньев Е.Я. Конструирование форм современных машин, аппаратов и сооружений. – К.: «Лыбидь», 1990. – 154 с.

Ажермачев Г. А. к. т. н., профессор, Морозова Е. В. ст. преподаватель, Абдурахманов А. З. магистрант.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

Применение энергопоглотителей в стальных каркасах типа «Фламинго»

Рассматривается возможность снижения сейсмического воздействия на здание за счет применения энергопоглотителей. Приводится методика конструирования и расчета кольцевого энергопоглотителя. сейсмические воздействия, сейсмические силы, энергопоглотители, сейсмостойкость.

Из большого многообразия энергопоглощающих устройств, предложенных для сейсмостойких зданий, для широкого применения в практике сейсмостойкого строительства нашей страны наиболее реально использовать упругопластические, в которых поглощение энергии колебаний каркаса происходит за счет пластического деформирования стали. Такие энергопоглотители отличаются простотой конструктивных решений, надежностью работы и высокой энергопоглощающей способностью [1].

В зависимости от характера работы конструктивные формы энергопоглотителей разделяют на несколько групп.

К первой группе следует отнести стержневые энергопоглотители, выполненные из круглых стержней или пластин. Для увеличения объема металла, работающего за пределами упругости, стержни имеют зоны равного сопротивления, созданные путем изменения их диаметра или ширины.

Энергопоглотители второй группы – кольцевые.

Высокой энергопоглощающей способностью отличаются энергопоглотители третьей группы – трубчатые, устанавливаемые в полураскосных и порталных связях. Выполненные из полуколец толстых круглых труб с узловыми соединениями на болтах они просты в изготовлении и монтаже. Изменение ширины колец по эпюре изгибающих моментов позволяет включить в пластическую работу до 60-80% объема металла, благодаря чему повышается удельная энергоемкость трубчатого ЭП.

К четвертой группе отнесены энергопоглотители балочного типа, у которых поглощение энергии идет за счет пластической работы изгибаемого элемента двутаврового сечения.

Наконец к пятой группе можно отнести энергопоглотители, работающие на сдвиг. Эти энергопоглотители обладают наибольшей удельной энергоемкостью, просты в изготовлении и очень жесткие, что важно для зданий повышенной высоты.

В нашей работе мы рассматриваем возможность применения энергопоглотителей кольцевого типа. Они просты в изготовлении и хорошо работают в пластической стадии на знакопеременные малоцикловые нагрузки. Энергопоглотитель в виде кольца двутаврового сечения рекомендуется устанавливать в крестовых связях, работающих на растяжение и сжатие. Для повышения энергопоглощающей способности кольца его пояса делают разного сечения, что обеспечивает одновременное развитие в них пластических деформаций, а стенка выполняется плоской или из гофрированной стали. Болтовые соединения энергопоглотителей со связями значительно упрощают монтаж конструкций. Параметры кольцевого энергопоглотителя назначаются из условия поглощения необходимого количества энергии сейсмических воздействий за один полуцикл нагружения и допустимого уровня пластического деформирования энергопоглотителя.

На рис. 1 дана расчетная схема кольцевого энергопоглотителя и панели с ЭПК. Энергопоглотитель должен выполняться из пластической стали.

Сила P получена на основе расчета пространственного каркаса типа «Фламинго» (рис. 2.), посредством программного комплекса «Лира-Windows» версия 9.2 [2]

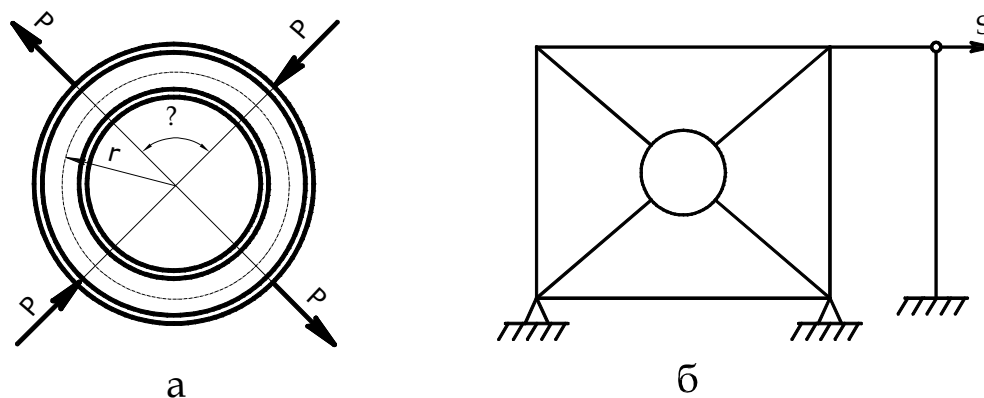


Рис.1. Кольцевой энергопоглотитель (ЭПК): а - расчетная схема кольца; б - расчетная схема панели с ЭПК.

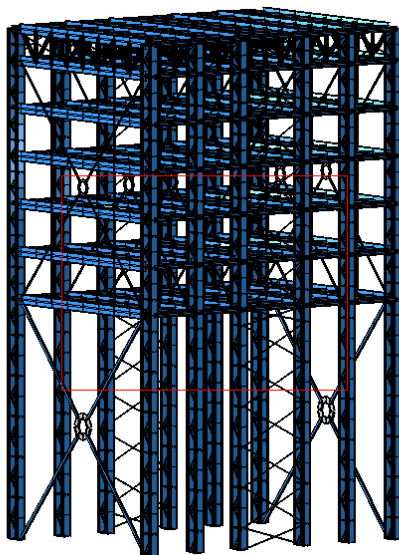


Рис. 2. Пространственный каркас надстройки.

Максимальное усилие в кольце от совместного действия сжимающих и растягивающих сил P :

$$M_{\max} = 0,5 \cdot P \cdot r \cdot \sin \varphi = 0,5 \cdot 72600 \cdot 75 \cdot 0,99 = 2695275 \text{ кгс} \cdot \text{см};$$

$$Q_{\max} = P \cdot \cos \varphi / 2 = 72600 \cdot 0,75 = 54450 \text{ кгс};$$

$$N_{\max} = 0,5 \cdot P = 0,5 \cdot 72600 = 36300 \text{ кгс};$$

где $\varphi = 85^\circ$ – угол между связями.

Толщина стенки кольца назначается по формуле:

$$t_w = \frac{Q}{0,3 R_y h_w} = \frac{54450}{0,3 \cdot 2250 \cdot 40} \approx 2 \text{ см}$$

Сечения поясов кольца назначаются из условия равенства относительных удлинений при работе материала в пластической стадии и восприятия усилий M и N .

Площади сечений наружного A_{f1} и внутреннего A_{f2} поясов кольца:

$$A_{f1} = \frac{M_{\max}}{\sigma_{ty} h_1} - A_w [\alpha_1 (1 - 2\alpha_1) + \beta_1 (0,5 + \alpha_1^2 - \alpha_1 - 0,25\beta_1^2)]$$

$$A_{f2} = A_{f1} + A_w(1 - 2\alpha_1),$$

где h_1 – расстояние между осями поясов;

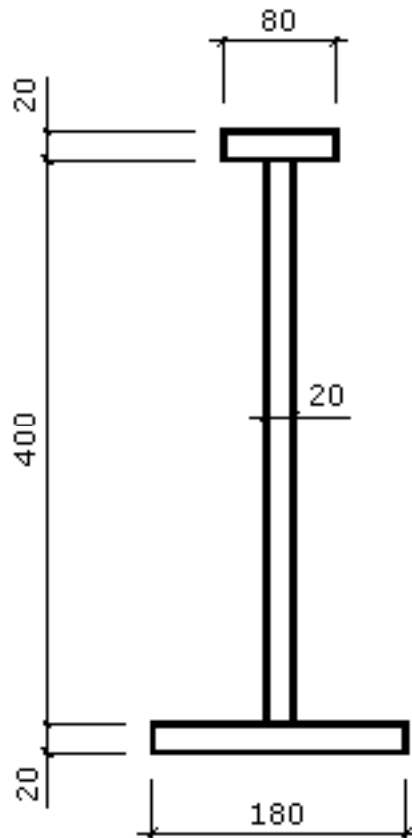
A_w – площадь стенки кольца;

$$\beta_1 = \frac{N}{\sigma_{\text{в}} t_w h_w} = \frac{36300}{2400 \cdot 2 \cdot 40} = 0,189; \quad \alpha_1 = \frac{r_2}{r_1 + r_2} = \frac{550}{950 + 550} = 0,37$$

$$A_{f1} = \frac{2695275}{2400 \cdot 40} - 2 \cdot 40 \cdot [0,37 \cdot (1 - 2 \cdot 0,37) + 0,189 \cdot (0,5 + 0,37^2 - 0,37 - 0,25 \cdot 0,189^2)] = 16,5 \text{ см}^2$$

$$A_{f2} = 16,5 + 2 \cdot 40 \cdot (1 - 2 \cdot 0,37) = 37,3 \text{ см}^2;$$

Назначаем сечение двутавра



Поглощенная ЭПК за один цикл энергия:

$$W_k = 4 \cdot P_T \cdot f_T \cdot ([\alpha] - 1);$$

где P_T - силы, действующие на кольцо, при которых начинают развиваться пластические деформации;

f_T – предельное упругое изменение диаметра кольца.

При φ близком к $\pi/2$:

$$f_T = 0,286 \frac{P_T \cdot r^3}{EJ_K}.$$

Если принять высоту сечения кольца $h_k = z \cdot r$, то момент инерции кольца можно определить из выражения:

$$J = W_{TP} \frac{h_k}{2} = \frac{P_T r h_k}{4,48 \sigma_{TY}};$$

$$P_T = (A_{f1} + A_{f2}) \cdot h_1 \cdot \sigma_{TY} / r = 52 \cdot 4 \cdot 2400 / 75 = 70000 \text{ кг};$$

$$W_k = 5,12 \frac{P_T r \sigma_{TY}}{Ez} ([\alpha] - 1) = 5,12 \frac{70000 \cdot 0,75 \cdot 240}{2,05 \cdot 10^5 \cdot 0,3} \cdot (6 - 1) = 5244 \text{ кг} \cdot \text{м} = 52,44 \text{ кДж}$$

Достаточная долговечность ЭПК для многоэтажных стальных каркасов должна быть не менее 80 циклов [1]. Количество циклов знакопеременного нагружения:

$$N = 100/T = 100/1,2 = 83 \text{ цикла.}$$

Как видно из расчета одноцикловая энергопоглощающая способность и долговечность работы ЭПК является весьма высокой, что является основным критерием сейсмостойкости стального каркаса.

ВЫВОДЫ:

1. Применение энергопоглотителей уменьшает энергию сейсмического воздействия на каркас здания. В этом случае усилия в основных элементах каркаса уменьшаются, что приводит к экономии стали на каркас здания.
2. Элементы энергопоглотителей должны изготавливаться из стали с высокими пластическими деформациями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Остриков Г. М., Максимов Ю. С. Стальные сейсмостойкие каркасы многоэтажных зданий. – Алма-Ата: Казахстан, 1985. – 120 с.
2. Руководство пользователя ПК «Лира-Windows», Т1-6, НИИАСС, Киев, 2002. – 147 с.

Ажермачев Г.А., к.т.н., профессор; Перминов Д.А., магистр.
Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

Узлы стальных рамных каркасов повышенной сейсмостойкости.

Рассматривается конструктивное решение рамного узла стального каркаса с колоннами коробчатого сечения и двутавровыми ригелями. Конструктивное решение колонны коробчатого сечения позволяет включить в работу стенку ригеля в зоне примыкания его к колонне, за счет этого уменьшить величину изгибающего момента, воспринимаемого поясами.

сейсмостойкость, рамные узлы, элементы, напряжения, концентраторы напряжений.

Примерно одна треть территории Украины находится в зоне, где могут происходить землетрясения силой 6 – 9 баллов. На этой территории находятся большие города и промышленные комплексы.

Землетрясения, которые наблюдались в последние десятилетия, показали, что к вопросам сейсмостойкости зданий и сооружений должно быть повышенное внимание. В противном случае не избежать больших материальных потерь, а возможно и человеческих жертв.

Специалисты давно ищут пути снижения сейсмических сил на здания и сооружения, но радикальные «рецепты» отсутствуют и в настоящее время.

Одним из путей повышения сейсмостойкости зданий и сооружений является снижение их массы. Этого можно достичь, применяя эффективные материалы, которые обладают высокими физико – механическими свойствами при работе конструкции в экстремальных условиях. В наибольшей степени этим требованиям отвечает сталь. Этот материал обладает высокой прочностью, пластичностью и относительной легкостью. Однако положительные качества этого материала могут быть сведены на нет, при создании конструктивных решений.

Самое уязвимое место в каркасах зданий – это узлы соединения элементов (колонна с ригелем и т.д.), которые, как правило, выполняются на монтаже. Здесь многое зависит от квалификации специалиста, его опыта и понимания работы конструкции и отдельных элементов при экстремальных воздействиях.

При циклических воздействиях типа сейсмических, особенно при высоких напряжениях в соединениях таких элементов, могут наблюдаться хрупкие разрушения из – за наличия высоких концентраторов напряжений в зоне сварных швов. Неравномерность распределения напряжений по ширине пояса ригеля, в зоне сварных швов рамного узла показана на рис. 1.

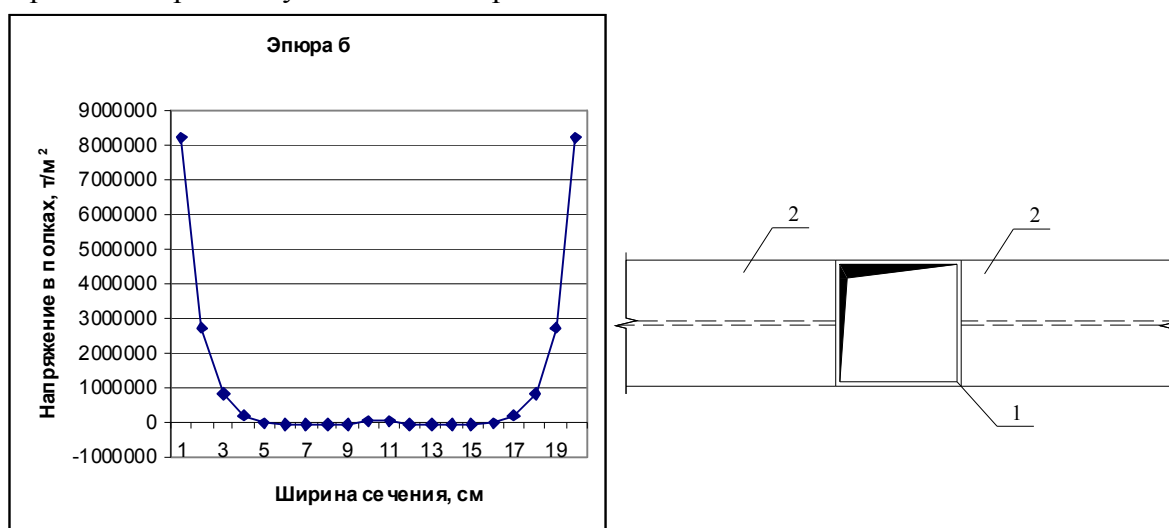


Рис. 1. Эпюра напряжений в сварном шве полки ригеля для данной расчетной модели.
 1 – колонна коробчатого сечения, 2 – полка ригеля.

Влияние концентраторов напряжений в зоне сварных швов в рамных узлах можно уменьшить различными способами. В частности при помощи прямоугольных и треугольных диафрагм. Однако при разных расположениях диафрагм пики высоких местных напряжений остаются, что видно на эпюрах напряжений на рис. 2.

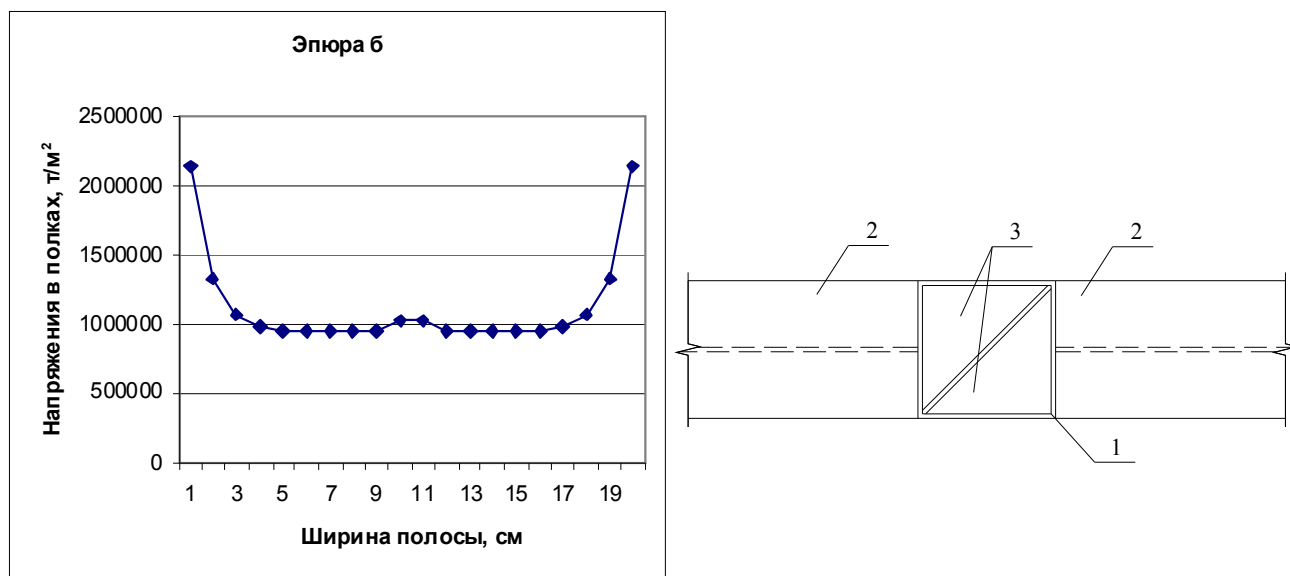


Рис. 2. Эпюра напряжений в сварном шве полки ригеля для данной расчетной модели. 1 – колонна коробчатого сечения, 2 – полка ригеля, 3 – диафрагма.

При статическом нагружении наличие концентраторов напряжений не так опасно, но в случае сейсмических воздействий могут наблюдаться малоцикловые хрупкие разрушения.

Рассмотрим эпюру напряжений, показанную на рис. 2. Распределение напряжений в полке ригеля по ширине достаточно равномерная. Возникающие концентраторы напряжений уменьшаются в 2 – 2,5 раза при установке горизонтальных диафрагм. Они устанавливаются в полости колонны в одном уровне с поясами ригеля.

Учитывая, что стыковой шов выполняется на монтаже, а усилия в поясах имеют максимальное значение (стенка ригеля в зоне прикрепления к колонне не передает нормальных усилий, т.к. грань колонны не подкреплена и «дышит», то весь момент передается на пояса).

Для повышения надежности и заданной долговечности необходимо с одной стороны уменьшать значения концентраторов напряжений, а с другой стороны снижать величину нормальных напряжений в поясах, в зоне прикрепления их к колонне. Это позволяет сделать рамный узел, представленный на рис 3, 3а.

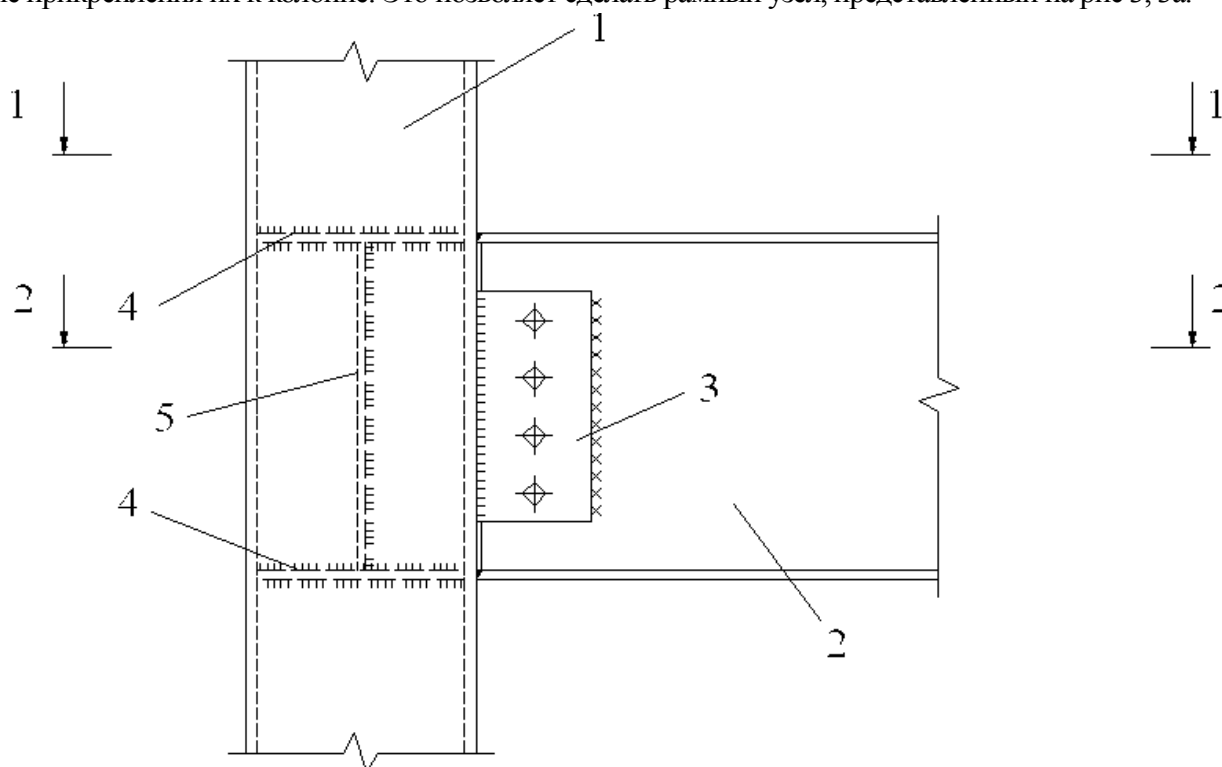


Рис. 3. Рамный узел. 1- колонна коробчатого сечения; 2 - ригель; 3 - шпальник; 4 - треугольная диафрагма ; 5 - вертикальное ребро.

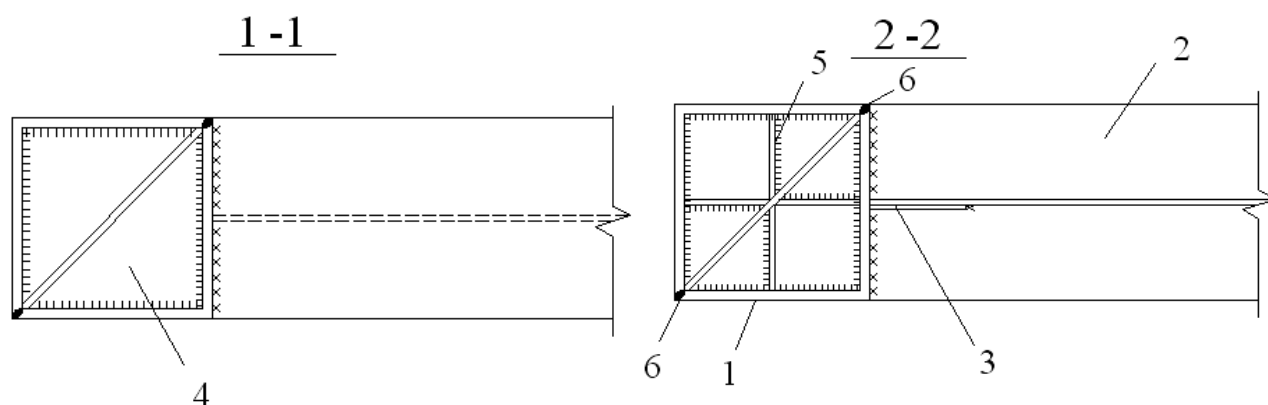


Рис. 3а. Разрезы 1-1, 2-2 рамного узла. 1- колонна коробчатого сечения; 2 - ригель; 3 - шпальник; 4 - треугольная диафрагма ; 5 - вертикальное ребро; 6 - продольные сварные швы, соединяющие треугольные половины колонны

Конструктивное решение предлагаемого узла позволяет включить в работу стенку ригеля при восприятии изгибающего момента и снизить усилия в поясах ригеля в зоне их прикрепления к стенке колонны

Это достигается следующим образом. При изготовлении колонны квадратного сечения из четырех листов или двух уголков сначала устанавливаются треугольные поперечные диафрагмы в заданных местах уголкового профиля, затем между поперечными диафрагмами уголкового профиля устанавливаются вертикальные ребра, которые привариваются к поперечным диафрагмам и к стенке колонны в том месте, где будет прикрепляться стенка ригеля к грани колонны. После этого два уголкового профиля свариваются продольными швами по ребрам, образуя квадратный профиль.

Предложенное конструктивное решение рамного узла сейсмостойкого каркаса позволяет снизить нормальные напряжения в сварных швах и околошовной зоне в поясах ригеля, сделать их более равномерными по ширине пояса, уменьшить концентраторы напряжений у ребер колонны, что значительно повысит надежность и долговечность рамного узла при сейсмических воздействиях.

На рис. 4 показан характер распределения нормальных напряжений в поясе ригеля в предлагаемом узле.



Рис. 4. Эпюра напряжений в полке ригеля.

Как видно из рис. 4 напряжения в полке ригеля в зоне сварных швов распределяются более равномерно, а на расстоянии 50 – 100 мм от шва эпюра напряжений выравнивается и приближается к прямой линии.

Сравнивая конструктивные решения узлов по эпюрам напряжений в сварном шве полки ригеля с колонной, получили следующие результаты на рис 5.

Из графика видно, что при установке треугольных горизонтальных диафрагм напряжения уменьшаются 2,5 раза. А если еще установить вертикальные ребра, то напряжение еще дополнительно уменьшится на 7% – 10 % .

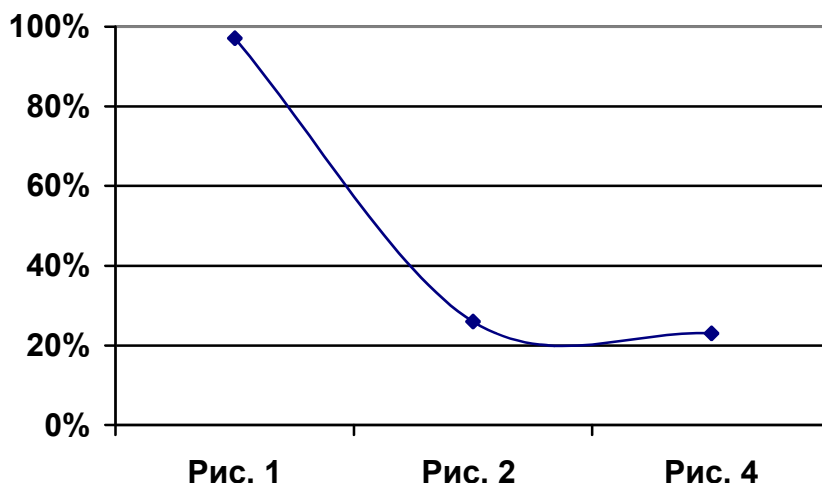


Рис. 5. График зависимости напряжений в сварном шве полки ригеля в процентном соотношении для данных конструктивных решений узла.

ВЫВОДЫ:

Таким образом, новое конструктивное решение узла позволяет снизить напряжения в сварном шве, за счет включения стенки колонны в работу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жунусов Т.Ж. Актуальные проблемы теории и практики сейсмостойкого строительства / ИВУЗ. Строительство. 1997. №9. с. 39 – 42.
2. Сапожников А.И. Критерии сейсмостойкости зданий и сооружений / ИВУЗ. Строительство. 2001. №12. с. 4 – 8.
3. I Международный симпозиум. Многоэтажные здания. М., 1972. 175 с.
4. Ажермачев Г.А. Влияние поперечных диафрагм в стальных колоннах рамных каркасов сейсмостойких зданий на распределение напряжений в поясе ригеля. Будівельні конструкції. Будівництво в сейсмічних районах України. Київ. 2004. с. 486 – 488.
5. Патент №16549. Украина. Вузол рамного сейсмостійкого каркаса /Г.А Ажермачов, С.Г. Ажермачов, О.В. Морозова. Опуб. 15.08.2006. Бюл №8.

Ажермачев Г.А., к.т.н., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Дополнительные сейсмические силы на колонны рамных каркасов зданий при крутильных колебаниях

Приводится методика определения дополнительных сейсмических сил на колонны рамных каркасов при крутильных колебаниях. Дается оценка величины дополнительных сейсмических сил в зависимости от соотношения размеров каркаса здания.

Сейсмика, каркасные здания, крутильный момент, крутильные и поступательные колебания

Специалисты в области сейсмостойкого строительства уделяют много внимания повышению сейсмостойкости сооружений. Анализируются последствия разрушительных землетрясений, разрабатываются новые теоретические подходы, предлагаются расчетные модели и т.п. Однако многие вопросы еще недостаточно разработаны и требуют скорейшего решения [1, 2].

Одной из малоизученных проблем является влияние закручивания здания при землетрясениях на напряженно-деформированное состояние основных несущих конструкций.

Нормы на строительство в сейсмических районах Украины [3] регламентируют расчет зданий с размерами зданий до 30 м простой формы с симметричным расположением масс и жесткостей производить независимо в направлении продольной и поперечной осей без учета закручивания.

Однако на практике такие случаи представить очень трудно, особенно для многоэтажных зданий. Поэтому оценку дополнительно сейсмических сил на колонны при закручивании необходимо производить всегда.

Существующие методики расчета позволяют достаточно просто определить дополнительные усилия в колоннах при поступательном перемещении каркаса вдоль или поперек здания. Однако определение дополнительных усилий в колоннах при крутильных колебаниях вызывают определенные трудности.

Крутильные колебания следует рассматривать как одну из форм колебания здания. Кручение каркаса во время землетрясения происходит в результате несовпадения центра кручения и центра масс. Координаты центра кручения могут меняться во время землетрясения в результате изменения жесткостных характеристик сооружения, или из-за грунтовых условий.

Колонны каркаса, особенно удаленные от центра кручения, во время землетрясений получают дополнительные перемещения, что вызывает увеличение напряжений в элементах.

Сейсмические нагрузки от крутильных колебаний здания прикладываются в виде крутильных моментов к перекрытиям каждого этажа и определяются для каждой формы колебаний.

$$M_{ki} = Q_{ki} \alpha_0 \beta_{ki} \eta_{ki}^k L \delta K_1 K_{2K\psi}, \dots \quad (1)$$

где Q_{ki} – нагрузка, отвечающая массе, принятой в качестве сосредоточенной в точке К;

α_0 – относительное ускорение грунта, которое принимается равным 0,05; 0,1; 0,2 и 0,4 соответственно для районов сейсмичностью 6, 7, 8 и 9 баллов;

β_{ki} – коэффициент динамичности, соответствующий i -ой форме собственных колебаний здания, зависящей от грунтовых условий и принимается $0,8 \leq \beta_{ki} \leq 2,5$;

$$\eta_{ki}^k = \frac{\varphi_{ki} \sum_k J_k \varphi_i}{\sum_k J_k \varphi_i^2} - \text{коэффициент формы колебаний};$$

φ_{ki} – угол поворота перекрытия i -го этажа от единичного крутильного момента, приложенного в плоскости k -го этажа;

φ_i – угол поворота i -го от крутильного момента, приложенного к i -тому этажу;

$$J_k = m \frac{L^2 + B^2}{12} \text{ - момент инерции массы перекрытия к-го этажа.}$$

m – масса на единицу площади перекрытия в т/м²;

L – длина здания (каркаса);

B – ширина здания (каркаса);

$\varepsilon = L/B$ – отношение длины каркаса к его ширине.

$$\delta = \frac{1}{12} \left[\frac{\sqrt{1 + \varepsilon^2}}{\varepsilon} + \frac{1}{\varepsilon^2} \ln(\varepsilon + \sqrt{1 + \varepsilon^2}) + \varepsilon \ln \frac{1 + \sqrt{1 + \varepsilon^2}}{\varepsilon} \right]$$

При $\varepsilon \geq 2,5$ значение

Значение δ можно определять по графику (рис. 1).

K_1 – коэффициент, учитывающий неупругие деформации и локальные повреждения;

K_2 – коэффициент ответственности сооружения;

K_ψ – коэффициент, характеризующий конструкции здания.

Сейсмические нагрузки в уровне к-го этажа соответственно на поперечную и продольную рамы, вызванные крутильными колебаниями каркаса, можно записать (рис. 2)

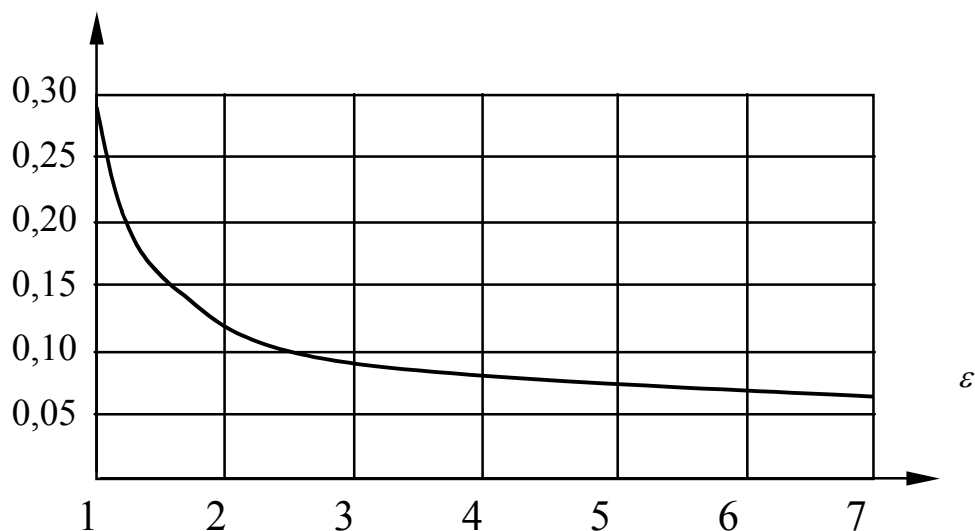


Рис. 1 Значение δ

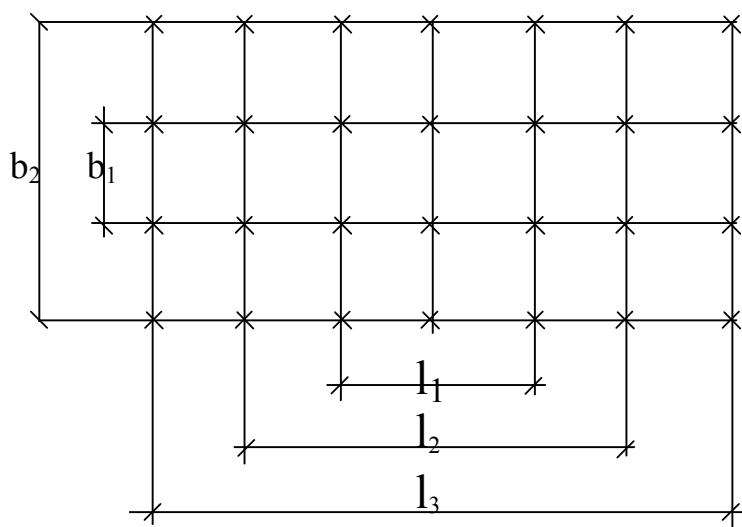


Рис. 2 План колонн рамного каркаса

$$\left. \begin{aligned} S_{11}^k &= \frac{M_{ki} \ell_i}{J_p} \\ S_{21}^k &= \frac{M_{ki} b_i}{J_p} \end{aligned} \right\},$$

где $J_p = \frac{1}{2} \left(\sum_1^l \ell_i^2 + \alpha \sum_1^n b_i^2 \right)$ - полярный момент инерции относительно центра кручения

при условии, что жесткость поперечной рамы равна 1, а продольной α ;

ℓ_i и b_i - расстояние между поперечными и продольными рамами соответственно;

l и n - количество поперечных и продольных рам соответственно;

Тогда сейсмическая сила в уровне k -го этажа, действующая на поперечную и продольную рамы при поступательных колебаниях соответственно, запишется

$$\begin{aligned} S_{K1}^n &= \frac{1}{l} Q_k \alpha_o \beta_{ki}^n \eta_{ki}^n \kappa_1 \kappa_2 \kappa_\psi \\ S_{K2}^n &= \frac{1}{n} Q_k \alpha_o \beta_{ki}^n \eta_{ki}^n \kappa_1 \kappa_2 \kappa_\psi \end{aligned}$$

Полагая $\eta_{ki}^k = \eta_{ki}^n$, можем записать соотношение сейсмических сил, действующих соответственно на поперечную x_{1i} и продольную x_{2i} рамы при крутильных и поступательных колебаниях.

$$\begin{aligned} \zeta_{1i} &= \frac{S_{1i}^k}{S_{K1}^n} = \frac{\beta_{ki}^n l \delta \ell_i}{\beta_{ki}^n \left(\sum_1^l \ell_i^2 + \alpha \sum_1^n b_i^2 \right)} \\ \zeta_{2i} &= \frac{S_{2i}^k}{S_{K2}^n} = \frac{\beta_{ki}^n n \delta b_i}{\beta_{ki}^n \left(\sum_1^l \ell_i^2 + \alpha \sum_1^n b_i^2 \right)} \end{aligned}$$

При числе этажей 10 и более можно принять

$$\frac{\beta_{ki}^k}{\beta_{ki}^n} = 1$$

Полагая, что крутильные колебания являются одной из форм колебания здания, их влияние на расчетные усилия в элементах рам каркаса можно учесть коэффициентом

$$\begin{aligned} \gamma_k &= \sqrt{1 + 0,5 \xi_i^2} \text{ при } \xi_i \leq 1; \\ \gamma_k &= \sqrt{0,5 + \xi_i^2} \text{ при } \xi_i > 1. \end{aligned}$$

Для рамных каркасов увеличение сейсмических сил на поперечные и продольные крайние рамы от крутильных колебаний могут определяться по графикам (рис. 3). В этом случае величины сейсмических сил, полученные при поступательных колебаниях, умножаются на коэффициент g_{k1} для поперечных g_{k2} для продольных рам.

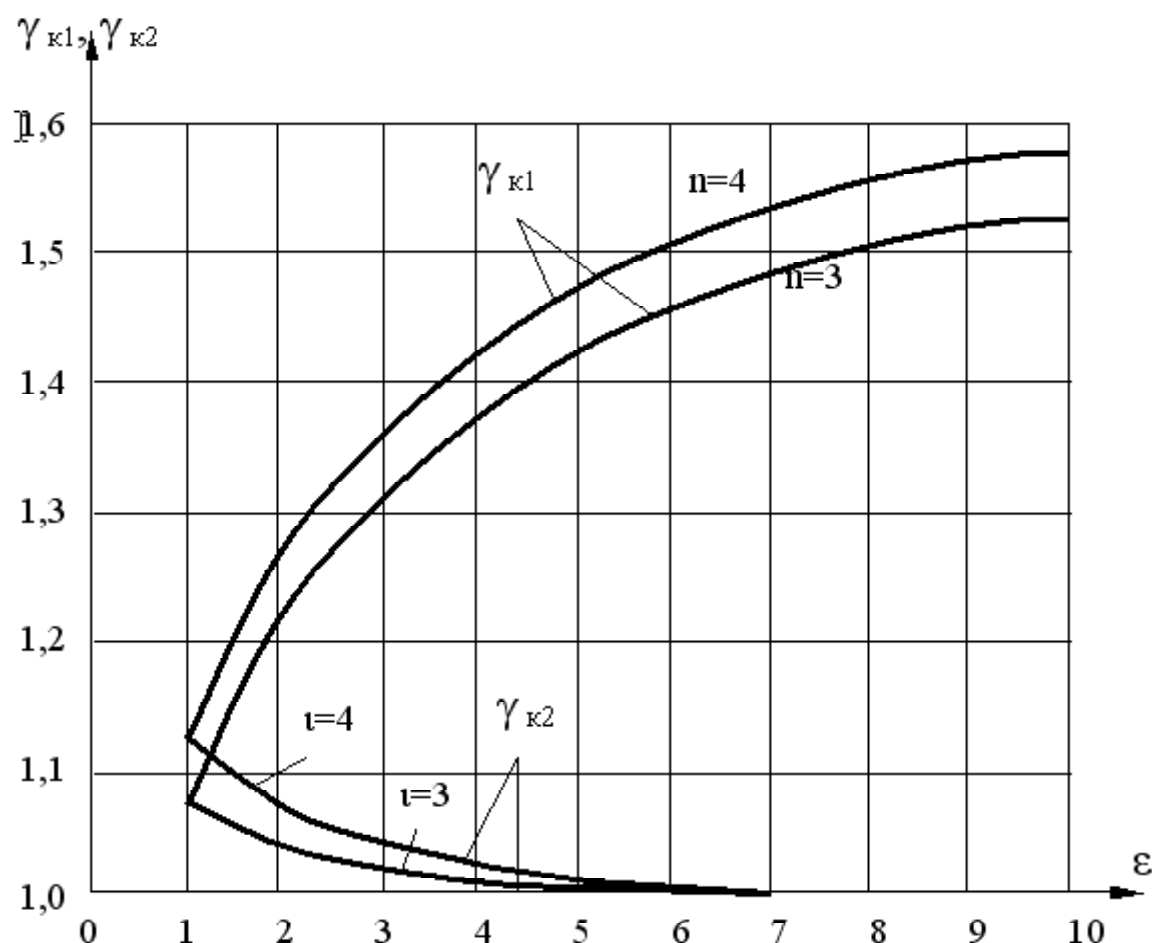


Рис .3 График значений дополнительных сейсмических сил на продольные и поперечные рамы при кручении каркаса здания.

n – количество продольных рам; l - количество поперечных рам.

Как видно из графика (рис. 3) дополнительные сейсмические силы на колонны от крутильных колебаний могут составлять 40 – 50% от поступательных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Жунусов Т.Ж. Актуальные проблемы теории и практики сейсмостойкого строительства/ ИВУЗ. Серия «Строительство», № 9, 1997. с. 39 – 42.
2. Сапожников А.И, Критерии сейсмостойкости зданий и сооружений./ИВУЗ. Серия «Строительство», № 12. 2001. с. 4 – 8.
3. ДБН В 1.1. – 12: 2006 «Будівництво у сейсмічних районах України». Київ. 2006. 83 с.

Ажермачёв С.Г., к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Еще раз о законе Гука

Рассматривается несущая способность металлических конструкций при высоких температурах. Вскрываются причины обрушения стальных каркасов супернебоскребов.

сталь, высокая температура, механические характеристики стали

Роберт Гук в 1678 году вывел закон «каково удлинение, такова и сила», который Томас Юнг в 1807 году развил и получил выражение

$$\Delta l = \frac{Nl}{EF}; \text{ или } \varepsilon = \frac{\sigma}{E},$$

он и по сей день является основой инженерных расчетов на прочность и деформативность. Это выражение гласит: относительные удлинения ε прямо пропорциональны напряжениям σ и обратно пропорциональны модулю упругости материала E . Модуль упругости E для различных материалов различен. Кроме того, модуль упругости E изменяется с изменением температуры (рис. 1).

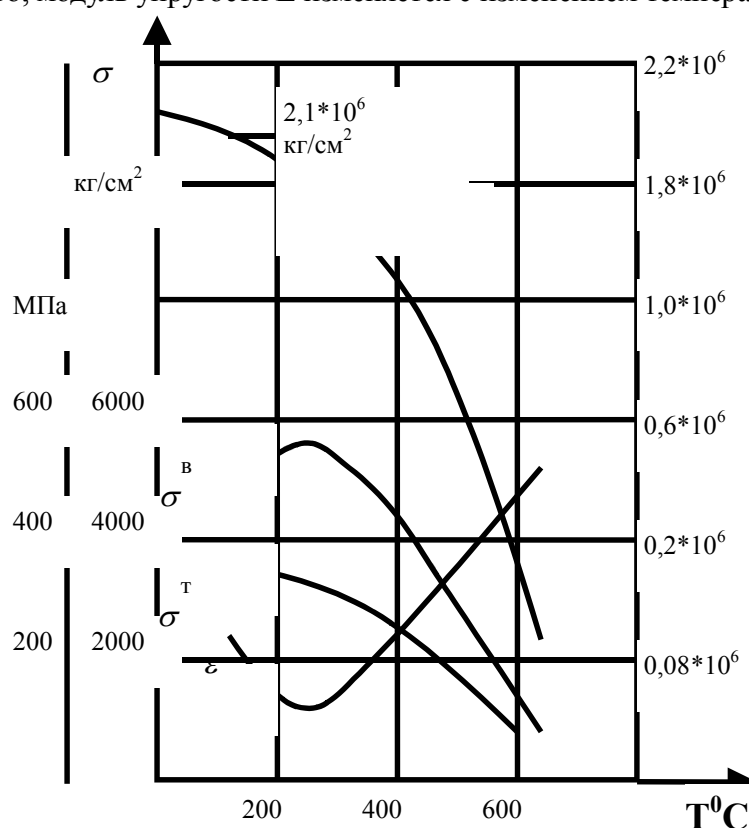


Рис.1 Изменение модуля упругости от изменения температуры

На графике показано изменение механических свойств низкоуглеродистой стали при нагреве до 650°C [1, 2]. Как видно, предел прочности σ_b стали в интервале температур от 200 до 350°C достигает максимума, а относительное удлинение ε снижается; при дальнейшем повышении температуры σ_b падает, а ε возрастает. Модуль упругости стали E и предел текучести σ_t с повышением температуры падают, и примерно при 650°C сталь теряет свои упругие свойства. Из этого следует, что при указанной температуре нагрева достаточно небольшого усилия для потери устойчивости элемента.

При нагревании такого материала как сталь, свыше 500°C модуль упругости значительно уменьшается и при тех же напряжениях деформации резко возрастают, что может привести к потере несущей способности элемента или сооружения в целом. Такое, например, случилось с конструкциями двух башен торгового центра в Нью-Йорке 11 сентября 2001 года. Торговый центр являлся

мировым сверх рынком, где осуществлялись торговые операции по импорту и экспорту любых товаров для любых стран.

Две башни торгового центра по 110 этажей каждая высотой 411 м были построены в 1973 году [3] (рис.2.).



Рис. 2.



Рис.3.

Размер каждой башни в плане составлял 63х63 м. Эти здания одновременно вмещали 50 тыс служащих и 80 тыс. посетителей в день. Каждое здание обслуживалось 103 лифтами. В конструктивном отношении здания имели коробчатоствольную систему, что обеспечивало им высокую жесткость и надежность. Однако 11 сентября 2001 года был совершен величайший террористический акт, разрушивший две башни супернебоскребов. Самолеты типа «Боинг» при полной заправке горючим (несколько десятков тонн) врезались в здания на высоте 65-80 этажей (рис. 3.).

Произошел всплеск колоссального объема керосина на несколько этажей. Возник пожар. В результате несущие элементы стального каркаса нагрелись до температуры 500-800⁰С и выше. В этих условиях модуль упругости E резко уменьшился и сжатые элементы потеряли устойчивость под действием нагрузки от вышележащих 30-40 этажей. При площади этажа примерно 4000 м² и при минимальной приведенной распределенной нагрузке 2т/м² общий вес этажа составлял примерно 8000 т, а от 30-40 этажей соответственно 250000-300000 т. Вот эта нагрузка обрушилась на нижнюю часть здания и разрушила ее.

ВЫВОД

Любая теория может работать во благо или во вред. Когда Роберт Гук и Томас Юнг разрабатывали теорию расчета, они думали о благе. Террористы же сумели обернуть плоды этой теории во вред.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаев Г.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование. – М. Высш. школа. 1990. – 446 с.
2. Алексеев Е. К., Мельник В. И. Сварка в промышленном строительстве. Москва. Стройиздат. 1977. 360 с.
3. Резклифф Д. Величайший небоскреб из всех ныне существующих. I еждународный симпозиум. Многоэтажные здания. Москва. 1972. с. 138-139.

Ажермачев С. Г., к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Влияние уклона кровли на работу прогонов

Рассматриваются особенности работы балок на наклонной плоскости. Определяются эффективные углы наклона кровли для прогонов из швеллеров.

кровли, прогон, изгиб, кручение, эффективный угол наклона

В покрытиях промышленных и гражданских зданий часто применяют прогоны (двутавры, швеллера и т.д.), которые укладываются по верхним поясам ферм или балок. Для обеспечения стока воды или для других целей (например шедовые покрытия) верхние пояса ферм должны иметь уклон. В этом случае прогоны при загрузке изгибаются в двух плоскостях [1,2,3]. В большинстве специальной литературы напряженное состояние прогона на наклонной плоскости определяют по формуле:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y} = \sigma_x \pm \sigma_y \leq R_y \gamma_c \dots \quad (1)$$

Однако прогон, расположенный на наклонной плоскости, не только изгибается относительно осей X и Y, но и закручивается. Поэтому более точно напряженное состояние прогона можно определять по формуле:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y} \pm \frac{B_\omega}{W_\omega} = \sigma_x \pm \sigma_y \pm \sigma_\omega \leq R_y \gamma_c \dots \quad (2)$$

Здесь M_x и M_y – изгибающие моменты относительно осей X и Y;

W_x и W_y – моменты сопротивления сечения прогона относительно осей X и Y;

B_ω – изгибно-крутящий бимомент;

W_ω – секториальный момент сопротивления;

R_y – расчетное сопротивление материала прогона;

γ_c – коэффициент условия работы.

При расчете прогонов формула (2) предусматривает учет напряжений σ_ω , которые возникают при закручивании профиля в результате появления изгибно-крутящего бимомента. Величина σ_ω соизмерима с σ_y .

Для прогонов чаще используют швеллерные профили.

Однако эффективность работы швеллерного сечения зависит от угла наклона кровли.

Рассмотрим уклоны кровли, при которых наиболее эффективно используются швеллерные сечения.

Центр тяжести и центр изгиба в швеллерных сечениях не совпадают. Центр изгиба обладает тем свойством, что, если действующая на балку поперечная нагрузка проходит через этот центр и нормальные напряжения на концах балки равны нулю или распределены по нормальному закону, то балка будет испытывать только изгиб [4].

В нашем случае прогон будет изгибаться в вертикальной и горизонтальной плоскостях и закручиваться относительно центра изгиба (рис.1).

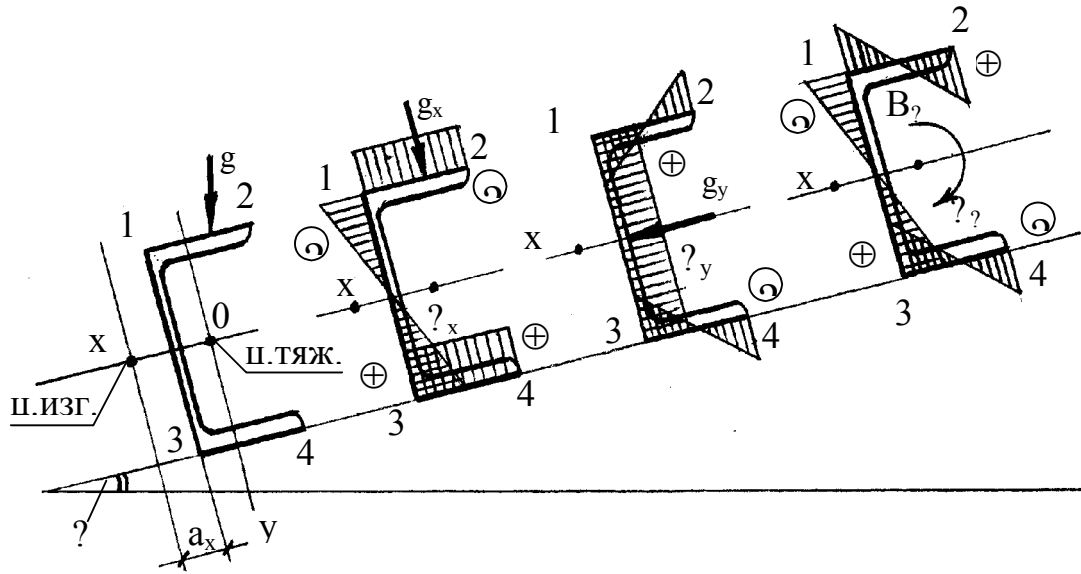


Рис1. Эпюры $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_\omega$ в швеллерном прогоне на наклонной плоскости.

Прогонны рассчитывают обычно как разрезные балки, находящиеся под действием равномерно распределенной нагрузки

$$M_x = \frac{g_x \cdot l^2 \cdot \cos \alpha}{8} \dots\dots (3)$$

$$M_y = \frac{g_y \cdot l^2 \cdot \sin \alpha}{8} \dots\dots, (4)$$

где α – угол наклона кровли;

l – пролет прогона;

g_x и g_y – интенсивность нагрузки.

Расчетный изгибно-крутящий бимомент для нашего случая равен

$$B_\omega = 0,01 \beta g e l^2, (5)$$

где

$$e = \left(a_x + \frac{b}{2} - \frac{h}{2} \operatorname{tg} \alpha \right) \cos \alpha; (6)$$

a_x – расстояние от оси стенки до центра изгиба сечения;

b – ширина полки швеллера;

h – высота швеллера;

$$\beta = kl = \sqrt{\frac{G \cdot J_d}{E \cdot J_\omega}} l;$$

$G=8,1 \times 10^5 \text{ кг/см}^2$ – модуль сдвига;

$E=2,1 \times 10^6 \text{ кг/см}^2$ – модуль упругости;

J_d – момент инерции профиля при кручении;

$$J_\omega = \frac{A_n^3 A_{cm}^2 (3A_n + 2A_{cm})}{12t_n^2 t_{cm}^2 (6A_n + A_{cm})} - \text{секториальный момент инерции швеллерного сечения.}$$

Здесь $A_n = b t_n$ – площадь сечения полки;

$A_{cm} = h t_{cm}$ – площадь сечения стенки.

Секториальный момент сопротивления для точки 1 будет

$$W_{\omega 1} = \frac{A_n A_{cm} (3A_n + 2A_{cm})}{18t_n t_{cm}}, \quad (7)$$

Соответственно для точки 2

$$W_{\omega 2} = \frac{A_n^2 A_{cm} (3A_n + 2A_{cm})}{6t_n t_{cm} (3A_n + A_{cm})}, \quad (8)$$

Следует отметить, что $W_{\omega 1}$ – всегда больше $W_{\omega 2}$. Это видно из формул (7) и (8) и является следствием того, что в швеллере расстояние центра изгиба от оси стенки всегда меньше половины ширины полки. Действительно, расстояние центра изгиба от оси стенки выражается формулой

$$a_x = \frac{3b^2 t_n}{6bt_n + ht_{cm}} \quad (9)$$

Перепишав ее в таком виде:

$$a_x = b \frac{3bt_n}{6bt_n + ht_{cm}} = b \frac{1}{2 + \frac{ht_{cm}}{3bt_n}} \quad (10)$$

видим, что $a_x < b/2$.

Из рис. 1. видно, что для точки 3 все три загрузки дают один знак напряжений.

Рассмотрим, как будут изменяться напряжения в точках 3 и 2 при изменении угла наклона кровли. В одной из этих точек напряжения будут уменьшаться, а в другой увеличиваться. Значит существует такой угол, при котором напряжения в этих точках одинаковы по величине, т.е.

$|\sigma_3| = |\sigma_2|$. Этот угол и будет являться наивыгоднейшим углом наклона кровли.

Запишем (2) в развернутом виде:

$$\frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_{y3}} + \frac{B_{\omega}}{W_{\omega 3}} = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_{y2}} - \frac{B_{\omega}}{W_{\omega 3}} \quad (11)$$

Разделим левую и правую части выражения (11) на M_x/W_x , получим:

$$1 + \frac{M_y}{M_x} \frac{W_x}{W_{y3}} + \frac{B_{\omega}}{M_x} \frac{W_x}{W_{\omega 3}} = 1 + \frac{M_y}{M_x} \frac{W_x}{W_{y2}} - \frac{B_{\omega}}{M_x} \frac{W_x}{W_{\omega 3}} \quad (12)$$

$$\frac{M_y}{M_x} = \operatorname{tg} \alpha \quad (13)$$

С учетом формул (3), (4), (5) и (6) запишем выражение

$$\frac{B_{\omega}}{W_x} = \frac{\beta \cdot 0,01 \cdot gl^2 \cdot 8}{gl^2 \cdot \cos \alpha} \left(a_x + \frac{b}{2} - \frac{h}{2} \operatorname{tg} \alpha \right) \cos \alpha = 0,08 \beta \left(a_x + \frac{b}{2} - \frac{h}{2} \operatorname{tg} \alpha \right) \quad (14)$$

Подставляя в (14) значения из (12) и (13), получим:

$$\operatorname{tg} \alpha \frac{W_x}{W_{y3}} + 0,08 \beta \left(a_x + \frac{b}{2} - \frac{h}{2} \operatorname{tg} \alpha \right) \frac{W_x}{W_{\omega 3}} = \operatorname{tg} \alpha \frac{W_x}{W_{y2}} - 0,08 \beta \left(a_x + \frac{b}{2} - \frac{h}{2} \operatorname{tg} \alpha \right) \frac{W_x}{W_{\omega 2}} \quad (15)$$

Решая уравнение (15) относительно $\operatorname{tg} \alpha$, получим значение оптимального угла наклона кровли при использовании прогонов из швеллеров

$$tg\alpha = \frac{0,08(a_x + \frac{b}{2})(\frac{W_x}{W_{\omega 3}} + \frac{W_x}{W_{\omega 2}})}{\frac{W_x}{W_{y2}} - \frac{W_x}{W_{y1}} + 0,04hb(\frac{W_x}{W_{\omega 3}} + \frac{W_x}{W_{\omega 2}})} \quad (16)$$

Для прогонов из швеллеров № 14х24 и пролетах l=4х6 м оптимальный угол наклона верхнего пояса ферм колеблется в пределах от 2 до 12°.

ВЫВОДЫ

1. Для прогонов при наклонной кровле лучше применять швеллеры.
2. Оптимальный угол наклона для использования прокатных профилей из швеллеров составляет от 2° до 12°.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Металлические конструкции /Под общей редакцией Е. И. Беленя. М. Стройиздат. 1985 г., 560 с.
2. Металлические конструкции. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений (Справочник проектировщика) /Под общей редакцией В. В. Кузнецова. М. АСВ., 1998, 512 с.
3. СНиП II – 23- 81*. Строительные нормы и правила. Стальные конструкции. М. ЦИТП Госстроя. 1991. 94 с.
4. Власов В. 3. Тонкостенные упругие стержни. М. Гос. Издат. Физмат. Литературы. 1959. 568 с.

Глушаков Н.И., аспирант, Литовченко П.А., к.т.н., доцент.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Многослойные панели перекрытия, особенности поведения под нагрузкой, проблемы расчета

Приведены особенности напряженно-деформированного состояния и стадии работы многослойных облегченных панелей перекрытия. Предложены зависимости для оценки прочности приопорных участков трехслойных панелей.

Трехслойная панель, стадии НДС, прочность, опорные участки

Сегодня трудно представить себе цивилизованный мир без бетона. Объемы и качество его производства достаточно полно характеризуют индустриальный уровень развития общества. Железобетон - основной строительный материал, применяемый в настоящее время при строительстве жилья, объектов соцкультбыта, промышленном строительстве, эффективном освоении подземного пространства, транспортном строительстве, возведении зданий и сооружений, определяющих облик городской архитектуры.

Современная гамма бетонов, применяемая в строительстве, насчитывает десятки наименований. Это особопрочные бетоны, фибробетоны, полистиролбетоны, пористые, гидроизолирующие и многие другие. По некоторым показателям они приблизились к природному камню и даже металлу.

Вместе с процессом создания новых видов бетонов создаются новые и совершенствуются старые конструкции. В последнее время всё большую популярность приобретают многослойные конструкции, благодаря своей надёжности и экономической эффективности, что в современных экономических условиях играет первостепенную роль.

Как правило, многослойные конструкции состоят из несущих слоев, которые обеспечивают необходимую несущую способность конструкции и утепляющих, звукоизоляционных и др. слоёв.

В практике отечественного и зарубежного строительства все шире применяют трехслойные конструкции, совмещающие несущие и ограждающие функции. Опыт применения ограждающих слоистых железобетонных конструкций в нашей стране и за рубежом подтверждает их надежность в эксплуатации и высокую экономическую эффективность в сравнении с обычными железобетонными конструкциями с разделенными несущими и ограждающими функциями.

В работе многослойных панелей перекрытия под нагрузкой определяющим фактором является связь между слоями конструкции.

Проектирование слоистых конструкций осложнено тем, что теория расчета железобетонных многослойных элементов по всем предельным состояниям разработана не полностью, несмотря на значительное количество проведенных исследований.

Расчет прочности наклонных сечений в слоистых изгибаемых конструкциях весьма приближен, поскольку не накоплено еще достаточно экспериментальных данных о напряженно-деформированном состоянии таких конструкций в зоне пролета, работающей на срез, при совместном действии изгибающего момента и поперечной силы. Нет достаточного экспериментального обоснования для оценки усилий сдвига по контактной плоскости. Использование формул сопротивления материалов приводит к значительному расхождению опытных значений усилий сдвига в контактной плоскости с расчетными значениями. Кроме того, разработаны конструктивные решения трехслойных панелей, в которых средний слой не воспринимает сдвигающих усилий и поперечных сил. Связь между сжатым и растянутым несущими слоями в таких панелях осуществляется специально предусмотренными стальными связями.

Для многослойных железобетонных элементов в настоящее время нет единой, нор-

мированной теории расчёта. В таких случаях нормативные указания позволяют в качестве расчётного аппарата использовать экспериментально-теоретическую оценку свойств конструкции. Современная методика математического планирования эксперимента даёт возможность на базе специально организованной серии опытов получить аналитические зависимости для интересующих нас свойств объектов.

Анализ показал, что для комплексных конструкций наиболее уязвимые участки - приопорные. И в то же время работа наклонных сечений трёхслойных элементов вплоть до исчерпания их несущей способности в зоне среза остаётся практически неизученной.

В связи с этим на основе простых методов математического моделирования был проведён экспериментально-теоретический расчёт – комплекс исследований напряжённо-деформированного состояния приопорной зоны комплексных трёхслойных шлакобетонных элементов при совместном действии поперечной силы и изгибающего момента. Эти исследования изложены в книге «Трёхслойные железобетонные конструкции» авторами В.Ф. Майборода, В.М. Карпюк [1].

Трёхслойные панели, работают по балочной схеме, испытывают плоский поперечный изгиб, что позволяет изучать их работу на примере балки. Балка состояла из трёх слоёв, двух несущих верхнего и нижнего из плотного бетона и среднего крупнопористого слоя работу которого не учитывали, поскольку деформативность данного слоя находится в тесной линейной связи с деформациями бетона верхнего и нижнего слоёв. В верхнем и нижнем слоях балки в плотном бетоне была размещена продольная рабочая арматура, а между продольными стержнями установлена поперечная арматура. Балки нагружали двумя сосредоточенными кратковременно действующими грузами при пролёте $8h_0$.

Для предотвращения смятия бетона в местах приложения нагрузки и опорных реакций использовали распределительные стальные пластины.

Таких балок было испытано несколько десятков, в результате чего были выявлены следующие характерные стадии напряжённо-деформированного состояния (см. рис. 1):

- I. - до появления трещин, когда на всех участках арматура и бетон работают совместно;
- Ia. – переходная - мгновенная, когда в крайнем растянутом волокне бетона в зоне с максимальными изгибающими моментами появляются нормальные трещины;
- II. - раскрытия нормальных начальных трещин, а также появления и раскрытия новых нормальных и наклонных трещин – в приопорных участках;
- III. - разрушение, которое протекает ступенчато.

Процесс разрушения трёхслойной балки с надёжно заанкеренной продольной рабочей арматурой вследствие пониженной прочности крупнопористого бетона среднего слоя имеет свои особенности: в результате действия растягивающего усилия в рабочей арматуре над опорой возникает одна или несколько нормальных трещин и разрушение балки начинается именно с этого сечения, характеризующегося достижением бетоном среднего крупнопористого слоя и нижней части нижнего слоя предела прочности на сжатие. При этом по мере исчерпания прочности бетона среднего слоя в пролёте среза появляются деформации сдвига, которые приводят к уменьшению высоты сжатой зоны бетонного сечения под сосредоточенным грузом и последующему её раздроблению. Рабочая арматура перегибается у опор и под сосредоточенными грузами.

Характерное отличие трёхслойных конструкций - ступенчатость протекания основных стадий – II и III и небольшая продолжительность стадии I.

В качестве рабочей может быть принято начальное состояние стадии II, когда ещё не появились основные, характерные косые трещины в приопорных участках, т.е. стадия раскрытия нормальных трещин.

Трёхслойные конструкции целесообразно использовать как конструкции II категории трещиностойкости с тем, чтобы не допускать при эксплуатации их чрезмерной трещиноватости.

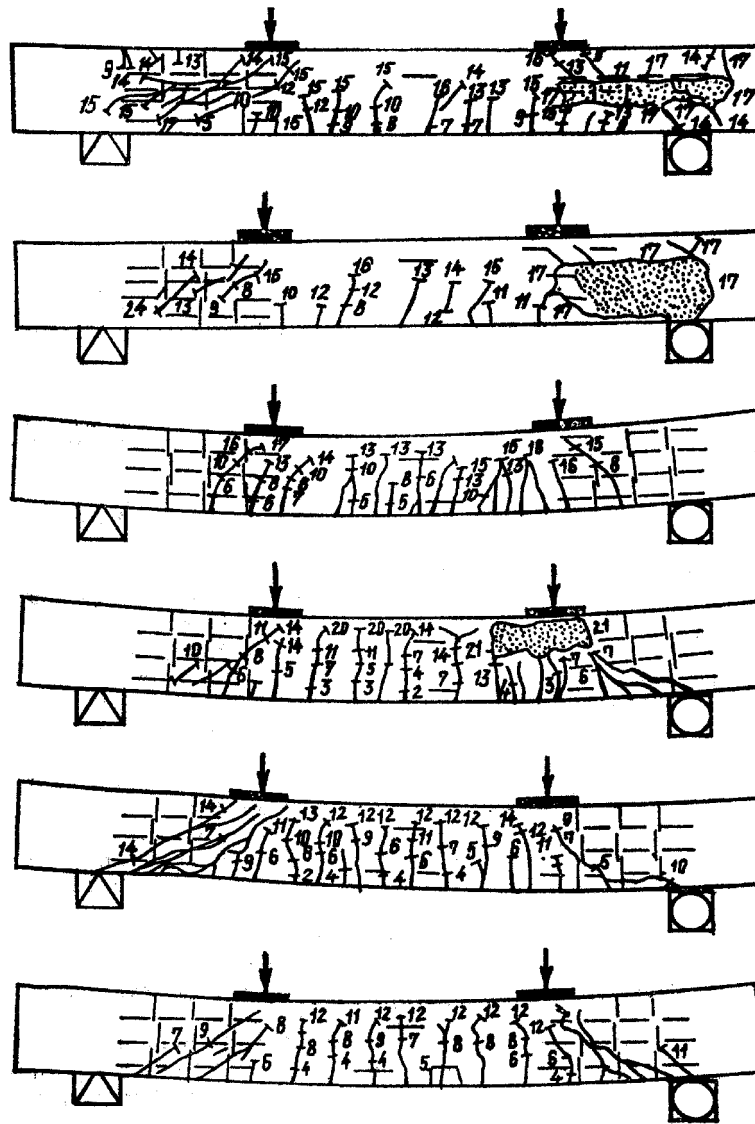


Рис. 1. Характер образования, развития трещин и разрушения балок.

Предложен метод по практической оценке прочности приопорных участков трёхслойных железобетонных элементов при поперечном изгибе. Метод основан на связи между разрушением на опоре и обусловленным им разрушением под сосредоточенным грузом, исходя из того обстоятельства, что предельное состояние на опоре и под сосредоточенным грузом соответственно может быть выражено через усилия $N_{s, \text{sup}, u}$ и N_{su} .

Расчетная схема и схема действующих усилий в рассматриваемых сечениях представлена на рис. 2. С целью упрощения расчёта на схеме не показаны и не учитываются растягивающие напряжения в бетоне.

Для того, чтобы связать внешние и внутренние усилия в трёхслойной конструкции согласно представленной расчётной схеме, составим два уравнения равновесия:

$$\sum M_A = 0 \text{ и } \sum M_B = 0$$

Точка В выбрана на уровне центра тяжести монтажной арматуры для исключения неизвестного усилия $N_{s, \text{sup}, u}$.

Из данных уравнений равновесия находим:

$$N_{su} = \frac{Q \cdot a}{z} \quad (1)$$

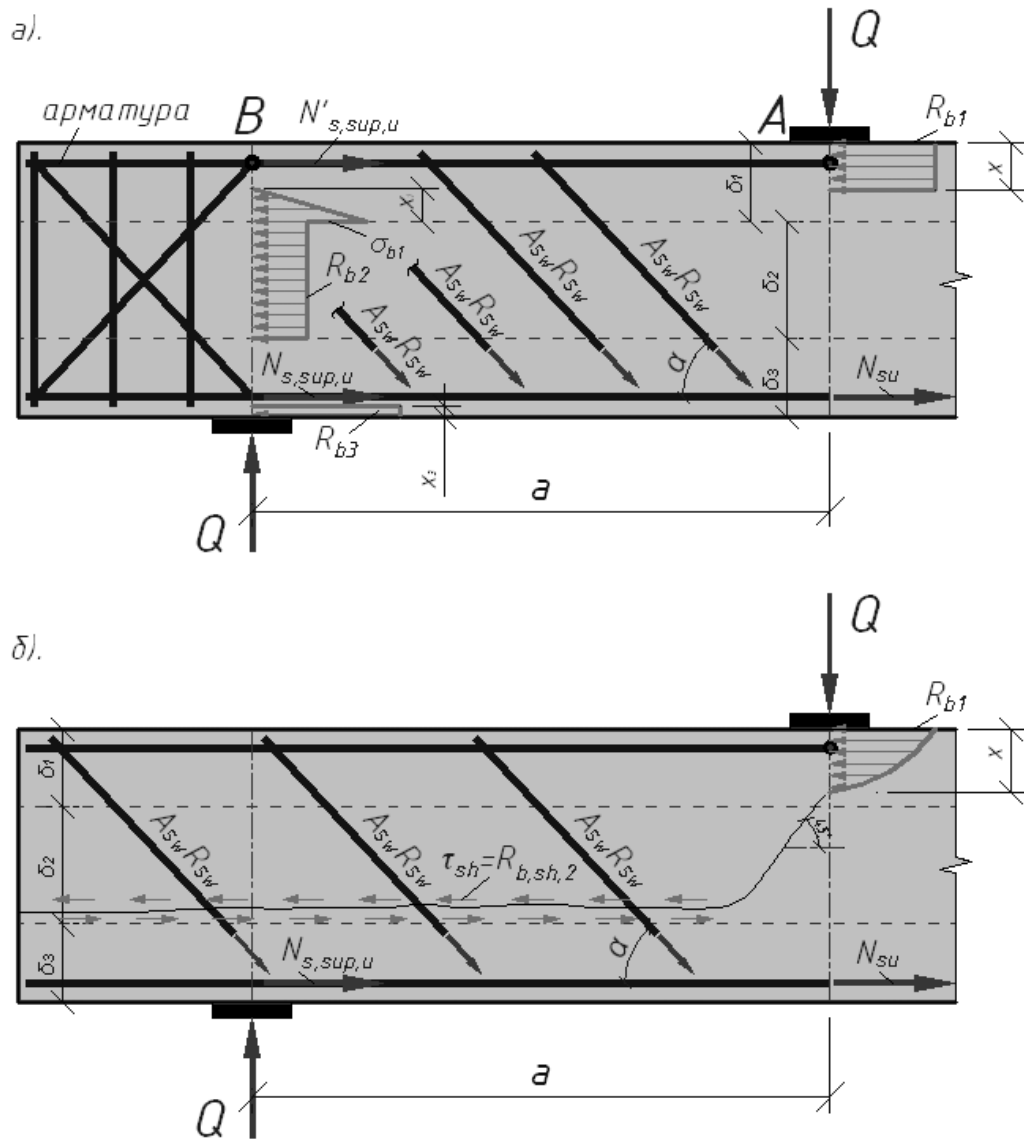


Рис. 2. Расчётные схемы действующих усилий на приопорном участке трёхслойного железобетонного элемента: а - при достаточно надёжной анкеровке рабочей арматуры; б - без анкеровки.

$$N_{s,sup,u} = \frac{x_1 \cdot \sigma_{b1} \cdot \left(\frac{b}{2}\right) \cdot \left(\delta_1 - a'_3 - \frac{x_1}{3}\right) + \delta_2 R_{b2} b \cdot \left(\delta_1 - a'_3 + \frac{\delta_2}{2}\right) + R_{b3} x_3 b \cdot \left(h_0 - a'_3 - \frac{x_3}{2}\right)}{h_0 - a'_3} \quad (2)$$

$$N_{su} = N_{s,sup,u} + (1 - \psi_s) \cdot N_{su} + \sum A_{sw} \cdot R_{sw} \cdot \cos \alpha = \frac{Q \cdot a}{z} \quad (3)$$

С учётом

$$N_{su} = N_{BU} = \xi \cdot h_0 \cdot b \cdot R_{b1} \quad (4)$$

$$N_{s,sup,u} = \frac{Q \cdot a}{z} - (1 - \psi_s) \cdot \xi \cdot h_0 \cdot b \cdot R_{b1} - \sum A_{sw} \cdot R_{sw} \cdot \cos \alpha \quad (5)$$

Приравняв выражения (2) и (5) между собой, с учётом

$$z = h_0 - \frac{\xi \cdot h_0}{2} \quad (6)$$

находим:

$$Q_u = k_1 \left\{ \frac{k_2 \left[\frac{x_1 \sigma_{b1}}{2} \left(\delta_1 - a'_3 - \frac{x_1}{3} \right) + \delta_2 R_{b2} \left(\delta_1 - a'_3 + \frac{\delta_2}{2} \right) + x_3 R_{b3} \left(h_0 - a'_3 - \frac{x_3}{2} \right) \right] \cdot b}{h_0 - a'_3} + \frac{h_0(2-\xi)}{2a} \right\} + \left\{ L + (1-\psi_s) \cdot \xi \cdot h_0 \cdot b \cdot R_{b1} + \sum A_{sw} \cdot R_{sw} \cdot \cos \alpha \right\} \quad (7)$$

Формулу (7) можно использовать при расчёте трёхслойных плит, сопоставление результатов полученных по формуле (7) с опытными данными показывает удовлетворительную сходимость.

ВЫВОДЫ

Предложенная зависимость (7) пригодна для расчёта рассматриваемых трёхслойных плит. Сопоставление опытных и теоретических результатов показало удовлетворительную сходимость.

Возможность применения предложенной зависимости для расчета трехслойных плит, в которых соединение сжатого и растянутого несущих слоев осуществляется специально предусмотренными стальными связями, должна быть обоснована дополнительной экспериментальной проверкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Майборода В.М., Карпук В.Ф. «Трёхслойные железобетонные конструкции». - К.: Будівельник, 1990. - 144с.
2. Мамедов Г.М., Алиев Р.Д. Новая расчетная схема балок при действии поперечных сил // Бетон и железобетон. - 1980. - №2. С. 18-19.

Древетняк А. С., инженер.
Проектная группа «Архонт – Крым»

Алексеев В. Н., к.т.н. доцент
Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

К вопросу об огнестойкости железобетонных конструкций при динамических воздействиях

Рассмотрены некоторые аспекты пожарной безопасности и огнестойкости конструкций высотных зданий. Произведена оценка эффективности их применения при строительстве в сейсмических районах. Обозначены основные проблемы, возникающие при проектировании и эксплуатации.

Железобетонные конструкции, высотные здания, сейсмические воздействия, огнестойкость, огнесохранность

На сегодняшний день наблюдается устойчивая тенденция к увеличению строительства высотных зданий, особенно, в местах, где их эксплуатация может принести наибольшую коммерческую выгоду. К таким мы относим: центральные и наиболее престижные районы крупных городов, а также территории, находящиеся вблизи крупнейших туристических и курортных центров. Высотное здание позволяет на сравнительно небольшой площади разместить multifunctional жилой комплекс со всей необходимой инфраструктурой, в крупных промышленных городах изолировать жителей от неблагоприятного воздействия выхлопных газов, и, что особенно важно, для курортных зон, позволяет существенно увеличить обзор окружающей местности.



Рис.1 Отель «Кейо плаза»

Проводятся разработки специальных норм и мероприятий по проектированию и строительству, здание обеспечивается современной системой пожаротушения и сигнализации. Это можно увидеть на примере высотных зданий, строящихся в г. Киеве, Одессе, Москве, Астане и др. крупных городах на территории СНГ. Стоит также отметить, что наличие в стране возможности проектировать и возводить здания высотой от 50 м свидетельствует как об уровне строительной отрасли, так и об экономической и социальной ситуации в целом. Иными словами, «высотки» - символ стабильности и инвестиционной привлекательности региона.

Тем не менее, существуют проблемы, которые либо не рассматривались вовсе, либо разрешены в недостаточной мере. Одной из таких проблем является огнестойкость железобетонных конструкций высотных зданий в условиях динамических воздействий.

Известно, что при продолжительном воздействии высоких температур на железобетонные конструкции происходит уменьшение прочности бетона, увеличивается площадь текучести арматуры, происходит

Однако, наряду с очевидными преимуществами, каждое высотное здание представляет собой уникальное сооружение, к которому не всегда возможно применить как нормы проектирования, предназначенные для обычных зданий, так и большинство методов расчета.

Пожарная безопасность, сейсмостойкость, восприятие существенно возрастающих ветровых нагрузок, большой собственный вес здания, вынуждающий производить увеличение затрат на фундаменты и связанные с ними инженерно-геологические изыскания, сложность задания адекватной расчетной схемы – это лишь некоторые вопросы, возникающие при расчете, проектировании, строительстве, и эксплуатации объектов подобного типа. Они известны давно и решаются совершенствованием конструктивных схем зданий, применением программных комплексов и созданием индивидуальных методов расчета, использованием новых и наиболее совершенных строительных и теплоизолирующих материалов.

образование пластичных зон, а в дальнейшем разрушение конструкции. Время с момента начала возгорания до полного разрушения варьируется в зависимости от состояния, срока эксплуатации железобетонных конструкций, применения огнезащитных составов и теплоизолирующих материалов, а также от интенсивности и продолжительности температурного воздействия. Как в Украине [1,2,3], так и за рубежом [4,5,6] проводился ряд исследований, направленных на изучение работы железобетонных конструкций при различных температурах и времени воздействия, с целью их совершенствования для повышения огнестойкости. Параллельно производились поиски наиболее эффективных теплоизолирующих и огнезащитных материалов, а также способы их рационального применения.

Стоит отметить, что отнюдь не последнюю роль в обеспечении пожарной безопасности любого современного здания играют автоматизированные комплексы пожаротушения и системы контроля. Они имеют полностью автономные системы обеспечения и позволяют моментально изолировать, а впоследствии - ликвидировать источник возгорания. Для «высоток», как сооружений, обрушение которых может нанести непоправимый вред окружающим зданиям и привести к большим человеческим жертвам, разрабатывают индивидуальные конструктивные и объемно – планировочные решения, призванные в максимально короткие сроки произвести эвакуацию людей и персонала и локализовать источник возгорания, не допуская распространение огня на другие этажи и секции здания.

Кроме того, как за рубежом, так и в нашей стране, любое высотное здание оснащается дополнительной специальной системой контроля, которая представляет собой множество различных фиксирующих устройств, расположенных на каждом этаже, прикрепленных к конструкциям здания. Эта система позволяет производить мониторинг здания, т. е. наблюдать за работой строительных конструкций в реальных эксплуатационных условиях. Применение подобных технологий дает возможность своевременно оценить состояние здания и не допустить развитие процессов, которые могут привести к необратимым последствиям.

Так же следует отметить, что наряду с расчетом на прочность, жесткость и трещиностойкость несущие конструкции здания подвергаются обязательному расчету на огнестойкость, на основании которого определяется то количество теплоизоляционного материала, которое необходимо для обеспечения требуемого предела огнестойкости или же степень изменения самой конструкции.



Рис.2 Пожар высотного здания в г. Москве.

Это подтверждает ряд аварий, произошедших как на территории бывшего СНГ, так и за рубежом. Во всех случаях происходило обрушение конструкций зданий уже после пожара, что свидетельствует о существенном изменении не только прочностных характеристик бетона, но и сцепления арматуры с бетоном, вследствие прошедших в конструкциях необратимых процессов. Таким образом, была признана необходимость на стадии проектирования выполнять расчет конструкций здания на огнесохранность – т.е. обеспечить такое состояние конструкции, при котором остаточная прочность или необратимые деформации позволяют гарантировать ее надежную работу после пожара.

Особенно это важно при проектировании и строительстве объектов высокой этажности в сейсмических районах и в зонах со сложными инженерно - геологическими условиями.

К таким территориям относится и Южный берег Крыма, для которого, как результат высокой стоимости земли, начинается проектирование и строительство высотных зданий. Данные объекты автоматически попадают в категорию экспериментального строительства и их расчет, а также разработка индивидуальных норм проектирования и строительство требует особо тщательного подхода.

Казалось бы, этих мер вполне достаточно для безопасной эксплуатации «высоток», но, как показывает практика, могут возникать сочетания, при которых даже подобные мероприятия могут оказаться неэффективными.

Одной из наиболее актуальных проблем является возможность восприятия железобетонными конструкциями проектных нагрузок после пожара. Предел огнестойкости строительных конструкций по потере несущей способности характеризует прочностные показатели конструкций при возможном пожаре, но не гарантирует их пригодность к дальнейшей нормальной эксплуатации после огневого воз-

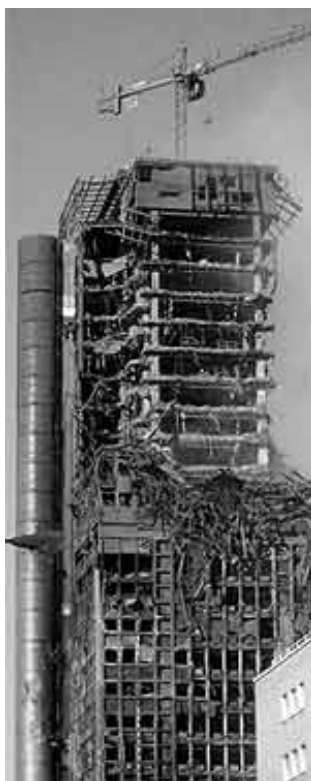


Рис.3 Последствия пожара высотного здания в г. Гонконге.[5]

Если представить, что в случае мощного землетрясения происходит нарушение в работе автоматической противопожарной системы, и наблюдается нарушение целостности слоя теплоизолирующих материалов, а местами и его отслаивание, то несущие конструкции могут оказаться без необходимой защиты. Все это существенно снижает предел огнестойкости элементов здания, а учитывая, вероятную возможность образования очага возгорания, то получается ситуация при которой гарантировать сохранность сооружения весьма затруднительно.

Даже если персоналу и прибывшим на место пожарным удастся взять ситуацию под контроль, часть конструкций здания на какое – то время остается под воздействием высоких температур. При повторных толчках здание уже не представляет собой той единой жесткой системы, какой она была до пожара, происходит образование пластических шарниров, частично изменяется схема работы, и при продолжении сейсмического воздействия эти факторы могут привести к катастрофическим последствиям.

ВЫВОДЫ:

Необходимо проведение дополнительных исследований на выявление фактического напряжённо – деформированного состояния ответственных зон несущих систем высотных зданий из монолитного железобетона, учитывающих вероятность огневого воздействия после сейсмического.. Реализация таких специальных исследований позволит системно оценить риски возможных дефектов, к сожалению неизбежно допускаемых в настоящее время, при возведении «высоток» и разработать комплекс конструктивных мероприятий закладываемых как на стадии проектирования так и стадиях возведения, эксплуатации, повышающих надёжность высотных зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Панюков Э. Ф., Жуков В. В. Термостойкость железобетонных конструкций. Издательство «Будивэльник», Киев 1991 г. 278 с.
2. Алексеенко В. Н. Моделирование огнестойкости опорных зон железобетонных изгибаемых элементов при сейсмическом воздействии. Сб: Проблемы комплексной застройки Южного Берега Крыма, Симферополь: ПОП УСКО, 1988, т 1. 5 с.
3. Алексеенко В. Н. Прочность железобетонных балок при действии поперечных сил после пожара. Автореферат. НИИЖБ Госстроя СССР 1990. 21 с.
4. Lie, T.T., Rowe.T.J. and Lin T.D. Residual strength of fire-exposed RC columns./Evaluation and Repair of Fire Damage to Concrete, Sp-92, ACI. - Detroit, 1986. P. 153-174.
5. Тамразян А.Г., Зодьбинов Д.В. К исследованию сейсмического поведения железобетонных колонн при пожаре/Строительство - формирование среды жизнедеятельности. - Вторая международная (VII традиционная) научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов и докторантов (26-27 мая 2004). Кн.1. - М.: МГСУ, 2004. - 274 с.
6. 1. Забегаев А.В., Ройтман В.М. Анализ ресурса стойкости зданий всемирного торгового центра (WTC) против комбинированного воздействия типа «удар-взрыв-пожар» при атаке террористов 11 сентября 2001 года. Тезисы докладов международной научно-практической конференции-выставки, посвященной 80-летию МГСУ/ «Строительство в XXI веке. Проблемы и перспективы», 5-7 декабря, 2001 г. — М.: МГСУ. 2001, — С.78-79.
7. ДБН В.1.1 – 7 – 2002 «Пожарная безопасность объектов строительства.»
8. ДБН В.1.1-12:2006 «Строительство в сейсмических районах»

Жигна В.В., к.т.н., доцент, Булавинцев Ю.Е., ст. преподаватель, инженер
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Реконструкции зданий сложившейся застройки с учетом норм сейсмостойкости при обустройстве мансардных этажей.

В статье рассмотрены вопросы реконструкции зданий сложившейся исторической застройки с устройством мансардных этажей. Приведен пример результатов обследования здания в г. Севастополе и рекомендации по приведению конструкций в соответствие с действующими нормами строительства в сейсмических районах для устройства мансардного этажа.

Историческая застройка, обследование, сейсмостойкость, реконструкция, мансарда.

Ежегодный прирост объема зданий частично или полностью непригодных к эксплуатации превышает объемы нового строительства в Крыму и в Украине в целом. Поэтому решение затрагиваемых в статье вопросов реконструкции и ремонта зданий старой постройки могут дать значительный экономический эффект.

Здания жилого и общественного фонда ранних периодов застройки имеют различный уровень капитальности конструктивных элементов и сроков их безотказной работы. Для периода строительства с середины 40-х до начала 60-х годов характерно применение деревянных несущих конструкций покрытий и железобетонных перекрытий (у части зданий деревянных перекрытий). Долговечность деревянных конструкций существенно ниже долговечности несущих и ограждающих конструкций, выполненных в железобетоне, камне и кирпиче. Как правило, деревянные несущие конструкции требуют проведения комплекса реконструктивных работ. При этом работы по реконструкции должны осуществляться на базе индивидуального подхода к каждому из возможных объектов с сохранением общности сложившихся архитектурных форм характерных для данного района города.

Реконструкция зданий может вестись по двум направлениям: с изменением объема реконструируемого здания и увеличения плотности застройки и без изменения объема. Реконструкция без изменения объема и архитектуры фасадов свойственна для зданий имеющих большую архитектурную значимость в районе застройки, так как позволяет сохранить их историческую ценность и общую композицию.

При планировании реконструктивных работ необходимо учитывать и экономические аспекты. Постоянное повышение коммерческой стоимости арендуемых площадей зданий в центральных частях городов, ведет к необходимости их эффективного использования. Одним из направлений повышения экономической эффективности при реконструкции является устройство мансардных этажей при реконструкции покрытий зданий.

Надстройки мансардных этажей обеспечивают увеличение площади здания до 20% при минимальных затратах, не оказывая существенного влияния на архитектуру фасадов, могут выполняться без отселения жильцов или прекращения работы организаций.

В Западной Европе мансарда – почти обязательный элемент капитального городского строительства. С конца XIX века при реконструкции зданий европейских столиц – Вены, Берлина, и, особенно, Парижа, мансарды становятся характерным элементом капитальной многоэтажной застройки столичных центров. В этот же период в северной столице России также начинают появляться мансарды. Однако эксплуатационные качества мансард в климатических условиях Санкт-Петербурга оказались недостаточно удовлетворительными и мансарды не нашли широкого применения. С конца 90-х годов прошлого столетия строительство мансард возобновляется. Главным стимулом для их применения стала экономическая необходимость повышения плотности застройки, особенно в крупных городах. Дополнительным стимулом – эстетическим стала определенная «эстетическая усталость» сформировавшаяся от складывающегося почти пятьдесят лет одно-

образного силуэта массовой застройки зданиями с плоскими крышами.



а)



б)

Рис.1 Общий вид здания Севастопольской городской типографии до реконструкции крыши а), и после реконструкции и устройства мансардного этажа б).

Основной областью применения мансард в отечественном строительстве может стать реконструкция и капитальный ремонт зданий исторической и массовой застройки. Трех-пятиэтажные здания середины прошлого столетия обычно расположены на особо ценных участках городской территории, стоимость которых за прошедшие годы существенно возросла особенно в крупных городах. На основании обследований установлено, что в большинстве случаев (при соответствующем состоянии оснований) возможны надстрой-

ки таких зданий до двух этажей без специального усиления. При этом не использование возможности получения дополнительных коммерческих площадей за счет устройства мансардных этажей при реконструкции крыш можно считать неоправданной расточительностью.

Представляется закономерным рассмотрение вопросов, связанных с надстройкой мансард при замене конструкций крыш при реконструкции и капитальном ремонте зданий.

Применение металлических и деревянных конструкций (при выполнении требований пожарной безопасности) в совокупности с современными облегченными ограждающими конструкциями позволяет создать геометрические формы мансард, обладающих высокой архитектурной выразительностью при малой массе конструкции мансарды.

В последние годы в городах Крыма также обозначилась тенденция к устройству мансардных этажей при капитальном ремонте крыш или при реконструкции зданий, особенно в центральных районах городов со сложившейся исторической застройкой. При этом, в связи с тем, что за прошедшие десятилетия существенно изменились нормативные требования к строительству зданий, и особенно, в сейсмических районах, проектировщики при разработке проектов сталкиваются с вопросами переустройства конструктивных элементов здания (даже при хорошей их сохранности) и приведению их в соответствие с действующими нормами.

Ниже, в качестве примера, авторы приводят результаты обследования здания Севастопольской городской типографии и рекомендации по приведению реконструируемой части здания с устройством мансардного этажа в соответствие с действующими нормами.

Здание Севастопольской городской типографии, ориентировочно 1954 года постройки (проектные материалы отсутствуют), расположено в центральной части города Севастополь по ул. Маяковского 5, в сложившейся застройке, имеющей общую композицию. Здание имеет выразительную архитектуру фасадов с пилястрами, лепным декором и массивными карнизами (рис. 1а). По техническим условиям проведение работ по реконструкции крыши и устройству мансардного этажа должно было проводиться без затрагивания архитектурных элементов фасада и без прекращения работы персонала. Эти условия необходимо было учитывать при разработке рекомендаций.

В соответствии с нормативными требованиями [1] г. Севастополь относится к населенным пунктам, расположенным в сейсмически опасных районах с расчетной сейсмической интенсивностью 8 баллов. В связи с этим на конструктивное решение здания при его реконструкции распространяются требования указанных норм.

Выполнение работ было разбито на три этапа:

- выявление фактического конструктивного исполнения здания, его элементов и узлов, их соответствие действующим нормам;
- оценка технического состояния основных несущих конструкции чердачного перекрытия, общей надежности и сейсмостойкости здания в соответствии с нормативными документами;
- анализ конструктивных решений с учетом архитектурных предложений по реконструкции чердачного пространства и разработка рекомендаций по восстановлению эксплуатационных качеств конструкций в соответствии действующими нормами.

Здание типографии трехэтажное с подвалом и чердачной крышей, высота этажей 4,2 м. Конструктивное решение здания представляет собой каменное здание с продольными и поперечными (у лестничных клеток) несущими стенами и внутренним каркасом. По оси «Б» расположен ряд монолитных железобетонных колонн с шагом 3,4 м и монолитные железобетонные балки. Между осями «2-7» перекрытие железобетонное из сборных многпустотных панелей длиной 5,6 м, опирающиеся на наружные продольные несущие стены и продольные балки по оси «Б» (рис. 2). Перекрытия над лестничными клетками выполнено из сборных панелей с опиранием на поперечные стены. Ниже уровня перекрытий по периметру стен выполнен монолитный железобетонный пояс высотой 20 см, на который опираются плиты пере-

крытия.

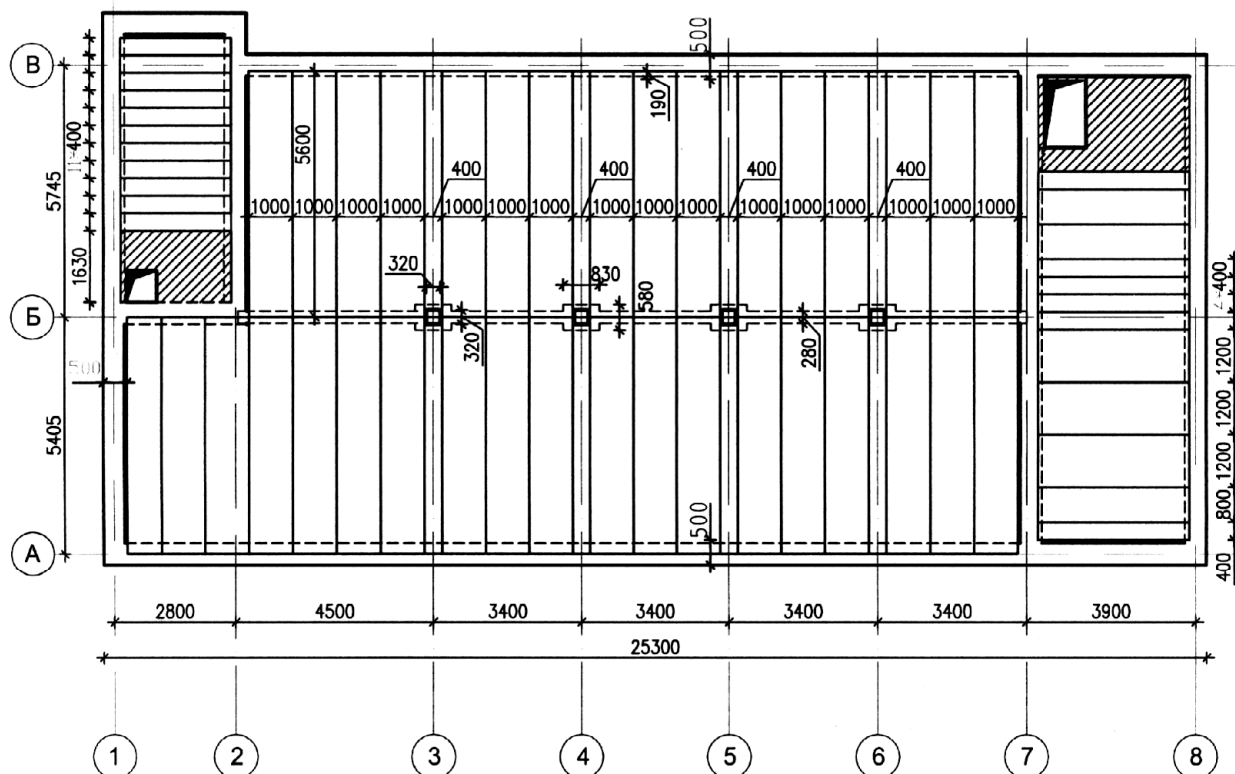


Рис.2. Схема расположения железобетонных плит чердачного перекрытия

По периметру здания стены венчаются карнизом. Над чердачным перекрытием возведены участки стен высотой 80 см и толщиной 50 см, на которые опирается мауэрлат. Эти участки стен по высоте состоят из двух рядов кладки из камней пильного известняка, сборных железобетонных карнизных плит толщиной 60 мм, поверх которых еще уложено два ряда кладки. Вылет карниза составляет 70-90 см. Карнизные железобетонные плиты нерегулярно закреплены анкерами

№16 А-I, которые заделаны в монолитный железобетонный пояс ниже уровня панелей чердачного перекрытия, проходят вышерасположенную над карнизом кладку, через мауэрлат и загнуты.

При выполнении работ с помощью неразрушающих методов и вскрытий было установлено фактическое состояние несущих конструкций крыши, сечения, армирование и прочностные параметры бетона колонн, балок, поясов и панелей перекрытий, узлов их сопряжения.

Общее состояние конструкций крыши и кровли неудовлетворительное. Обнаружены дефекты типичные для деревянных конструкций зданий длительного периода эксплуатации: увеличенные прогибы стропильных ног, расхождение сопряжений во взаимных врубках, загнивание участков стропил и мауэрлатов в местах длительных протечек кровли, нарушение анкеровки карнизных плит и т.д. Мауэрлат на отдельных участках сгнил полностью, с образованием разрывов по длине, и перестал выполнять функцию продольной балки обеспечивающей устойчивость карниза.

Состояние панелей перекрытия, балок и колонн было определено в целом как удовлетворительное, дефекты и повреждения отсутствовали. При установленных параметрах прочности бетона и армирования конструкций расчетная полезная нагрузка на перекрытие могла составлять не более 600 кг/м.кв.

В тоже время установлено (см. рис. 3а) несоответствие действующим нормам строительства в сейсмических районах:

- в фактическом исполнении нет конструктивных элементов и мероприятий, необходимых для обеспечения жесткости диска перекрытия и анкеровки плит перекрытий в антисейсмическом поясе;
- не выполнено замоноличивание швов между плитами перекрытия;

-участки стен высотой 800 мм над чердачным перекрытием не были усилены вертикальными железобетонными включениями и монолитным железобетонным антисейсмическим поясом.

Работы по усилению чердачного перекрытия было рекомендовано производить до разбора несущих конструкций кровли. Такой порядок выполнения работ позволяет обеспечить закрепление карнизных плит от обрушения на период разборки мауэрлата, надкарнизной кладки и бетонирования железобетонного пояса по периметру наружных стен.

Для обеспечения жесткого диска перекрытия в горизонтальной плоскости и совместной работы отдельных плит перекрытия при разработке проекта реконструкции рекомендовано объединить их с помощью надбетонки толщиной 50-60мм по арматурной сетке.

Для усиления участков стен над чердачным перекрытием сетки надбетонки рекомендовано завести на всю высоту выступающей части стены.

Для обеспечения надежной совместной работы смежных плит перекрытия, опирающихся на продольные балки по оси «Б», рекомендовано выполнить вскрытие сводов пустот (не менее двух пустот на плиту) на длину не менее 500 мм от боковых граней балки в каждую сторону для установки плоских сварных каркасов.

Для обеспечения совместной работы перекрытия и монолитного железобетонного пояса с устройством вертикальных вставок на участке стен от уровня перекрытия до карнизной плиты, рекомендовано вскрыть своды пустот на участках опирания плит на наружные стены на длину 700 мм от торца плит, а в кладке, напротив вскрытых участков, выполнить ниши для установки плоских горизонтальных и вертикальных каркасов (см. рис.3б).

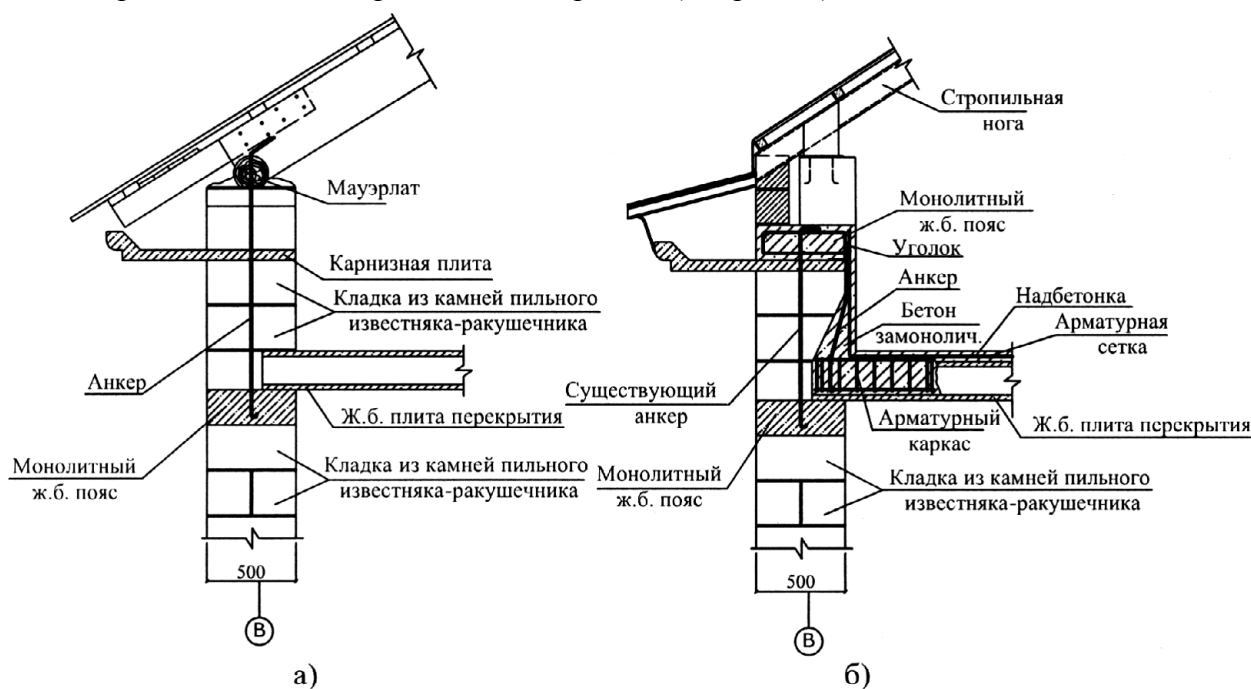


Рис.3. Схема фактического исполнения (а) и схема усиления перекрытия и участков стен над чердачным перекрытием (б).

Сетку армирования надбетонки связать вязальной проволокой с каркасами, установленными во вскрытых пустотах плит. Дополнительно арматурные сетки надбетонки рекомендовано закрепить к перекрытию с помощью заанкериваемых в швах плит стержней.

Для закрепления карнизов от обрушения рекомендовано по верхнему внутреннему краю сборных карнизных плит установить металлический уголок, связанный анкерами с каркасами в пустотах плит перекрытия.

Замоноличивание каркасов в пустотах плит, укладку бетона по перекрытию, замоноличивание ниш в кладке и бетонирование вертикальных участков стен следует выполнять одновременно.

После набора прочности бетона возможно приступить к разбору конструкций крыши. После удаления мауэрлата и каменной кладки над карнизными плитами выполняется монолитный железобетонный пояс по периметру стен здания и затем производится монтаж конструкций мансарды.

Общий вид здания после реконструкции крыши и устройства мансардного этажа показан на рис.16.

ВЫВОДЫ.

Реконструкция крыши здания Севастопольской городской типографии с устройством мансардного этажа позволила увеличить полезную площадь здания на 230 кв.м и довести несущие конструкции реконструируемой части здания до уровня действующих норм.

Относительно новое для отечественного строительства направление реконструкции крыш зданий ранних периодов застройки с устройством мансардных этажей должно получить дальнейшее развитие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. ДБН В 1.1 –12:2006. Строительство в сейсмических районах Украины./ Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины. - К.:Укрархбудинформ,2006.-84с.
2. ДБН В 1.1 –1 –94. Проектирование и строительство гражданских зданий из блоков и камней пильных известняков крымских месторождений в сейсмических районах./ Госкомградостроительства Украины.-К.: Укрархбудинформ, 1995.-41с.
3. Маклакова Т.Г, Нанасова С.М. Конструкции гражданских зданий.– М.: Издательство АСВ, 2000 – 280 с.
4. Рекомендации по усилению несейсмостойких гражданских зданий./КИЕВЗНИИЭП. – К.: КИЕВЗНИИЭП, 1990.
5. Серия 0.00 – 2.96с. Повышение сейсмостойкости зданий. – М.: ЦНИИСК им. Кучеренко, 1997.
6. Эскизный проект реконструкции кровли и чердачного пространства здания по ул. Маяковского,5 (Севастопольская городская типография). Архитектор А.С. Гладков.

Жиленко О.Б., студ. гр. ПГС-401, Алексеенко В.Н., к.т.н. доцент, Паниюков Э.Ф., д.т.н. профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Оценка технического состояния и задачи реконструкции театра им. А.П. Чехова в городе Ялте

В работе рассматриваются основные проблемы технического состояния театра им. А.П. Чехова, основные результаты исследования и задачи реконструкции.

сейсмостойкость, реконструкция, обследование, восстановление, усиление

Краткие исторические сведения

С развитием в конце XIX века Ялты как климатического курорта, стал вопрос о культурном досуге отдыхающих. Поэтому к 1883 году на территории городского сада был построен городской театр по проекту архитектора Г. Шрейбера. Театр был деревянным на каменном фундаменте, с двумя уборными и кассами.

Театр на четыре года отдали в аренду ялтинскому купцу Ф.А. Бегуну. В 1888 году истек срок аренды городского театра, заключенный Бегуном с городом и театр перешел в ведение города.

С 1888 года здание театра сдается в аренду бывшему артисту императорских театров С.Н. - Новикову.

9марта 1895 года Управа представила Думе план на постройку нового театра, затем проект был расширен и усовершенствован.

Через пять месяцев после открытия театра, 10 сентября 1900 года, здание первого ялтинского городского театра сгорело. В 1902 году на его месте появился временный театр. На строительство нового капитального здания театра, запланированного в 1895 году, у городского управления не хватало средств. Решить проблему помог Семен Никодимович Новиков.

Он предложил свои услуги Ялтинской городской Думе и, получив ответ, 13 мая 1908 года заключил с ней следующий договор:

С.Н. Новиков строит на городской земле по ул. Екатерининской здание театра со всеми постройками (уборные для артистов, канализация, водопровод, электрическое освещение и прочее) по плану, составленному архитектором Львом Николаевичем Шаповаловым, стоимостью не менее 30000 рублей. Новиков обязан сдать здание не более чем через 6 месяцев со дня утверждения проекта Строительным отделом Таврического губернского правления. Здание театра и служб поступает в безвозмездное пользование С.Н. Новикова на 10 лет со дня принятия от Новикова построек. Воду и электрическое освещение оплачивает Новиков, он же и делает текущий ремонт.

Новиков начинает строительство не позже, чем через 6 недель после утверждения планов и, если не заканчивает в срок, то платит Управе по 10 рублей за каждый день просрочки.

Несмотря на жесткие условия договора Новиков с ними согласился. Строительством руководил архитектор Л.Н. Шаповалов.

В середине августа подходили к концу отделочные работы.

Новое здание было построено раньше срока на сто дней.

В отличие от прежнего, оно было 2-х этажным, каменным, в два яруса, со службами, под железной крышей.

5 сентября 1908 года началась жизнь нового театра.

В апреле 1944 года, отступая из Ялты, фашисты подожгли здание театра.

21 июля 1944 г. газета «Сталинское знамя» опубликовала постановление СНК Крымской АССР «Об увековечивании памяти великого русского писателя А.П. Чехова», которым театр присваивалось имя А.П. Чехова.

Уже в августе здание было восстановлено и театр начал работать.

В 1956 году была произведена реконструкция.

Результаты исследования

Театр им. А.П. Чехова находится недалеко от моря в южно-центральной части г. Ялты, по ул. Екатерининской на равнинной местности.

Участок, на котором расположено здание, относится к району с 8 - балльной сейсмичностью по карте общего сейсмического районирования.

Существующее здание трехъярусное с подвальными помещениями в нескольких частях плана. Здание Т - образное в плане. Общие габариты плана основного центрального блока (блок 1) составляют 51,7х20,0 м, одноэтажной пристройки слева от главного входа (блок 2) – 18,8х11,00 м, одноэтажной пристройки справа от главного входа (блок 3) – 17,08х11,00 м, который имеет пристроенные к части дворового фасада помещения размерами в плане – 14,56х6,71 м и 4,99х2,56 м.

Сопряжения блоков 2 и 3 с центральным блоком 1 выполнены без устройства парных несущих конструкций у антисейсмических швов, что не допускается действующими в Украине нормами строительства в сейсмических районах.

По конструктивному решению блок 1 с несущими двумя продольными и шестью поперечными стенами из каменной кладки. Шаг несущих поперечных стен различен. Максимальное расстояние между поперечными стенами, ограждающими зрительный зал, составляет 18 м. Продольные стены в этих зонах подкреплены перекрытиями галерей, установленных на стальные рамы. Перекрытие над залом второго этажа, кроме того, поддерживают десять колонн круглого сечения.

Фундаменты под стены – ленточные из бутовой кладки на известково-песчаном растворе. Глубина заложения фундаментов от поверхности грунта переменная, но не менее 1 м. Ширина подошвы фундаментов – 1,35 м.



Рис.1. Фундаменты под стены.

Фундаменты находятся в удовлетворительном состоянии, однако необходимо выполнить конструктивные мероприятия по обеспечению их сейсмостойкости.

Стены толщиной 500, 800 мм выполнены кладкой из пильного камня – ракушечника, а также частично бутовой кладки рваным камнем – известняком ракушки на известково-песчаном растворе. Марка пильных камней на сжатие практически повсеместно ниже требуемой нормы. Техническое состояние стен – непригодное для дальнейшей эксплуатации без усиления.

Междуэтажное перекрытие над фойе блока 1 – балочное, выполнено из монолитного железобетона. Возведение его относится к периоду последней реконструкции. Шаг балок составляет 2,1 м, сечение под плитой 200х400 мм, толщина плиты 200 мм.

Стальные стойки, поддерживающие перекрытие под галереями зрительного зала, поражены глубокой коррозией, зачастую свыше 50%. Стойки и поддерживаемое ими перекрытие находятся в аварийном состоянии.

Перекрытия в здании применены 3-х видов: монолитные железобетонные и стальные. Глубина опирания многих перемычек менее величин требуемых современными нормами, требуется усиление. Хотя в целом можно констатировать техническое состояние большинства перемычек, как удовлетворительное.

Лестничные марши и площадки находятся в техническом состоянии непригодном для дальнейшей эксплуатации без усиления.

Кровля над блоком 1 выполнена по деревянным фермам. Техническое состояние ферм – непригодное для дальнейшей эксплуатации без усиления. Кровля и перекрытия блоков 2 и 3 находятся в аварийном состоянии, и подлежит демонтажу.



Рис. 2. Фермы.

Узкие кирпичные столбы парадного фасада блоков 2 и 3 выполнены из кирпича. Армирование отсутствует, ширина сечения не удовлетворяет конструктивным требованиям, предъявляемым действующими нормативными документами. Техническое состояние – не пригодное для дальнейшей эксплуатации без усиления.

Фактическое состояние интерьера зрительного зала на период начала реконструкции представлено на рис. 3.

В результате выполнения предлагаемых решений по усилению и реконструкции здания театра, интерьеры помещений театра им. А.П. Чехова в г. Ялте должны будут приобрести вид соответствующий замыслам архитектора Л.Н. Шаповалова, руководившего строительством в начале прошлого века.



Рис. 3. Зрительный зал театра им. А.П. Чехова на период начала реконструкции.



Рис. 4. Планируемый вид интерьера зрительного зала театра им. А.П. Чехова после завершения реконструкции.

ВЫВОДЫ

1. Реконструкция здания технически осуществима и целесообразна экономически.
2. При реконструкции здания многие существующие несущие конструкции могут быть оставлены для дальнейшей эксплуатации при обязательном их усилении.
3. Полученные результаты позволили выбрать обоснованные, требующие минимальных финансовых и материальных затрат конструктивные решения при проведении реконструкции здания. Кроме того, 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 регламентируемую нормами сейсмостойкость здания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С.В. Воронцова, Е.А. Воронцов «Ялта». – Симферополь «Таврия», 1987. – 208с.
2. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної надійної експлуатації виробничих будівель і споруд: атв.наказом від 27 листопада 1997 р. за № 32/288 і введ. до дії з 1 грудня 1997 р. Держкомбуд та Держохоронпраці.-К.: НДІБВ, 1997.
3. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций по внешним признакам. М.: ЦНИИПромзданий, 1989, 111с.
4. Рекомендации по оценке состояния и усилению строительных конструкций зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1989, 104 с.
5. Пособие по обследованию и оценке сейсмостойкости зданий существующей застройки (к РСН 10-83). Госстрой КССР.- Алма-Ата: КазпромстройНИИпроект, 1987.
6. ДБН В.1.1.-1-94. Проектування і будівництво цивільних будівель із блоків і каменів пиляних вапняків Кримських родовищ в сейсмічних районах. Київ: Держком України у справах містобудування і архітектури, 1995, с.40.
7. СНиП II-22-81. Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования/Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1983.
8. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции /Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1981. – 39с.
9. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. /Госстрой СССР. - М.: ЦИТП, 1987.

Московец И.Ю., Панасюк Т.В., Федотова Е.К., студенты гр. ПГС-101, Авдоньев Е.Я., к.т.н., профессор.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Поверхности и их применение

На основе общего подхода к проектированию зданий, сооружений и их деталей показано моделирование формы и конструкции реальных объектов на базе их геометрических аналогов.

геометрическое моделирование, линии плоские и пространственные, поверхности развертываемые и вращения.

Одним из важнейших элементов строительства, предопределяющим его эффективность, является проектирование. Это сложный и многогранный процесс (рис.1), успешное осуществление которого в значительной степени зависит от совершенствования методов решения проектных задач.

Внедрение систем автоматизированного проектирования, объединяющих в один комплекс ЭВМ, чертежные автоматы и другие устройства, позволяет решать сформулированные выше проблемы с учетом новейших достижений науки и техники. Они также дают возможность ставить и решать задачи ранее неразрешимые, производить выбор оптимальных решений не интуитивно, а руководствуясь строгими математическими методами. Постановка таких задач стала возможной благодаря широкому применению ЭВМ в различных отраслях народного хозяйства. Это увеличивает творческий потенциал ученых и инженеров и тем самым способствует интенсивному развитию науки и техники.

Особую роль во всем процессе создания нового сооружения играет геометрическое моделирование, в ходе которого определяют формы и взаимное расположение элементов /частей/ сооружения в пространстве (рис.2).

Форма отдельной детали определяется, в первую очередь, ее функцией в здании или сооружении.

Принципы и методология геометрического проектирования в значительной степени зависят от класса геометрических объектов, подлежащих проектированию (рис.2).

Будучи определенной, геометрическая форма в свою очередь служит исходным материалом для решения множества задач анализа конструкции, а также проектирования технологической подготовки производства. В основе геометрического моделирования изделия лежат линии и поверхности.

Кривые линии – это результат пересечения поверхности плоскостью (плоская кривая) или двух поверхностей (пространственная кривая). Первые и вторые подразделяют на закономерные и закономерные. Закономерные делят на алгебраические и неалгебраические. Строителям приходится работать со всеми категориями кривых линий: линии на земной поверхности – закономерные, стыки частей зданий – алгебраические, винтовые линии – неалгебраические (рис.3-5).

Обычно мы все их приближенно заменяем составными линиями (обводами) из отрезков прямых и дуг окружностей (рис.3).

Поверхности, как и линии, могут быть закономерные и закономерные, алгебраические и неалгебраические. С точки зрения практики поверхности – это каркас из множества линий, ей принадлежащих. Отсюда – их делят на линейчатые (образующая – прямая линия) и нелнейчатые (образующая – кривая линия). Линейчатые могут быть развертываемые и неразвертываемые. Первые можно изготовить из плоского листа без его существенных деформаций. По способу изготовления из всех поверхностей выделяют поверхности вращения, как линейчатые (конус, цилиндр), так и нелнейчатые (сфера, тор и др.), см. таблицу, рис.4,5.

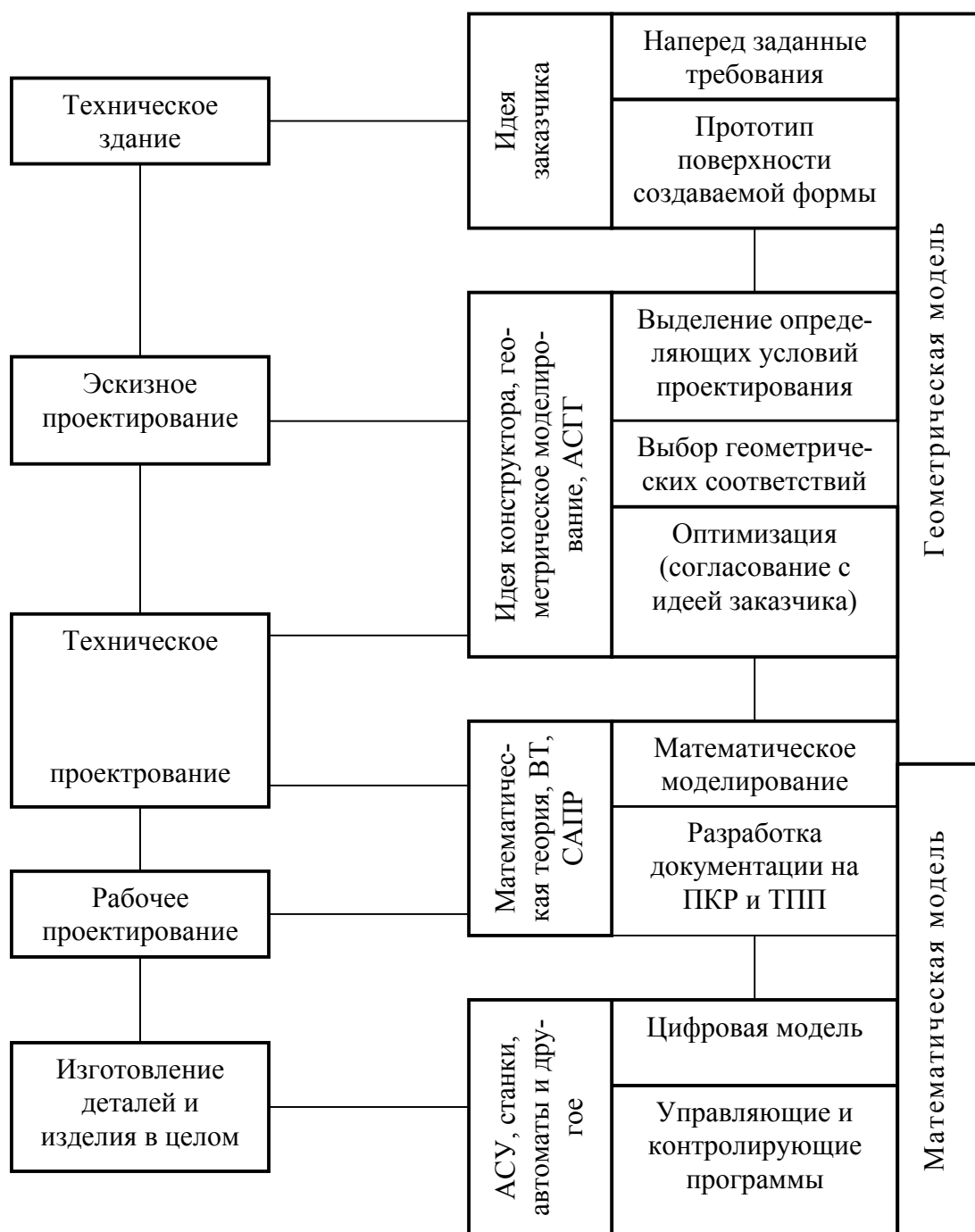


Рис. 1. Работа геометрии на разных этапах проектирования и изготовления поверхностей технических форм



Рис. 2. Классы геометрических объектов, подлежащих проектированию.

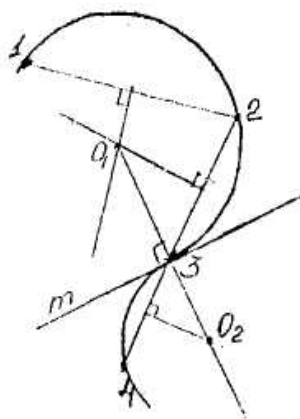


Рис. 3. Обвод точек из дуг окружностей

Таблица

№ п/п	Геометрическое тело	Изображение	Уравнение поверхности	Сечение поверхности плоскостью
1	Эллиптический цилиндр		$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$	
2	Цилиндр вращения ($a = b = r$)		$x^2 + y^2 = r^2$	Эллипс, окружность, прямая, две прямые линии
3	Цилиндр вращения ($c \neq 0$)		$(x - K_1)^2 + (y - K_2)^2 = r^2$	
4	Цилиндр вращения ($c \neq 0$)		$y^2 + (z - K_3)^2 = r^2$	
5	Эллиптический конус		$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{h^2} = 0$	
6	Конус вращения ($a = b = r$)		$x^2 + y^2 - \frac{r^2}{h^2} z^2 = 0$	Эллипс, окружность, гипербола, парабола, две прямые, одна прямая линия
7	Конус вращения ($c \neq 0$)		$(x - m)^2 + y^2 - \frac{r^2}{h^2} (z - h)^2 = 0$	
8	Конус вращения ($a = b = r$)		$y^2 + z^2 - \frac{r^2}{h^2} x^2 = 0$	
9	Эллипсоид		$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$	Эллипс, окружность
10	Эллипсоид вращения ($a = b$)		$\frac{x^2 + y^2}{a^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$	
11	Сфера ($a = b = c = r$)		$x^2 + y^2 + z^2 = r^2$	Окружность
12	Сфера ($c \neq 0$)		$(x - K_1)^2 + (y - K_2)^2 + (z - K_3)^2 = r^2$	
13	ТОР /кольцо/		$(x^2 + y^2 + z^2 + R^2 - r^2)^2 - 4R^2(x^2 + y^2) = 0$	Кривые Персея, овалы Кассини, лемниската, окружность

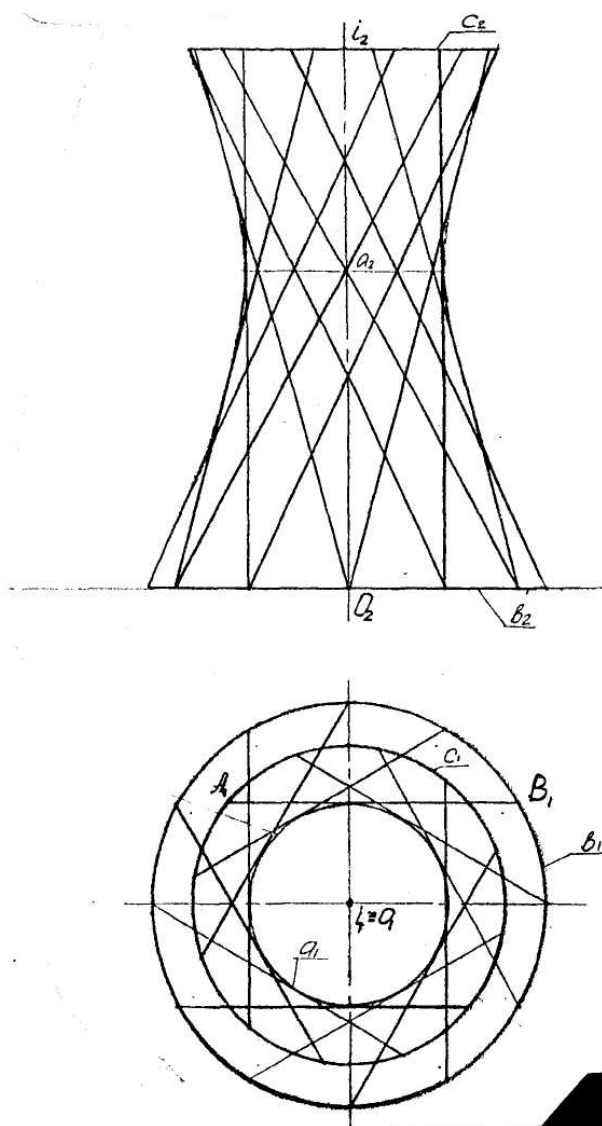


Рис. 4. Гиперболоид вращения.

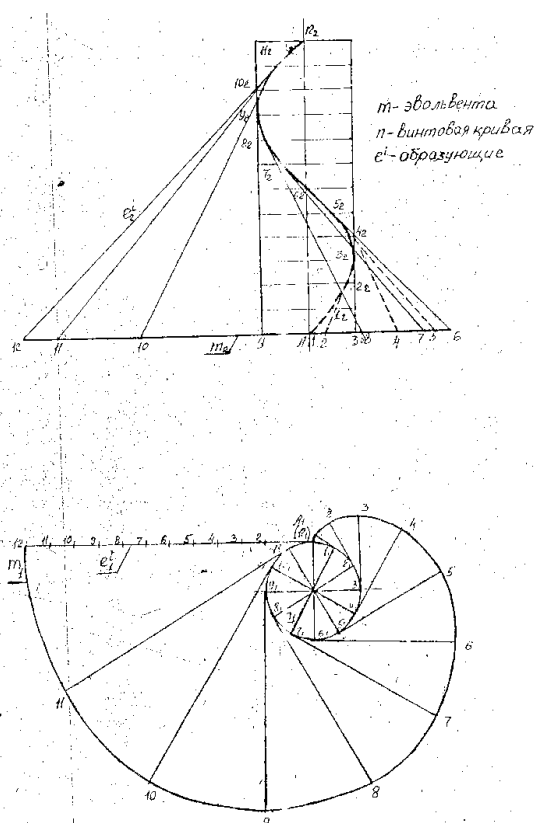


Рис. 5. Эвольвентный геликоид

С одной и той же графической моделью (чертежом) можно сопоставить множество аналитических моделей разного внешнего вида (таблица) в зависимости от технологии проектирования и изготовления реального объекта (рис.1). Затем геометрическая модель линий и поверхностей уступает место модели реальной и готовому изделию.

ВЫВОДЫ

Краткий обзор поверхностей и их свойств показывает их многообразие как по форме, так и по технологии изготовления. Это дает конструктору реальных изделий широкий выбор не только отдельной формы, но и их сочетания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдоньев Е.Я. Конструирование форм современных машин, аппаратов и сооружений. – Киев, 1990, 154 с.
2. Бубеников А.В., Громов М.Я. Начертательная геометрия. – М., 1985, 354 с.

Сафонов А. А., д. арх., профессор, Сафонова А. А., инженер, Дьяконова А. М., магистрант
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

О ландшафтно-планировочной организации нарушенных земель в результате добычи полезных ископаемых открытым способом в Крыму в современных условиях на примере карьера Лозовое

Проведен краткий анализ отечественного и зарубежного опыта восстановления нарушенных земель в результате добычи полезных ископаемых открытым способом. Охарактеризованы особенности рельефа и пластики поверхностей выработок, предложена классификация котлованов по данным признакам. Обосновано целесообразное направление в архитектурно - планировочной организации карьера в селе Лозовое в современных условиях.

Ландшафт, архитектурно - планировочная организация, нарушенные земли, карьеры, рекультивация

К началу третьего тысячелетия в Крыму было зарегистрировано 1,7 тыс. гаектар нарушенных территорий в результате добычи полезных ископаемых открытым способом. Фактически же эта цифра значительно больше, по мнению специалистов, проводивших экспертизу проекта разработки Восточно - Журавского месторождения пильных известняков: «...в последние годы в Раздольненском, Первомайском, Черноморском и других районах открытые «дикие» карьеры превратились в повальное бедствие. Практически каждый колхоз или совхоз считают своим долгом открыть карьер по добыче пильных камней из ракушечных известняков. Местность обезображена горами небрежно смешанной земли и глины. Тысячи гектаров пастбищных и пахотных земель выведены из оборота, нет рекультивации, растет запыленность воздуха. В настоящее время нет организации, которая смогла бы назвать точное количество таких карьеров. Сейчас просматривается тенденция к увеличению количества карьеров, что ухудшает экологическую обстановку в Крыму» [1].

К 2000 г. в Крыму разведано 264 месторождения 32 видов полезных ископаемых [2]. В эксплуатацию вовлечено 103 месторождения, 39,3% от их общего количества. В структуре минерально-сырьевой базы преобладают месторождения строительного минерального сырья, их 161 (61,4% от общей численности).

По данным Ю.А. Бондаря [3] в мировой практике основные направления рекультивации связаны с дальнейшим хозяйственным использованием земель: сельскохозяйственное, лесо – водо - рыбохозяйственное, санитарно - гигиеническое, строительное и рекреационное. Наиболее распространенной и в то же время дорогостоящей является рекультивация под пашню и зоны отдыха, в ценах 1981 г. Она составляла соответственно 3432 руб. и 4387 руб. га территории. Другие виды использования обходились примерно на треть дешевле. Диапазон колебаний достигал значительных размеров в зависимости от площади нарушенной территории, сложности ее рельефа, вида покрытия поверхности и др. По этим характеристикам нарушенные территории для градостроительного освоения классифицировали: пригодные, ограниченно пригодные и непригодные. Сам процесс рекультивации делили на два этапа: технической и биологической рекультивации. На первом этапе выполняли все работы, связанные с изучением площадки, подготовкой рельефа, мелиорацией и т.п. На втором – создание ландшафта и благоустройство восстановленных территорий.

Рекультивацию нарушенных земель в Крыму под пашню следует исключить. Для сохранения экологической стабильности в густонаселенных государствах Европы принята норма, по которой суммарная площадь пашни не должна превышать 50% общегосударственной территории. На полуострове к началу перестройки этот показатель достигал 70%, в то время как объекты рекреационного назначения занимали всего 2% территории автономии. Мировой и отечественный опыт показывает, что на рекультивируемых территориях карьеров по добыче полезных ископаемых открытым способом предпочтение отдается парковому строительству. Типичные примеры создания парков показаны на рис.1. На базе одного или нескольких смеж-

ных карьеров с относительно небольшой площадью до 100 га обычно формируются локальные парки. Парк на горе Ликкебетос в Афинах, рис.1.1, создан на территории каменоломен. На вершине горы разместился амфитеатр, построенный по принципу древних греческих сооружений. Ниже по склону горы располагается система площадок различного назначения, объединенных пандусами и лестницами.

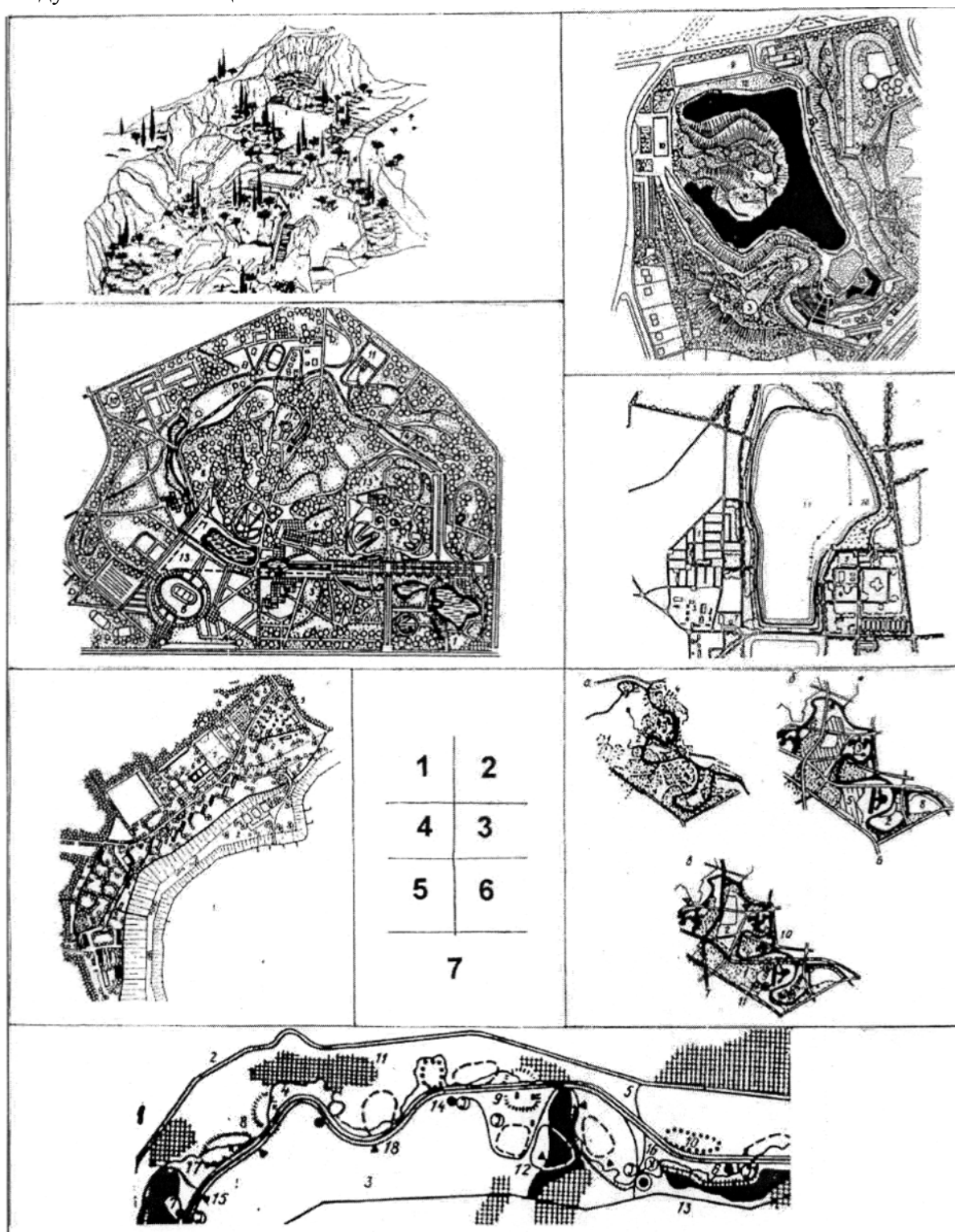


Рис.1. Наиболее распространенные схемы планировки парков, созданных на нарушенных территориях: 1- парк на горе Ликкебетос в г. Афины (Греция); 2- парк в г. Кельце (ПНР); 3- зона отдыха в округе Магдебург (ГДР); 4- загородный парк Катовицкой агломерации; 5- зона отдыха у водохранилища Мульденштаузи (ГДР); 6- северо-западная зона отдыха в пойме реки Москвы; 7- трассировка парковой автомагистрали и организация зон обслуживания туристов в парковой зоне межселенных территорий в пойменной части реки Самара

Часто карьеры представляют единый котлован с террасами по откосам для устройства подъездов к основанию выемки. В таких ситуациях весьма распространенным приемом формирования парков является устройство водоемов в основании котлована, с созданием зеленой зоны парка по периметру водоема. Такой прием проиллюстрирован на рис. 1.1, 1.2, 1.3. В первом случае водоем небольшой, он носит декоративный характер и выполняет роль ядра композиции парка. Из водных сооружений здесь предусмотрен лишь небольшой детский пляж. На следующем примере водоем занимает львиную долю парка, здесь предусмотрен общий пляж с зоной для купания и комплексом спортивных сооружений.

В пригородных ареалах и межселенных пространствах, где нарушенные территории чередуются с участками естественного ландшафта, создаются ансамбли загородного отдыха. По данному принципу скомпонован загородный парк Катовицкой агломерации, рис.1.4., на территории 1600 га. Он имеет комплекс водоемов, туристский центр, стадион и комплекс спортплощадок различного назначения, открытый театр и др. Не менее интересна зона отдыха, рис. 1.5, созданная в прибрежной части водохранилища. Здесь преобладают сооружения для водных видов спорта, в ансамбле предусматривается и многодневный отдых, поэтому включены бунгало и спальные корпуса. Весьма крупным является северо-западный ансамбль зоны загородного отдыха г. Москвы (около 5 тыс.га), рис.1.6. Он формируется с 1935г. в три этапа на неудобьях и нарушенных территориях, состоит из семи относительно самостоятельных подзон, которые заметно отличаются по ландшафтным характеристикам и функциональному назначению, имеют свои центры и объединяются автомагистралями.

Сравнительно новым направлением в паркостроении является формирование межселенных многофункциональных образований, рис. 1.7. Зона формируется в пойме р. Самары, на нарушенных территориях создаются центры обслуживания, кемпинги, автостоянки, площадки для пикников и отдыха. В ансамбль зоны включены лесо-, луго- и гидропарки. Все это объединяет парковая магистраль, которая проходит по территории зоны. Сама же зона ограничена с одной стороны автомагистралью, с другой-хозяйственной дорогой. Парковая дорога имеет ответвления в виде прогулочных троп и дорог. Здесь созданы условия для развития всех видов наземного туризма и отдыха на воде.

Приведенные выше типичные приемы паркостроения требуют значительных затрат на начальной стадии их создания. В условиях экономического кризиса нужны нетрадиционные методы использования нарушенных территорий, которые позволяют получать экономический эффект при минимальных затратах на пионерской стадии освоения. Такая проработка проведена нами на примерах Лозовского карьера по добыче строительного камня диабазы взрывным способом. Карьер расположен в 7 км от г. Симферополя и в полукилометре от трассы Симферополь- Ялта, подъезд имеет твердое покрытие, что позволяет осуществлять транспортную связь в течение всего года. Лозовской карьер находится на стадии закрытия, прорабатываются два варианта завершения его работы. В зависимости от принятого этот срок составит от двух до десяти лет. Разработка карьера ведется около 80 лет, в течение этого времени восстановительные работы не проводили. Нарушено около ста га территории, из них на 80 га изменился рельеф с полной деструкцией естественного ландшафта. На сегодня карьер представляет собой котлован, в плане в виде овала неправильной формы и глубиной около 30м, с обрывистыми скальными откосами. Вдоль южного, более пологого откоса, устроена терраса - пандус для движения транспортных средств к основанию котлована. Северный склон уступов практически не имеет, на отдельных участках его уклон приближается к вертикали. На всей площади котлована независимо от времени разработки его участков отсутствует растительность. Поскольку добыча ведется взрывным способом, то нарушенные здесь территории имеют сходство с театром военных действий.

Эпизоды батальных сцен в фильме «9 рота» были сняты в аналогичном карьере Агармышского месторождения у Старого Крыма. Проведенное нами сопоставление характерных кадров из данного фильма с фотографиями участков Лозовского карьера, рис.2, показал, что данные эпизоды можно было снимать и в Лозовском карьере.

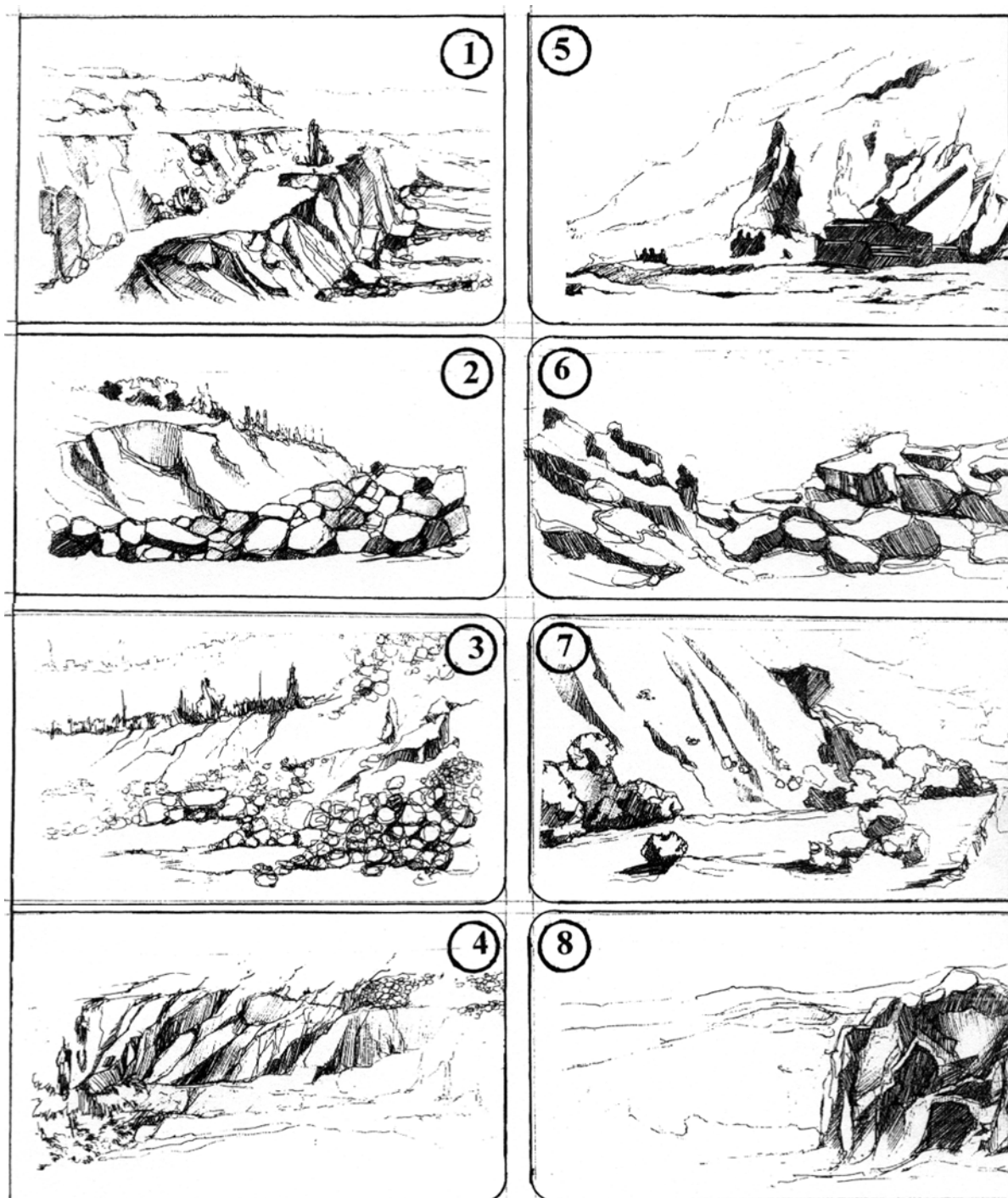


Рис.2. Иллюстрации: 1,2,3,4 – видовых картин карьера «Лозовое»; 5,6,7,8 – кадров из фильма «9 рота»

В последние годы на Ялтинской студии снимается от 50 до 100 фильмов в год. Примерно треть фильмов связана с военной тематикой, поэтому киностудии целесообразно иметь постоянную площадку для съемок батальных сцен. Северную часть Лозовского карьера можно использовать под такую площадку без каких-либо предварительных корректировок территории. В интервалах между съемками фильмов на данной территории можно организовать школу начинающих скалолазов. Начать деятельность по указанным направлениям возможно с самыми минимальными затратами.

По предохранительной берме южного склона проложена полевая дорога. К ней примыкает пологое подножье горы Байраклы площадью около 100 га. В настоящее время эту территорию можно охарактеризовать как неудобья, покрытые мелколесьем. Встречаются небольшие выемки, некоторые заполнены частично водами поверхностных стоков. Они заросли кустарником, камышом и разнотравьем. Здесь возможно формирование центра загородного отдыха для жителей Симферополя, других городов Крыма и приезжих туристов.

ВЫВОДЫ

1. В Крыму систематически ведутся разработки полезных ископаемых открытым способом, существует тенденция к их увеличению. Нарушенные при этом ландшафты не восстанавливаются.
2. Наиболее распространенные способы рекультивации нарушенных ландшафтов на современном этапе в Крыму нерентабельны.
3. Часть котлована карьера Лозовское с поверхности, полученной в результате добычи камня взрывным способом, целесообразно использовать под съемочную площадку фильмов по военной тематике и тренировочную базу для начинающих скалолазов. На другой части возможно поэтапное формирование загородной зоны отдыха горожан и туристов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплексная научно-исследовательская и экологическая экспертиза рабочего проекта разработки и рекультивации Восточно-Журавского месторождения пильных известняков в Сакском районе Крыма. - Симферополь: КИПКС, 1992 г., - 78с.
2. Минеральные ресурсы Крыма и прилегающей акватории Черного и Азовского морей. Атлас. Приложение к научно-практическому дискуссионно-аналитическому сборнику «Вопросы развития Крыма». Авторы составители: Хмара А.Я., Хлебников А.Н., Иванова В.Д. и др. - Симферополь: Таврия-Плюс, 2001г., - 80 с., 35 илл.
3. Ландшафтно-планировочная организация зон отдыха на нарушенных территориях. Обзорная информация. Вып.8.-М.: ЦЕПИ по гражданскому строительству и архитектуре, 1983, - С. 5.

Сафонов А. А., д. арх., профессор, Сафонова А. А., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

О подготовке и сферах деятельности современного дизайнера - графика

В работе указаны направления деятельности дизайнера-графика по формированию предметно-пространственной среды жизнедеятельности человека. Определяются особенности рекламно-информационной продукции в рекреационной сфере Крыма на современном этапе
дизайн, рекреация, предметно-пространственная среда, рекламно-информационная продукция.

Творчество дизайнера - графика связано с рекламно-информационными службами. Оно ориентировано на достижение конкретной цели и детерминировано рамками тематики решаемых задач. В задачи его творчества входят, прежде всего, создание эстетически совершенной среды нашей жизнедеятельности в быту, на производстве, во время отдыха. При этом, как правило, есть элементы рекламы и четко ориентированная функциональная направленность разрабатываемого объекта. Он должен гармонично вписаться в устоявшуюся среду, не нарушая привычный порядок вещей, дополнить и усовершенствовать её. Формируется среда общения людей между собой и с окружающим миром. Эта особенность предопределяет габариты предметов и пространств, их масштаб и пропорциональные соотношения [1].

Наилучшие результаты обучения достигаются при решении практических задач, которые выдвигаются реалиями современной жизни. Именно на таких принципах функционировала первая архитектурная школа, созданная Д. Ухтомским в середине XVIII века в Москве. Учащиеся школы первую половину дня занимались обмерами и описаниями «архитектурных ветхостей», сооружений, предназначенных для сноса или капитального ремонта. Вторая половина дня посвящалась изучению теоретических дисциплин и камеральной обработке собранных материалов.

Решение всякой практической работы дизайнера связано с использованием закономерностей построения композиции. С учетом особенностей визуального восприятия предметно-пространственной среды человеком, использованием света, цвета и т.д. Знание этих закономерностей и отработка практических навыков в их использовании достигается путём локальных академических упражнений. Их количество и насыщенность, очевидно, может колебаться в некотором диапазоне в зависимости от подготовленности контингента учащихся и интенсивности учебного процесса. Завершающей стадией обучения бакалавра и специалиста является аттестационный проект рекламно-информационной проработки, графически отображающий деятельность учреждений рекреационного, коммерческого и других направлений. Продукция деятельности дизайнера рассчитана на среднестатистического потребителя; она должна быть доступной для его понимания, графический язык легко читаемый, а цветовая гамма гармоничной, яркой и красочной. Польский художник Т. Йядловский предложил плакат (рис. 1.а), назвав его «Земля равна дому». Плакат стал символом жилищной тематики и приоритетной направленности поисков в данной сфере. Переход от феодализма к капитализму спровоцировал обобществление не только производства, но быта и отдыха. В этой связи переселение горожан из традиционных ранее односемейных домов в многоквартирные жилища казалось неизбежным. Но в начале XX века возникли сомнения в неотвратимости этих преобразований. В частности, тема международного Венского конгресса 1910 г. сформулирована была так: «Маленький дом или большая казарма?». Ответ на этот вопрос и по сей день остается открытым. Семья - первичная ячейка всякого общества, предметно-пространственное обустройство этого института во многом определяет благополучие и социальную устойчивость общества, является основополагающим фактором для всех общественно-экономических и политических преобразований. В данном примере тривиально примитивные графические символы в совокупности вобрали в себя и отразили весь спектр задач и остроту проблемы глобального значения.

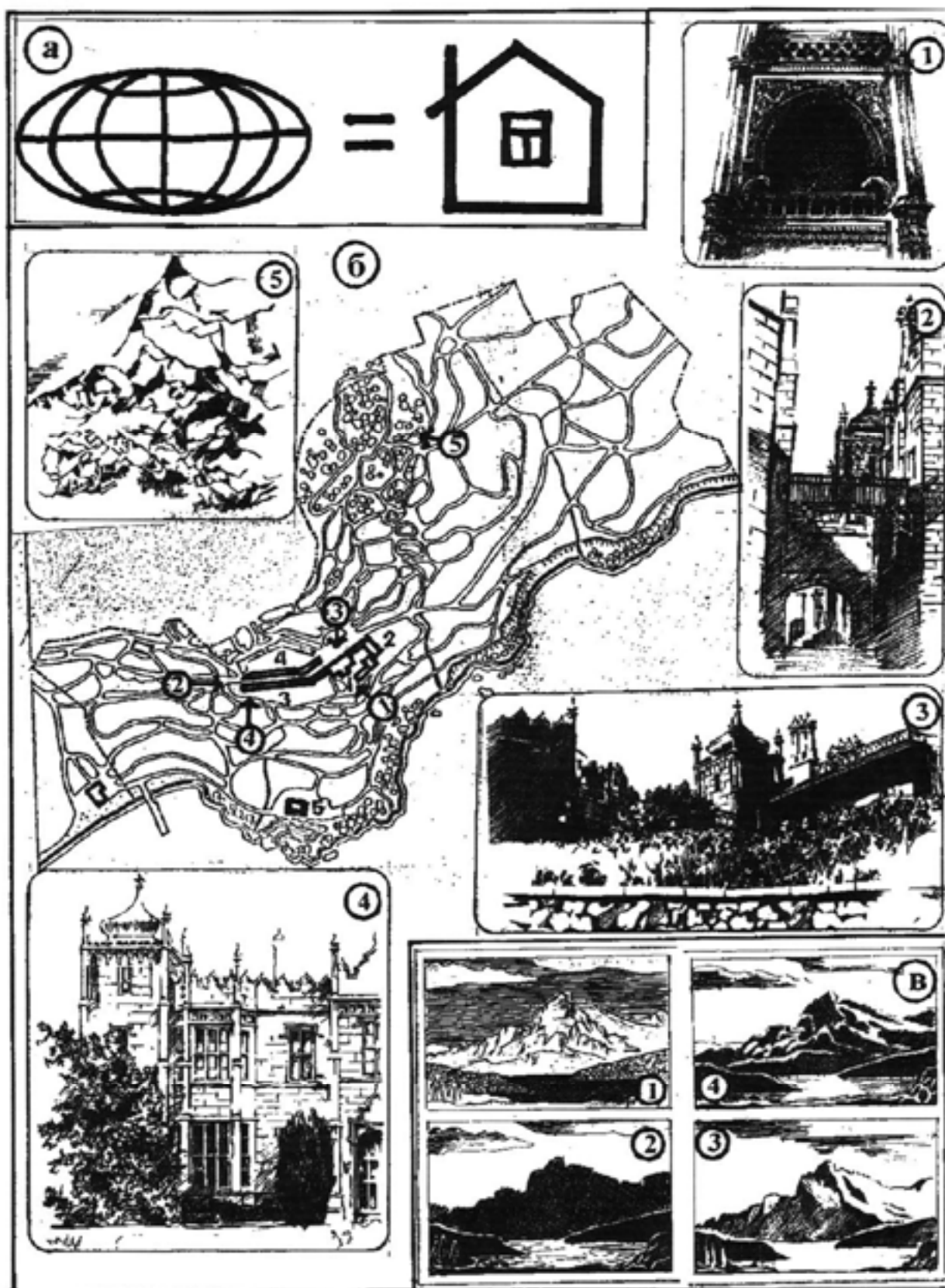


Рис.1. а - плакат Т. Йядловский «земля равна дому»; б - пример рекламы экскурсионного маршрута с указанием позиций осмотра на плане объекта и иллюстраций видовых картин с этих позиций; в - изменение видовой картины при перемещении источника света, 1 - источник света за зрителем, 2 - перед зрителем, 3 - освещение сбоку, 4 - сверху.

Крым – курорт; такое определение в советский период было привычным, и развитие рекреационной сферы шло по пути совершенствования лечебно-оздоровительных учреждений преимущественно на южном берегу Крыма. Определялось оно возможностями этой части региона и спроса

на данный вид услуг. Спрос, в свою очередь, диктовался не фактическими потребностями населения, а возможностями профсоюзов по финансированию строительства и эксплуатации сооружений. Сегодня ситуация меняется коренным образом. Задачи дальнейшего развития курорта Председатель Верховного Совета АР Крым Б. А. Дейч определяет так: «Совершенно очевидно, что пришло время менять характер рекреационного развития в сторону более четкой специализации как по регионам, так и по разделению курорта (лечения) и туризма (отдыха). Массовый средний и дешевый туризм следует развивать в Восточном и Западном Крыму за счет включения в туристический оборот ландшафтных, культурных и исторических достопримечательностей и новой сети объектов развлечения, привлекая для этих целей как отечественный, так и зарубежный капитал» [2].

Расхожая фраза «информирован - значит вооружен» в данном случае является ключевой. Задача дизайнера - дать исчерпывающую информацию об объекте, его местонахождении и способах использования данного объекта. Включить его в ансамбль экспозиции осмотра на маршруте в качестве органичной части, призванной выполнить задачу, определенную целью похода, поездки, экскурсии и т.п. Рекреационные функции в целом можно расчленить по сферам деятельности: лечебные (направленные на оздоровление больных); реабилитационные (после лечебного восстановления здоровья); оздоровительные (восстановление трудоспособности). В результате одностороннего развития рекреационной деятельности в Крыму под объектами данного назначения к началу перестройки было занято всего 2% территории полуострова. Необходимость территориальной реорганизации рекреационной деятельности диктуется местоположением исторических и культурных памятников, ландшафтных достопримечательностей и т.п.

Разработка направлений туристического маршрута не входит в сферу деятельности дизайнера, но без его участия конкретная трассировка маршрутов в современных условиях нецелесообразна. Всякая туристическая поездка, поход, экскурсия и т.п. призваны знакомить участников с окружающей предметно-пространственной средой и совершенствовать внутренний мир человека путем эмоционально-психологического воздействия [3]. Перечень культурно-исторических объектов, официально включенных в программу осмотра, должен иметь и видовые картины крымских ландшафтов, по возможности отражающих всё многообразие крымской природы. В совокупности они могут формировать сюжет своеобразного представления. Главным помощником режиссёра (составителя маршрута) является дизайнер. Он расставляет акценты в этом процессе в виде рисунков, фотографий, и т.п. Чтобы воспринять и насладиться всеми прелестями видовой картины, экспоната, памятника и т.п. дизайнер призван проиллюстрировать их потребителю и показать, как и с какой позиции следует эти объекты осматривать (рис.1.б). Необходимо учитывать и характер освещения объекта, т.е. в какой период суток предпочтительнее рассматривать видовую картину, включенную в сценарий маршрута (рис.1.в).

ВЫВОДЫ:

1. В рекламно-информационных работах дизайнера графика целесообразно использовать стилизованные общеизвестные символы обозначений элементов предметно-пространственной среды жизнедеятельности человека.
2. Для передачи информации о технологических, бытовых и др. функциональных процессах желательно представлять их в виде графических схем с изображением пространственного хода процесса, с иллюстрацией характерных позиций этого процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пиганов А. Пространство общения. Чудеса зрительного восприятия, рассказанные архитектором. – М.: Издательство «Известия», 2005. – 64 с.
2. Дейч Б. Д. «Государству нужен экономически развитый, политически стабильный Крым». // Голос Украины, 2004. № 155. – С. 5 – 9.
3. Филин В.А. Видиоэкология. Что для глаза хорошо, а что – плохо. – М.: Видиоэкология, 2006. – 512с.

Сафонов А. А., д. арх., профессор, Сафонова А. А. инженер, Лавлинская И. А. аспирант
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

О формировании и эффективности использования зеленых зон Симферополя

Изучено состояние зеленых зон Симферополя как объекта, призванного поддерживать чистоту воздушного бассейна города в пределах установленных норм. Проанализированы архитектурно-художественные качества ландшафтов. Социологическими обследованиями выявлены: кратность посещений парков жителями; цели этих посещений; востребованность парковых территорий и элементов их обустройства. Сформулированы предложения по дальнейшему совершенствованию зеленых зон для улучшения санитарно – гигиенического состояния городской среды и архитектурно-художественных качеств этих зон для более эффективного отдыха населения.

гигиена города, зеленые зоны, архитектурно-художественные ландшафты, функции, санитарно – гигиенические показатели, отдых физический, эмоционально – психологическая разрядка

Публичные парки, т.е. обустроенные зеленые зоны в границах городов для свободного посещения этих зон всеми категориями граждан, стали создаваться в конце XIX в. В советское время парки культуры и отдыха воспринимались горожанами как обязательная часть городской среды. Они имели зону активного отдыха с аттракционами и спортивными сооружениями, детские сооружения, зону тихого отдыха и т.д. Вторая общеизвестная функция – санитарно-гигиеническая очистка воздушного бассейна города.

В результате исследований, проводившихся при реконструкции трех европейских столиц в конце XIX в., ученые-градостроители пришли к выводу, что «...гигиенический эффект приносят только крупные зеленые массивы, в то время как бульвары и небольшие скверы имеют лишь декоративное значение» [1]. Данное положение подтверждается состоянием зеленых зон Симферополя. На 1 января 2005 года под зелеными насаждениями общего пользования было занято 719 гектаров, что соответствовало нормативному показателю (10-20 квадратных метров зеленых насаждений на одного жителя в малых и крупных городах), однако концентрация вредных примесей в воздушной среде превышает допустимые пределы [2]. Зеленая зона города сформировалась из локальных образований: «парк им. Т. Г. Шевченко, парк им. К. А. Тренева, Семинарский садик, бульвар В. И. Ленина». Набережная вдоль русла рек Большой Салгир и Малый Салгир объединяются: парк им. Ю.А.Гагарина, детский парк, городской сад у кинотеатра «Симферополь», парк бывшего кинотеатра «Мир», парк «Салгирка». Радикально решить проблему санитарно-гигиенической очистки городской среды не удастся по причине разобщенности участков данного массива.

По состоянию на 1 января 2005 года в ведении городского Совета имелось 10741 га земли, чуть более половины этой площади занимали городские объекты. Земли за городской чертой, исключая мелкие участки, делятся на три примерно равные территории: сельскохозяйственная; дачные и садово-огородные участки горожан; земли государственной собственности, земли предприятий и учреждений. Формирование крупного зеленого массива возможно лишь на этих территориях с последующим включением его в границы города. Крупные лесные массивы расположены к юго-востоку и югу от города. В северной пригородной части крупных лесных массивов нет, нет там и территорий, на которых можно было бы формировать их в будущем.

Зеленые образования Симферополя были сформированы в основном в советское время. Создавались они по нормам и под запросы населения того периода. Общественно-экономические преобразования перестроечного времени внесли существенные коррективы в жизнедеятельность горожан, что не могло не отразиться на требованиях к предметно-пространственной среде. Проведенный опрос горожан в 2005 году, рис.1, показал: услугами зеленых зон пользуются практически все опрошенные, причем около 30% посещают парки систематически не реже одного раза в месяц. Доминирующая цель этих посещений – насладиться природой, желание пообщаться с друзьями, сослуживцами, членами семьи, примерно в 2 раза

уступает главной цели. Четвертый вопрос касался привлекательности для посетителей парковых объектов. Как выяснилось, наибольшей притягательностью обладают не сооружения и отдельные растительные формы, а лесные поляны и возвышенности, обеспечивающие обзор окрестностей. Следующие четыре вопроса посвящены доступности зеленых зон по затратам времени в диапазоне от четверти часа до часа. Примерно половина респондентов предпочитают посещать парк пешком, вторая половина – на личном или общественном транспорте; при возможности свободного выбора подавляющее большинство опрошенных предпочли бы добираться до места отдыха пешком. Последний вопрос касался уровня благоустроенности зеленых зон. Здесь бесспорное предпочтение было отдано благоустроенным парковым территориям в сравнении с естественными лесными массивами.

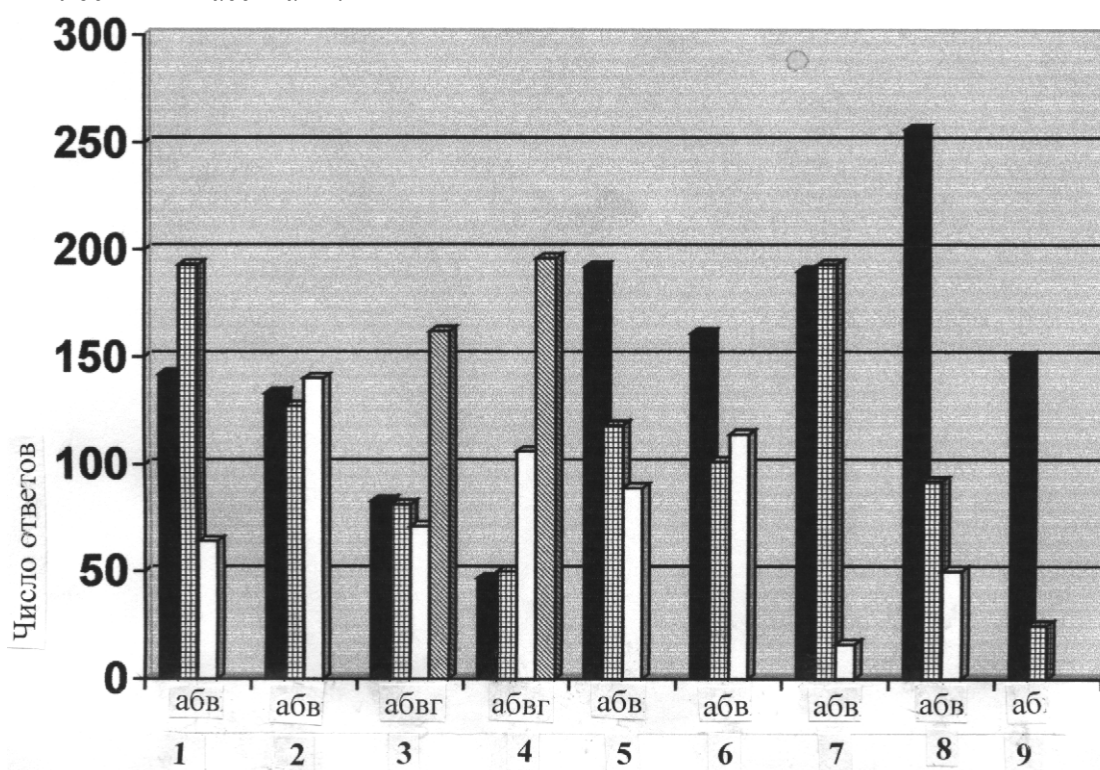


Рис.1. Удельный вес вариантов ответов от общего их количества по каждому из заданных вопросов: 1-9 заданные вопросы; а,б,в,г – варианты ответов.

Большой Салгир – один из основных градообразующих факторов, определивших местоположение Симферополя и композицию его последующего формирования. К его руслу приурочены основные парки города, сегодня их и композиционно, и функционально объединяет набережная, созданная в семидесятые годы прошлого века. Она находится в пределах получасовой транспортной доступности от наиболее удаленных жилых образований города, поэтому пользуется все большей популярностью жителей. Протяженность пешеходного маршрута составляет 5,9 км, его создатели стремились снизить дефицит двигательной активности горожан. Жители города испытывают не только недостаток физических нагрузок, но и нервные чрезмерные напряжения, поэтому нуждаются в эмоционально-психологической разрядке. Отдельные растительные формы и их комплексы в видовых картинах, которые визуальное воспринимает отдыхающий, при движении по заданному маршруту оказывает различное влияние [3] как факторы психосильвогигиены, и психосильвотерапии. Типичные видовые картины, наблюдаемые пешеходом при движении по набережной Салгира рис. 2,3, оказывают эмоциональные различные воздействия на зрителя. Сопоставительный анализ данных видовых картин с типичными парковыми пейзажами показал недостаточную их эффективность для снятия нервного напряжения посетителей. Наиболее эффективны спокойные, уравновешенные лиричные картины [4]; в аналитическом обзоре они составляют лишь 35% от общего количества рассмотренных видовых картин.

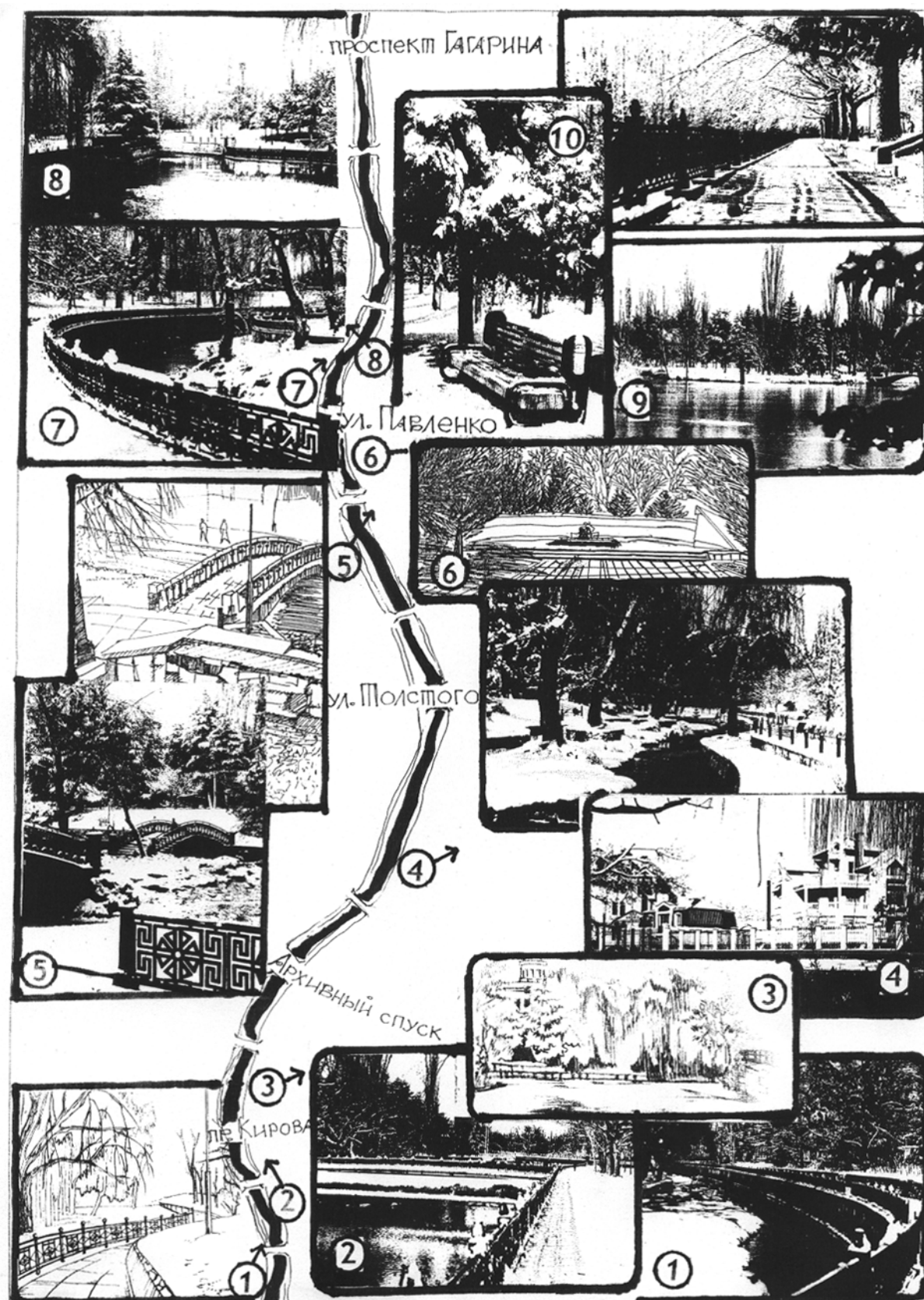


Рис.2. Видовые картины воспринимаемые пешеходом при движении по набережной Салгира от ул. Гагарина до ул. Шмидта.

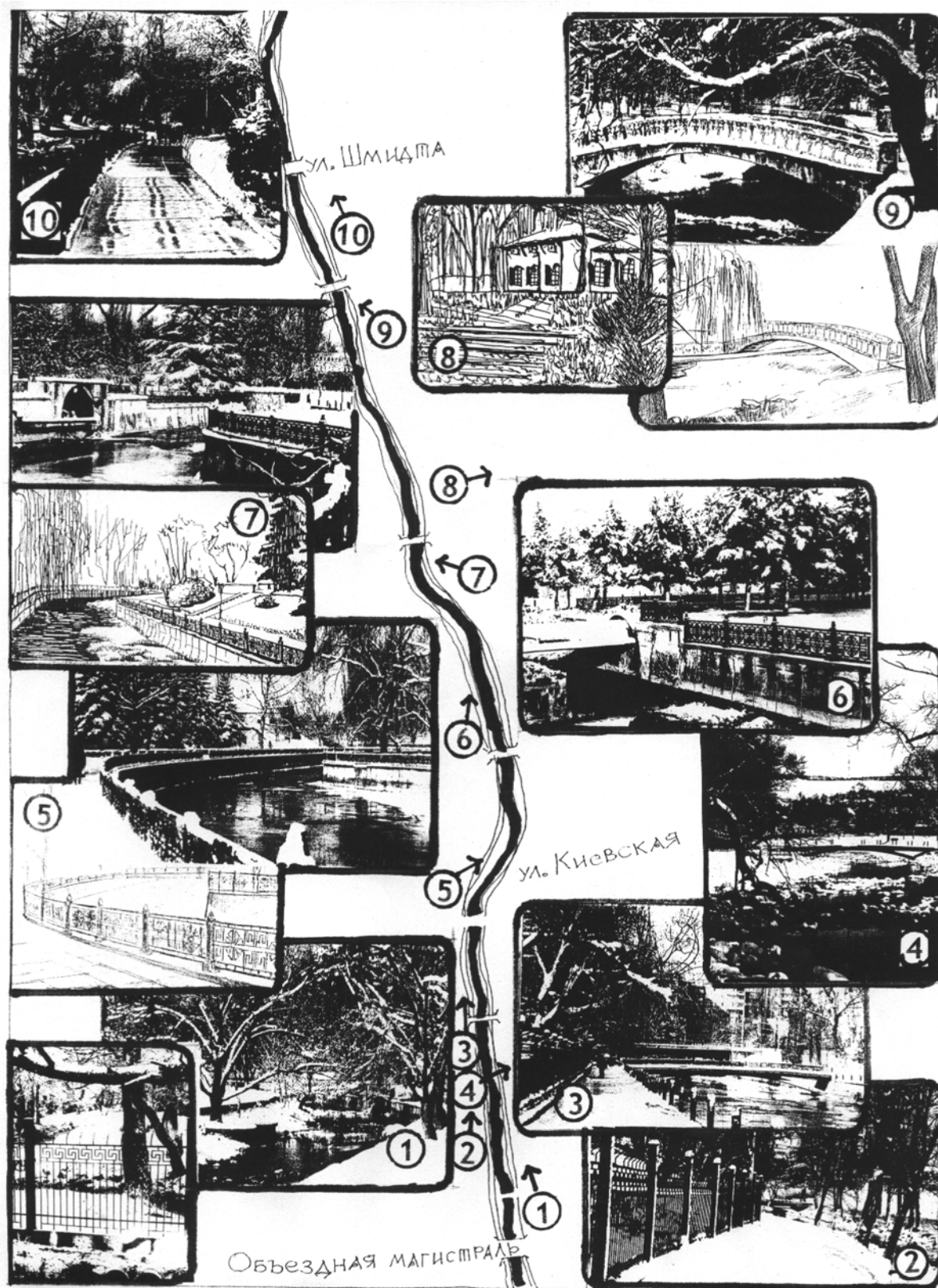


Рис.3. Видовые картины воспринимаемые пешеходом при движении по набережной Салгира от ул. Шмидта до объездной магистрали

Ландшафт при его визуальном восприятии человеком должен вызывать положительные эмоции. Данной проблемой занимается недавно оформившееся направление науки – видеоэкология. Принципиально теория данного направления строится на том, что сетчатка глаза человека имеет модуль при наложении на видовую картину, степень согласованности линий сетчатки и членений элементов видовой картины определяет уровень ее визуальной комфортности. Сигнал увиденного передается в мозг, где он сопоставляется с ранее зафиксированными образами, среда воспри-

нимается комфортной или дискомфортной. То есть происходит корректировка зафиксированного образа в соответствии с житейскими и профессиональными знаниями и предшествующим опытом. Суть теории соответствует высказыванию Л. Н. Толстого: «Эстетическое чувство человека является врожденным, в последующем оно часто извращается, затмевается и сбивается с толку суевериями, предрассудками людей, вредной деятельностью критиков, слепым признанием авторитетов» [5].

Судя по богатому иллюстративному материалу в книге В. А. Филина [6], все жесткие регулярные формы городской застройки от панельных пятиэтажек до современных домов повышенной этажности вредны для глаза. Жители должны испытывать дискомфорт, но этого не наблюдается. По мнению В. А. Иконникова: «Мы настолько вросли в свое предметное окружение, что почти перестали замечать его. Автоматизм восприятия притупляет эмоциональные отношения к нему» [7]. С данным высказыванием можно согласиться, если речь идет о современной городской застройке. Эмоциональная оценка видовых картин ландшафтов далеко не однозначна. Эстетические качества видовой картины ландшафта несут в себе определенный заряд эмоционального воздействия на психику человека. Это важнейший, но не единственный показатель качества парковой среды. В современной науке появилось понятие – «пространство общения» [8]. Оно делится на пять категорий, от интимно-замкнутого до визуально неограниченного. Первое предполагает устройство уголков для доверительной беседы (беседки, навесы, павильоны и т.п.), последнее – видовые площадки на господствующих возвышенностях с возможностью обзора окрестностей. Эти пространственные категории в зеленых зонах города отсутствуют. При дальнейшем совершенствовании парковых территорий их устройство возможно. Первые можно создавать в укромных уголках парков, вторые – путем включения в территорию зеленых зон господствующих возвышенностей, например Петровские высоты.

ВЫВОДЫ

1. Для радикального изменения санитарно-гигиенических функций зеленых зон Симферополя следует в его планировочную структуру включить лесные пригородные массивы в юго-западной части площадью около 700 га.
2. При формировании зеленых зон и трассировки основных пешеходных маршрутов желательно включать в ансамбли осмотра видовые картины, обладающие наибольшим эффектом психологического воздействия на посетителей парка.
3. Создавая предметно-пространственную среду парков необходимо предусматривать диапазон пространственных параметров от локально – интимных до визуально неограниченных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. История градостроительного искусства: В 2-х т. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1979. Т. 1. С. 474.
2. Муровский С. П. Оценка воздействия на окружающую среду г. Симферополя // Строительство и техногенная безопасность/ Сб. научных трудов НАПКС, 2005 – вып. 10, – С. 156.
3. Сафонов А. А., Сафонов К. А. Особенности формирования предметно-пространственной среды крымских поселений в период перестройки // Строительство и техногенная безопасность/ Сб. научных трудов НАПКС, 2005 вып. 11, – С. 55 – 63.
4. Сафонов А. А., Сафонов К. А., Волочаева К. А., Нагорная В. В. О некоторых особенностях паркостроения в Крыму в современных условиях // Строительство и техногенная безопасность/ Сб. научных трудов НАПКС, 2005 вып. 11, – С. 66 – 71.
5. Толстой Л.Н. Полное собрание сочинений. Т.30 – М.: Гослитиздат, 1953. –С. 129.
6. Филин В.А. Видеоэкология. Что для глаза хорошо, а что плохо. М.: Видеоэкология, 2006. - 512с.
7. Эстетические ценности предметно-пространственной среды /А. В. Иконников, М. С. Коган, В. Р. Пилипенко и др. : Под общ. ред. А. В. Иконникова; ВНИИ техн. эстетики – М.: Стройиздат. 1990. – С. 172.
8. Пиганов А. Пространства общения. Чудеса зрительного восприятия, рассказанные архитектором. - М.: Издательство «Известия», 2005. –64 с.

Ямщиков В.В., аспирант, Литовченко П.А., к.т.н., доцент
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Моделирование НДС каменной стены, усиленной железобетонной обоймой, при действии вертикальной нагрузки

Выполнен анализ напряженно - деформированного состояния каменной стены, усиленной двухсторонней железобетонной обоймой, при действии вертикальной нагрузки

Реконструкция, усиление, каменная стена, железобетонная обойма, НДС

В многочисленных зданиях, выполненных из камня, несущими элементами которых являются стены, во время реконструкции возникает необходимость учёта влияния железобетонной обоймы на усиливаемую стену. При назначении параметров железобетонной обоймы в основном исходят из предпосылки, что вертикальные нагрузки воспринимают каменная стена, а на железобетонную обойму передаются полностью горизонтальные сейсмические и ветровые нагрузки. Такое допущение частично оправдано тем, что усиление каменных стен, как правило, выполняют в период, когда стены уже загружены вертикальными нагрузками собственного веса конструкций, которые составляют 50-80% от суммарной вертикальной нагрузки. Однако такое допущение не всегда является правильным.

Поставленной задачей данной работы является анализ НДС каменной стены, усиленной железобетонной обоймой с двух сторон. Анализ проводили путем постановки численного эксперимента в программном комплексе «Лира».

Учитывая протяженность стены и то, что в средней части стены реализуется плоское напряженно-деформированное состояние, была разработана плоская конечно-элементная математическая модель. При построении модели были использованы элементы КЭ 41 для моделирования каменной стены и железобетонной обоймы и КЭ 10 для моделирования металлических связей, соединяющих между собой железобетонные обоймы, расположенные с разных сторон стены.

Физико-механические характеристики материалов были приняты по соответствующим таблицам норм [1,2,3] и соответствуют:

- для каменных материалов – кладке из пильного известняка ракушечника (марка камня М15, марка раствора М25);
- для железобетонной обоймы – армированному мелкозернистому бетону (класс по прочности на осевое сжатие В15, армирование арматурой класса А-III);
- для металлических связей – арматуре класса А-I.

Были приняты следующие геометрические параметры модели: толщина каменной стены – 40 см.; толщина железобетонной рубашки усиления – по 10 см. с каждой стороны; высота стены – 240 см.

Задачу решали в нелинейной постановке. После произведённого расчёта были получены поля перемещений и напряжений для модели, в которой железобетонные рубашки усиления не связаны между собой в горизонтальном направлении (рис.1), и для модели, в которой рубашки, установленные на противоположных гранях стены, связаны арматурными стержнями, расположенными с шагом 1 м. по высоте (рис.2).

Как видно по рисункам, в обоих случаях железобетонная обойма и материал стены работают совместно.

Для образца, не имевшего связей между железобетонными обоймами, наблюдается эффект поперечного расширения (рис.1.а), который наиболее ярко выражен в верхней части образца. В верхней и нижней гранях образца поперечные деформации отсутствуют. Это происходит из-за наличия связей, которые моделируют эффект обоймы, возникающий за счет жестких дисков перекрытий. Из-за различия в деформативных свойств каменной кладки и железобетонных рубашек при наличии эффекта обоймы в верхней части каменной кладки стены образуется уплотнен-

ное ядро (рис.1.б,в), материал в котором испытывает двухосное сжатие. Зона распространения ядра по высоте составляет примерно $3/4$ толщины каменного участка стены. Железобетонные рубашки усиления не сразу полностью включаются в восприятие вертикальных нагрузок. Вертикальные напряжения в них постепенно возрастают от какой-то величины до максимального значения. Максимальное значение вертикальных напряжений в железобетонных обоймах наблюдается на расстоянии равном примерно общей толщине стены от верхнего края. О постепенном включении железобетонных обойм в работу стены на вертикальные нагрузки можно судить и по изополям касательных напряжений (рис.1.г), которые показывают, что касательные напряжения по контакту каменной кладки и железобетонной рубашки концентрируются в верхней части и угловых зонах нижней части стены.

После введения в математическую модель горизонтальных стальных стержней, моделирующих горизонтальные связи между железобетонными рубашками усиления, расположенными на противоположных гранях стены, можно выделить следующие качественные изменения в полученных результатах (рис.2).

На картине изополей перемещения по горизонтальной оси (рис.2. а,г) за счёт включения в работу металлических стержней наблюдается разделение бочкообразного уширения на участки, расположенные между горизонтальными связями. Максимальные поперечные деформации наблюдаются в верхней части верхнего участка. Зона уплотненного ядра в каменной кладке стены увеличивается по высоте на 50-60% (рис.2.в), что объясняется увеличением по высоте участка, на котором материал работает в условиях стесненных поперечных деформаций. При этом зона возрастания вертикальных напряжений в железобетонных рубашках усиления уменьшается по высоте на 20-30%. Более интенсивный рост вертикальных напряжений в железобетонных рубашках можно объяснить наличием горизонтальной связи в верхней части стены и работой арматурного стержня как нагеля. Для арматурных стержней, расположенных в средней и нижней частях стены этот эффект проявляется в меньшей степени и не приводит к качественным изменениям результатов.

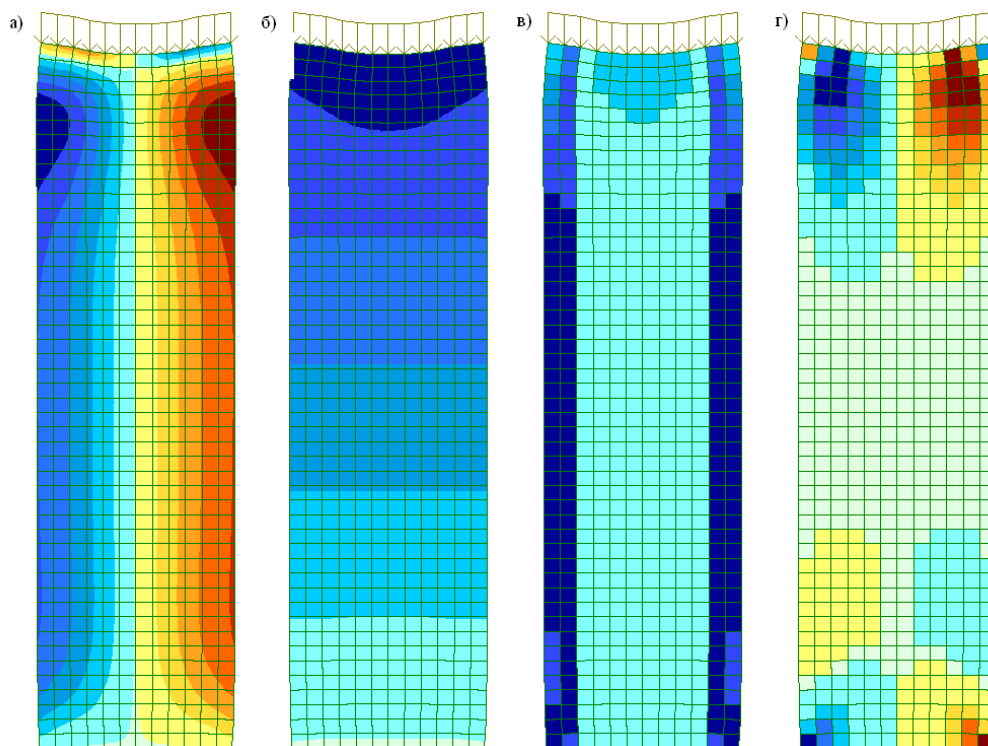


Рис.1. Картини изополей для образца без связей между железобетонными рубашками: а - изополя перемещения по горизонтальной оси; б - изополя перемещения по вертикальной оси; в - изополя напряжений по вертикальной оси; г - изополя касательных напряжений.

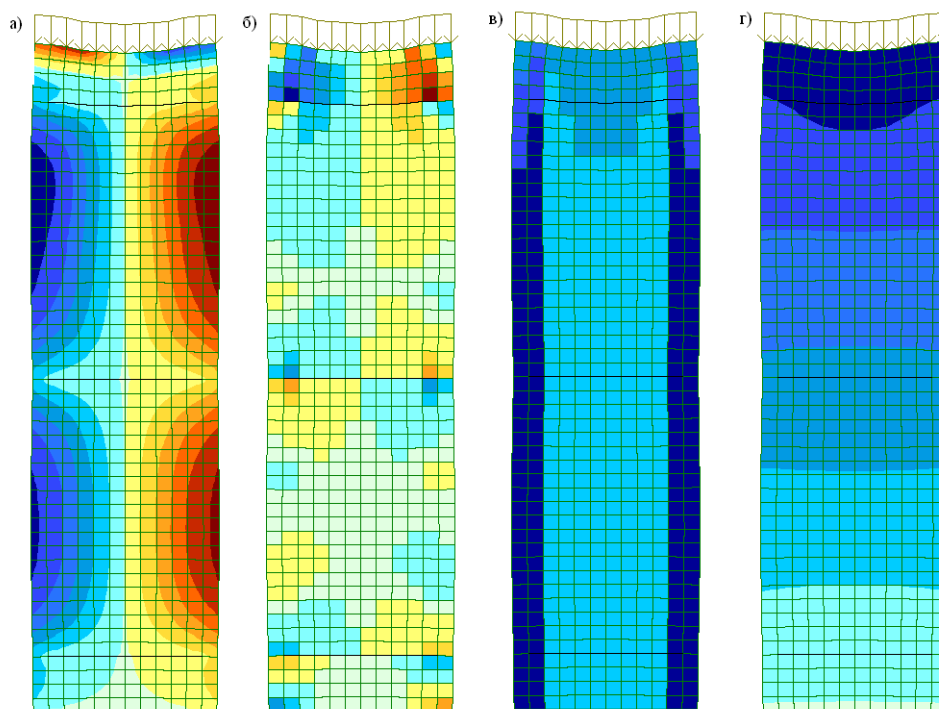


Рис.2. Картины изополей для образца со связями между железобетонными рубашками: а - изополя перемещения по горизонтальной оси; б - изополя касательных напряжений; в - изополя напряжений по вертикальной оси; г - изополя перемещения по вертикальной оси.

Полученные результаты позволяют следующие особенности в работе каменных стен после их усиления двухсторонней железобетонной рубашкой. После устройства железобетонных рубашек усиления и передачи на стену дополнительной вертикальной нагрузки в верхней зоне каменной кладки стены образуется уплотненное ядро, материал кладки в котором работает в условиях двухосного сжатия. Появления данного ядра объясняется стесненностью поперечных деформаций на этом участке. Глубина распространения зоны уплотнения существенно зависит от наличия горизонтальных связей между железобетонными рубашками, расположенными на противоположных гранях стены. Эффективное включение железобетонных рубашек усиления в работу на вертикальные нагрузки происходит за счет сил сцепления между бетоном и каменной кладкой, которые концентрируются в верхних участках стены. Наличие горизонтальных связей между железобетонными обоймами оказывает положительное влияние на работу конструкций усиления.

ВЫВОДЫ

1. При усилении каменных стен во время реконструкции зданий двухсторонними железобетонными рубашками наблюдается концентрация напряжений в верхних участках стены. В каменной кладке образуется уплотненное ядро, по грани контакта железобетонной рубашки и каменной кладки концентрируются касательные напряжения.
2. Распространение зоны концентрации напряжений существенно зависит от наличия горизонтальных связей между железобетонными рубашками усиления.
3. Наличие горизонтальных связей в верхних участках стены улучшают эффективность работы конструкции усиления. Связи, установленные в средних и нижних участках, практически не оказывают влияния на работу конструкции усиления и обеспечивают только устойчивость железобетонных рубашек.
4. Для количественного описания напряжений, возникающих в каменной кладке, железобетонных обоймах и в зоне их контакта, необходимо провести физический эксперимент с последующим математическим моделированием задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП II-22-81 Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой СССР.- М.: Стройиздат, 1983.- 40 с.
2. СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР.- М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989.- 80 с.
3. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций. М., Стройиздат, 1974, 183 с.

Раздел 2. Основания и фундаменты, механика и сейсмостойкость

УДК 550.34.03

Багмут А.В., аспирант

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Применение цифровой идентифицированной системы для регистрации отклика стен сооружений на механическое воздействие.

Описан способ выполнения сейсмометрических наблюдений с возможностью размещения регистрирующих датчиков на стенах исследуемых зданий и сооружений

сейсмостойкость, сейсмоприемник, трехкомпонентные наблюдения, регистратор, частотный диапазон, динамический диапазон, помехозащищенность, идентичность

На сегодняшний день инструментальные методы исследования сейсмостойкости зданий и сооружений играют важную роль наряду с теоретическими методами расчета. Это обусловлено тем, что даже в случае наличия расчетов сейсмостойкости здания на момент его строительства, достаточно сложно точно прогнозировать изменение его сейсмостойкости с течением времени, особенно после землетрясения или при наличии других дестабилизирующих факторов. О многих старых зданиях такая информация может вообще отсутствовать. При этом инструментальные наблюдения дают достоверную и наглядную информацию о колебательных процессах как здания в целом, так и его составных частей при внешнем механическом воздействии.

Очевидно, что для получения полной картины колебаний здания необходимо регистрировать пространственное движение, то есть три компонента вектора колебаний.

Одним из недостатков современных инженерно-сейсмометрических наблюдений является то, что для измерения вертикальной и горизонтальных компонент вектора сейсмических колебаний применяют сейсмоприемники, принцип действия которых имеет различную физическую основу, и, следовательно, достигать высокой степени идентичности записи трех компонент сигнала на всем диапазоне амплитуд и частот регистрации практически не представляется возможным [2]. Кроме того, применяемые сейсмоприемники, вследствие значительных габаритов и конструктивных особенностей, возможно разместить только на полу, что не только ограничивает возможности для их применения, но и зачастую является затруднительным в случае наличия напольных покрытий.

Исходя из вышесказанного, значительный интерес представляет создание системы регистрации, которая позволила бы с высокой степенью идентичности записывать все три компонента вектора колебаний, при этом проводить исследования как на полу, так и на стенах здания для получения более полной картины колебательных процессов. Кроме того, система должна обладать высокой производительностью и достаточно широкими параметрами регистрации.

В качестве системы регистрации воспользуемся «Универсальной цифровой трехкомпонентной системой регистрации инженерно-сейсмометрической и сейсморазведочной информации» [6], которая обладает необходимыми параметрами: достаточно широким динамическим и частотным диапазонами, высокой помехозащищенностью сигнала и хорошей производительностью.

Решение проблемы идентичности датчиков, применяемых для записи трех компонент вектора колебаний, возможно применением электродинамических сейсмоприемников и специального способа их расстановки.

Сейсмоприемники устанавливают в специальную съемную кассету, которая содержит симметричную трехкомпонентную установку и контрольный вертикальный сейсмоприемник, разнесенные друг относительно друга вдоль вертикали. Ось симметрии для трех составляющих направлена вдоль продольной оси кассеты, а оси координат — с одинаковым наклоном к ней. Такая установка позволяет регистрировать сейсмические колебания в декартовой системе координат. По сумме проекций сигналов трех наклонных сейсмоприемников можно вычислить суммарный вектор колебаний.

Таким образом, сохраняя направления вдоль осей декартовой системы координат, располагают сейсмоприемники под одинаковым углом к вертикали, что позволяет достичь идентичности записи всех трех

компонент сейсмических колебаний [1].

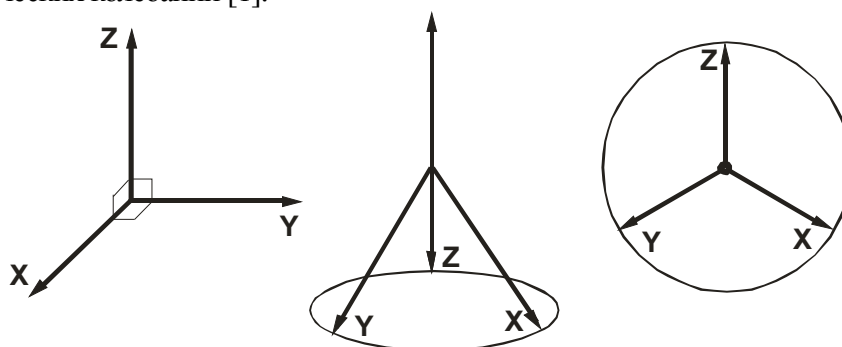


Рис. 1. Направление сейсμοприемников в кассете.

Четвертый вертикальный сейсμοприемник служит для постоянного контроля работы трехкомпонентной установки. Сумма выходных сигналов, умноженная на 0.581 (коэффициент, равный синусу угла $35^\circ 20'$) всегда должна быть равна сигналу, снимаемому с вертикального преобразователя. Таким образом, если регистрировать сумму сигналов и сигнал от вертикального преобразователя, то в любой момент времени (по сейсмограмме) можно проконтролировать правильность отображения сейсмической волны или результат ее преобразования. В случае явного отказа одного из сейсμοприемников, сейсмический сигнал может быть получен при обработке путем вычитания суммы сигналов двух оставшихся компонент из сигнала вертикальной компоненты [5].

Полный частотный диапазон регистрации определяется типом используемых сейсμοприемников, и для электродинамических сейсμοприемников может составлять 1,5-17 Гц, 5-125 Гц, 15-250 Гц при использовании сейсμοприемников с резонансными частотами 5 Гц, 10 Гц и 20 Гц соответственно (это усредненный диапазон АЧХ сейсμοприемников, так как в каждом отдельном случае он зависит от схемы подключения датчика сейсмических колебаний). При этом, в случае необходимости перехода от одного частотного диапазона к другому, достаточно поменять кассету с сейсμοприемниками и перестроить полосу пропускания входных усилителей, изменив параметры переменных резисторов и емкостей во входных фильтрах.

Для инженерно-сейсмометрических наблюдений наибольший интерес представляют сейсμοприемники с максимально низкой полосой частот.

Наиболее низкочастотные электродинамические сейсμοприемники с небольшими габаритами – вертикальные сейсμοприемники с резонансной частотой 5 Гц. При использовании таких сейсμοприемников в наклонном положении, вследствие ослабления давления катушки на удерживающую ее пружину, катушка индуктивности смещается от исходного положения. Для устранения этого смещения, на катушку подается постоянная разность потенциалов. Вызванный этой разностью потенциалов ток, создает магнитное поле, которое, взаимодействуя с полем магнита, устанавливает катушку в исходное положение.

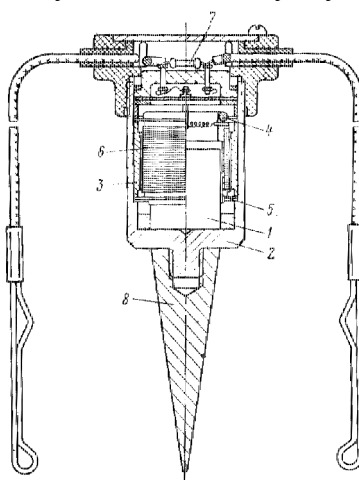


Рис. 2. Сейсμοприемник электродинамический. 1- постоянный магнит, 2- корпус датчика, 3- цилиндрическая вставка, 4- токоотводящая пружина, 5- ирисовая пружина, 6- катушка

индуктивности, 7- шунтирующий резистор, 8- направляющий штырь

С целью непрерывного изучения колебаний в четырех точках предусмотрена возможность одновременного подключения к регистратору четырех кассет с сейсмоприемниками. Таким образом, применяется шестнадцатиканальная система сбора информации. При необходимости количество точек и соответственно каналов регистрации может быть увеличено.

ВЫВОДЫ

1. Выполнение записей описанной цифровой системой регистрации [6] позволит достичь высокой помехозащищенности данных, регистрировать сейсмические сигналы в широком диапазоне частот и с достаточно широким динамическим диапазоном.
2. Использование описанной трехкомпонентной установки даст возможность получать идентичные записи всех компонент вектора колебаний, а также проводить измерения как на полу, так и на стенах зданий и сооружений.
3. Можно утверждать, что применение вышеуказанных технических решений позволит не только повысить качество инженерно-сейсмометрической информации, но и значительно расширить возможности современных инструментальных наблюдений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугаевский Г.Н., Байков А.Г. Сейсмоприемник линейных перемещений для регистрации реакции сооружения на сейсмическое воздействие. В сб. «Строительные материалы и строительные конструкции. Тез. докл. IV Междун. Конф. ISMB'96. Днепропетровск, 1996, с. 142-143.
2. Бугаевский Г.Н. Общая схема универсального сейсмометрического канала для выполнения наблюдения в произвольной точке объекта. Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр., вып. 11. Симферополь, НАПКС, 2005, с. 82-84.
3. Гурвич И.И., Номоконов В.П. Сейсморазведка. - М.: Недра, 1981.
4. Сирченко В.В., Багмут В.А., Сайганов А.Э., В.А. Рюмин «О свойствах систем передачи, применяемых в аппаратуре для ПМ ВСП» // Материалы научно-практической конференции «ВСП и трехмерные системы наблюдений в сейсморазведке». - М.: ЦГЭ, 2004.
5. Слуцковский А.И. Сейсморазведочная аппаратура. – М.: Недра, 1970.
6. Багмут А.В. «Универсальная цифровая трехкомпонентная система регистрации инженерно-сейсмометрической и сейсморазведочной информации». Сборник научных трудов «Будівельні конструкції», выпуск 64, Киев НДИБК, 2006 г. стр. 151-156

Замша В. Т., аспирант, Левенстам В. В., к. т. н., доцент.
Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

Некоторые особенности инженерной подготовки овражных территорий под строительное освоение

Рассматриваются особенности применения методов инженерной подготовки овражных территорий под строительное освоение.

градостроительство, инженерная подготовка, эрозия, овраги.

Ограниченность земельных ресурсов, необходимость сохранения ценных сельскохозяйственных земель, постоянное снижение площади земли и ее объема в результате неправильного хозяйствования и разработки земли для добычи полезных ископаемых обуславливают требования рационального использования территориальных ресурсов в градостроительстве. В силу этого использование так называемых неудобий для нового строительства, т.е. участков территории, которые не могут служить сельскохозяйственными угодьями, рекреационными территориями, заповедниками, лесохозяйственными или иными участками, требующими небольших уклонов местности [1], рассматривается как значительный территориальный резерв развития городов. Одним из видов таких территорий являются участки оврагов. Территория по [2] (поверхность земли с внутренними и прибрежными водами в определенных границах) – важнейший градостроительный фактор. Этих территорий в промышленно-развитых странах становится все меньше, поскольку в мире для техногенного использования каждый день изымается 2 тыс. га земель.

К этой проблеме примыкает и тенденция поглощения разрастающимися городами сельскохозяйственных угодий. Альтернативой этому является градостроительное освоение территорий, ранее считавшихся неблагоприятными. В частности обследование показало, что в пределах селитебной территории оврагами занято до 20% общей площади.

Сформировалась особая форма управления геологическими процессами, которая получила название инженерной защиты. Однако в настоящее время возрастает необходимость не просто инженерной защиты, а преобразования территорий в пригодные для градостроительства путем проведения инженерной подготовки.

Под инженерной подготовкой прибрежно-склоновых и овражных территорий понимается комплекс мероприятий, направленный на изменение природной обстановки с учетом требований градостроительного освоения, на ослабление или исключение проявлений опасных геологических процессов и явлений и на поддержание освоенной территории на определенно нормативно-техническом уровне.

Требования к проектируемому комплексу мероприятий инженерной подготовки содержатся в нормативных документах по планировке и застройке городов, СНиП 2.01.15-90 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов», ДБН В.1.1-3-97 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от оползней и обвалов» и других документах.

Следует отметить, что темпы градостроительного использования овражных территорий невысоки. Отсутствие общего плана освоения неблагоприятных территорий города приводит к тому, что вопросы инженерной подготовки решаются для отдельных локальных участков.

Основными направлениями инженерной подготовки прибрежно-склоновых и овражных территорий являются: преобразование рельефа в соответствии с условиями размещения зданий и сооружений, улучшение гидрогеологических условий (в частности предотвращение подтопления территорий), повышение несущей способности грунтов, а также обеспечение защиты территорий и градостроительных объектов от разрушительных геологических процессов – оползней, овражной и речной эрозии.

В общем, вопросы защиты территорий и объектов от неблагоприятного воздействия экзоген-

ных процессов, а также инженерной подготовки территорий со сложными инженерно-геологическими условиями в [3] решаются на основании технико-экономического сопоставления вариантов:

- 1) комплекса сооружений и мероприятий, позволяющих полностью закреплять территорию и устранять неблагоприятные воздействия факторов при дальнейшем ее освоении;
- 2) отдельных защитных сооружений для защиты единичных объектов с размещением на остальной территории систем оповещения для принятия современных мер по предупреждению катастрофических последствий от развития экзогенных процессов;
- 3) специальных фундаментов и конструкций зданий и сооружений, обеспечивающих их сохранность при воздействии неблагоприятных инженерно-геологических факторов и экзогенных процессов.

Если на территории города наблюдаются овраги той или иной степени развития, то эти территории классифицируются как ограниченно пригодные или непригодные. К основным предпосылкам развития оврагов относятся: а) глубоко расчленённый рельеф; б) крутые склоны; в) рыхлые легкоразмываемые и слабоводопроницаемые грунты; г) высокая интенсивность ливней или весеннего снеготаяния. Овраги классифицируют на мелкие, средние (с пологими склонами и с крутыми склонами), крупные (с пологими склонами и с крутыми склонами).

Инженерная подготовка овражных территорий преследует двоякую цель: предохранение зданий, сооружений, коммуникаций и т.п. от повреждений и градостроительное использование овражных территорий. Здания и сооружения в оврагах могут возводиться только при соблюдении двух условий [4]: при стабилизации оврага, т.е. устранении причин его активного роста; при крутизне склонов до 20%. Однако и в этих случаях склоны оврага необходимо террасировать под отдельные здания или под группу зданий.

Мероприятия по инженерной подготовке в некоторой степени являются мероприятиями по благоустройству городской территории (водостоки, зеленые насаждения и т.п.). В состав этих мероприятий входят следующие работы: вертикальная планировка территории; сооружение открытых и закрытых водостоков; понижение и перехват подземных вод; облесение приовражных территорий и самих оврагов [4].

Ликвидация оврагов осуществляется путем террасирования приовражных территорий, сплошной засыпкой привозным грунтом или намывом грунта средствами гидромеханизации. Автор [4] считает, что эффективна засыпка оврагов каньонного типа, т.е. с крутыми склонами и малой шириной поверху. В меньшей степени она целесообразна при неглубоких и пологих оврагах. При засыпке оврага привозным грунтом обязательно послойное уплотнение. Намытый грунт стабилизируется сам в процессе отдачи воды из смеси. Для дальнейшего строительства необходимо предусматривать искусственные основания (свайные), так как несущая способность таких грунтов обычно низкая.

Овраги часто являются главными тальвегами прилегающей территории. После ликвидации оврага поверхностный сток все равно будет тяготеть к этому направлению, поэтому по дну оврага до его засыпки прокладывают коллектор водосточной сети. С целью понижения уровня грунтовых вод в районе ликвидируемого оврага по его дну до засыпки прокладывают дренажный коллектор.

После окончания засыпки или намыва грунта выполняют вертикальную планировку всей территории.

Для борьбы с оврагами на городских территориях проводят мероприятия по сбору и отводу поверхностного стока закрытой и открытой системой ливнепроводов. Перехватываемые воды отводят в водосточную сеть или открытой системой канав за пределы оврага. Для перехвата грунтовых вод до их выхода в овраг строят дренажные системы, рассчитываемые по схеме головных.

Следует также отметить важность создания и размещения в зависимости от рельефа местности защитных лесопосадок, которые в значительной мере задерживают эрозионные процессы. Лесозащитные полосы в комплексе с гидротехническими сооружениями размещают в каждом конкретном случае из расчета обеспечения максимального противоэрозионного эффекта и созда-

ния благоприятных условий для рационального использования приовражных территорий.

ВЫВОДЫ

- 1.Расширение городов предопределяет усиление роли инженерной подготовки. Овражные территории рассматриваются как территориальный резерв их развития. Все это вызывает необходимость комплексного подхода к решению вопросов инженерной подготовки, профилактической направленности проводимых противооползневых, противоэрозионных и других мероприятий.
- 2.Таким образом, характер мероприятий по предотвращению роста оврагов определяется степенью интенсивности размывов и градостроительной ценностью территории (в районах городской застройки и вне застройки). Состав мероприятий по борьбе с оврагообразованием определяется их назначением(в зависимости от градостроительного использования территории).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тетиор А.Н. Строительная экология. – К.: Будівельник, 1992. – 160 с.
2. Маслов Н.В. Градостроительная экология: Учеб. пособие для строит. вузов / Н.В.Маслов; Под ред. М.С.Шумилова. – М.: Высш.шк., 2002. – 284 с.
3. Инженерная подготовка территорий в сложных условиях / А.И.Билеуш, Я.А.Средняк, А.Г.Марченко, А.С.Штепель. – Киев: Будівельник, 1981. – 208 с.
4. Инженерная подготовка застраиваемых территорий. Под ред. В.Ю.Моисеева. Киев, “Будівельник”, 1974. – 272 с.

Слободнюк С.К., к.т.н. доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

О моделях упругого основания

Статья посвящена анализу существующих моделей упругого основания.

слоистое основание, модель, осадка, толщина слоёв, модуль деформации.

Проблема создания метода расчёта сооружений, работающих совместно с деформируемым грунтовым основанием, возникла в прикладной механике давно. Практически все инженерные сооружения в той или иной степени взаимодействуют с подстилающим основанием, причём эффект этого взаимодействия может быть весьма значительным. Большой удельный вес таких сооружений в общем объёме строительства и огромные затраты, связанные с возведением строительных объектов на деформируемом основании, приводит к тому, что всякое уточнение расчёта существенно отражается на стоимости строительства и даёт заметную экономию строительных материалов.

Однако, приступая к расчёту сооружения, расположенного на деформируемом основании, уже с первых шагов встречаются следующие затруднения: неизвестен закон распределения реактивных давлений основания по опорной поверхности сооружения. Реактивные давления основания $G(x)$ зависят от осадки основания $W(x)$ и наоборот. Подобные задачи, носящие названия контактных, получили своё решение для случаев, когда соприкасающиеся тела идеально упруги и их физико-механические свойства хорошо описываются известными математическими зависимостями. Таким образом, при расчёте сооружения, расположенного на грунтовом основании, приходится прибегать к выбору определённых гипотез, характеризующих работу основания, т.е. выбирать ту или иную расчётную схему или механическую модель деформируемого основания. Выбранная модель и определяет метод расчёта.

К настоящему времени предложено значительное число различных моделей, причём ни одна из них не может быть признана универсальной, отражающей все случаи строительной практики. Каждая из них имеет свои достоинства и недостатки и определённую область применения, в которой она позволяет получить наиболее достоверные результаты.

Одной из первых гипотез – гипотез прямой пропорциональности между нагрузкой, действующей на основание, и его осадкой – гипотеза Винклера:

$$q_0 = CW,$$

где C – коэффициент постели, W – осадка. Из этой формулы следует, что упругие осадки вне загруженных участков равны нулю, что, однако не подтвердилось непосредственными наблюдениями, особенно при наличии плотных грунтов. Преимуществом этой теории является учёт (хотя и не в полной мере) совместной работы грунтов и фундаментов, что обуславливает экономичность решений.

Недостатки: непостоянство коэффициента постели, вне приложения нагрузки деформации грунта не могут быть найдены; осадки под всей плитой или балкой при действии равномерно распределённой нагрузки должны быть одинаковы, на практике наблюдается неравномерность осадок ξ . Выявленные недостатки гипотезы Винклера привели к необходимости создания новой, более совершенной модели упругого основания.

Новое предложение сводилось к тому, чтобы рассматривать грунт как сплошное однородное и изотропное тело, как упругое полупространство. В частном случае, когда все нагрузки в одном направлении остаются постоянными, то упругое полупространство работает как упругая полуплоскость. Вместо коэффициента постели, характерного для гипотезы Винклера, упругие свойства основания описываются здесь двумя физическими величинами: E (модуль деформации) и μ_0 (коэффициент Пуассона). После введения модели упругого полупространства (задача Буссинеска) стало возможным определять напряжения в грунте не только на поверхности контакта с фун-

даментом, но и внутри массива, учитывать взаимодействие соседних сооружений, изменение модуля деформации с глубиной, и т.д. Вместе с тем решение практических задач по этой теории стало более сложным, чем по теории Винклера. Если на поверхность упругого полупространства положена плёнка, то разрешающее интегро-дифференциальное уравнение изгиба пластин будет иметь вид:

$$D\nabla^2\nabla^2\left(\frac{1-\mu_0}{\pi E_0}\iint_F\frac{P(\xi;\eta)d\xi d\eta}{\sqrt{(x-\xi)^2+(y-\eta)^2}}\right)+P(x,y)=q(x,y).$$

Недостатками этой теории являются:

- 1) Концентрация реактивных давлений основания у краёв сооружения;
- 2) Решения имеют громоздкую форму;
- 3) Трудность и некоторую условность в определении физических постоянных грунта: E и μ_0 .

Смягчить недостатки модели однородного полупространства позволила модель, предложенная Г.К. Клейном, с переменным по глубине модулем деформации. Недостаток этой модели: закон изменения модуля деформации с глубиной неизвестен; предполагалось, что грунт представляет собой однородное изотропное тело. Но в реальности грунты являются анизотропными с чётко выраженной слоистой структурой. Для определения осадки такого основания можно применять точные и приближённые методы. Одним из приближённых методов определения осадки слоистого основания является метод суммирования сжатия отдельных слоёв. При этом желательно учесть все нормальные напряжения: $G_x; G_y; G_z$. При этом на границе слоёв принимается следующее условие: неразрывность нормальных напряжений и равенство нулю касательных напряжений. Исходными формулами для определения нормальных напряжений приняты формулы Буссинеска для сосредоточенной силы. По данной теории были проведены многовариантные расчёты, проанализированы факторы влияния исходных параметров (модулей деформации отдельных слоёв, их толщину, различные коэффициенты Пуассона) на величину осадки.

ВЫВОДЫ

1. Неучёт слоистости основания может привести к завышенным или заниженным значениям осадок, что является нежелательным в обоих случаях. Особенно опасен случай наличия в основании слабой прослойки грунта, что может вызвать случайные осадки, а на склонах горных районов - оползни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбунов-Посадов М.И., Малинова Т.И. Расчёт конструкций на упругом основании. - Стройиздат: М, 1973. - 629 с.
2. Жемочкин Б.Н., Сеницын А.П. Практические методы расчёта балок и плит на упругом основании. - Стройиздат: М, 1947. - 148 с.
3. Клейн Г.К., Григорьева И.И. Расчёт сооружений на снижаемой толще однородного основания. - Гидротехническое строительство: 1980, №6. - 41-44 с.
4. Цытович Н.А. Механика грунтов. - Высшая школа: М, 1973. - 280 с.
5. Boussinesq J. Application des potentials a l'etude de l'equilibre et du mouvement des solides e'lastiques. - Paris, 1969. - 721 p.

Раздел 3. Строительные материалы и изделия

УДК: 666.9: 691.511: 691.316

Любомирский Н.В., к.т.н., доцент, Федоркин С.И., д.т.н., профессор, Локтионова Т.А., аспирантка, Носатов В.Г., аспирант

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Автоматическая установка и методика изучения процесса карбонизации извести

Разработана приборная и методологическая база изучения кинетики карбонизации известкового теста. Приведены схемы автоматической карбонизационной установки, работающей как при нормальном, так и при повышенном давлении углекислого газа.

Ресурсосбережение, известь, известковое тесто, углекислый газ, карбонизация, искусственная карбонизация, установка, методика, кинетика

Экономическая ситуация в Украине на современном этапе ее развития отличается стабильным ростом цен на энергоресурсы. Отсюда постоянный рост цены на такую энергозависимую продукцию как портландцемент. В то же время, активно развивающийся строительный комплекс, требует все больше качественной и доступной продукции, в том числе искусственных каменных материалов, основой которых, как правило, является портландцемент. Однако, решая вопросы насыщения рынка конкурентоспособной строительной продукцией невозможно обойти столь актуальные на сегодняшний день вопросы ресурсосбережения и экологии окружающей среды.

Проблемы ресурсосбережения и насыщения рынка строительных материалов экологически чистой, качественной и дешевой продукцией требуют от ученых разработки новых нетрадиционных направлений получения искусственных бесклнкерных малоэнергоёмких строительных материалов. В этой связи, материалом, в котором заложены потенциальные возможности ресурсосбережения, как энергетических, так и сырьевых запасов, является воздушная известь.

Взаимодействуя с окружающей средой в процессе безыскусственной карбонизации известь медленно, на протяжении многих столетий, возвращается в первоначальное состояние камня – известняка и уверенно продолжает жизненный путь до естественного распада в вещество, всем известное как мел. До момента распада проходит не одно тысячелетие. Изъятое у природы для пользы человека, в природу и возвращается. Не к этому ли стремится архитектурно-строительная экология? С точки зрения экологичности, известь не имеет себе равных среди производственных товаров и превосходит любое дерево. Например, известь часто применяют в форме раствора для различных дезинфекций. Известь также используется для водной очистки. К сожалению, на первом этапе известь не обладает достаточной потребительской прочностью. Требуются специальные технологические приемы или модификаторы.

Одним из перспективных путей использования такого малоэнергоёмкого продукта как известь для получения искусственных каменных материалов является создание условий для ее искусственного карбонизационного твердения [1 – 3]. В работах [4, 5] были разработаны научные и практические задачи, представляющие систему принципов и приемов регулирования процессов при получении водостойкого искусственного камня на основе извести путем контактного формования структуры искусственного камня из кристаллогидратов $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и его дальнейшего карбонизационного твердения. Однако вопросы методики и приборной базы изучения кинетики процесса карбонизации извести не решены.

В связи с этим, целью данной работы является разработка приборной и методологической базы для изучения кинетики карбонизации известковых образцов.

Ранние исследования показали [1, 2], что углекислый газ поглощается в ограниченных пределах на внешней поверхности известкового теста и, можно предположить, по аналогии [6], что карбонизация протекает с внутренним диффузионным ограничением в газовой фазе. Для расчета глубины карбонизации образцов на основе извести по аналогии с работой [7] можно использовать формулу:

$$X = \frac{2D'\sigma\tau}{m_o}, \quad (1)$$

где X – глубина карбонизации, см;

D' – эффективный коэффициент диффузии CO_2 в образце, $\text{см}^2/\text{с}$;

c – концентрация углекислого газа в окружающей среде образца, доли;

τ – время карбонизации, с;

m_o – реакционная емкость извести по отношению к CO_2 , т.е. объем CO_2 (см^3), поглощаемый 1 см^3 известкового теста.

Таким образом, скорость карбонизации извести удобно определять по объему поглощенного образцом углекислого газа. Впервые этот метод был описан в работе [8].

Для экспериментального изучения кинетики карбонизации известковых образцов была разработана установка с автоматическим управлением (рис. 1). С помощью данного прибора образцы испытываются при постоянных концентрациях углекислого газа. В приборе можно создавать и поддерживать различную концентрацию газа, а также проводить исследования при различных давлениях и положительных температурах. Поглощение газа известковыми образцами вызывает в приборе разрежение, которое отмечается манометром. Для поддержания в приборе постоянной концентрации CO_2 подается измеряемое количество углекислого газа.

Установка состоит из четырех основных узлов: герметичная карбонизационная камера, система регулирования давления и подачи углекислого газа в карбонизационную камеру, электрическое устройство автоматического поддержания постоянной концентрации CO_2 в камере карбонизации и регистрации результатов, компьютер с программным обеспечением обработки получаемых результатов в процессе проведения опыта.

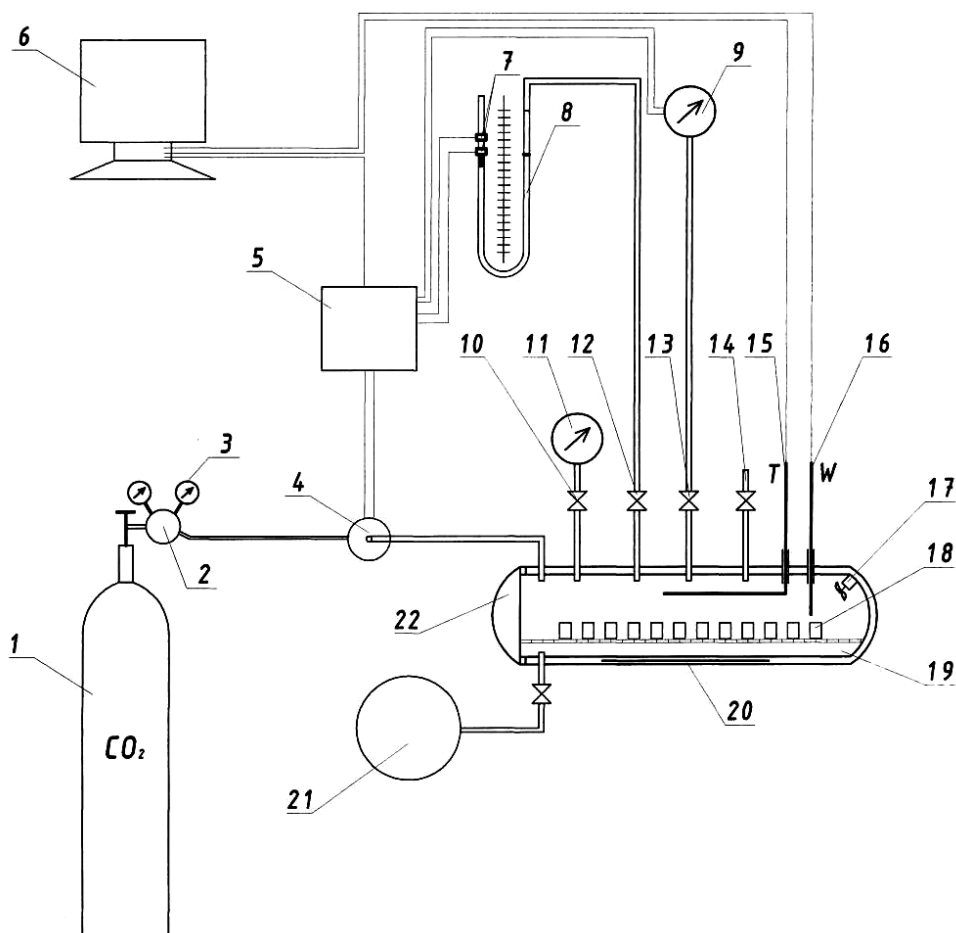


Рис. 1. Схема автоматической установки для изучения процесса карбонизации:

1 – баллон с CO_2 ; 2 – газовый редуктор; 3 – расходомер CO_2 ; 4 – электрический клапан; 5 – электрическое устройство; 6 – компьютер; 7 – датчики; 8 – жидкостный манометр; 9 – манометр; 10 – кран вакуумметра; 11 – вакуумметр; 12 – кран жидкостного манометра; 13 – кран манометра; 14 – отбор проб газа; 15 – термopара; 16 – влажностемер; 17 – вентилятор; 18 – образцы; 19 – карбонизационная камера; 20 – нагревательный тен; 21 – вакуум-насос; 22 – герметичная крышка.

Карбонизационная камера 19 представляет собой металлическую емкость из нержавеющей стали с гидравлической рубашкой и герметично закрывающейся крышкой 22 способной воспринимать давление до 1 МПа. Внутри камеры расположен вентилятор 17 для перемешивания с воздухом и равномерного распределения углекислого газа в камере. Через специальные отверстия в камеру подведены термopара 15 и влажностемер 16 для определения изменения температуры и влажности известковых образцов в процессе их карбонизации. В гидравлической рубашке камеры вмонтирован водяной нагревательный электрический тен 20 для поддержания заданной температуры процесса. К камере подключается вакуум-насос 21 для выкачивания из камеры воздуха и создания в камере требуемой концентрации CO_2 .

Система регулирования давления и подачи углекислого газа в карбонизационную камеру включает баллон с углекислым газом 1 с редуктором понижения давления газа 2. На редукторе установлен расходомер CO_2 3 типа EN 562. Подача газа в камеру карбонизационного твердения осуществляется через электрический клапан 4.

Электрическое устройство автоматического поддержания постоянной концентрации CO_2 в камере карбонизации и регистрации результатов состоит из двух манометров: жидкостного U-образного манометра 8 с датчиками 7 и стрелочного манометра 9 марки ЭКМ. Сигналы об изменении давления в карбонизационной камере через датчики 7 или манометр 9 поступают на электрическое устройство управления клапаном 5.

Для регистрации количества включений клапана, продолжительности их по времени служит компьютер 6, на котором с помощью специальной программы производится регистрация и обработка результатов. Компьютерная программа производит автоматический расчет количества подаваемого в камеру газа CO_2 во время каждого включения клапана, регистрирует во времени изменение температуры и влажности известковых образцов. По результатам опыта программа строит кинетические кривые карбонизации опытных образцов в зависимости от количества поглощенного газа, изменения температуры и влажности известковых образцов в процессе их карбонизации.

Порядок работы установки следующий. В камеру карбонизации 19 устанавливают образцы с определенной влажностью и закрывают герметично крышкой 22. Открывают кран вакуумметра 10, все остальные краны закрывают. Включают вакуум-насос 21 и создают в карбонизационной камере требуемое разрежение. В это время открывают вентиль баллона с CO_2 и с помощью редуктора 2 и по показаниям расходомера CO_2 3 устанавливают постоянный расход газа. После того, как разрежение в камере достигнуто вакуум-насос выключают и одновременно включают в работу компьютерную программу, электрическое устройство автоматического поддержания давления углекислого газа и в ручном режиме управления открывают электрический клапан для заполнения камеры газом CO_2 до требуемого давления, контролируемого вакуумметром. Затем переводят электрическую систему и работу клапана в автоматический режим. Углекислый газ поглощается известковым тестом, при этом в камере создается разрежение (снижение давления), отмечаемое манометром. При понижении давления в камере электрическое устройство автоматического поддержания давления углекислого газа в камере подает сигнал на открытие клапана, после выравнивания давления в камере устройство подает сигнал на закрытие клапана. Время открытия и закрытия клапана регистрируется компьютерной программой и в зависимости от времени работы клапана рассчитывается каждый раз объем подаваемого в карбонизационную камеру газа.

Отсчет количества поглощенного газа, поддержание постоянной концентрации его и регистрация результатов при работе установки при нормальном давлении производится применением специальной системы (рис. 2). Органом контроля системы является U-образный жидкостный манометр с датчиками верхнего и нижнего уровней жидкости в стеклянной трубке манометра. Датчики представляют пару фотоэлементов – фотодиод и фоторезистор, соответственно VD7 – R2 и VD8 – R4, закрепленных в обойму и закрепляе-

мых на стеклянной трубке манометра. Для более эффективной работы фотоэлементов внутри стеклянной трубки манометра находится черный поплавок. Чтобы релейная автоматическая схема могла безотказно производить управление клапаном, применены два транзисторных усилителя постоянного тока. Фотодатчики можно располагать на различном расстоянии друг от друга и, тем самым, регулировать частоту открывания и закрывания клапана.

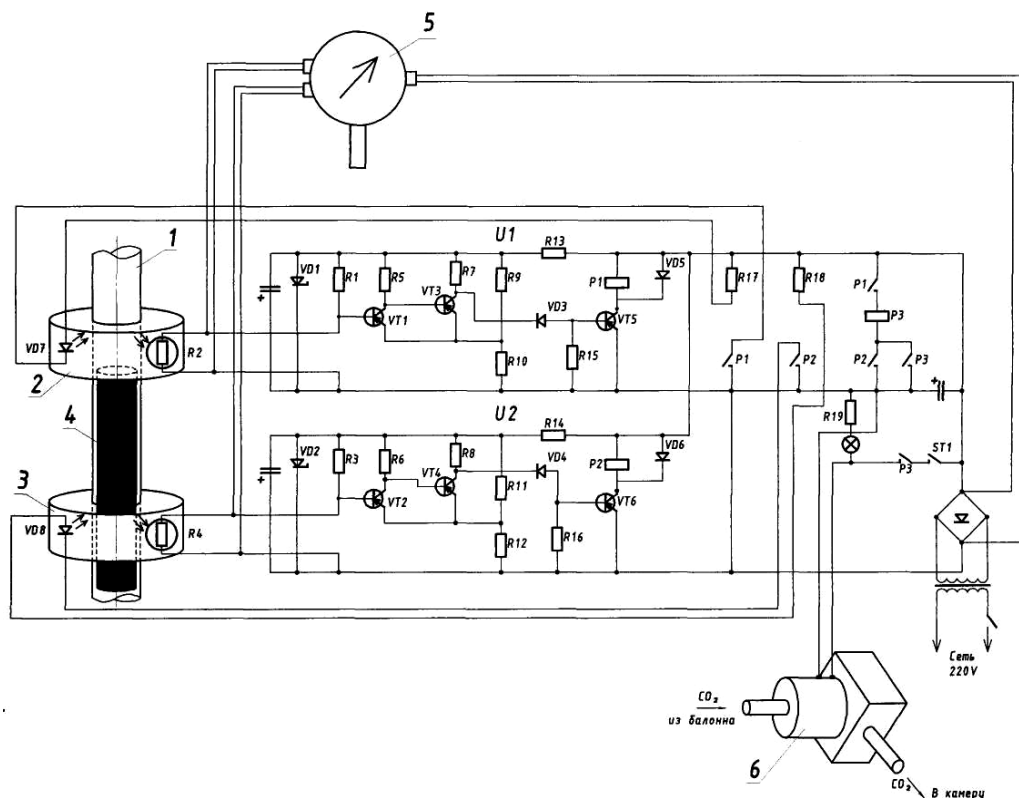


Рис. 2. Схема автоматической установки для изучения процесса карбонизации:
1 – стеклянная трубка жидкостного манометра; **2** – датчик верхнего уровня; **3** – датчик нижнего уровня; **4** – черный поплавок; **5** – манометр ЭКМ; **6** – электрический клапан.

В условиях работы установки при повышенных давлениях изменение давления в камере карбонизационного твердения и сигнал на клапан подается через электрическую систему (см. рис. 2) с манометра ЭКМ, на котором выставлены показатели рабочего давления и нижнего предела снижения давления углекислого газа в карбонизационной камере.

Из формулы (1) и при $m = m_o X$, где m – объем углекислого газа, поглощенный образцом в расчете на 1 см^2 поверхности известкового образца при глубине карбонизации X , получаем выражение

$$D' = \frac{mX}{2c\tau}, \quad (2)$$

Пользуясь данным выражением, по объему поглощенного в течение опыта газа, подсчитанным компьютерной программой, и глубине карбонизации X , которую определяем фенолфталеином на сколе образца, можно рассчитать эффективный коэффициент диффузии углекислого газа в известковом тесте. Зная эффективный коэффициент диффузии D' можно рассчитать время, необходимое для искусственной карбонизации изделий на основе известки.

ВЫВОДЫ

Создание установки с автоматическим управлением для изучения кинетики карбонизации извести позволит количественно оценить процесс карбонизации и прогнозировать время искусственной карбонизации образцов на основе извести.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zalmanoff N. Carbonation of Lime Putties To Produce High Grade Building // Rock Products. – 1956. – August. – P. 182 – 186.
2. Zalmanoff N. Carbonation of Lime Putties To Produce High Grade Building // Rock Products. – 1956. – September. – P. 84 – 90.
3. Зацепин К.С. Известковые карбонизированные строительные материалы // Сборник материалов Московского научно-технического совещания по жилищно-гражданскому строительству, строительным материалам и проектно-исследовательским работам. Том II. – М.: Московская правда, 1952. – С. 283 – 290.
4. Федоркин С.И., Любомирский Н.В., Локтионова Т.А. Перспективы развития известковой промышленности с созданием новых технологий получения искусственных строительных материалов на основе воздушной извести // Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь: НАПКС. – 2006. – вып. 17. – С. 80 – 85.
5. Любомирский Н.В., Федоркин С.И. Научные и практические аспекты создания ресурсосберегающей технологии получения известковых каменных материалов карбонизационного твердения // Збірник наукових праць Луганського Національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2007. – № 71(94). – С. 174 – 181.
6. Алексеев С.Н., Розенталь Н.К. Кинетика карбонизации бетона // Бетон и железобетон. – 1969. – № 4.
7. Розенталь Н.К., Язев П.В. Методы и приборы для изучения кинетики карбонизации бетона // Бетон и железобетон. – 1972. – № 11. – С. 19 – 21.
8. Ордынская Е.С., Петин Н.Н., Хигерович М.И. К кинетике процессов карбонизации известково-песчаных автоклавных материалов // Журнал прикладной химии. – 1937. – Т. 10. – № 2.

Макарова Е.С., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Снижение энергоемкости производства золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры.

Приведены результаты исследования по снижению энергоемкости производства золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры путем использования щелочесодержащей добавки.

зола, глина, стеклобой, наполненная каркасно-сотовая структура, золокерамический материал.

Использование зол и шлаков ТЭС в многотоннажном производстве различных строительных материалов позволяет существенно снизить загрязнение окружающей среды и сэкономить высококачественное сырье, заменив его вторичными сырьевыми ресурсами.

На современных электростанциях образуется от 35 до 200 г золы на 1 кВт.ч. электроэнергии. Средняя электростанция дает в год около 600 тыс. тонн золошлаковых отходов, которые занимают до 6 га плодородных земель [1]. Несмотря на большое количество исследований в области переработки зол электростанций, в Украине по-прежнему актуальна проблема их утилизации, в т.ч. в производстве золокерамических материалов.

Производство золокерамических материалов отличается повышенной энергоемкостью. Температура обжига этих изделий колеблется в пределах 1000-1150°C, что превышает температуру обжига керамических материалов на основе глин. Это приводит к дополнительным энергозатратам и вызывает необходимость использования более термостойких и дорогостоящих огнеупоров при эксплуатации традиционных печей [2].

Одним из путей снижения температуры обжига керамических изделий является использование добавок-плавней, например, щелоче- и железосодержащих компонентов [3].

В настоящей статье приведены результаты исследований по влиянию щелочесодержащих добавок на энергоемкость производства золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры [4, 5]. Разработанная в НАПКС технология производства подобных материалов заключается в гранулировании зол-уносов ТЭС, накатки на гранулы слоя глины, полусухого прессования и обжига изделий [6]. Получаемые по этой технологии изделия, обладают каркасно-сотовой структурой, состоящей из прочного глиняного каркаса, соты которого заполнены золой. Очевидно, что температура обжига таких изделий определяется температурой обжига глины каркаса. Это позволяет снизить температуру обжига золокерамических материалов до температуры обжига традиционной стеновой керамики из глин. Дополнительный ресурс снижения температуры обжига золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры может быть достигнут путем ввода в глину каркаса щелочесодержащих добавок. В качестве щелочесодержащих добавок нами использован стеклобой Симферопольского стеклотарного завода. Исследования проведены на золе-уносе Николаевской ТЭС и глине Партизанского месторождения (Крым). Технологические свойства глины Партизанского месторождения следующие: формовочная влажность 25-29%, коэффициент чувствительности к сушке 0,9-1,1, воздушная усадка 7-8%, интервал спекания 1030-1070 °C, температура обжига 950-1000 °C. Химический состав глины, золы и стеклобоя приведен в табл. 1.

Таблица 1.

Химический состав сырьевых материалов (в % по масс.).

Золы	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ + FeO	TiO ₂	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	ппп
Зола Николаевской ТЭС	45,6	22,3	17,0	1,1	2,2	1,5	0,7	0,4	0,2	4,5
Глина Партизанского месторождения	49,0	16,6	6,2	0,4	10,4	1,4	0,5	1,4	0,8	13,3
Стеклобой	70,7	2,10	1,48	-	7,22	1,99	0,54	0,05	16,45	-

Влияние щелочных добавок на температуру обжига и физико-механические свойства образцов приведено в табл. 2.

Таблица 2.

Зависимость физико-механических свойств образцов от количества стеклобоя в сырьевой шихте.

Состав шихты, % мас.		Температура обжига, °С	Предел прочности при сжатии, МПа	Средняя плотность, кг/м ³	Водопогло- щение, %	Общая усадка при обжиге, %
глина	стеклобой					
100,0	-	900	21,0	1210	24,5	8,40
		950	27,3	1340	18,0	8,85
		1000	30,0	1350	15,6	9,00
92,5	7,5	900	25,4	1400	13,7	10,50
		950	29,7	1480	12,8	10,80
		1000	34,4	1500	10,9	12,20
90,0	10,0	900	34,6	1510	10,5	10,90
		950	35,1	1540	8,7	11,50
		1000	36,8	1540	7,0	13,40
85,0	15,0	900	36,0	1470	10,0	19,00
		950	37,1	1530	6,8	20,50
		1000	37,2	1570	5,0	26,00

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что ввод стеклобоя приводит к росту прочности и плотности образцов, снижению водопоглощения и увеличению общей усадки. Это связано с положительным влиянием щелочных оксидов стеклобоя на увеличение количества стеклофазы при обжиге, что приводит к снижению температуры обжига образцов при сохранении их прочности. Анализируя физико-механические показатели, можно сделать вывод, что оптимальное содержание стеклобоя в шихте равно 10%.

В табл. 3 показано влияние стеклобоя, добавленного в наружный слой гранул, на физико-механические свойства образцов наполненной каркасно-сотовой структуры. Для сравнения приведены свойства образцов, изготовленных по традиционной технологии, как с добавлением стеклобоя, так и без него.

Таблица 3.

Зависимость физико-механических свойств золокерамических образцов от технологии их изготовления и ввода стеклобоя.

Технология изготовления	Температура обжига, °С	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа	Водопоглощ- ение, %
Прессование образцов из порошкообразной глинозольной шихты при удельном давлении 20 МПа	900	1 240	21,6	11,9
	950	1 360	28,0	11,2
	1000	1 380	31,0	10,7
Прессование образцов из порошкообразной глинозольной шихты с добавлением 10% стеклобоя при удельном давлении 20 МПа	900	1 420	31,1	11,0
	950	1 490	33,7	10,1
	1000	1 530	38,0	9,2

Продолжение табл. 3.

Прессование образцов при удельном давлении 20 МПа из двуслойных гранул (наружный слой – глина)	900	1 310	22,0	12,2
	950	1 350	22,6	12,3
	1000	1 400	31,6	11,8
Прессование образцов при удельном давлении 20 МПа из двуслойных гранул (наружный слой – глина с 10% стеклобоя)	900	1 430	31,2	12,0
	950	1 480	33,9	11,8
	1000	1 520	39,0	11,1

Результаты, приведенные в табл. 3, свидетельствуют о снижении температуры обжига образцов на 150 °С при их равной прочности. Ввод стеклобоя существенно снижает водопоглощение образцов.

ВЫВОДЫ:

Проведенные исследования показали возможность существенного снижения температуры обжига и, соответственно, энергоемкости производства золокерамического кирпича наполненной каркасно-сотовой структуры при вводе щелочесодержащей добавки стеклобоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лаповская С.Д. Возможность использования золы-уноса при производстве ячеистого бетона//Строительные материалы и изделия. – 2001. № 3. С. 9 - 10.
2. Дё И. Интенсификация физико-химических процессов при обжиге керамических стеновых материалов на основе зол ТЭС: Автореф. диссертации канд. техн. наук: 50.17.11/Алма-Атинский НИПИИМ МПСМ СССР. – Алма-Ата, 1987.-20с.
3. Панченко М.В. Ресурсоберігаюча технологія виробництва золокерамічної цегли з використанням лугомістких відходів промисловості: Автореф. дисертації канд. техн. наук: 05.23.05/КАПКБ МОН України. - Сімферополь, 2003. - 18 с.
4. Устьянов В.Б., Иващенко В.В. Ячеистозаполненная керамика//Стекло и керамика. – 1985. № 5. С. 29-30.
5. Патент 2044642 RU, МПК 6B28B11/06. Способ производства декоративных изделий/С.И. Федоркин. - №920037387; Заявл. 19.10.92; Оpubл. 27.09.95. Бюл. № 27.
6. Макарова Е.С., Федоркин С.И. Технология производства золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры//Строительство и техногенная безопасность. Сб. научных трудов КАПКС. Вып. 9. Симферополь: КАПКС, 2004. С.76-77.

Раздел 4. Технология промышленного и гражданского строительства

УДК 69.059.22

Корохов В.Г., к.т.н., профессор, Лавринев П.Г., к.т.н., доц., Шумилов С.В., студент
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Предпосылки непрогнозируемого внезапного разрушения конструкций

Внезапное разрушение элементов несущих металлоконструкций, железобетонных конструкций и деталей машин может происходить даже при небольших нагрузках не только вследствие усталости металла, наличия концентраторов напряжений, хрупкости металла, а также вследствие межкристаллитной коррозии и коррозионного растрескивания. Рассмотрению предпосылок и материалов экспериментального исследования этого вида разрушения посвящено настоящее сообщение с предлагаемыми рекомендациями.

конструкции, прочность, пластичность, хрупкость, кристаллы, зёрна, растрескивание, разрушение, нагрузка, электрохимическая коррозия, металлы

В настоящее время не во всех случаях даже надёжные методы расчёта позволяют при проектировании конструкций, предназначенных для сложных условий эксплуатации, гарантировать их прочностную надёжность. Отсутствуют методики расчёта, позволяющие предупредить или прогнозировать развитие разрушающих трещин в коррозионной среде, сроки и место вероятного разрушения конструкций, вследствие таких опасных разновидностей коррозии стали, как межкристаллитная, интеркристаллитная и коррозионное растрескивание.

Цель настоящей работы состоит в обосновании и составлении рекомендаций по предотвращению межкристаллитного коррозионного разрушения стальных элементов конструкций. Представленные рекомендации разработаны на основе обобщения проведенных Короховым В.Г. в период с 1986г. по 2006г. наблюдений, исследований и испытаний железобетонных конструкций и сварных конструкций из нержавеющей стали, а также на основе анализа литературных источников о причинах и динамике межкристаллитной коррозии и коррозионного растрескивания. Использование этих рекомендаций позволит при проектировании и изготовлении конструкций из стали или со стальными элементами минимизировать и, по-возможности, исключить вероятность их внезапного разрушения вследствие возникновения и развития указанного вида коррозии.

Опасной особенностью межкристаллитной коррозии в нагруженных стальных элементах конструкций является возникновение трещин – очагов разрушения, которые предварительно никак не проявляют себя и не распознаются, ослабляя поперечное сечение несущего элемента конструкции до того предела, когда металл уже не выдерживает больших удельных нагрузок и разрушается. В закрытых конструкциях, таких как железобетонные с множеством несущих арматурных стержней и большой их протяжённостью, практически невозможно ни предположить, ни проверить наличие конкретного места развивающегося очага разрушения. Оно всегда бывает непредсказуемым, как по факту трещинообразования, так и по продолжительности развития трещины в металле эксплуатирующейся конструкции, вплоть до её разрушения. Практика показывает, что этот период бывает продолжительностью от нескольких недель до нескольких лет. Такие разрушения подобны усталостным разрушениям, например автомобильных рессор, цапф поворотного кулака передней подвески ходовой части автомобиля. Но в этих случаях на основе опыта эксплуатации с некоторым приближением удаётся прогнозировать срок службы устройства до вероятного возникновения трещины. По истечении этого срока элементы конструкции заменяются новыми, а снятые – диагностируются. Существует одномоментный способ определения механических характеристик нагруженных стальных деталей. Он основан на ударном внедрении индентора в металл с фиксацией скорости перемещения индентора в металле, после чего интегрированием и дифференцированием диаграммы скорости получают, соответственно, диаграммы пути и ускорения, которые близко коррелируются с механическими свойствами металла. Но где опасное место, в которое нужно внедрять индентор прибора – остаётся не вполне известным.

В рассматриваемых нами случаях межкристаллитной коррозии стальных элементов конструкций указанные способы не приемлемы вследствие непрогнозируемости вероятности образования

коррозионных трещин, места и скорости их развития, степени воздействия среды на металл, влияния действующих нагрузок.

Понятно, что при проведении лабораторных испытаний на легконаблюдаемых образцах при изменении концентрации среды и варьировании нагрузок – возможно выявить влияние этих факторов, но на реальных, недоступных для наблюдения эксплуатируемых конструкциях – это практически исключено. В этом и состоит сложность решения задачи по предупреждению возникновения внутренней коррозии металла и последующего разрушения конструкций. Вместе с тем, целесообразно использовать возможность более углублённого изучения рассматриваемого явления для упреждения его возникновения путём исключения сочетания провоцирующих факторов. В связи с указанным, важно обращаться к результатам испытаний образцов конструкций, сходных по ряду признаков с проектируемой конструкцией. Это позволит с определённой достоверностью предвидеть, что в таких-то условиях, при таких-то обстоятельствах возможно или невозможно развитие коррозионного очага разрушения. Для большей надёжности сопоставления реальных конструкций с опытными данными следует их классифицировать по ряду характерных признаков.

Указанным видом коррозионного разрушения подвергаются нержавеющие и углеродистые стали, а также некоторые сплавы цветных металлов.

НЕРЖАВЕЮЩИЕ стали подвержены трём видам коррозионного разрушения: общей коррозии, межкристаллитной и коррозионному растрескиванию.

Общая коррозия проявляется в равномерном распространении по всей поверхности на некоторую глубину металла. Главным фактором, определяющим стойкость нержавеющей стали, является содержание в ней хрома более 14%.

Межкристаллитная коррозия характеризуется разрушением металла по границам зёрен. Металл, поражённый этим видом коррозии, при простукивании не издаёт металлического звука и легко разрушается при небольшом усилии, и даже может быть превращён в порошок. Межкристаллитная коррозия возникает в нержавеющей стали аустенитного класса, находящейся в коррозионной среде при её нагреве до температур 400°...800°C, что происходит в зоне термического влияния сварного шва. В этом случае по границам зёрен выделяется избыток углерода в виде карбида Cr_{23}C_6 . В результате этого границы обедняются хромом и образуется сетка таких карбидов. Карбиды и аустенит зёрен имеют разные электрохимические потенциалы. Так как потенциал пограничных участков аустенитного зерна понижается, то при наличии электропроводной среды границы становятся анодами, и в месте контакта карбидов и аустенита возникает электрохимическая коррозия с образованием микрогальванических пар по всей поверхности зёрен. Возникает межкристаллитное разрушение. В нержавеющей стали это происходит только в результате её нагрева, и чаще всего – при сварке, что ограничивает возможность сварки нержавеющих сталей, в основном аустенитного класса. Нельзя нагревать и сваривать такие стали как 08X18H10, 12X18H9, 17X18H9. При малом содержании углерода и легировании титаном и никелем можно сваривать и нагревать такие стали для агрессивной среды как 008X18H10T, 08X18H10T, X18H12T, 12X18H10T, X14Г14НЗ.

Коррозионное растрескивание нержавеющих сталей состоит в образовании тонких трещин, проходящих по телу зерна или между зёрнами. Оно происходит в сталях, находящихся в коррозионной жидкостной среде, и испытывающих растягивающие напряжения или остаточные внутренние напряжения после пластической деформации. Такому растрескиванию подвержена, например, аустенитно-ферритная сталь 12X21H5T и аустенитно-мартенситная сталь 09X15H8Ю.

Углеродистые и низколегированные стали, в отличие от нержавеющих, чаще подвергаются коррозионному растрескиванию. Механизм протекания этого процесса отличается от разрушения нержавеющих сталей. Для углеродистых сталей сочетание нагрева при сварке и коррозионной среды не является провоцирующим фактором. Главным в этом случае будет сочетание коррозионной среды, растягивающих напряжений, испытываемых металлом, и малая исходная пластичность стали или же снижение пластичности в результате остаточной деформации при растяжении.

Коррозионное растрескивание никогда не возникает в результате действия сжимающих напряжений. Наоборот, сжимающие остаточные поверхностные напряжения в ряде случаев используют для защиты металла от коррозионного растрескивания. Эффективно также применение катодной защиты. Однако, если катодная защита не была использована изначально для конструкции находящейся в опасных условиях сре-

ды и нагрузки, то в случае начавшегося развития электрохимической коррозионной трещины, применение катодной защиты не оказывает требуемого влияния.

Нами изучен ряд случаев разрушения конструкций вследствие межкристаллитной коррозии и коррозионного растрескивания. Корохов В.Г. лично наблюдал три случая именно в момент разрушения конструкций. В каждом из этих случаев установлены достоверные признаки, характерные для указанных видов коррозии.

1. Межкристаллитное коррозионное разрушение нержавеющей трубы запорного вентиля, приваренной к нержавеющей ёмкости, произошло в околошовной зоне (Нижегородский консервный завод, 1986г.). Ёмкость использовалась для кратковременного хранения виноградного и яблочного соков в течение четырёх предшествующих лет. Это время следует считать продолжительностью развития межкристаллитной коррозии. Излом произошёл при малой нагрузке, внезапно и по всему кольцевому поперечному сечению трубы диаметром 33мм, толщиной стенки 4мм, на расстоянии 7-10мм от границы сварного шва, где при сварке труба нагревалась до температуры $800^{\circ} \dots 1000^{\circ}\text{C}$. Излом хрупкий, мелкокристаллический, без блеска и без видимой деформации зёрен металла. Поверхность излома – крупнорельефная, звук при изломе без характерного металлического звучания – слабый, глухой, – так ломается мел. С обнажённой поверхности отверткой легко отделили крошкообразные частицы хрупкого металла.

Все эти признаки характерны для межкристаллитного коррозионного разрушения нержавеющей стали, нагретой вблизи сварного шва и находящейся в электропроводной коррозионной среде.

2. Коррозионное растрескивание стальных арматурных стержней класса

A-IV диаметром 12мм произошло в 1993г. более чем в десяти железобетонных опорах электропередач, изготовленных Симферопольским заводом ЖБИ. Коррозионные межкристаллитные трещины развивались быстро – опоры разрушались через две – пять недель после их изготовления. Причины разрушения – в сочетании нескольких факторов:

- чрезмерного преднапряжения арматурных стержней, приближающегося к пределу текучести стали;
- малой пластичности арматуры – относительное удлинение от 4,5% до 5%, при удлинении, гарантируемом стандартом не менее 6%. Арматура проверялась как из разрушенных изделий, так и новая со склада;
- сталь находилась в коррозионной щелочной среде бетона.

Поскольку изделия обрабатывались в пропарочной камере, то был поставлен дополнительный опыт, при котором бетон заформованной опоры набирал прочность в естественных условиях цеха при температуре $16^{\circ} \dots 20^{\circ}\text{C}$. В этом случае коррозионное разрушение одного из арматурных стержней произошло на двадцатые сутки после формования, что также указало на быстрое развитие коррозионных трещин и исключило влияние пропаривания.

Вид разрушенной поверхности в поперечном сечении арматуры из стали 20ХГ2С отличается от разрушенной нержавеющей стали тем, что в месте разрыва арматуры сталь имеет вид ржавого металла со слегка волнистой поверхностью и участок сечения $5 \dots 7 \text{ мм}^2$ кристаллического разрыва. Это место ещё «здорового» металла, который уже не выдержал большой удельной нагрузки. Такой же вид имело сечение арматуры, когда один из стержней внезапно разрушился под ударами молотка по бетону, от которого освобождалась арматура. В месте разрыва обнаружились ржавые поверхности развившейся коррозионной трещины.

Описанные примеры указывают на быстрое развитие коррозионных трещин вследствие действия больших растягивающих напряжений, малой пластичности металла и коррозионной среды.

3. Внезапное разрушение железобетонной опоры троллейбусной линии произошло в 2003г. участке дороги вблизи Симферопольской ГРЭС. Опора переломилась буквой «Г» в сторону натянутых проводов на расстоянии около 1,5м от земли. На наружной стороне опоры, испытывающей растяжение, были обнаружены два разорванных арматурных стержня с уже указанными нами характерными признаками коррозионного растрескивания. Причём, каждый из стержней был разорван на разной высоте от земли. Остальные стержни конструкции были только изогнуты без изломов. Проанализировав данный случай, можем сделать некоторые выводы:

- исходя из срока эксплуатации этой железобетонной конструкции, межкристаллитные коррозион-

- ные трещины развивались в ней значительно дольше, чем в выше рассматриваемом случае;
- разрушение арматуры произошло в растянутой зоне, дополнительным провоцирующим фактором к её первоначальному преднапряжению была нагрузка от натяжения проводов троллейбусной сети;
- для создания коррозионной среды оказалось достаточным небольшого количества атмосферной влаги, проникающей к арматурным стержням;
- отсутствие каких-либо заметных признаков, предвещающих разрушение конструкции и, как следствие, внезапность разрушения, исключает возможность предпринять в аналогичных случаях профилактические меры предупреждения разрушения и обеспечения безопасности.

Помимо вышеуказанных случаев коррозионного разрушения конструкций, известно внезапное разрушение железобетонных конструкций в Московском аквапарке в 2004г. Подробности разрушения, излагаемые в средствах массовой информации, в значительной мере сходны с признаками разрушения железобетонных конструкций в результате межкристаллитного растрескивания арматуры.

Имея опыт анализа подобных разрушений конструкций, мы сочли целесообразным предоставить имеющуюся у нас информацию в Комиссию по выявлению причин разрушения конструкций аквапарка. От нашей академии в адрес председателя Комиссии было направлено письмо №01/87 от 18.02.2004г.

РЕКОМЕНДАЦИИ

по предупреждению возникновения межкристаллитной коррозии и коррозионного растрескивания металлических элементов конструкций, эксплуатирующихся в коррозионной среде, направленные на использование требуемых конструкционных материалов, на необходимость должного контроля за соблюдением технологических операций при изготовлении элементов конструкций и на использование наиболее эффективных средств защиты от указанного разрушительного вида коррозии.

1. В нержавеющей стали сварных конструкций, контактирующих с жидкой электропроводной средой, во избежание межкристаллитной коррозии должно содержаться хрома более 14%, желательно до 21%. Вместе с тем, для таких конструкций не рекомендуется использовать стали марок 08X18HЮ, 12X18H9, 17X18H9.
 2. Возможно сваривать и нагревать в процессе эксплуатации конструкции для агрессивных сред, изготавливаемые из нержавеющей сталей, в которых содержание карбидообразующего титана более чем в пять раз должно превосходить содержание углерода. Рекомендуемые стали 008X18H10T, 0X18H10T, 0X18H12T, 12X18H10T, X18H10T, X18H12T, 12X21H5T, 09X15H8Ю.
 3. После сварки указанных сталей для их коррозионной стойкости эффективно проводить стабилизирующий отжиг при температуре 1000°C. Однако, этому в ряде случаев препятствуют значительные размеры конструкции.
 4. Если неизбежна сварка конструкций из нержавеющей сталей 00X18H10, 0X18H10, X18H10, X14Г14НЗТ, X17АГ14, то следует закалывать сварные изделия при температуре 1050...1100°C с охлаждением в воде. После закалки твердость этих сталей не повышается, а снижается, увеличивается пластичность.
 5. Коррозионное растрескивание нержавеющей сталей – это более интенсивное межкристаллитное разрушение, но под воздействием ещё и растягивающих напряжений. Из сталей рекомендуемых в п.2 и п.4, во избежание растрескивания под нагрузкой, следует исключить стали 12X21H5T, 09X15H8Ю, X14Г14НЗТ и X17АГ14, как более подверженные такому разрушению.
 6. Углеродистые и низколегированные стали, в отличие от нержавеющей, в основном подвергаются межкристаллитному растрескиванию. Это происходит при сочетании нескольких факторов:
 - воздействие влажной агрессивной среды;
 - растягивающие напряжения, приближающиеся к пределу текучести;
 - малая пластичность стали;
 - уменьшение пластичности стали вследствие пластической деформации при растяжении.
- Для предупреждения возникновения коррозионного растрескивания необходимо исключить воздействие на конструкцию первых двух факторов. Третий и четвертый факторы сами по себе не

представляют угрозы для возникновения коррозионных трещин, а лишь усиливают воздействие первых двух.

7. Для углеродистых и низколегированных сталей сварка и сопутствующий ей нагрев не являются провоцирующими факторами, вызывающими межкристаллитное растрескивание. Особую опасность при наличии коррозионной среды вызывают именно растягивающие напряжения и, как возможное следствие этого, пластическая деформация, что ещё более увеличивает вероятность образования коррозионных трещин. В связи с этим строго необходимо не превышать норму упругих преднапряжений арматуры, чтобы не допустить пластической деформации.
8. Сжимающее напряжение никогда не вызывает коррозионного растрескивания металла в агрессивной среде. Для защиты металла от растрескивания, при возможности, рекомендуется создавать сжимающие остаточные поверхностные напряжения.
9. Мелкокристаллические металлы более устойчивы против коррозионного растрескивания. Для снижения вероятности растрескивания рекомендуется получать измельченную структуру стали за счёт её химического состава или термообработки.
10. Эффективна защита металлов от электрохимической межкристаллитной коррозии и коррозионного растрескивания применением катодной защиты. Эта защита должна быть использована изначально при эксплуатации конструкции, т.к. в случае начавшейся коррозии катодная защита уже не окажет требуемого влияния.

ВЫВОДЫ

1. Прочностная надёжность металлических и железобетонных конструкций не во всех случаях может быть гарантирована выполнением расчётов даже по самым надёжным методикам с последующим соблюдением исходных условий и полученных результатов расчёта. В ряде случаев возникают непрогнозируемые внезапные разрушения конструкций, предпосылки которых лежат в сочетании нескольких факторов: влияния электропроводной влажной внешней среды, структуры и состава металлического сплава, технологии обработки и изготовления деталей, нагрева или сварки, а также направления действующих усилий.
2. Сочетанием опасных условий для конструкций из нержавеющей сталей является:
 - контакт металла с электропроводной влажной агрессивной средой;
 - нагрев сваркой околошовной зоны соединяемых заготовок;
 - содержание в сталях повышенного количества углерода и малого количества хрома и титана.
3. Опасные условия для конструкций из углеродистых и легированных сталей состоят в совокупности следующих факторов:
 - контакт металла с электропроводной влажной агрессивной средой;
 - действие растягивающих напряжений;
 - остаточные напряжения, вызванные пластической растягивающей деформацией;
4. Использование приведенных рекомендаций позволит предупредить возникновение в агрессивной среде разрушительной межкристаллитной коррозии и коррозионного растрескивания металлических элементов конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.П. Григорьев. Электрохимическая коррозия металлов. Ростовский госуниверситет. Образовательный журнал, том 6, №9, 2000г.
2. А.В. Казакевич. Коррозионная стойкость и долговечность металлоконструкций фасадных систем с вентилируемым зазором. «Эксперт-корр-МИСиС», 2002г.
3. И.А. Попеско и др. Новый метод расчёта несущей способности железобетонных конструкций, работающих в условиях газовой коррозии. 26 ЦНИИ Минобороны России, 2003г.
4. Материаловедение в схемах и конспектах. Учебное пособие. Ч.2./Под ред. И.Ю. Ульяниной; М, МГИУ, 2002г.
5. Основы материаловедения./Под ред. И.И. Сидорина; М, «Машиностроение» 1976г.

Корохов В.Г., к.т.н., профессор, Лавринев П.Г., к.т.н., доц., Мирзоян Г.А., студент
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Стыковка и сварка труб под водой

В систематизированном виде рассматриваются рациональные способы стыковки и сварки трубопроводов, прокладываемых на различных глубинах в пресной и морской воды. Предлагаемые оборудования с указанием режимов работы позволит в первом приближении обосновано подойти к проектированию трубопроводов и системе организации работ.

труба, стык, сварка, напряжение, среда, сухая, влажная

В связи с постоянно возрастающим количеством монтируемых подводных трубопроводов, морских установок и гидротехнических сооружений возникает необходимость сварки под водой при монтаже этого оборудования и при проведении ремонтных работ.

В настоящее время применяют несколько основных видов подводной сварки: сухую и мокрую. Сухая сварка – в глубоководных камерах или в портативных сухих боксах; мокрая сварка, когда непосредственное горение дуги осуществляется в воде. Сварке трубопроводов предшествует стыковка труб, что представляет достаточно трудоемкую операцию, которую необходимо выполнять с достаточной точностью. Сварку осуществляют как в пресной, так и в морской воде, на глубине от нескольких метров до 600 метров. При выполнении монтажных работ необходима и подводная резка металла.

Цель настоящей работы состоит в системном техническом описании применяемых способов сварки и резки металла, в рекомендуемом для рационального использования сварочном оборудовании и режимов его работы. Предлагаемые рекомендации могут быть использованы, в первом приближении, при выполнении проектных работ и при выполнении укрупненных сметных расчетов.

При проведении сварочных работ на небольших глубинах, до нескольких десятков метров, стыковка трубопроводов и монтируемых заготовок осуществляется с применением понтонов и плавучих кранов.

Глубоководная сварка представляет собой дорогостоящий и сложный процесс, требующий применения глубоководных барокамер, которые устанавливают на места будущих соединений труб. При этом используют вспомогательные суда и плавучие краны. В самом начале устанавливают камеры с отверстиями для размещения в них концов труб. Между трубой и камерой помещают уплотнение с подвижными зажимами, а внутри труб пневматические заглушки. Внутри камеры, между концами монтируемых труб, размещают присоединяемую к ним короткую трубу, которую приваривают в сухой среде камеры. Для удержания в необходимом положении трубопроводов, находящихся вне камеры, применяют заменяемый съемный трубопровод и цистерны, обеспечивающие нужную плавучесть этого трубопровода.

Используются и сварочно-монтажные камеры, в которых создается нормальное атмосферное давление. Подготовка их к работе так же представляет собой трудоемкий процесс с привлечением дополнительного обслуживающего персонала и значительных материальных средств. Камеры громоздки, имеют большой вес. Центрирование труб большого диаметра (300...500 мм) для основного расположения с необходимым зазором между торцами занимает много времени, но гарантируемое качество соединения труб сварными швами оправдывает материальные и временные затраты. Применение глубоководной водолазной техники оправдало себя при производстве работ на глубине до 200...300 м. Такие работы выполняются с привлечением сварщиков-водолазов, а на глубинах до 600 метров указанные операции осуществляются посредством дистанционного управления рабочими комплексами.

Сухая подводная сварка выполняется после стыковки труб в глубоководной камере, которая вмещает в себя сварной узел и сварщика. Сварные швы, полученные в сухих камерах, не отличаются по качеству от сварных швов, сделанных на суше. Вместе с тем, такие глубоководные сухие

камеры очень громоздки и их сооружение представляет собой длительный, сложный и дорогостоящий процесс.

После выполнения стыковки труб и закрепления пневматических заглушек, в камеру закачивается газ, который вытесняет морскую воду из камеры. Затем в камеру входит сварщик-водолаз и выполняет сварку в сухой среде при высоком гидростатическом давлении.

Сварочная камера, называемая гидротанком, представляет собой вертикальную емкость диаметром до 3,7 м, состоящую из двух отсеков: верхнего и нижнего. Нижний заполнен водой, уровень которой ниже состыкованных труб. К боковому люку верхнего отсека пристыкован жилой модуль диаметром около двух метров. Он выполняет две функции: является декомпрессионной камерой и служит местом отдыха сварщиков-водолазов. Гидротанк и жилой модуль оборудованы индивидуальными системами жизнеобеспечения, которые поддерживают нужную температуру, влажность, давление кислорода; удаляют двуокись углерода и другие вредные примеси, обусловленные жизнедеятельностью человека. Сварщики вдыхают смесь гелия и кислорода, в котором независимо от глубины, поддерживается парциальное давление кислорода 29,4 кПа.

Для сварки в указанных барокамерах применяют такое же сварочное оборудование, как и в обычных условиях. В камерах используют оборудование для удаления паров и продуктов сгорания, корректор речи в гелиево-кислородной среде, телевизионную установку с монитором внутри модуля и гидроанализатор.

Помимо указанного оборудования на меньших глубинах используются глубоководные камеры с нормальным давлением воздуха, которые обеспечивают лучшие условия труда сварщика.

Сварка вертикально монтируемых труб на небольшой глубине выполняется в гидробоксах, как вручную, так и использованием полуавтоматов. Такой гидробокс представляет собой вертикальную емкость, имеющую в верхней части отверстия, стенки которого герметично охватывают свариваемую вертикальную трубу. Нижняя часть бокса открыта. С помощью подведенных газопроводов, в бокс закачивается смесь инертных газов, вытесняющих воду для создания сухой среды. Стенки гидробокса выполнены прозрачными и сварщик-водолаз может наблюдать за процессом сварки. Сам сварщик-водолаз во время сварки находится вне гидробокса в водолазном снаряжении. Для сварки в гидробоксах вертикальных трубопроводов на небольшой глубине часто используются сварочные полуавтоматы, а также обычное сварочное оборудование. При этом источник питания дуги, контрольно-измерительные приборы, запас электродной проволоки, подающий механизм и баллоны с газом находятся или на плавучей платформе, или на берегу. Для сварки гидроизолированная сварочная головка вводится сварщиком-водолазом снизу в гидробокс. Плавящаяся электродная проволока подается с определенной скоростью через гибкий шланг к водонепроницаемой сварочной головке, находящейся в руках сварщика-водолаза. Инертный газ подается к головке и выпускается вместе со сварочной проволокой, защищая сварочную дугу от окисления. Электроэнергия подается от источника постоянного тока. Защитный газ, силовой кабель и кабель для контрольно-измерительных приборов подаются к сварочной головке при помощи одного шланг-кабеля.

Контроль за проведением сварки, подача проволоки и связь со сварщиком-водолазом осуществляется с пульта управления, находящегося на поверхности.

Мокрая сварка. Она осуществляется при непосредственном горении сварочной дуги в воде. Способ электродуговой сварки основан на способности дуги устойчиво гореть в подводном газовом пузыре, образующимся при испарении и разложении воды электрическим током. В парах присутствуют газы расплавленного металла и обмазки электродов. Газовый пузырь, образующийся вокруг дуги под водой, не только неизбежно сопутствует процессу ее горения, но и является необходимым условием существования дуги. Пузырь возникает прежде, чем образуется дуговой разряд. Дуга зажигается в паро-газовой атмосфере, а не в воде. Главная причина образования пузыря – это электропроводимость воды и тепло, выделяющиеся при разогреве электрода, контактирующего с трубопроводом. Сварку под водой выполняют на постоянном токе. Сварка возможна в пресной речной и соленой морской воде.

Продукты разложения воды на водород и кислород, находящиеся в зоне дуги, оказывают за-

метное влияние на качество металла сварных швов. Водород интенсивно растворяется в жидком металле, вызывая охрупчивание шва. Кислород окисляет сталь и, в первую очередь, содержащиеся в ней легирующие элементы. Из-за контакта основного металла и шва с водой и из-за большой теплоотдачи металла образуются закалочные структуры в металле шва и околошовной зоне, что опасно возникновением хрупкости.

Мокрая сварка бывает как ручной, так и полуавтоматической.

Ручную сварку выполняет сварщик-водолаз, направляя электрододержателем дугу в требуемое место соединения трубопровода.

При сварке под водой выполняют соединения внахлестку, тавровые, угловые, реже стыковые, чаще всего способом опирающегося электрода. Так свариваются швы во всех пространственных положениях. Сварку в вертикальном положении под водой выполняют не снизу вверх, а сверху вниз, при этом электрод наклонен в сторону движения дуги.

В отличие от сварки на воздухе, для сварки под водой требуется более высокое напряжение постоянного тока 30...35 В, а сила тока должна быть увеличена на 10...20%. Плюсовой провод с поперечным сечением не менее 50 мм² приваривается к свариваемому трубопроводу, а минусовой – к электрододержателю. Для подводной сварки применяют специальные электрододержатели, которые имеют надежную изоляцию по всей поверхности. Смена электродов производится только после отключения электроэнергии. В качестве источников питания электрической дуги при сварке под водой чаще используются агрегаты постоянного тока типа ПАС-400, САМ-401, ПС-500, АСУМ-400, оснащенные аппаратурой плавного регулирования силы сварочного тока. Используются электроды с водонепроницаемым покрытием из воска, парафина, раствора целлулоида в ацетоне, раствора синтетических смол в дихлорэтаноле. Применяются электроды ЭП-35, ЭПО-55, УОНИ-13/45П, ЭПС-5, ЭПС-52. Диаметр электродов 4...5 мм, коэффициент наплавки от 5,3 до 9,8 г/а·час; необходимая сила сварочного тока от 160 до 240 ампер.

Мокрая сварка имеет множество практических преимуществ:

- процесс осуществляется без каких-либо дополнительных сооружений или устройств;
- сварщик-водолаз имеет большую свободу перемещений и может осуществлять сварку в местах, недоступных при других способах сварки;
- сварка производится с меньшими предварительными затратами.

Недостатки мокрой ручной сварки:

- невысокая производительность;
- значительное количество выделяемых газов и механических взвесей в рабочей зоне затрудняют визуальный контроль горения дуги и формирования шва;
- течение и давление воды снижают подвижность и устойчивость сварщика;
- качество сварного шва хуже, чем сваренного в сухой среде, прочность и пластичность шва ниже.

Перспективной является полуавтоматическая мокрая сварка, сочетающая механическую подачу проволоки в зону дуги с маневренностью и универсальностью ручной сварки. Механическая подача проволоки позволяет длительное время вести сварку без перерывов на смену электродов. Эффективно вести сварку порошковой проволокой марки ППС-АН1 диаметром 1,2...2 мм, разработанную в институте электросварки имени Е.О. Патона. При этом обеспечивается стабильное горение дуги и сварные соединения низкоуглеродистой и низколегированной стали оказываются равнопрочными основному металлу. Наиболее удачными полуавтоматами являются ППСР-300-2 и «Нептун». В качестве защиты шва используют углекислый газ. Сила сварочного тока – до 300 ампер, скорость подачи сварочной проволоки от 6,6 до 21,6 см/с. Непрерывная работа сварщика обеспечивается в течение 2...2,5 часов. Полуавтомат и баллоны с защитным газом располагаются на поверхности.

При монтаже подводных трубопроводов, гидротехнических сооружений, при восстановительно-ремонтных работах возникает необходимость в подводной резке металла. Наибольшее распространение получили способы термической резки (хотя существует и механическая, и кумулятивно-взрывная резка). Применяются такие способы резки, как:

- электродуговая;
- электрокислородная;
- газокислородная;
- плазменная,

при этом используется концентрированное тепло дуги, плазмы или химического взаимодействия кислорода с металлом. Поскольку в воде металл интенсивно охлаждается, то требуется большее количество тепла, чем при воздушной резке.

Электродуговая подводная резка.

Она отличается повышенными значениями сварочного тока. Ее выполняют на том же оборудовании, что и подводную сварку. Используется постоянный ток прямой полярности, сила тока 350...500 ампер. Режут металл толщиной от 5 до 60 мм. Соответственно, производительность от 1,3 до 0,14 м/ч. используются электроды диаметром 5...7 мм, длиной 500...700 мм.

Электрокислородная резка.

Производится на глубине до 100 м, при толщине разрезаемого металла до 120 мм. Разрезают сталь различного химического состава и чугун. А цветные металлы разрезают менее успешно, т.к. получается широкий рез с оплавленной верхней частью и приваренными к кромкам каплями металла.

Электрокислородная резка удачно объединяет преимущества дугового разряда и струи режущего кислорода. За счет тепла дуги металл нагревается и оплавляется, а за счет струи кислорода сгорает и выдувается из полости реза. Применяют трубчатые электроды из малоуглеродистой стали наружным диаметром 5...7 мм с внутренним каналом – диаметром 1,5...2 мм. Электрод имеет толстое качественное покрытие и, поверх него, водонепроницаемое покрытие. Время сгорания такого электрода 1 минута. Используются также трубчатые керамические карборундовые электроды с металлической оболочкой и с водонепроницаемым покрытием, диаметр их 15...20 мм, длина 250 мм. Время сгорания такого электрода до 15 минут. Применяются электрододержатели специальной конструкции с возможностью перекрывать подачу кислорода при помощи вентиля. Это электроды марок ЭКД-4, ЭКД- 4-60.

Осуществляется резка металла и с использованием полуавтомата типа ППСР-300-2. К месту реза непрерывно подается проволока и концентрически она обдувается струей кислорода. Большая концентрация тепла и узкая струя кислорода режут сталь толщиной до 25 мм при силе тока 300 ампер и давлении кислорода 6 кг/см², со скоростью 4 м/ч.

Возможно резать нержавеющей сталь и алюминиевые сплавы толщиной до 45 мм. Металл выплавляется в дуге, горящей между заготовкой и порошковой проволокой. При этом в полость реза подается струя воды. Резка осуществляется постоянным током силой 500... 1000 ампер обратной полярности при напряжении 20...30 В; скорость резки до 14 м/ч.

Газокислородная подводная резка

Она основана на сгорании металла в струе кислорода и выдувании окислов из полости реза. Она осуществляется при образовании газового пузыря вокруг подогревающего пламени, для которого используется ацетилен, или водород; возможно использовать мелкораспыленный бензин. Устойчивость образующегося пузыря обеспечивается подачей защитного газа – это воздух или кислород. Ввиду охлаждения металла в воде, подогревающей пламя должно быть в 10...15 раз интенсивнее, чем при резке на воздухе. На глубине 30 ... 40 м водородно-кислородным резаком можно резать сталь толщиной до 70 мм.

Плазменная подводная резка

Она используется меньше. Режут металл толщиной до 40 мм на глубине до 10 м при скорости резки от 10 до 25 м/ч, напряжения дуги 120...140 В, сила тока 200...600 ампер. В установке типа ОППР-1 используется сжатый воздух, повышающий тепловую мощность плазменной дуги. Присутствие кислорода в воздухе повышает эффективность резки стали.

Сдерживающим фактором внедрения плазменной резки являются высокие требования к обес-

печению безопасной эксплуатации электрооборудования. В соленой воде напряжение разомкнутой цепи достигает 140 В, при силе тока утечки до 70 ампер. Плазменная резка может использоваться только при надежной изоляции резака и строгом соблюдении всех требований безопасности.

Требования к обеспечению безопасной организации работ при подводной сварке и резке металла

1. Вся аппаратура должна быть в полной исправности, проверена и освидетельствована.
2. Используемая аппаратура должна быть заводского изготовления, без каких-либо переделок.
3. Подводная сварка, дуговая и электрокислородная резка должны производиться, как правило, на постоянном токе. Переменный ток создает повышенную опасность для работающих.
4. Вследствие электропроводности воды все металлические предметы в зоне работ оказываются под напряжением; прикосновение электродом к любому металлическому предмету и к металлическим частям водолазного снаряжения зажигают дугу. Случайное прикосновение электродом к металлическому шлему и нагруднику сварщика-водолаза мгновенно создает сквозные прожоги. Поэтому шлем и нагрудник должны быть оклеены резиной или брезентом. Смена электрода должна производиться при выключенном электрическом токе, о чем сварщик-водолаз сообщает по радио или по телефону. О включении электрического тока также должно сообщаться.
5. Должно быть обеспечено ограждение сварщика от воздействия волн или течения воды. В необходимых случаях должно быть устроено подводное освещение.
6. Сварщик должен работать только в тяжелом мягком водолазном снаряжении. Чтобы предупредить возможное поражение электрическим током, сварщик водолаз должен быть одет в зимнюю шерстяную рубашу, без потертых мест, а также иметь прочные и целые рукавицы, закрывающие кисти рук.
7. Сварочный пост обязательно должен быть оснащён исправной телефонной связью со сварщиком-водолазом.

ВЫВОДЫ

1. Подводной сварки монтируемых трубопроводов и гидротехнических сооружений предшествует трудоемкая и кропотливая работа по стыковке труб и заготовке с необходимой прочностью. Используют стыковочные камеры, плавучие краны и специальные суда.
2. Сварка под водой осуществляется сухим способом или мокрым. В первом случае используются барокамеры, глубоководные камеры с нормальным давлением воздуха или гидробоксы. Сварщик водолаз находится в камерах, а при работе с гидробоксом, за его пределами, в воде. При мокрой сварки дуга горит в образующемся газовом пузыре. В этом случае прочность и пластичность шва ниже, чем при сварке на воздухе.
3. В зависимости от условий или способа сварки используют специальное сварочное оборудование или применяемое в обычных условиях. Оно должно быть ручным или полуавтоматическим.
4. При монтажных работах часто используется резка металла. Применяемые способы: электродуговая, электрокислородная, газокислородная, плазменная. При резке используется сварочное оборудование, в ряде случаев, держатели и резаки изготовлены измененной конструкции.
5. При выполнении сварочно-монтажных подводных работ необходимо строгое соблюдение всех требований безопасной организации этих работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.С. Тимонин. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник. Т.1 – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002. – 852 с.
2. Сварка и резка в промышленном строительстве. В 2-х томах, Т.1/Б.Д. Малышев и др. – М.: Стройиздат, 1989. – 590 с.

Морозов А.Д., к.т.н. профессор, Чередниченко И.А., инженер, Федоришин О.Ю., студентка
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Анализ эффективности очистки воздуха, загрязненного выбросами крупных пневмотранспортных комплексов.

Приводится аналитический анализ эффективности очистки воздуха, в зависимости от размера частиц включений и скорости входа в воздухоочистительную установку.

Атмосфера, выбросы, воздух, эффективность сепарации, криволинейный канал, скорость входа, частица.

Возрастающие объемы разгрузки и перемещения сыпучих грузов требуют интенсификации рабочих процессов пневмовинтового разгрузочно-транспортного оборудования и создания новых пневмоустановок большой производительности от 100 т/ч до 300 т/ч и более. В настоящее время выпускаются пневматические винтовые подъемники для цементов и др. сыпучих грузов типа ТА-15А и ТА-19А производительностью 100 т/ч и 60 т/ч и имеют закрепленный на валу приводного электродвигателя консольный шнек, расположенный в гильзованном цилиндрическом корпусе.

Указанные пневмовинтовые подъемники имеют существенные недостатки, которые заключаются в том, что при неравномерном заборе сыпучего груза из приемной камеры происходит вибрация шнека, усиленное биение его витков о рабочую поверхность гильз, что приводит к повышенному износу шнека и гильз, и, как следствие, к снижению производительности за счет увеличения зазора между рабочими органами.

Кроме того, для устранения прорыва воздуха в приемную камеру, шнек обычно имеет 4...6 рабочих напорных витков, работающих в зоне повышенных радиальных нагрузок (давления материала), что естественно ведет к созданию значительных осевых усилий (так, например, для ТА-15А осевая нагрузка составляет 5.0...8.0 кН, а для ТА-19А – 8.0...12.0 кН), повышению удельных затрат энергии на транспортирование сыпучих материалов и повышению износа элементов рабочих органов.

Образующееся одностороннее осевое усилие, создает дополнительные нагрузки на шнек, соединительные детали, вал и подшипники электродвигателя, что значительно снижает ресурс работы электродвигателя.

Эти подъемники обеспечивают производительность до 100 т/ч. При создании машин большей производительности 150...500 т/ч, значительно возрастает диаметр шнека, шаг навивки витков и межвитковые объемы, которые заполняются менее равномерно при заборе цемента из приемной камеры. Увеличение геометрических параметров шнека и износ рабочей пары «гильза-шнек», прорыв воздуха в смесительную камеру, снижение расчетной производительности и, кроме того, резко возрастают пусковые нагрузки на двигатель после остановок, что приводит к выходу его из строя [3].

Серьезной проблемой крупных пневмотранспортных аэросмесевых комплексов является исключение выбросов загрязненного воздуха частицами транспортируемого груза в открытую атмосферу, которая решается двумя путями. Первый путь – это использование комплекса аспирационных устройств с обязательным наличием электрофильтров для очистки отработавших в пневмокомплексе огромных масс воздуха, что связано со значительным расходом электроэнергии и конструктивных материалов. Второй путь предполагает использование движения транспортированного воздуха по кольцевой замкнутой схеме без выброса в атмосферу. Этот путь наиболее экономичен, надежен, однако требует специализированного турбокомпрессорного оборудования и достаточно надежной очистки утечек отработанного воздуха.

В связи с этим была изучена и проанализирована сепарация частиц в криволинейном потоке различных пылеулавливающих устройств. Рассматривая несущий поток как «несущее тело», имеющее только угловую скорость, а частицу как «носимое тело» [2], положение которого определяется радиус-вектором в подвижной системе отсчета. Уравнения движения частицы можно пред-

ставить в форме:

$$E_s(T_e) + E_s(T_m) + E_s(T_r) = Q_s, \quad S=1, 2, 3 \quad (1)$$

$$E_s(T_i) = \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_s} \right) - \left(\frac{\partial T}{\partial q_s} \right) - \text{оператор Эйлера};$$

где: T_i - составляющие кинематической энергии;

$$q_1 = x; q_2 = y; q_3 = z;$$

Q_s - обобщенные силы.

Так, как подвижная система имеет неподвижное начало, то составляющие кинетической энергии при относительном движении частицы:

$$\begin{aligned} T_e &= (\bar{\omega} \times \bar{r})(\bar{\omega} \times \bar{r}) / 2; \\ T_m &= m \bar{\omega} (\bar{v}_r \times \bar{r}); \\ T_r &= m v_r^2 / 2; \end{aligned}$$

где $\bar{v}_r$ - скорость относительного движения частицы или скорость сепарации, причем $T_e, T_m,$

T_r не зависят от обобщенных скоростей. Обобщенные силы, соответствующие выбранным координатам, представляют собой силы сопротивления среды P_α и силу тяжести mg . Для одиночной шаровой частицы $P_\alpha = c \pi d^2 \rho_b v_c^2 / 8$, где: $c = f(\text{Re})$; $\text{Re} = v_c d / \nu$; $v_c = v_r$; причем $v_{cx} = \dot{x}$; $v_{cy} = \dot{y}$;

$v_{cz} = \dot{z}$. Принимая, что поле сил сопротивления изотропно во всех направлениях, а коэффициент сопротивления c при $\text{Re}=10-1000$ изменяется в соответствии с закономерностью Л.С. Клячко, для обобщенных сил имеем:

$$Q_s = -3\pi d \rho_b v_{cs} - \frac{1}{2} \pi \rho_b v^{\frac{1}{3}} (v_{cx} d)^{\frac{5}{3}} - mg \cos(p_s p'_k);$$

где: p_s - орт подвижных осей; p'_k - орт неподвижных осей ($s=k=1, 2, 3$). Выражения для обобщенных сил были получены также и при других известных законах сопротивления частиц. Однако последние не обеспечивают непрерывность решения уравнений (I) во всей области сепарации [2].

Окончательно уравнения движения частицы принимают вид:

$$\begin{aligned} m(x + 2\omega_y z - 2y\omega_z + \dot{\omega}_y z - \dot{\omega}_z y - \omega_y^2 x + \omega_x \omega_y y - \omega_z^2 x + \omega_x \omega_z z) &= \\ = -3\pi d \rho_b \dot{x} - \frac{1}{2} \pi \rho_b v^{\frac{1}{3}} (\dot{x} d)^{\frac{5}{3}} - mg \cos(ik') & \\ m(y + 2\omega_z x - 2z\omega_x + \dot{\omega}_z x - \dot{\omega}_x z + \omega_z^2 y + \omega_x \omega_z x - \omega_x^2 y + \omega_x \omega_x z) &= \\ = -3\pi d \rho_b \dot{y} - \frac{1}{2} \pi \rho_b v^{\frac{1}{3}} (\dot{y} d)^{\frac{5}{3}} - mg \cos(jk') & \\ m(z + 2\omega_x y - 2x\omega_y - \dot{\omega}_x y + \dot{\omega}_y x - \omega_x^2 z + \omega_x \omega_y y - \omega_y^2 z + \omega_x \omega_z x) &= \\ = -3\pi d \rho_b \dot{z} - \frac{1}{2} \pi \rho_b v^{\frac{1}{3}} (\dot{z} d)^{\frac{5}{3}} - mg \cos(kk') & \end{aligned} \quad (2)$$

Эти уравнения описывают пространственное движение частицы и являются наиболее общими. В случае пренебрежения вертикальным перемещением и угловой скоростью подъема и закручивания потока из этих уравнений при известных допущениях получаются уравнения центробежной теории П.Н. Смухина и П.А. Коузова, уравнения А.И. Пирумова и другие [1].

Известно, что тангенциальные скорости газа в циклонах значительно превосходят осевые и

сепарация происходит в основном из-за радиальной скорости. Кроме того, в условиях сильно развитой турбулентности массовые силы частиц оказывают незначительное влияние на характер их движения. Поэтому целесообразно упростить уравнения (2), рассмотрев движение частиц в горизонтальном криволинейном потоке. Тогда, учитывая, что угловая скорость потока в точке, совпадающей с центром частицы, определяется в основном ее радиальным смещением, а угловое ускорение

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{\partial\omega}{\partial x} \cdot \frac{dx}{dt} = -2 \frac{\omega}{x} \dot{x},$$

приходим к уравнениям:

$$m(\ddot{x} - \omega^2 x - 2\omega\dot{y} + 2\omega\dot{x}\frac{y}{x}) = -3\pi d\mu_b \dot{x} - \frac{1}{2} \pi \rho_b \nu^{\frac{1}{3}} (\dot{x}d)^{\frac{5}{3}} \quad (3)$$

$$m(\ddot{y} - \omega^2 y) = -3\pi d\mu_b \dot{y} - \frac{1}{2} \pi \rho_b \nu^{\frac{1}{3}} (\dot{y}d)^{\frac{5}{3}}$$

Здесь при гиперболическом законе изменения скорости потока вдоль радиуса криволинейного канала угловая скорость среды $\omega = k_r / x^2$, где: $k_r = w_{no}(x_2 - x_1) / \ln(x_2 / x_1)$; w_{no} - средняя скорость потока в криволинейном канале; x_2 и x_1 - наружный и внутренний радиусы канала.

ВЫВОДЫ:

1. В результате решения уравнений (3) с помощью ЭВМ установлено, что эффективность сепарации частиц размером $d \leq 40$ мкм усиливается с уменьшением размера и плотности частиц и практически не зависит от скорости входа потока в криволинейный канал воздухоочистительной установки.
2. На величину радиальной скорости и эффективность сепарации частиц с размерами $d > 40$ мкм наибольшее влияние оказывает начальная скорость частиц и место их входа в криволинейный канал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пирумов А.И. Обеспыливание воздуха. – М.: Стройиздат, 1974. – 207 с.
2. Кислов Н.В. Физические и аэродинамические свойства измельченного торфа. – М.: Высшая школа, 1967. – 147 с.
3. Морозов А.Д. Научные основы создания пневмомеханических разгрузочно-транспортных машин. – Симферополь, РИО. – КАПКС, 2002. – 256 с.

Раздел 5. Техногенная безопасность

удк 000

Эмирсалиев А.Э., студент группы ТГВ-402, Боровский Б. И., д.т.н., профессор
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Оценка выбросов загрязняющих веществ и возможностей перевода Сакской ТЭЦ на уголь.

Показана достаточность высоты дымовой трубы Сакской ТЭЦ для обеспечения необходимого рассеивания загрязняющих веществ при работе на природном газе. Перевод Сакской ТЭЦ на уголь потребует строительства дополнительной дымовой трубы.

ТЭЦ, дымовая труба, природный газ, каменный уголь, загрязняющие вещества, экологические требования.

Как известно, Украина импортирует 78% природного газа[2] при этом самообеспечение Украины энергоносителями находится на уровне 20%[2]. Вместе с тем, Украина в советское время обеспечивала себя углем на 100 %, отправляя уголь в другие республики. В Украине запасов угля хватит на 400 лет при ежегодной добычи 100 млн. тонн. Однако, потребление угля на душу населения в Украине меньше, чем в западных странах. В США 80% выработки электроэнергии обеспечивается углем, у нас 52% , а газом и мазутом 48%[2]. В связи со значительными запасами угля правительство Украины приняло решение о широком использовании угля в энергетике. Поэтому целесообразно рассмотреть возможность перевода Сакской ТЭЦ на уголь.

При сжигании топлива в ТЭЦ образуются загрязняющие вещества, которые выбрасываются в дымовую трубу. Высота дымовой трубы должна быть такой, чтобы концентрация загрязняющих веществ на уровне земли не превышала допустимый уровень. Такая высота называется экологической. Соотношения для расчета экологической высоты дымовой трубы и выбросов загрязняющих веществ приведены в работе [1]. С использованием этих соотношений произведем оценку достаточности высоты Сакской ТЭЦ, которая работает на природном газе.

Сакская ТЭЦ эксплуатируется с 1955 года, тип здания- монолитный железобетон, котел марки БКЗ-50-39 Ф, высота дымовой трубы 60 м., диаметр 8-4 метра, материал трубы- кирпич глиняный. Часовой расход природного газа $Q_K = 3740 \text{ м}^3/\text{ч}$

1. Оценка выбросов загрязняющих веществ при работе Сакской ТЭЦ на природном газе
Секундный расход дыма:

$$Q_{dc} = 0.00028 Q_K (1 + \alpha V^0) * ((t_{\text{вых}} + 273)/273)$$

где: V^0 – теоретическое количество воздуха, $t_{\text{вых}}$ – температура дыма на выходе трубы

Температура дыма на выходе из трубы:

$$t_{\text{вых}} = t_{\text{вх}} - \Delta t$$

Снижение температуры дыма в трубе:

$$\Delta t = H * K_2 / \sqrt{D}, \text{ } ^\circ\text{C}$$

где: $K_2 = 0,4$ - для кирпичных и стальных футерованных труб; $K_2 = 0,8$ - для стальных нефутерованных труб; $K_2 = 0,65$ – для ж/б труб; D –паропроизводительность котельной, т/ч; H – техническая высота трубы котельной.

Значение предельно допустимого выброса загрязненного вещества (ПДВ) рассчитывается следующим образом:

- 1) оксид углерода:

$$\text{ПДВ}_1 = 0,00028 * K_{co} * q_n Q_K$$

где: для газа $K_{co} = 0,18$; q_n , (МДж/ м^3)- низшая теплота сгорания топлива, для газа $q_n = 35,84$ МДж/ м^3

- 2) диоксид азота:

$$\text{ПДВ}_2 = 1,8 * 10^{-5} q_n Q_K (1 + 0,097 * \lg D)$$

Экологическая высота дымовой трубы:

$$H_s = \sqrt{(AFn\eta(ПДВ))/((ПДК_{м.р.} - C_{\phi})^3 \sqrt{Q_{dc} \Delta t_{dc}})}, м$$

где: ПДВ- предельно допустимый выброс загрязненного вещества, г/с; А-коэффициент, учитывающий неблагоприятные метеорологические условия: для Крыма А=200; F-коэф., учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосфере: для газообразных веществ и мелкодисперсных аэрозолей, скорость оседания которых 3-5 см/с, F=1; m, n – коэффициенты, учитывающие условия выхода дыма из дымовой трубы: n=1, m=1,491 при сжигании мазута и угля; при сжигании газа m=1.488; n=1; η – коэффициент влияния рельефа местности на рассеивания вредных веществ: $\eta = 1$; ПДК_{м.р} – максимальная разовая допустимая концентрация вредного вещества мг/м³; C_ф – фоновое значение концентрации вредного вещества, мг/м³; Δt_{dc} – разность температур дыма и воздуха:

$$\Delta t_{dc} = t_{\text{вых}} - t_{\text{в}}$$

Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Загрязняющее в-во	ПДК _{м.р.} , мг/м ³	C _ф , мг/м ³	ПДВ, г/с	ПДВ, т/год	Нэ, м
Оксид углерода	5,0	1,86	6,76	213,18	7,0
Диоксид азота	0,0085	0,046	2,85	89,88	38,8

Из табл. 1 следует, что наибольшая экологическая высота дымовой трубы соответствует диоксиду азота и соответствует 38,8 м. Следовательно, существующая высота дымовой трубы Сакской ТЭЦ достаточна для рассеивания загрязняющих веществ и имеет запас 21,2 м (54,6 %).

2. Возможность перевода Сакской ТЭЦ на уголь.

Для ТЭЦ могут быть следующие варианты использования угля :

- непосредственно в топках котельных;
- в виде высококонцентрированных водо-угольных суспензий[3];
- в виде искусственного газа (из всех видов газов, получаемых из угля, наибольшей теплотой сгорания обладает коксовый газ)[4].

Использование искусственного газа аналогично использованию природного газа. Рассмотрим использование угля непосредственно в топке и в виде угольного порошка. Воспользуемся характеристикой донецкого каменного угля Г-ППм, обладающего наибольшей зольностью $A^p = 34.6\%$ (теоретическое количество воздуха - $V^0 = 4,77$ м³/кг; низшая теплота сгорания топлива - $q_n = 17,56$ МДж/ м³ ; содержание серы в топливе - $S^p = 6.4\%$

Техническая высота трубы котельной, работающей на угле:

$$H = 10 + k_1 \sqrt{D}$$

где коэффициент k_1 , определяемый видом топлива, для каменного угля $k_1=9,4$

Часовой расход угля котельной:

$$Q_K = Q_K^{\text{газа}} q_n^{\text{газа}} / q_n^{\text{угля}}$$

Секундный расход газа:

$$Q_{dc} = 0.00028 Q_K \alpha V^0 ((t_{\text{вых}} + 273)/273)$$

где α – коэффициент избытка воздуха, для угля $\alpha=1,4$

Значение предельно допустимого выброса загрязненного вещества (ПДВ), рассчитывается следующим образом:

1) оксид углерода:

$$ПДВ_1 = 0,00028 * K_{co} * q_n Q_K$$

где, для каменного угля $K_{co}=7,0$;

$$ПДВ_2 = 5,2 * 10^{-5} q_n Q_K (1 + 0,24 * \lg D)$$

3) сернистый ангидрид

$$\text{ПДВ}_3 = 0,005 \cdot S^p \cdot Q_K$$

4) пыль при отсутствии очистки:

$$\text{ПДВ}_4 = 0,00031 A^p Q_K$$

Экологическая высота дымовой трубы:

$$H_s = \sqrt{(AF\eta\eta(\text{ПДВ})) / ((\text{ПДК}_{\text{м.р.}} - C_{\phi})^3 \sqrt{Q_{dc} \Delta t_{dc}})}, \text{ м}$$

Результаты расчетов приведены в табл. 2

Таблица 2

Загрязняющее в-во	ПДК _{м.р.} , мг/м ³	C _ф , мг/м ³	ПДВ, г/с	ПДВ, т/год	H _э , м
Оксид углерода	5,0	1,86	262,71	8284,82	41,57
Диоксид азота	0,0085	0,046	10,11	318,83	73,18
Сернистый ангидрид	0,5	0,011	244,26	7702,98	101,6
Пыль	0,5	0,21	81,9	2581,9	24,15

Из табл. 2 следует, что наибольшая необходимая экологическая высота дымовой трубы при работе на донецком каменном угле определяется сернистым ангидридом и равна 101,6 м, что превышает существующую дымовую трубу на 41,6 м. Поэтому, для обеспечения экологических условий необходимо поставить дополнительную дымовую трубу, разделив дым, идущий от котла, на два потока.

ВЫВОДЫ

1. Высота дымовой трубы Сакской ТЭЦ при работе на природном газе достаточна для обеспечения экологических требований по рассеиванию выбросов загрязняющих веществ.
2. В случае перевода Сакской ТЭЦ на уголь, существующая высота дымовой трубы, оказывается не достаточной для обеспечения экологических требований. Эти требования могут быть выполнены при условии строительства дополнительной дымовой трубы.
3. В связи со значительными выбросами осаждающейся пыли и сернистого ангидрида, целесообразно при переводе Сакской ТЭЦ на уголь рассмотреть очистку дыма от этих загрязняющих веществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов С.Н., Боровский Б.И., Сапронова З.Д. Определение высоты и диаметров конических и цилиндрических дымовых труб с учетом необходимого рассеивания в атмосфере вредных веществ. Сб. «Строительство и техногенная безопасность», вып.10-Симферополь: КАПКС,2004.-176-178.
2. Боровский Б.И., Федкевич Д.А. Особенности перевода газовых котельных на уголь. Сб. «Строительство и техногенная безопасность», вып.12-Симферополь: НАПКС,2005.-168-185.
3. Єнін П.М., Шишко Г.Г., Передун К.М. Газопостачання населених пунктів і об'єктів природним газом. -К.:Логос. 2002.-198с.
4. Мукук К.В., Туганова Т.А., Сулейманов С.Л. Реодинамические характеристики экологически чистого топлива из угольных суспензий. Сб. «Строительство и техногенная безопасность». -Симферополь: Таврия. 1998.-с.106-109

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

УДК 410

Авраменко Н.Б., инженер

Севастопольская проектная мастерская "Консоль - проект"

Преимущества внедрения индивидуального газового отопления в существующих многоэтажных домах.

Проведен сравнительный анализ экономической стоимости централизованного и автономного теплоснабжения, анализ целевой аудитории и потребителей поквартирного отопления и представленного на рынке котельного оборудования различных фирм-производителей.

Централизованное теплоснабжение, тепловой комфорт, индивидуальный котел, природный газ.

За последние 5-7 лет в Украине можно констатировать резкое ухудшение теплотехнических и санитарных условий проживания населения в многоэтажных домах. Существующие централизованные системы теплоснабжения зачастую стары и неэффективны. В переходные периоды практически отсутствует регулирование отпуска теплоты на отопление помещений, а в теплые периоды отопительного сезона наблюдается перетоп зданий, что приводит к перерасходу топлива и увеличению оплаты за коммунальные услуги. Участились случаи, когда из-за поломки системы в наиболее холодные периоды потребители вообще остаются без отопления, не говоря уже об обеспечении бесперебойного горячего водоснабжения.

В системе украинского централизованного теплоснабжения сложилась практически кризисная ситуация – тепловые сети требуют срочного ремонта. В ветхом и аварийном состоянии находится 4,2 тыс. км тепловых сетей в двухтрубном исчислении (10,8%). Потери тепловой энергии за год составляют 13 млн Гкал, а это 11% от объемов отпущенной тепловой энергии, на производство которой израсходовано 2,1 млрд м³ природного газа.

По данным Госкомстата Украины на 2007г., на предприятиях всех форм собственности эксплуатируется 26 тыс. котельных, общее техническое состояние оборудования которых является критическим. Из 63 тыс. 870 установленных котлов (энергоустановок) 15 тыс. 296 (24%) – эксплуатируется около 20 лет. Значительная часть действующих котлов – устаревшие модели с низким коэффициентом полезного действия (менее 82%).

Оптимальным вариантом выхода из сложившейся ситуации является установка системы индивидуального отопления. В малоэтажных и индивидуальных домах проблем установки автономного отопления не возникает. Иначе обстоит дело с внедрением такого отопления в многоэтажных домах. В новом строительстве – получаются технические условия централизованного поставщика, он или обязуется поставлять качественные услуги или уведомляет, что таких возможностей нет. В последнем случае вопрос отопления решает инвестор многоквартирного дома. Есть разные варианты его решения - крышные котельные (умеренная централизация) или децентрализация (автономные системы). Старые дома существующего жилого фонда до 5 этажей (ДБН В.2.2-15-2005 «Жилые здания») при реконструкции можно оборудовать дымовыми каналами. Решением проблемы отопления 9-тиэтажных домов является либо «крышная» миникотельная, либо установка парапетных котлов - это поквартирные котлы, которые работают на газе, но выпуск отработанных газов отводится на фасад.

Целью работы является проведение сравнительного анализа и обоснование актуальности и экономической эффективности внедрения автономного газового отопления в существующих многоквартирных жилых домах.

Актуальность данной темы подтверждается стабильно возрастающим спросом на котельное отопительное оборудование.

На основании данных опроса, проведенного представительством концерна RIELLO S.p.A. в странах СНГ, можно выявить целевую аудиторию поквартирного отопления и ее потребителей. Было опрошено более 1000 домохозяйств в разных городах, средний срок эксплуатации котельного оборудования в которых не менее 2 лет.

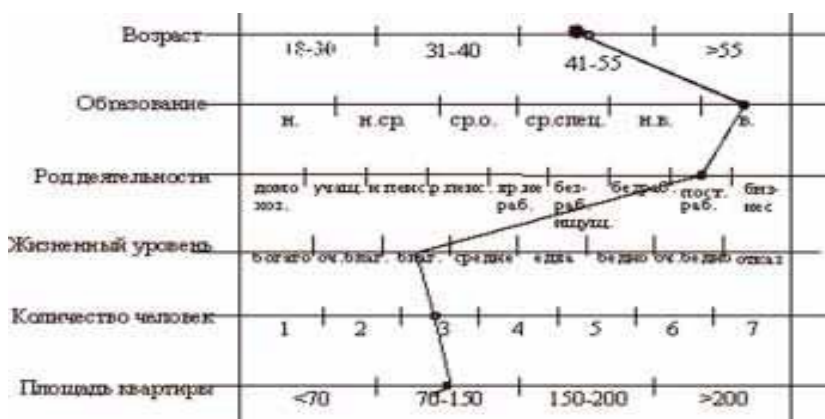


Рис.1. Графическое представление результатов опроса

Можно сказать, что потребителем поквартирного отопления является семья из 3-4 человек, проживающая в квартире площадью от 70 до 150 м². В большинстве случаев это люди в возрасте 41-55 лет, с высшим образованием и не испытывающие существенных финансовых проблем.

Наиболее распространенная схема автономного теплоснабжения включает в себя: котел, циркуляционные насосы для отопления и горячего водоснабжения, обратные клапаны, закрытые расширительные баки, предохранительные клапаны.

Котлы по виду установки бывают напольными и настенными. Мощность оборудования настенного исполнения колеблется от 12 до 35 кВт (в зависимости от фирмы-производителя и марки котла), соответственно диапазон помещений, которые можно с их помощью отопить и обеспечить горячей водой, достаточно широк – от 50 до 350 м². При этом цена настенных котлов часто в 1,5–2 раза ниже, чем цена их напольных собратьев. Подбор модели осуществляется из соотношения – 1 кВт мощности котла требуется для обогрева примерно 10 м² хорошо утепленного помещения при высоте потолков до 3 м. Однако учитывается ограничение ДБН В.2.5-20-2001 на установку в кухнях отопительного оборудования более 30 кВт.

В зависимости от потребностей потребителя устанавливают либо одноконтурный котел, нагревающий только теплоноситель на отопление, либо двухконтурный котел, обеспечивающий также и горячее водоснабжение. В случае, когда потребности в горячей воде не велики (порядка 10–15 л/мин при нагреве на 30°C), логично подобрать двухконтурный котел проточного типа. Более комфортные условия горячего водоснабжения предоставляет котел со встроенным бойлером. Его главный плюс – 45–60 л горячей воды постоянно готовы к использованию потребителем.

По оценкам специалистов ООО «Грань» в Запорожской области по объемам реализации лидируют фирмы Ferroli, Vaillant, Hermann и Protherm. Также на рынке представлена и продукция таких зарубежных производителей как Junkers, Buderus (Германия), Viessmann (Германия), Wolf (Германия), Ariston (Италия), Beretta (Италия), Fondital (Италия), Riello (Италия), BAXI (Великобритания), De Dietrich, Saunier Duval (Франция), Mora Moravia (Чехия), Dakon (Чехия), Protherm (Словакия).

Немецкая фирма Vaillant [табл.1] за последние несколько лет выпустила широкий спектр недорогих и качественных котлов. Это как одноконтурные (модели VU), так и двухконтурные (VUW) котлы, есть модификации с принудительной (Turbomax) и естественной (Athomax) тягой. Все модели с электророзжигом. По типу автоматики настенные котлы Vaillant подразделяют на более дорогие и автоматизированные, оснащенные компьютером (серия Plus) и наиболее доступные по цене (серия Pro). К моделям Vaillant VU можно подсоединить бойлер объемом от 120 до 200 л.

Модельный ряд Dakon [см. табл.1] во многом схож с уже рассмотренными выше котлами фирмы Vaillant, но есть и некоторые отличия. Одно из основных то, что эта фирма имеет не только модели проточного приготовления горячей воды, но и модели со встроенным 60-литровым бойлером. Существует два варианта – DUA 28 BK (тип «камин», 28 кВт) и DUA 28 BT (тип «турбо», 28 кВт).

Говоря о настенных котлах итальянская фирма Ferroli представляет следующие модели: Domina [см. табл.1] (двухконтурные, с проточным приготовлением горячей воды, с естественной и принудительной тягой, с пьезо- и электророзжигом) и Nouvelle Elite 420R (со встроенным 45-литровым бойлером и пьезорозжигом).

Из недавно пришедших на украинский рынок, выделяется итальянская фирма Fondital, выпускающая модели от 24 до 28 кВт (одноконтурные, двухконтурные, со встроенным бойлером и без него, с принудительной и естественной тягой).

Ниже приведена сравнительная таблица технических характеристик котлов одинаковой мощности различных фирм-производителей.

Таблица 1

Фирма/страна производитель	VAILLANT/ Германия	DAKON/Чехия	FERROLI/ Италия
Марка котла	Turbomax Pro VUW 242-3	DUA 24 CT	DOMINA F24 E
Номинальная мощность, кВт	9,1-24	9-24	9,3-23,8
Тип тяги	Принудительная	Принудительная	Принудительная
Количество контуров	2	2	2
Способ подготовки горячей воды	Проточный	Проточный	Проточный
Тип розжига	электронный	электронный	электронный
КПД, %	Более 91	93	93
Габариты (ВхШхГ), мм	800х440х338	880х450х345	720х460х270
Масса, кг	43	47	38

Внедрение автономного отопления позволяет многократно снизить затраты на коммунальные услуги (в 2-4 раза), дает возможность достичь максимального теплового комфорта, снимает проблему перебоев в тепле и горячей воде по техническим, организационным и сезонным причинам.

Приведем расчет затрат на отопление 3хкомнатной квартиры, одного подъезда 5ти этажного и 9тиэтажного дома за отопительный сезон при использовании централизованного и автономного отопления, учитывая что при сжигании кубического метра газа для отопления помещения от централизованной системы теплоснабжения и от локального котла исходные энергоносители имеют различную стоимость.

Полученные результаты сведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели		3х комнатная квартира	подъезд 5этажного дома	подъезд 9этажного дома	миникотельная на подъезд 9этажного дома
Площадь, м ²		90	975	2 340	2 340
Суточная потребность теплоты, Гкал		0,13	1,39	3,35	3,35
Расчетная тепловая мощность, Гкал/час		0,01	0,08	0,20	0,20
Годовая потребность в выработке тепла, Гкал		11,59	125,51	301,22	301,22
Стоимость выработки тепла, грн.	централизованно	706	7 644	18 344	18 344
	индивидуально	225	3 376	8 103	7 380
Экономия средств, грн.		480	4 267	10 241	10 964

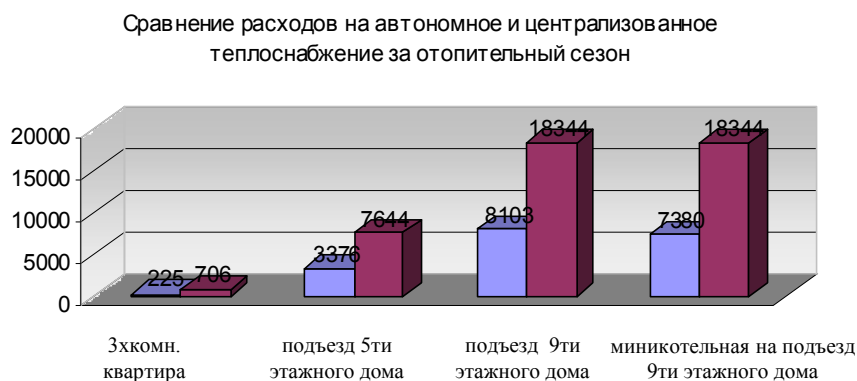


Рис.2. Расходы на автономное теплоснабжение

Из табл. [2] видно переход на автономное отопление уменьшит затраты владельцев 3-комнатной квартиры в 2,7 раза за отопительный сезон. Для жителей подъезда 5-ти и 9-тиэтажного дома эта сумма сократится в целом в 2,3 раза с учетом разной площади квартир. Причем при установке миникотельной затраты снижаются в 2,5 раза по сравнению с централизованным отоплением и в 0,07 раза по сравнению с поквартирным отоплением

Такой подход в теплоснабжении позволяет значительно экономить затраты на энергоносители как потребителей, так и государства. При этом решается первостепенная задача - обеспечения конечного потребителя стабильным теплом и горячей водой.

Таким образом, к преимуществам автономных систем отопления можно отнести:

- сокращение затрат на коммунальные услуги более чем в 2,5 раза за счет снижения расхода топлива на 35-40%, отсутствия затрат на обслуживание и электроэнергию.
- возможность индивидуального регулирования системы в зависимости от физиологических потребностей потребителя и быстрого реагирования на внешние изменения.
- полная автоматизация режимов отопления и индивидуальный учет потребления теплоты и газа.
- практически полное отсутствие потери тепла и теплоносителя в сети при распределении между потребителями.
- удобство и простота монтажа. Размещать отопительное оборудование можно как в отдельном помещении или в пристройке, так и на кухне, в соответствии с требованиями ДБН В.2.5-20-2001 и желанием заказчика.

Однако при внедрении систем индивидуального отопления возникают некоторые осложнения:

- при переходе на индивидуальное отопление 15-25% и более жителей в многоквартирных домах в 3-4 раза увеличивается потребление газа. Для пропуска такого количества требуется увеличение диаметра подающего стояка и фасадного газопровода. Следует отметить, что даже по предварительным подсчетам, затраты на реконструкцию фасадной разводки и внутридомовых газовых сетей заведомо ниже реконструкции теплотрасс. Газовые хозяйства готовы это делать. Кроме того, срок эксплуатации газовой трубы составляет 30 — 40 лет, а теплотрассы — пять-семь, после которых значительно увеличивается вероятность аварийной ситуации.
- эффективность теплосети при массовом переходе на автономное отопление значительно снизится, что может привести к увеличению тарифов для потребителей централизованного отопления.
- не отапливаемыми остаются помещения общего пользования, такие как подвалы и лестничные клетки. Однако согласно ДБН В.2.2-15-2005 температура данных помещений не нормируется.
- не разработан и не утвержден окончательный порядок внедрения автономного и индивидуального теплоснабжения на государственном уровне, что тормозит внедрение данной инновации монопольными организациями, такими как «Теплокоммунэнерго».

ВЫВОДЫ:

Системы индивидуального поквартирного отопления в условиях сложившейся ситуации в ЖКХ являются наиболее оптимальным и эффективным решением обеспечения комфортных условий в помещениях.

Учитывая появление нового инновационного оборудования и разработку новых концепций, необходимо применять комплексный подход к теплоснабжению в масштабах города. При плотной застройке централизация городского теплоснабжения всегда целесообразна в границах данного района, а небольшие группы домов, удаленные от тепловых сетей рационально оборудовать системами автономного и индивидуального отопления. На наш взгляд идеальным вариантом является предоставление права выбора системы отопления конечному потребителю. Поставщики тепловой энергии, в частности «Теплокоммунэнерго», должны нести материальную ответственность за качество предоставляемой услуги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ДБН В.2.5-20-2001 «Газоснабжение»
2. ДБН В.2.2-15-2005 «Жилые здания. Основные положения»
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Изд-во МЭИ, 1999г.
4. Каталог продукции фирмы Vaillant.
5. Каталог продукции фирмы Dakon.
6. Каталог продукции фирмы Ferroli.

Бакулина М.В., инженер, Шепелев С.С., студ. гр. ЭУН-402

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Новые технологии в области повышения пожароустойчивости зданий и сооружений

Рассматриваются основные причины возникновения пожаров и новые технологии, применение которых позволяет повысить пожаробезопасность населения.

Пожаробезопасность, термом, пенополистирол, термоблоки.

Основными причинами пожаров (в первую очередь в жилищном фонде) являются:

- ухудшение технического состояния жилищного фонда (уменьшение ассигнований на выполнение необходимых противопожарных мероприятий: ремонт электросетей, систем отопления);
- нарушение коммунальными службами во время отопительного сезона необходимого температурного режима в домах, что, в свою очередь, заставляет использовать электрообогреватели (часто, непромышленного производства);
- периодическое отключение электричества в жилищном фонде приводит к использованию свечей, керосиновых ламп;
- плохая информированность населения о пожарах и путях их предупреждения

Отдельной проблемой в Украине являются пожары, причинами которых становятся электротехнические изделия. Из-за этих изделий возникает более 20 % пожаров от их общего количества. Наиболее пожароопасным видом этих изделий является кабельная продукция, от которой возникает более 70% пожаров.

Для повышения уровня пожарной безопасности кабельной продукции и исключения на рынке Украины пожароопасной кабельной продукции целесообразно принять следующие меры:

- внести кабельную продукцию в список изделий, подлежащих обязательной сертификации;
- внести в действующие нормативные документы (государственные стандарты, строительные нормы и правила и т.д.) изменения, в которых предусмотреть требования к показателям пожароопасности кабельной продукции.

Кроме того, на сегодняшний день в Украине эксплуатируется 3926 зданий повышенной этажности, из них 3693 – жилые [1], большинство из которых находятся в неудовлетворительном противопожарном состоянии, вследствие чего только в 2003 году в них произошло 937 пожаров [1].

Основу сил реагирования на ЧС, связанных с пожарами, составляют государственные противопожарные отряды:

- пожарные части и аварийно-спасательные отряды МЧС;
- пожарные поезда железной дороги;
- пожарные команды предприятий и ведомств;
- сельские противопожарные отряды;
- добровольные пожарные отряды [2].

Материалы, применяемые ими для тушения пожаров, в свою очередь, представляют некоторую угрозу окружающей среде - «биологически жесткие» пенообразователи, которые применяются для гашения пожаров (ПО-1, ПО-1Д, ПО-6К), обладают низкой способностью разлагаться под действием микроорганизмов грунта и водных объектов.

Основными путями обеспечения пожаробезопасности должны быть:

- проведение комплексных мероприятий на пожароопасных предприятиях и объектах (безусловное выполнение норм технологических регламентов, разработка планов ло-

кализации аварийных ситуаций и ликвидации аварий и т.д.)

- ускоренное обновление основных фондов пожароопасных объектов, обеспечение надежного контроля за состоянием пожароопасных объектов, своевременное введение предотвращающих мероприятий для недопущения возникновения чрезвычайных ситуаций, особенно возникновения массовых пожаров.;
- создание эффективных систем технологического контроля и диагностики возникновения пожаров и введение автоматических средств сигнализации и пожаротушения;
- повышение организационного уровня обеспечения пожарной безопасности жилищного сектора;
- усовершенствование нормативно-правового обеспечения пожарной безопасности жилищного сектора;
- усовершенствование системы обучения населения правилам пожарной безопасности и поведения во время возникновения пожаров;
- качественное и количественное обновление пожарно-технического вооружения подразделений пожарной охраны;
- усовершенствование государственного контроля за состоянием пожарной безопасности на объектах независимо от их вида собственности;
- внедрение новых технологий в строительстве, позволяющих повысить пожаростойкость зданий и сооружений, а также применения новых, прогрессивных строительных материалов.

В качестве примера внедрения таких технологий можно принять строительство термодомов.

ТЕРМОДОМ это дом, стены которого сложены из полых пенополистирольных блоков залитых тяжелым бетоном. Такие блоки называются термоблоками и являются, по сути, несъемной опалубкой. Набирая прочность бетон образует монолитную конструкцию здания. Пенополистирол широко и давно используется в строительстве. Для термоблоков применяется полистирол марки 11СВ-С, который не горит и не поддерживает горение. Украина первой из стран СНГ в январе 1995 года приняла государственные строительные нормы, регламентирующие все вопросы строительства домов из пенополистирольных блоков несъемной опалубки (ДБН В.2.6.-6-95). По действующим на сегодняшний день нормам в Украине разрешено строительство ТЕРМОДОМОВ высотой до 5 этажей включительно. Пенополистирол абсолютно безвредный экологически чистый материал. Из него изготавливают одноразовую посуду, упаковку для овощей, фруктов, рыбы и мяса. По санитарно-гигиеническим нормам этот материал может контактировать с продуктами, употребляющимися в пищу без предварительной обработки. Из этого материала можно строить практически все: частные коттеджи, многоквартирные дома, промышленные и подсобные здания, сауны, гаражи, бассейны и подвальные помещения. Более того, можно строить и зимой — на свойства пенополистирола погода практически не влияет. Термоблок служит своего рода термосом для залитого бетона и надежно защищает его от мороза. Термоблоки, сделанные из пенополистирола, великолепный утеплитель. Стена в таком доме по теплоизоляционным свойствам равнозначна 2,5 м бетонной или 1,8 м кирпичной стены, что позволяет значительно снизить энергозатраты, а соответственно — и расходы, связанные с отоплением. Эта технология отлично зарекомендовала себя в различных климатических условиях: в жару в нем прохладно, в мороз — тепло. Кроме того, пенополистирольная стена, так же как и деревянная, обладает способностью «дышать», т.е. медленно пропускать через себя воздух. Более тонкие, и в то же время более теплые, стены позволяют увеличивать площадь жилья. Стандартные 36 кв. метров в кирпичном доме превращаются в пенополистирольном при тех же внешних размерах, в 42 кв. метра! На этом возможности нового строительного материала не исчерпываются. Пенополистирол давно уже применяется для звукоизоляции. Если ранее для этого требовалось трудоемкая операция по наклейке материала на бетонную или кирпичную стену, то теперь изо-

ляция является основой самой стены. Этот материал не гигроскопичен, то есть, не впитывает в себя воду. Техника, которая хранится в зданиях из термоблоков, не подвергается коррозии. Строительство ТЕРМОДОМА напоминает складывание игрушечного дома из кубиков, только вместо громоздкой тяжеловесной техники достаточно простейших подручных средств. Заливка бетона внутрь, благодаря конструкции блоков, происходит как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении, образуя своего рода монолитную бетонную решетку. В инженерном отношении, при той же прочности, вес стены термодомы значительно меньше: кв. метр взаимозаменяемой кирпичной стены весит 960 кг, кв. метр залитых блоков 350 кг. Расход цемента также значительно меньше по сравнению с привычной кирпичной кладкой. Такая экономия позволяет использовать облегченные фундаменты и значительно ускорить темпы строительства.

ВЫВОДЫ

Пожары постоянно сопровождают жизнедеятельность человечества, нанося ущерб экономике и унося человеческие жизни. Проблемы, связанные с обеспечением пожаробезопасности многообразны, так же как и пути их решения. Применение новых технологий строительства и новых строительных материалов являются наиболее эффективными методами в решении этих проблем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Национальный доклад о состоянии техногенной и природной безопасности в Украине в 2003 году. Киев, 2004.
2. Закон Украины о пожарной безопасности. Киев, 17.12.1993г. № 3745 - XII
3. Энергосберегающие технологии в современном строительстве. Москва, Стройиздат, 1990.

Бакулина М.В., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Исследование возможностей усовершенствования технических систем жизнеобеспечения защитных сооружений.

Охарактеризован новый малоэнергоемкий способ поддержания оптимальных микроклиматических параметров в помещениях защитных сооружений.

Жизнеобеспечение, защитные сооружения, микроклиматические параметры, фильтро-вентиляционное оборудование, сорбенты

Чрезвычайные ситуации, независимо от причины возникновения, сопровождаются воздействием на людей вредных и опасных для жизни факторов. По природе воздействия на человека эти факторы делятся на физические, химические, биологические и психологические. Для предотвращения или уменьшения воздействия на людей вредных и опасных факторов в мировой практике чаще всего применяют эвакуацию и укрытие людей в различного рода защитных сооружениях (ЗС). ЗС должны обеспечивать надежное укрытие от поражающих факторов: оружия массового поражения (ОМП), всех видов обычного оружия, а также от радиоактивного, химического и бактериологического заражения, высоких температур, сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ), дымов, паров, обвалов, обломков зданий. Степень надежности укрытия людей в наземных, полузаглубленных, котлованных и подземных сооружениях зависит от прочностных свойств составляющих элементов, несущих и ограждающих конструкций, планировки помещений, свойств грунта, а так же от характеристик установленных систем жизнеобеспечения и другого специального оборудования. В зависимости от категории ЧС время нахождения людей в ЗС может составлять значительный период времени, превышающий предельно установленные сроки (в настоящее время не более 2-х суток). В результате жизнедеятельности людей (биологических процессов) при размещении их в ограниченных объемах и протекания технологических процессов в помещениях ЗС выделяются различные «вредности», которые можно сгруппировать в следующие четыре группы: тепловыделения, влаговыведения, вредные газы и производственная пыль. Выделение газов и пыли ухудшает условия обитания людей в отсеках защитных сооружений, ускоряет износ оборудования и контрольно-измерительных приборов. Повышение температуры до 40°C при влажности 80-90% делает условия пребывания людей в ЗС смертельно опасными.

Таким образом, среди всех систем жизнеобеспечения фильтро-вентиляционное оборудование занимает одно из первых мест. Основные типы такого оборудования, применяемого в ЗС Украины, приведены в табл. 1

Таблица 1.

Типы фильтро-вентиляционного оборудования

ФТП-100	ФВУ-3,5	Установка АР-3	
ФТП-200Б	ФВУА-15	Установка АР-3М	ФВУА-100
ФП-300	ФВА-50/25	Установка 15Ц-64	ФВК-200К
ФПД-150	ФВА-100/50	Установка 15Ц-67	ФМКП
ФПГ-1000	РП-100	Система химической	ФМК
ФП-300	ФГ-7	регенерации воздуха	ФМШ
ФПУ-200	ФП-100К	С-2, 455	ФМС
ФВУА-100Н,	Устройство 300	Система химической	ФМУ
ФВУА-100В	Установка РУ-М	регенерации воздуха	ФМА
ФВУ-15	Установка РУ-МК	«Меникс»	
ФВУ-7	Установка РЭУ		

Характеристики фильтров-поглотителей в табл. 2.

Характеристики фильтров-поглотителей

Параметры	Тип фильтра			
	ФП-100/50	ФП-50/25	ФПУ-200	ФП-300
Масса, кг	56	28	31	75
Диаметр, мм	515	325	415	580
Высота, мм	410	360	420	610
Сопротивление, ГПа	6	6,5	12	8,5
Расход воздуха, $\frac{м^3}{ч}$	100	50	200	300

Основные отличия данного оборудования заключаются в комплектации, конструктивных решениях (габаритных размерах, диаметре трубопроводов, площади установки...), а также в сроке хранения, колеблющемся от 5 до 10 лет. Фильтрующие материалы (сорбенты), применяемые в фильтрах-поглотителях, представляют собой активированные угли различных марок, которые улавливают крупные частицы (пыль), радиоактивную пыль, бактериальные аэрозоли, боевые отравляющие вещества. На защиту от химически опасных веществ, применяемых в современной промышленности, они не рассчитаны. Активированные угли обладают повышенной влагоемкостью, что приводит к ухудшению их сорбирующих качеств, и сроки их хранения намного превысили допустимые.

В связи с этим, актуальной становится задача поиска новых, современных фильтрующих материалов, обладающих более широким спектром очистки и не требующих дорогостоящих технологий для производства. Таким требованиям могли бы удовлетворять лигниновые сорбенты, но их основным недостатком является мелкодисперсность (диаметр частиц порядка 3 мкм), что не позволяет обеспечивать требуемый расход воздуха, т.к. создаваемый напор уплотняет сорбенты и их пропускная способность теряется.

В настоящий момент на кафедре проводятся экспериментальные исследования, связанные с созданием сорбирующего материала, отвечающего указанным требованиям.

В связи с невозможностью при герметизации защитных сооружений выброса вредных для здоровья человека веществ и избыточных тепловых потоков, выделяющихся при работе автономного источника энергии (дизель-генераторного двигателя) в атмосферу, возможен режим его эксплуатации по замкнутому циклу с очисткой, охлаждением, регенерацией и вторичным использованием отработанных газов. На рис. 1 приведена одна из возможных схем, обеспечивающая работу дизельного двигателя в условиях без связи с атмосферным воздухом при использовании тепловых накопителей, камер орошения, фильтров, камер смешения и другого оборудования, необходимого для воздухоподготовки.

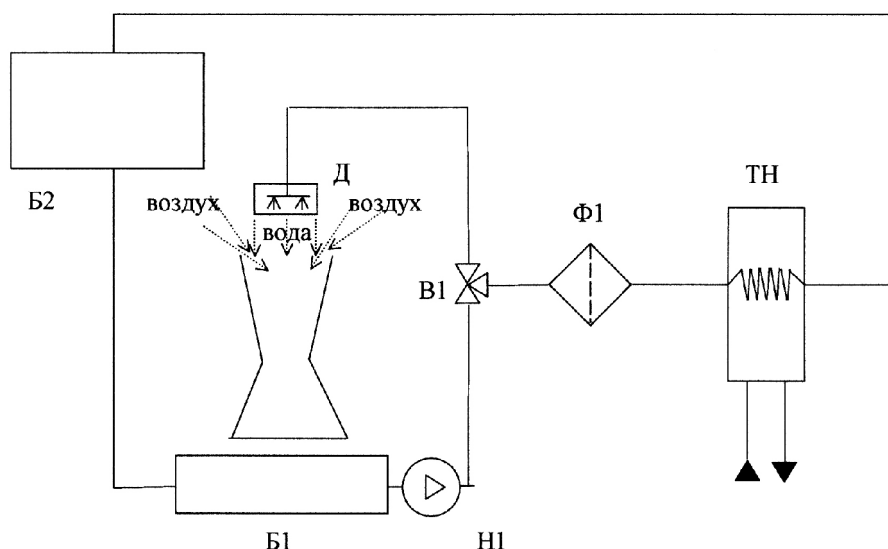


Рис. 1. Принципиальная схема, обеспечивающая работу дизельного двигателя в режиме герметизации.

Согласно предлагаемой схеме нагретый и задымленный воздух внутри помещения (дизельной) через клапан К1 за счет создаваемого разрежения подается в камеру орошения КО, где, смешиваясь с распыляемой жидкостью, охлаждается, осветляется и очищается от вредных примесей. Пройдя дополнительную очистку в фильтре Ф-1 и обогатившись кислородом в камере смешивания – КС1, воздух возвращается в дизельную. Нагретая в камере орошения – КО рабочая жидкость охлаждается, отдавая свое тепло теплоаккумулирующему материалу низкопотенциального теплового накопителя – ТН1. Одновременно отработанные газы дизельного двигателя через клапан – К2 подаются в высокопотенциальный тепловой накопитель – ТН2 и, отдав свое тепло теплоаккумулирующему материалу, через систему очистки (фильтр – Ф2) и камеру смешивания – КС2 подаются во всасывающий коллектор дизельного двигателя. Схема достаточно экономична и не требует больших затрат электрической энергии, так как для подачи газа и охлаждающей жидкости используется навесное оборудование дизельного двигателя. После очистки воздуха и его охлаждения нагретая и загрязненная жидкость (раствор) через трехходовой кран направляется в фильтрующую установку Ф-1 и низкопотенциальный тепловой накопитель ТН. Охлажденная и очищенная жидкость подается в бак Б-2. Для очистки загрязненной жидкости во временном интервале, предусмотренным требованиями обеспечения живучести объекта, была разработана специальная с малым потреблением электрической энергии, фильтрующая установка, использующая сорбенты на основе лигнина.

Таблица 3.

Результаты химических проб при испытании макета водоочистной станции с лигниновыми фильтрующими материалами.

Количество жидкости, пропущенной через станцию очистки	Химический состав жидкости до и после очистки							
	<i>pH</i>	Na^+ , $\frac{мг}{кг}$	Ca^{2+} , $\frac{мг}{кг}$	Fe^{3+} , $\frac{мг}{кг}$	Cl^- , $\frac{мг}{кг}$	SO_4^{2-} , $\frac{мг}{кг}$	CO , $\frac{г}{кг}$	C , $\frac{мкг}{кг}$
Исходная	8,5	125,4	226,5	660	60	240	44,3	344
После очистки	1500х7,8	12,3	98	278	15	60	2,8	50
	2500х5,7	19,5	104	310	44	115	3,2	104

В результате проведенных испытаний установлено, что разработанные лигниновые сорбенты, примененные для очистки жидкостей, эффективнее угольных, ранее применяемых в защитных сооружениях. При оптимальных режимах работы фильтрующих элементов и средних значениях концентрации вредных примесей, выделяемых в защитных сооружениях, ресурс работы элемента с лигниновым сорбентом может составлять от 8 до 12 месяцев.

ВЫВОДЫ

1. Существующие в настоящий момент системы жизнеобеспечения ЗС не соответствуют современным требованиям, морально и физически устарели.
2. Необходимо разрабатывать новые фильтрующие материалы, технология производства которых в условиях сложной экономической обстановки не требует значительных ресурсных затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стоянов В.У. Системы жизнеобеспечения защитных сооружений в условиях ЧС., Симферополь: КАПКС, 2004, 261с.
2. Использование вторичных энергетических ресурсов и природного тепла в системе отопления, горячего водоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. Тезисы доклада Всесоюзного совещания в г. Ленинграде 23-25 июня 1982г. М.: ГПИ Сантехпроект, 1982, с.256.
3. Колодеев И.Д. Системы автономного электроснабжения. МО СССР, 1987, 134с.
4. Стоянов В.У. Методика климатических испытаний микросхем в аппаратуре диагностики состояния фортификационных сооружений. НТС, Симферополь: п/я ж-1370, 1983.
5. Стоянов В.У. и др. Влияние естественных факторов на размещение установок НИЭ в Крыму. Труды КИПиКС, Симферополь: 1993.
6. Стоянов В.У. Схемы энергосберегающих технологий и теплообменных аппаратов простейших конструкций. Труды КИПиКС. Симферополь: 1996.
7. Стоянов В.У. Вопросы развития Крыма. Научно-практический сборник. Выпуск 6. Концепция энергосбережения. Симферополь: Таврия, 1996, 63с.

Бекиров Э.А., к.т.н. доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Устройство автоматического регулирования оборотов асинхронного двигателя теплогазвентиляционной установки.

Рассмотрены вопросы автоматического регулирования асинхронного двигателя для управления вентиляторами приточной вентиляции. Приведены схемы системы управления скоростью вращения выходного вала двигателя при изменении возмущающего воздействия. Рассмотрены дифференциальные уравнения, позволяющие определить поведение системы автоматического регулирования при заданных внешних воздействиях.

Теплогазвентиляция, асинхронные двигатели, регулирование оборотов двигателя, частота, угловая скорость, управляющее воздействие, крутизна характеристик, регулируемая величина, рассогласование системы.

Устройство автоматического регулирования оборотов асинхронного двигателя для управления вентиляторами приточной вентиляции теплогазвентиляционных систем представляет собой систему автоматического регулирования (САР), работающую по принципу рассогласования, с преобразованием температуры в помещении (являющимся регулируемым объектом) в напряжение. Функциональная схема устройства автоматического регулирования оборотов асинхронного двигателя приведена на рис.1.

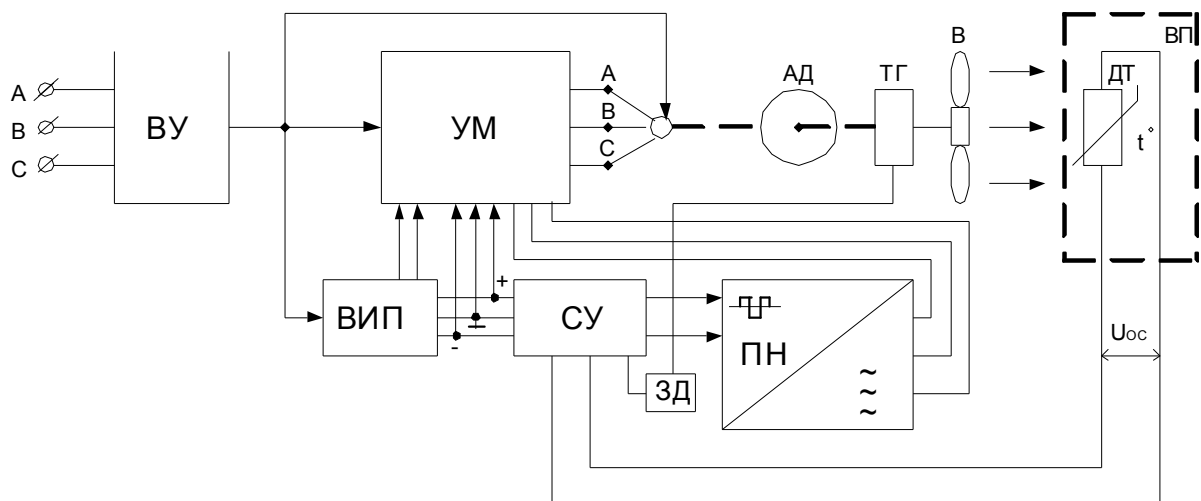


Рис.1. Функциональная схема автоматического регулирования оборотов асинхронного двигателя: ВУ - выпрямительное устройство; ВИП – вспомогательный источник питания; СУ – система управления; УМ – усилитель мощности; ПН – преобразователь напряжения; АД – асинхронный двигатель; ТГ – тахогенератор; В – вентилятор; ЗД – задатчик; ДТ – датчик температуры; ВП – вентилируемое помещение;

Выпрямительное устройство обеспечивает выпрямление трёхфазного в постоянное напряжение и является исходным для работы ВИП, который собран по схеме преобразователя с ненасыщающимся выходным трансформатором и насыщающимся базовым управляющим трансформатором, а также обеспечивает питание СУ, УМ, ПН. На рис.2 представлена принципиальная схема выпрямительного устройства трёхфазной и однофазной системы соответственно.

Постоянное напряжение с выхода выпрямителя поступает на вспомогательный источник питания (ВИП), который собран по полумостовой схеме (рис.3.) C1, C2, VT1, VT2. Цепь запуска состоит из R1, перехода б-э транзистора VT1. Элементы C3 и VD1, VD2 предотвращают насыщение сердечника TV2, сердечник которого желательно выполнить из феррита, обладающего прямоугольной петлёй гистерезиса.

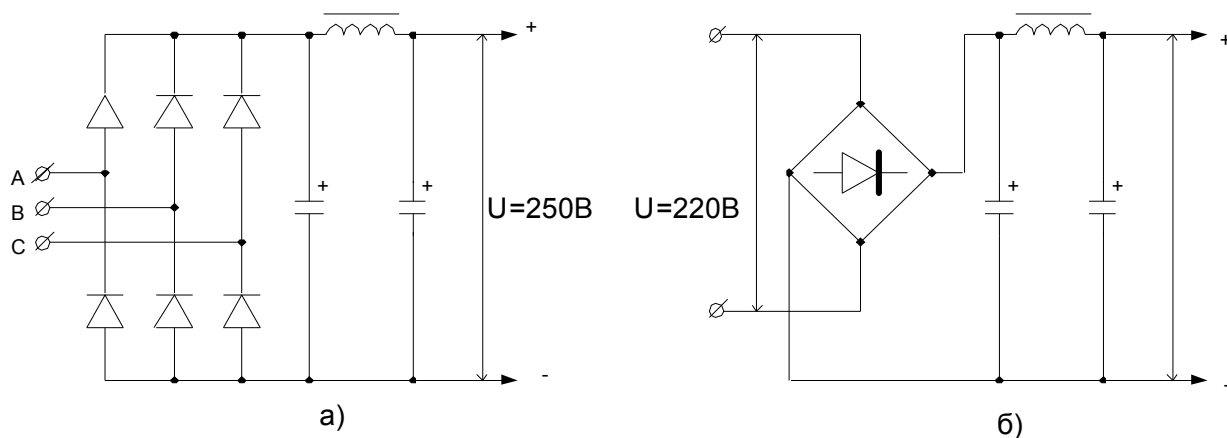


Рис.2. Схемы трёхфазного (а) и однофазного (б) выпрямителей.

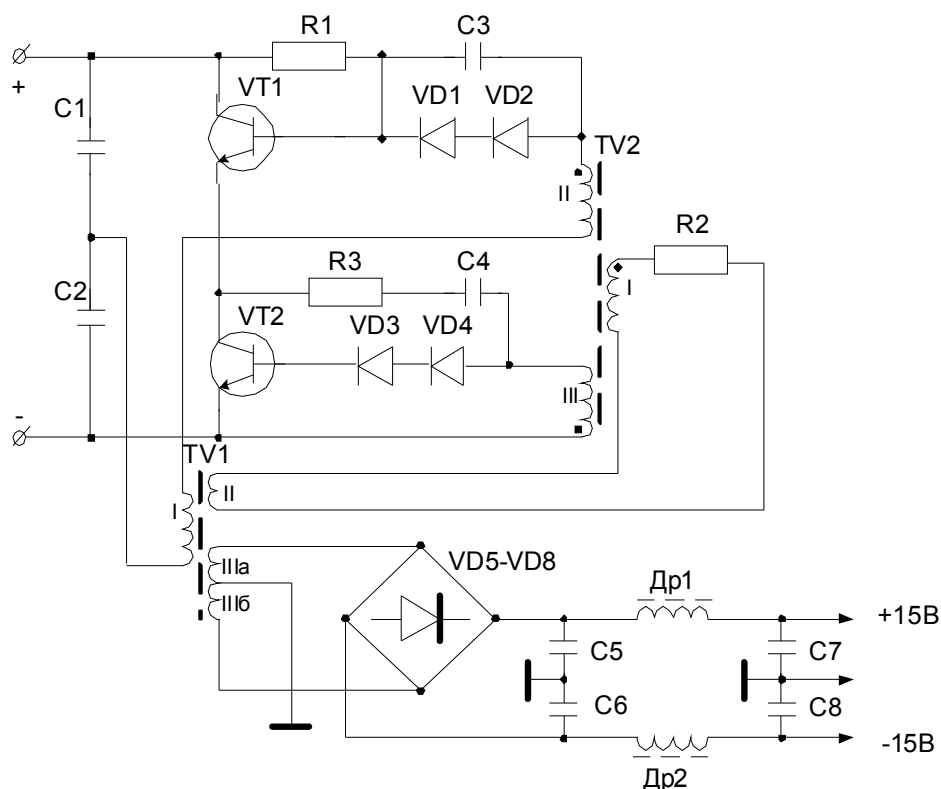


Рис.3. Принципиальная схема ВПП.

В базе VT2 включены C4, VD3, VD4 аналогично для VT1. Выходной трансформатор TV1 силовой. Через резистор R2 осуществляется обратная связь. При росте напряжения на обмотке TV2 в определённый момент времени наступает насыщение сердечника, реактивное сопротивление обмотки I снижается и напряжение падает на R2, на транзисторах, на переходе б-э это напряжение становится близким к нулю и транзистор закрывается, э. д. с. меняет направление и включается другой транзистор, который прежде был закрыт, далее процесс повторяется.

Система управления (СУ) представлена на рис.4.

Температура камеры задаётся задатчиком на прямом входе DA1. Напряжение обратной связи поступает через R4, R5 на инверсный вход DA1, выполняющая функцию отрицательной обратной связи (ООС). Через переключатель заряд-разряд на DD2, резисторы R6, R7 осуществляется заряд конденсатора C1, время заряда которого зависит от напряжения на выходе DA1, зависящего также от установки температуры задатчиком (сопротивления R1, R2, R3) и от уровня отрицательной обратной связи. Через сопротивление R6 осуществляется заряд, а через сопротивление R7 — разряд. Пороговые элементы DA2 и DA3 фиксируют уровень заряда и разряда C1. Через делитель

R8, R9 формируется уровень заряда; через R10, R11 формируется уровень разряда; а время заряда и разряда определяется уровнем выходного напряжения на выходе DA1.

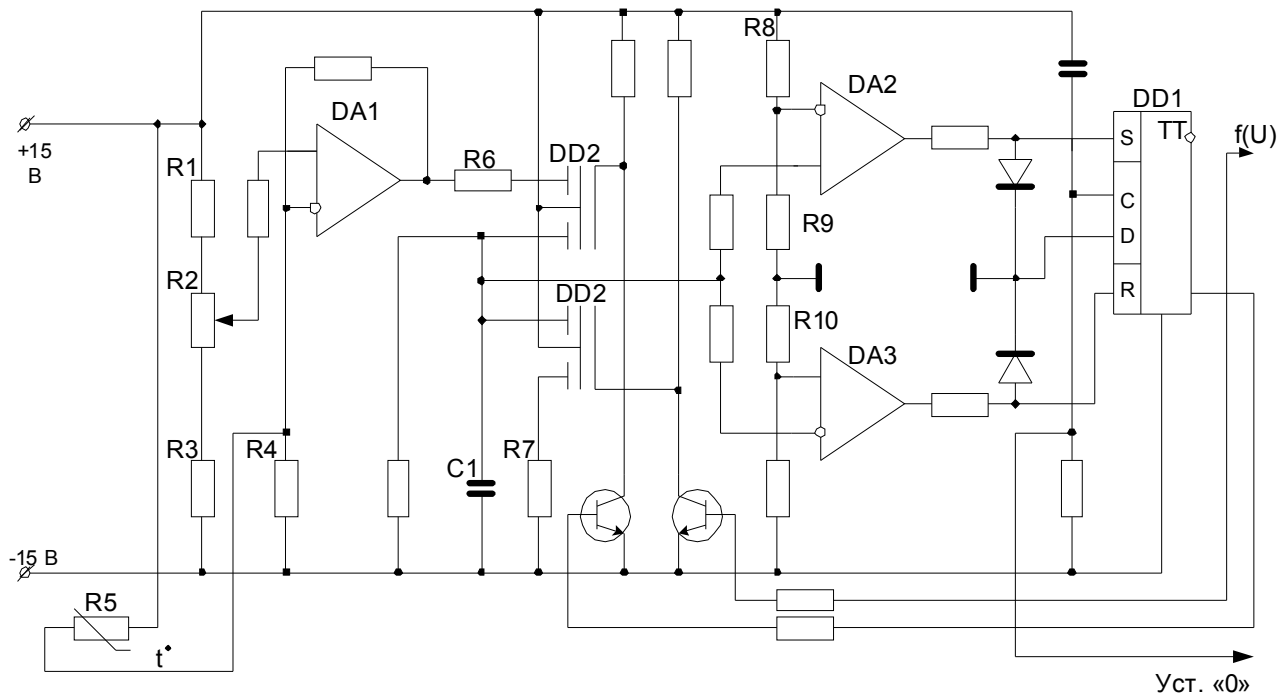


Рис.4. Принципиальная схема системы управления.

При достижении уровня заряда, определяемым на входе DA2 через делитель R8, R9 элемент DA2, являющийся компаратором, включается в единичное состояние «1» и переключает элемент DD1 в состояние «1» и начинается разряд конденсатора C1 через R7 до уровня, определяемого делителем R10, R11, микросхема DA3 переходит в единичное состояние «1» и перебрасывает DD1 в нулевое состояние «0», что прекращает разряд и начинается заряд конденсатора C1, далее процесс повторяется с частотой, зависящей от времени заряда конденсатора C1. На выходе DD1 мы получаем эту частоту импульсов.

Ввиду того, что обратная связь отрицательная, при увеличении температуры частота на выходе DD1 будет уменьшаться, что приведёт к уменьшению оборотов двигателя, а при уменьшении температуры частота на выходе DD1 будет увеличиваться, что соответственно приведёт к увеличению оборотов двигателя. Частота с выхода DD1 поступает на кольцевой распределитель (рис.5.)

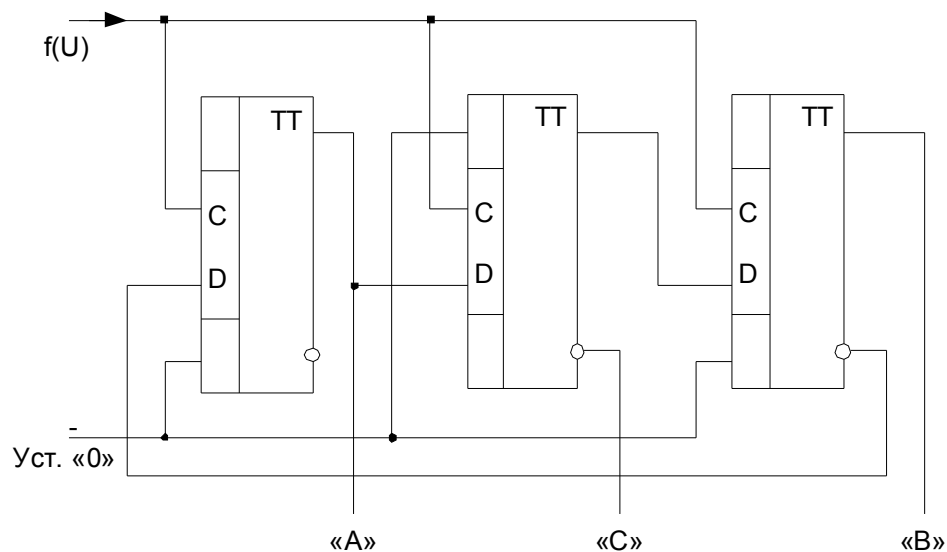


Рис.5. Принципиальная схема кольцевого распределителя фаз «А», «В», «С».

С выхода кольцевого распределителя сигналы фаз «А», «В», «С» поступают на усилитель мощности УМ. По каждой фазе включается отдельный усилитель мощности, схема которого приведена на рис.6, а входы усилителей мощности развязаны от выходов кольцевого распределителя оптронными преобразователями (Рис.7.) для осуществления гальванической развязки.

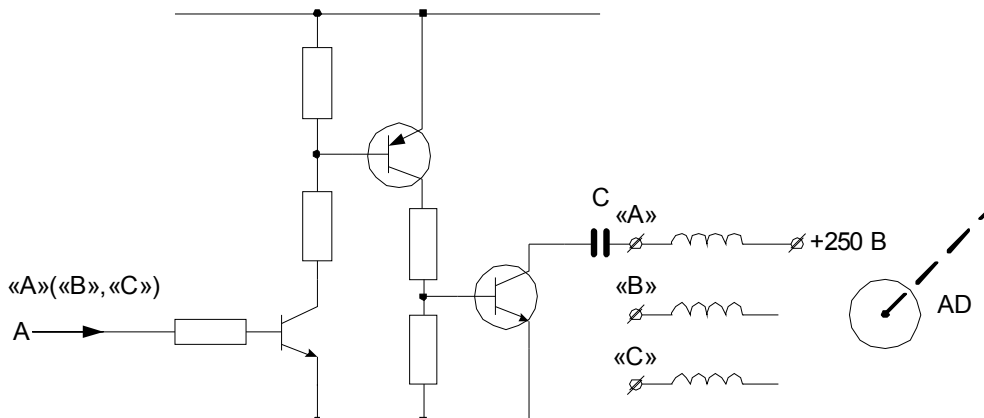


Рис.6. Усилитель мощности фаз.

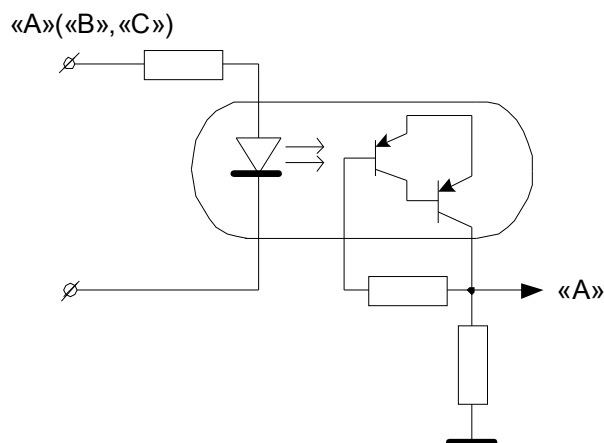


Рис.7. Принципиальная схема оптронного преобразователя для гальванической развязки УМ и кольцевых распределителей.

Предложенная схема автоматического регулирования (Рис.1.) представляет собой систему автоматического регулирования (САР). Произведём анализ данной схемы с точки зрения теории автоматического управления и регулирования. Схему автоматического регулирования (Рис.1.) можно представить в виде функциональной блок-схемы (Рис.8.)

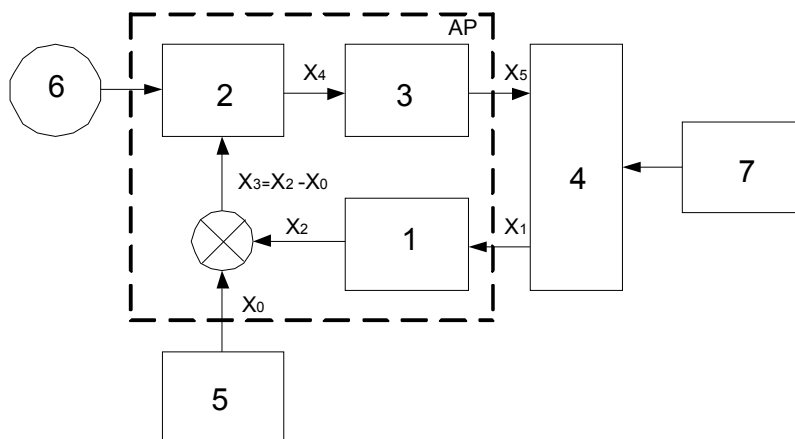


Рис.8. Функциональная блок-схема автоматического регулирования теплогазозвентиляционной системы.

Автоматический регулятор подачи воздуха включает в себя измерительное устройство – 1, то

есть чувствительный элемент, реагирующий на отклонение регулируемой величины X_1 . Далее ставится усилительно-преобразовательное устройство (усилитель) – 2, затем исполнительное устройство (приводной электродвигатель и вентилятор) – 3, служащий для оказания соответствующего воздействия на регулируемый объект – 4. Блок-схема включает также программное устройство или задатчик – 5, источник энергии – 6 и возмущающее воздействие – 7. Величина X_5 называется регулирующим воздействием (изменение подачи воздуха в помещение с целью изменения температуры). Система автоматического регулирования представляет собой замкнутую систему. Все физические величины $X_1 - X_5$ зависят друг от друга и влияют друг на друга, это внутренние воздействия. Внешние воздействия – задаваемая величина на входе X_0 , питание энергией. Внешнее возмущающее воздействие – колебание напряжения, изменение частоты питающего напряжения, количество людей в помещении, давление воздуха. Показанную блок-схему (Рис. 8) можно представить в виде упрощенной функциональной схемы (Рис. 9).

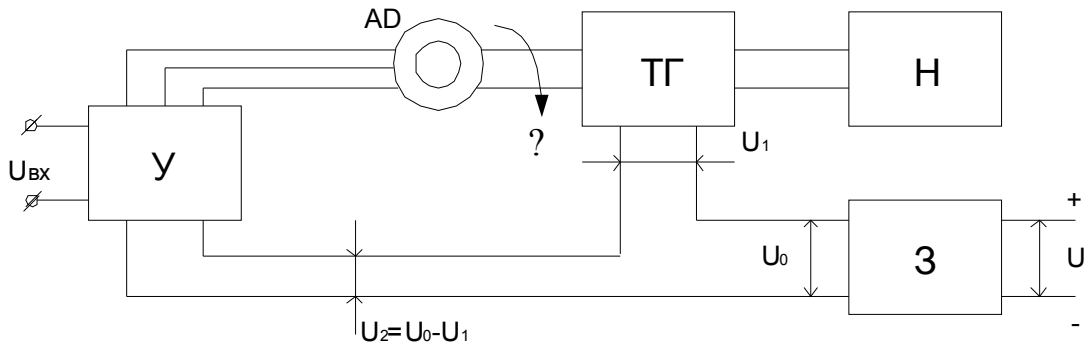


Рис.9. Функциональная схема управления частотой вращения электродвигателя, регулятор непрямого действия.

Схема автоматического регулирования угловой скорости ω вращения вала электродвигателя (Рис.9.) работает согласно схеме автоматического регулирования непрямого действия. Привод работает от сигнала рассогласования $U_2 = U_0 - U_1$

Для двигателя, как апериодического звена, входной величиной является управляющее воздействие в виде напряжения, а выходной величиной является скорость вращения. Дифференциальное уравнение двигателя имеет вид:

$$J \cdot \frac{d\omega_x}{dt} = K_m X_1 - \frac{M_n}{\omega_x} - M_n \quad (1)$$

Где: J – суммарный момент инерции вращающихся частей, приведенных к валу двигателя;

K_m – коэффициент пропорциональности между управляющим воздействием и установившимся вращательным моментом;

$\frac{M_n}{\omega_x}$ – отношение пускового момента к скорости холостого хода;

M_n – момент нагрузки.

Принимая $M_n = 0$, можно получить:

$$J \frac{\omega_x}{M_n} \frac{d\omega}{dt} + \omega = K_m \frac{\omega_x}{M_n} X_1 \quad (2)$$

или

$$T \frac{d\omega}{dt} + \omega = K X_1$$

Здесь $T = J \frac{\omega_x}{M_n}$ – постоянная времени двигателя;

$K = K_m \frac{\omega_x}{M_n}$ – коэффициент передачи двигателя;

ω_x – скорость холостого хода;

M_n – пусковой момент;

$T_{дв} = \frac{L}{R}$ – электромагнитная постоянная времени двигателя (ротора).

Динамика асинхронного двигателя сложнее динамики двигателя постоянного тока из-за криволинейности механических характеристик. Практически механические характеристики асинхронного двигателя заменяются прямыми (рис.10) и предполагается, что передаточная функция имеет вид:

$$W(p) = \frac{K}{1 + T_m' p}, \quad (4)$$

где T_m' – постоянная времени двигателя совместно с усилителем.

$$T_m' = J \frac{\omega_x}{M_n}, \quad (5)$$

где J – момент инерции ротора

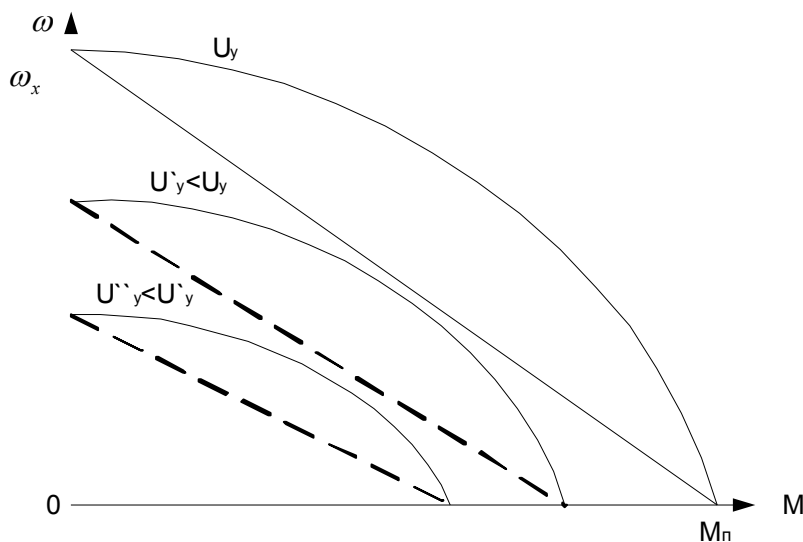


Рис.10 Механические характеристики асинхронного двигателя

Величина T_m' пропорциональна наклону механических характеристик. Однако, характеристики асинхронного двигателя не параллельны друг другу. Поэтому, если работа двигателя происходит при малых значениях U_y , то T_m' следует определять по механическим характеристикам, лежащим вблизи начала координат. В результате T_m' получается больше, так как отношение скорости холостого хода к пусковому моменту выше для характеристик, соответствующих меньшим значениям U_y .

Для расчета T_m' по формуле (5) следует располагать значениями скорости холостого хода ω'_x

и пускового момента M'_n двигателя совместно с усилителем. В качестве выходного каскада усилителя переменного тока, от которого осуществляется питание асинхронного двигателя, используем полупроводниковый усилитель мощности.

Тахогенератор предназначен для измерения скорости вращения двигателя. Он является чувствительным элементом САР и представляет собой генератор постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов, якорь которого жестко связан с выходным валом двигателя. Выходное

напряжение тахогенератора пропорционально скорости вращения его якоря:

$$U_{\text{вых}} = K_{\text{мз}} \omega, \quad (6)$$

где $K_{\text{мз}}$ - коэффициент пропорциональности, называемый крутизной тахогенератора.

В рассматриваемой САР скорость вращения выходного вала двигателя пропорциональна величине приложенного напряжения. Если температура в помещении поддерживается неизменной, то напряжение $U_{\text{вых}}$ будет постоянным. При этом скорость вращения двигателя ω и вентилятора в установившемся режиме будет иметь номинальное значение. Величина напряжения U_y рассчитывается так, чтобы при отсутствии возмущающих воздействий скорость вращения двигателя равнялась заданному значению ω^0 . Этот расчет может быть проведен на основании простых физических соображений. В установившемся режиме, когда инерционностью всех элементов САР можно пренебречь, для рассматриваемой системы справедливо уравнение для номинального режима работы

$$\omega = K_y K_{\text{дв}} U - K_M M \quad (7)$$

Где: K_y - коэффициент усиления усилителя по напряжению; $K_{\text{дв}}$ - коэффициент передачи двигателя; K_M - крутизна механических характеристик двигателя; U - напряжение на входе двигателя; M - номинальное значение нагрузочного момента; ω - скорость вращения.

Напряжение на входе усилителя

$$U = \frac{\omega - K_M \cdot M}{K_y \cdot K_{\text{дв}}} \quad (8)$$

Учитывая уравнение рассогласования напряжений

$$U_2 = U_0 - U_1 = U_0 - K_{\text{мз}} \omega \quad (9)$$

Получаем искомое значение управляющего напряжения

$$U_0 = U_2 + K_{\text{мз}} \omega = \frac{(1 + K_y \cdot K_{\text{дв}} \cdot K_{\text{тг}}) \omega + K_M M}{K_y \cdot K_{\text{дв}}} \quad (10)$$

Из выражения (9) видно, что при увеличении скорости вращения напряжения на входе усилителя уменьшается.

Аналогично при уменьшении скорости вращения двигателя ниже номинальной увеличивается напряжение, стремясь восстановить прежнее значение регулируемой величины.

Для составления уравнений системы автоматического регулирования (САР) скорости вращения двигателя необходимо учесть основные звенья: измерительный элемент, усилитель, двигатель и тахогенератор.

Измерительный элемент – термопара описывается уравнением

$$(T_{\text{тп}} p + 1) t^\circ = K_{\text{тп}} U_{\text{тп}}, \quad (11)$$

где: $U_{\text{тп}}$ – выходное значение напряжения термопары; $T_{\text{тп}}$ - постоянная термопары; $K_{\text{тп}}$ - коэффициент преобразования термопары; t° - температура в помещении.

Уравнение асинхронного двигателя вместе с редуктором и вентилятором в первом приближении может быть записано в виде:

$$(T_M p + 1) p \omega = K_{\text{дв}} \cdot K_p \cdot K_v \cdot U_d - K_M \cdot K_p \cdot K_v \cdot M, \quad (12)$$

где: T_M и $K_{\text{дв}}$ - постоянная времени и коэффициент передачи двигателя; K_M - крутизна линеаризованных механических характеристик двигателя; K_p - коэффициент передачи редуктора; K_v - коэффициент передачи вентилятора; M - момент нагрузки на валу электродвигателя.

Уравнение тахогенератора в отклонениях запишем следующим образом:

$$\Delta U_{\text{тг}} = K_{\text{мз}} \Delta \omega, \quad (13)$$

где $K_{\text{мз}}$ – крутизна тахогенератора.

Уравнение усилителя примем в виде:

$$(T_y p + 1)U_d = K_y U, \quad (14)$$

где: T_y и K_y – постоянная времени и коэффициент усиления усилителя; U_d – действующее значение напряжения на управляющей обмотке двигателя.

Уравнение обратной связи системы автоматического регулирования представим в виде:

$$(T_1 p + 1)U_{oc} = K_3 p U_2 \quad (15)$$

где T_1 – постоянная времени обратной связи.

Уравнения (11) – (15) образуют систему дифференциальных уравнений, описывающих поведение САР в установившихся и переходных режимах. Характерно, что ни одно из уравнений (11) – (15) не может быть решено отдельно – все эти уравнения должны рассматриваться совместно. Это является математическим отображением того, что в САР все звенья взаимодействуют между собой, образуя в совокупности замкнутый контур передачи воздействий.

Свернем полученную систему дифференциальных уравнений в одно уравнение, содержащее регулируемую величину w . Свертывание удобнее начинать с уравнения того звена, для которого интересующая нас величина (w) является выходной. Таким звеном в нашем случае будет двигатель с уравнением (12).

Рассмотрим уравнения системы. Разобьём на три звена: датчик рассогласования, усилитель и двигатель с вентилятором. В качестве исходного примем режим, при котором:

$$U = U_0 = M = 0 = \Theta$$

Уравнение сравнивающего элемента в отклонениях запишется в виде:

$$\Delta U = \Delta U_y - \Delta u_{mz} \quad (16)$$

Для системы стабилизации скорости вращения $U_y = U_y' = \text{const}$; и $\Delta U_y = 0$; Т.е. $\Delta U = - \Delta U_{mz}$

Уравнение усилителя:

$$(T_{yp} + 1) \Delta U_y = K_y \Delta U \quad (17)$$

Уравнение двигателя:

$$(T_{lp} + 1) p \omega = K_l U_2 - K_m K_p K_b M \quad (18)$$

Уравнение тахогенератора в отклонениях:

$$\Delta U_{mz} = K_{mz} \Delta \omega \quad (19)$$

Уравнения (16) – (19) в совокупности образуют совместную систему дифференциальных уравнений, описывающих поведение САР скорости вращения как в установившихся, так и неустановившихся режимах. Эта система содержит четыре уравнения и четыре неизвестные функции времени

$$\Delta U, \Delta U_{mz}, \Delta U_d, \Delta \omega.$$

Для решения этой системы уравнений должны быть заданы внешние воздействия ΔU_y , ΔM как функции времени и начальные условия.

Свернём полученную систему дифференциальных уравнений в одно уравнение, содержащее регулируемую величину $\Delta \omega$. Свертывание удобно начинать с уравнения того звена, для которого интересующая нас величина $\Delta \omega$ является выходной. Таким звеном в нашем случае будет двигатель с уравнением (17):

$$[(T_y p + 1)(T_m p + 1)p + K] \Delta \omega = KU - K_m K_p (T_y p + 1) M \quad (20)$$

$$[(T_y p + 1)(T_m p + 1)p + K] \Delta \omega = (T_y p + 1)(T_m p + 1)p \omega + K_m K_p (T_y p + 1) M \quad (21)$$

$$[(T_y p + 1)(T_m p + 1)p + K] U = K_m (T_y p + 1)(T_m p + 1)p \Delta \omega + K_m K_p K_b (T_y p + 1) M \quad (22)$$

$$[(T_y p + 1)(T_m p + 1)p + K] U_d = K_m K_y (T_y p + 1)p \Delta \omega + K_m K_y K_p K_b M \quad (23)$$

В этих уравнениях $K = K_m \cdot K_y \cdot K_{dv} \cdot K_p$.

Система автоматического регулирования описывается дифференциальным уравнением третьего порядка. В результате решения любого из уравнений (20) – (23) можно определить как будет изменяться соответствующая координата системы автоматического регулирования ($\Delta \omega$, ΔU , ΔU_{mz}) во време-

ни при заданных внешних воздействиях $\Delta U_y(t)$ и $\Delta M(t)$ и заданных начальных условиях. Характеристический полином этой системы

$$D(p) = (T_y p + 1)(T_m p + 1)p + K = a_0 p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3, \quad (24)$$

$$\text{где } a_0 = \frac{T_y}{T_m}; \quad a_1 = T_y + T_m; \quad a_2 = 1; \quad a_3 = K.$$

Положив в уравнении (7) $\Delta \omega = \text{const}$, $M = 0$; $p = 0$, получим уравнение $\Delta \omega = 0$, свидетельствующее об астатизме управляющего воздействия. При $M = \text{const}$ и $p = 0$, уравнение (7) приводится к виду:

$$\Delta U_2 = \frac{K_m \cdot K_p}{K} \cdot M = \frac{K_m}{K_y \cdot K_{дв} \cdot K_B \cdot K_{мз}} \cdot M \quad (25)$$

Выражение (11) определяет моментное рассогласование системы автоматического регулирования и показывает, что относительно момента нагрузки на исполнительном механизме рассматриваемая система является статической.

ВЫВОДЫ:

1. Предлагаемая функциональная блок-схема позволяет осуществлять автоматическое регулирование подачи воздуха в помещение при изменении возмущающего воздействия.
2. Представленные выражения позволяют произвести анализ системы автоматического регулирования как в установившихся, так и при переходных режимах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. А.И. Вольдек Электрические машины. Энергия, Л., 1974 г., 839 с. с ил.
2. А.И. Иванов-Цыганов Электрообразовательные устройства РЭС. Изд. 4, М., «Высшая школа», 1991 г., 272 с. с ил.
3. Техническая кибернетика. Под ред. В.В. Солодовникова. Измерительные устройства, преобразующие элементы и устройства. М., «Машиностроение», 1973 г., т. 1. 680 с. с ил.
4. Теория автоматического управления. Под ред. А.В. Нетушила. Изд. 2, М., «Высшая школа», 1976 г., 400 с. с ил.

Захаров Р.Ю., к.т.н., доцент, Лепеха И.С., студентка группы ГМ – 531
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Анализ эффективности работы элементов систем капельного орошения в Крыму

Проведен анализ эффективности работы капельниц-водовыпусков, применяемых в системах капельного орошения в Крыму; определены основные технические параметры тупиковых и интегрированных капельниц-водовыпусков; обоснована более высокая эффективность трубопроводов с интегрированными капельницами-водовыпусками; определены рекомендуемые условия применения различных капельниц-водовыпусков.

капельное орошение, интегрированные капельницы-водовыпуски, коэффициент вариации расходов, коэффициент технологической равномерности расходов

Широкое внедрение капельного орошения в Крыму способствует более раннему вступлению садов и виноградников в пору плодоношения, получению высоких урожаев с лучшим качеством плодов, более рациональному использованию и многократной экономии поливной воды.

Капельницы-водовыпуски – основные конструктивные элементы, определяющие параметры качества капельного орошения. Поэтому использование в системах капельного орошения высококачественных капельниц-водовыпусков является одним из важнейших условий обеспечения надёжной работы системы на протяжении всего срока эксплуатации. Эти элементы систем капельного орошения почти за 50-ти летний период своего развития в техническом плане прошли большой путь. Первые капельницы выполняли из полиэтиленовых трубок небольшого диаметра в виде спирали. Современные капельницы – это технически сложные элементы, в которых происходит не только снижение давления и дозирование расходов, а также регулирование расхода при изменении рабочего давления и образование необходимого режима течения для уменьшения возможности отложения осадка.

В современной практике существует большое разнообразие капельниц-водовыпусков, отличающихся своей конструкцией, расходами, чувствительностью к загрязнениям. По способу расположения на поливном трубопроводе капельницы-водовыпуски делятся на два основных вида: тупиковые, которые монтируются на внешней стороне трубопровода с интервалом $0,2 \div 1,5$ м, и интегрированные, размещаемые в середине трубопровода при его изготовлении. При этом тупиковые капельницы, а именно они появились первыми и почти 3 года определяли технический уровень капельного орошения, последнее время уступают место интегрированным, а точнее трубопроводам с интегрированными капельницами-водовыпусками [1]. Они удобнее в применении благодаря меньшим трудозатратам на монтаж и демонтаж системы.

В хозяйствах Крыма на системах капельного орошения внедряются разнообразные капельницы-водовыпуски, отличающиеся своей конструкцией, расходами, чувствительностью к загрязнениям, давлением, материалоёмкостью и ценой. Но в доступных литературных источниках недостаточно данных о сравнительной оценке работы различных капельниц в производственных условиях, поэтому существует острая необходимость экспериментальных исследований в этой области.

Экспериментальные исследования проводились на гидравлическом стенде, установленном в лаборатории капельного орошения Крымского научно-исследовательского центра института гидротехники и мелиорации УААН (г. Симферополь) с целью определения гидравлических и других технических показателей капельниц-водовыпусков, выявления их конструктивных особенностей по обеспечению устойчивого расхода поливной воды. Рабочее давление при исследованиях находилось в диапазоне $50 \div 250$ кПа. Исследовались современные тупиковые капельницы-водовыпуски и трубопроводы с интегрированными капельницами-водовыпусками (табл.1).

Таблица 1.

Паспортные технические характеристики исследуемых капельниц-водовыпусков

Наименование	Производитель	Расход q , л/час	Интервал между капельницами- водовыпусками l , м
<i>Тупиковые капельницы-водовыпуски</i>			
« Тирас »	« Источник » (Украина, г. Киев)	4,0	-
« Олсон (КР-2) »	« Сизакор » (Украина, г. Симферополь)	4,0	-
« Euro-Key »	« TORO » (Италия)	4,0	-
« Супертиф НД »	« АИК » (Украина, г. Алушта)	2,2	-
<i>Трубопроводы с интегрированными капельницами-водовыпусками</i>			
« Drip In Classic »	« TORO » (Италия)	2,0	0,6
« Ram »	« Netafim » (Израиль)	1,6	0,5
« АКВАГОЛ »	« АИК » (Украина, г. Алушта)	1,6	0,5
« Элко »	« Факел » (Украина, г. Донецк)	1,3	0,5

Определение расходов производили объёмным методом за определённый период времени. Объём воды измеряли мерными цилиндрами $V = 500$ мл, с ценой деления 5 мл, диаметром 48 мм. Время измерения расходов определяли секундомером в течение $5 \div 20$ минут.

$$\text{Расходы воды: } q = \frac{60 \cdot W}{1000 \cdot t}, \text{ л/час,}$$

где W - объём воды в мл; t - время наполнения мерного стакана, мин.

Данные измерений заносили в соответствующие расчётные таблицы и определяли средний расход для каждого значения давления – q_c . Результаты определения равномерности расходов обрабатывали с применением методов математической статистики [2,3,4].

$$\text{Коэффициент вариации расходов: } V_T = \frac{\sigma_q}{q_c},$$

$$\text{где } \sigma_q - \text{среднеквадратичное отклонение расходов, } \sigma_q = \sqrt{\frac{\sum (q_i - q_c)^2}{n - 1}}, \text{ л/час,}$$

где q_i - каждое значение расхода ряда данных, соответствующих определённому давлению, n - количество опытов.

Коэффициент технологической равномерности расходов:

$$K_T = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - 1,64 \cdot V_T + \frac{1}{1 + 1,64 \cdot V_T} \right).$$

Для каждой капельницы-водовыпуска вычисляли экспоненту расходов и расходно-напорную характеристику.

Результаты вычисления средних расходов, коэффициента вариации и коэффициента технологической равномерности расходов исследуемых капельниц-водовыпусков представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Гидравлические характеристики капельниц-водовыпусков в зависимости от давления.

№ п/п	Наименование капельниц- водовыпусков	P, кПа	q _с , л/час	σ_q , л/час	V _т	K _т
1	2	3	4	5	6	7
1	« Drip In Classic »	20	0,85	0,02	0,03	0,96
		40	1,16	0,02	0,02	0,97
		50	1,35	0,04	0,03	0,95
		60	1,47	0,04	0,03	0,96
		80	1,67	0,04	0,02	0,96
		100	1,91	0,08	0,04	0,93
		150	2,34	0,06	0,03	0,96
		200	2,71	0,06	0,02	0,97
		250	3,03	0,07	0,02	0,96
2	« Ram »	20	0,71	0,02	0,02	0,96
		40	1,04	0,04	0,04	0,94
		50	1,17	0,03	0,02	0,96
		60	1,25	0,04	0,03	0,95
		80	1,44	0,04	0,03	0,96
		100	1,58	0,06	0,04	0,94
		150	1,88	0,07	0,04	0,94
		200	2,19	0,05	0,02	0,96
		250	2,42	0,08	0,03	0,95
3	« АКВАГОЛ »	20	0,89	0,02	0,02	0,97
		40	1,09	0,03	0,03	0,96
		50	1,25	0,02	0,02	0,97
		60	1,39	0,03	0,02	0,97
		80	1,55	0,03	0,02	0,97
		100	1,73	0,02	0,01	0,98
		150	2,11	0,04	0,02	0,97
		200	2,43	0,06	0,03	0,96
		250	2,69	0,04	0,02	0,98
4	« Элко »	20	0,54	0,04	0,07	0,90
		40	0,80	0,05	0,06	0,91
		50	0,89	0,05	0,05	0,92
		60	0,97	0,05	0,06	0,91
		80	1,14	0,06	0,05	0,92
		100	1,25	0,06	0,05	0,92
		150	1,57	0,06	0,04	0,94
		200	1,77	0,09	0,05	0,92
		250	2,02	0,06	0,03	0,95

Продолжение табл.2.

1	2	3	4	5	6	7
5	« Тирас »	20	1,86	0,08	0,04	0,93
		40	2,9	0,14	0,05	0,92
		50	3,4	0,16	0,05	0,92
		60	3,62	0,17	0,05	0,92
		80	4,31	0,20	0,05	0,93
		100	4,96	0,22	0,05	0,93
		150	6,24	0,25	0,04	0,94
		200	7,31	0,39	0,05	0,92
		250	8,38	0,39	0,05	0,93
6	« Олсон »	20	1,47	0,25	0,17	0,75
		40	2,1	0,35	0,16	0,76
		50	2,37	0,41	0,17	0,75
		60	2,7	0,45	0,17	0,75
		80	3,2	0,47	0,15	0,78
		100	3,58	0,47	0,13	0,80
		150	4,6	0,30	0,06	0,90
		200	5,32	0,37	0,07	0,89
		250	5,74	0,22	0,04	0,94
7	« Euro-Key » 4 л/час	20	1,44	0,02	0,01	0,98
		40	2,27	0,03	0,01	0,98
		50	2,54	0,04	0,02	0,97
		60	2,85	0,04	0,01	0,98
		80	3,23	0,05	0,02	0,98
		100	3,89	0,09	0,02	0,96
		150	4,61	0,07	0,02	0,98
		200	5,35	0,08	0,02	0,97
		250	5,96	0,07	0,01	0,98
8	« Супертиф НД »	20	1,56	0,02	0,01	0,98
		40	2,02	0,03	0,01	0,98
		50	2,12	0,07	0,03	0,95
		60	2,25	0,03	0,02	0,98
		80	2,28	0,03	0,01	0,98
		100	2,26	0,07	0,03	0,95
		150	2,3	0,03	0,01	0,98
		200	2,31	0,03	0,01	0,98
		250	2,32	0,03	0,01	0,98

Анализ экспериментальных данных показал, что с увеличением давления для всех исследуемых типов капельниц-водовыпусков средний расход воды увеличивается, но в разной степени. В поливных трубопроводах с интегрированными капельницами-водовыпусками в диапазоне давления от 20 до 250 кПа расход воды изменялся: « Drip In Classic » от 0,85 до 3,03 л/час; « Ram » от 0,71 до 2,42 л/час; « АКВАГОЛ » от 0,89 до 2,69 л/час; « Элко » от 0,54 до 2,02 л/час.

Коэффициент вариации расходов для поливного трубопровода « Элко » в среднем составляет 0,05, для остальных 0,03. Коэффициент технологической равномерности расходов капельниц-водовыпусков для «Элко » составляет $0,91 \div 0,95$, « АКВАГОЛ » - $0,96 \div 0,98$, « Drip In Classic » и

« Ram » - $0,94 \div 0,96$. Экспонента расходов составляет $0,46 \div 0,52$. Таким образом, установлено, что поливные трубопроводы с интегрированными капельницами-водовыпусками имеют более высокий коэффициент технологической равномерности расходов. Следовательно, их использование в системе капельного орошения позволит получить лучший результат в достижении поставленной цели орошения.

Расходы воды капельницами-водовыпусками «Тирас» при тех же диапазонах давления изменяются от 1,86 до 8,38 л/час, коэффициент вариации расходов – 0,05, а $K_t = 0,92 \div 0,94$. У капельниц-водовыпусков «Олсон (КР-2) », изготовленных Симферопольским заводом «Сизакор», расходы изменяются от 1,47 до 5,74 л/час. Они имеют коэффициент вариации - $0,06 \div 0,17$ и $K_t = 0,75 \div 0,94$. Это свидетельствует о низком качестве работы этих капельниц-водовыпусков. Экспонента расходов у этих капельниц-водовыпусков – 0,54.

Капельницы-водовыпуски « Euro-Key » имеют прямо пропорционально изменяющуюся расходно-напорную характеристику. Так, в зависимости от давления расход воды изменяется от 1,44 до 5,96 л/час. Коэффициент вариации расходов составляет $0,01 \div 0,02$, а технологический коэффициент равномерности = $0,96 \div 0,98$. Компенсированная капельница-водовыпуск «Супертиф НД» имеет стабильную расходно-напорную характеристику с расходом 2,2 л/час и может использоваться на местности с большими уклонами. Коэффициент вариации составляет $0,01 \div 0,03$, а $K_t = 0,95 \div 0,98$, что свидетельствует о равномерном расходе воды капельницами-водовыпусками. Из тупиковых капельниц-водовыпусков рекомендуется использование «Euro-Key» и «Супертиф НД». Их использование улучшит эффективность работы системы капельного орошения.

Анализ исследований показал, что наиболее существенное изменение расхода в зависимости от давления наблюдается в тупиковых капельницах-водовыпусках «Олсон». Это приводит к увеличению неравномерности полива растений на поливном участке. Мало изменяется средний расход от давления в интегрированных поливных трубопроводах «АКВАГОЛ», «Drip In Classic», «Ram», что обеспечивает достаточно высокую равномерность полива и даёт возможность использовать эти капельницы-водовыпуски на горных склонах без специальных регуляторов давления на распределительных и участковых трубопроводах.

ВЫВОДЫ:

1. Поливные трубопроводы с интегрированными капельницами-водовыпусками имеют более высокий коэффициент технологической равномерности расходов, их использование в системе капельного орошения позволит получить лучшие результаты в достижении поставленной цели орошения.
2. Компенсированная капельница-водовыпуск «Супертиф НД» имеет стабильную расходно-напорную характеристику и может использоваться на местности с большими уклонами.
3. Поливные трубопроводы с интегрированными капельницами-водовыпусками «АКВАГОЛ», «Drip In Classic», «Ram», возможно использовать на горных склонах без специальных регуляторов давления на распределительных и участковых трубопроводах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Досвід виробництва та маркетингу овочів в Україні (Результати досліджень Проекту аграрного маркетингу за 2004-2005 рр.). – К, 2006. – 383 с.
2. Применение методов математической статистики в почвоведении, мелиорации и сельском хозяйстве (методические указания). – Москва-Новочеркасск, 1980. – 57 с.
3. Вознюк С.Т., Гончаров С.М., Ковалёв С.В. Основы научных исследований. – К.: Вища школа, 1985. – 187 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

Захаров Р. Ю., к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Интегральная оценка эффективности энергозатрат на оросительных системах.

Обоснована необходимость энергосбережения и оценки эффективности энергозатрат на оросительных системах; изложены основные принципы интегральной оценки эффективности энергозатрат на оросительных системах, позволяющей комплексно и объективно оценить энергозатраты на соответствие нормативным показателям с учетом особенностей природных, технических, технологических и хозяйственных условий функционирования.

оросительная система, эффективность энергозатрат, энергосбережение, интегральный показатель эффективности энергозатрат, технический уровень оросительной системы

Одним из главных направлений государственной политики в сфере водного хозяйства является обеспечение эффективного функционирования мелиоративных, в т.ч. оросительных, систем, и их реконструкция, модернизация и техническое переоснащение с внедрением прогрессивных водозащитных технологий и оптимизацией режимов работы водохозяйственных объектов [1].

Оросительные системы, в большинстве случаев, являются сложными и многофункциональными объектами. Определяющим способом полива на оросительных системах Украины является дождевание. Подача воды в закрытые оросительные сети осуществляется подкачивающими насосными станциями, которые являются основными потребителями энергии [1].

Вследствие физического и морального износа оборудования на большинстве насосных станций значительно уменьшились КПД насосных агрегатов и наблюдаются отклонения режимов их работы от оптимальных значений. Выросли удельные затраты электроэнергии на подачу воды. Кроме этого снизился организационно-технический уровень эксплуатации водохозяйственных систем, что обусловило неэффективное использование электроэнергии. Эти процессы вызвали необходимость неотложной реконструкции или технической модернизации существующих оросительных систем и их инженерной инфраструктуры с целью возобновления высокоэффективного сельскохозяйственного производства с использованием энергосберегающих технологий [1,2].

В связи с этим, экономное рациональное использование электроэнергии на оросительных системах зависит от комплекса мероприятий по энергосбережению, основным из которых является повышение организационно-технического уровня решения технологических задач эксплуатационными организациями.

Кроме этого особое внимание следует уделять оптимизации структуры орошаемых земель, размещения их относительно водоемких объектов; рационализации и усовершенствованию существующих технологий водозабора, водоподачи и водораспределения, в т.ч. с учетом энергосбережения. Принципиальное значение имеет внедрение новых технологий, учитывающих принципы системно-логистического подхода к управлению водными ресурсами. Требованием оптимизации должна стать такая формулировка: «обеспечение подачи потребного количества воды соответствующего качества в нужное время в нужное место с наименьшими потерями воды при минимуме затрат и при обеспечении экологической безопасности».

В этом случае возможен переход к стратегическому управлению водохозяйственным комплексом, главной составной частью которого является оросительная система, на основе системного внедрения научно-обоснованных адаптивных технологий и норм (например, по регионально-отраслевому принципу с учетом природно-климатических, социальных, экономико-правовых и других условий) и методов управления.

Все это вместе взятое создаст условия для надежного функционирования и стабильного развития водохозяйственного комплекса и экономики регионов в целом.

Эффективность использования электроэнергии должна определяться в первую очередь удель-

ными затратами электроэнергии на подачу воды насосными станциями и величинами потерь воды на водохозяйственных объектах, которые по сути должны рассматриваться как структурные системообразующие элементы оросительных систем.

Экономическая эффективность энергозатрат на оросительных системах зависит от конкретных особенностей природных, технических, технологических и хозяйственных условий их функционирования. Залогом повышения экономической эффективности энергозатрат будет служить объективная оценка обоснованности существующих затрат энергоресурсов, в т.ч. оценка на основе анализа энергоэффективности работы отдельных структурных элементов и систем в целом, а также комплексность научно-обоснованных подходов по определению способов и методов проведения энергосберегающих мероприятий.

Когда речь идет об экономии энергии в системе, нельзя рассматривать локально какое-то одно звено энергетической цепи, необходимо оценивать весь энергетически связанный комплекс объектов.

Необходима разработка и внедрение технических мероприятий комплексного энергосбережения на всех элементах оросительных систем, в первую очередь на элементах, где результат может быть ожидаемо существенным.

Исходя из этого, необходима модель интегральной оценки эффективности энергозатрат на оросительных системах с учетом, с одной стороны интересов всех потребителей, а, с другой стороны, - показателей эффективности, качества, надежности и других показателей, определяющих технический, экономический и экологический уровень системы.

В основу комплексной количественной оценки эффективности энергозатрат проектируемых, реконструируемых и действующих оросительных систем может быть использован комплексный интегральный показатель [3]. Этот показатель должен учитывать совокупность технико-экономических, надежностных и экологических параметров системы в сравнении с нормативными (или желаемыми) значениями на основе применения методов квалиметрии и экспертных оценок.

В соответствии с нормативным перечнем элементов оросительных систем [4] и нормируемыми характеристиками их работы [5,6,7], а также, учитывая целевую функцию оросительной системы и характеристики взаимосвязей элементов и показателей качества работы, комплексный интегральный показатель эффективности энергозатрат на оросительных системах может быть рассчитан как квадратическая средневзвешенная по следующей зависимости:

$$R_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n k_i \cdot a_i^2}{\sum k_i}}, \quad (1)$$

где k_i – весовой коэффициент, определяемый методом экспертных оценок; n – количество параметров, входящих в расчет; a_i – удельный показатель энергоэффективности (качества) по i -му параметру как отношение фактического значения i -го параметра к нормативному (желаемому) значению:

- в общем случае

$$\left\{ a_i = \frac{A_{i\phi}}{A_{in}}, \right. \quad (2)$$

где $A_{i\phi}$ и A_{in} – фактические и нормативные значения i -го параметра или критерия;

- в случае, если с технической или экономической стороны лучшей является минимальная величина параметра, то

$$\left\{ a_i = \frac{A_{in}}{A_{i\phi}}. \right. \quad (3)$$

При оценке эффективности энергозатрат водоподачи на орошаемые участки критериальными параметрами могут приниматься:

- 1) КПД системы каналов;
- 2) КПД насосной станции;
- 3) КПД оросительной сети (закрытой или открытой) после насосной станции;
- 4) себестоимость 1 м^3 поднятой воды;
- 5) себестоимость $1 \text{ т} \cdot \text{м}$ поднятой воды;
- 6) коэффициент использования установленного оборудования;
- 7) отношение объема фактически поданной воды к объему водозабора;
- 8) отношение объема фактически поданной воды к требуемому объему по норме;
- 9) удельные затраты электроэнергии в $\text{кВт} \cdot \text{час}$ на 1 га орошаемой площади;
- 10) надежность водоподачи (параметрическая надежность) с учетом обеспечения экологической безопасности.

Желаемое значение параметра, при отсутствии нормативных значений, может быть определено методом экспертных оценок или с использованием квалиметрических принципов.

Весовые коэффициенты целесообразно представлять в баллах. При этом сумма весовых коэффициентов принимается равной 100 баллам [3].

При определении показателя общего технического уровня оросительной системы рассмотренный интегральный показатель эффективности энергозатрат будет входить в расчет, основанный на аналогичных принципах, как самостоятельный нормируемый критерий. Такое решение будет более взвешенным с точки зрения существенности рассматриваемых критериев. Количество показателей, входящих в расчет интегрального показателя технического уровня системы должно учитывать возможность нормирования интересующих критериев качества, величину обслуживаемой орошаемой площади, количество гидротехнических сооружений и их разнообразие, уровень автоматизации и другие факторы. Например, дополнительно возможно использовать как наиболее существенные общие показатели: вероятность безотказной работы системы, коэффициент готовности системы, экологическую надежность системы, отношение фактически политой площади к возможной и другие показатели.

ВЫВОДЫ:

1. Предложены принципы и методы расчета комплексного интегрального показателя эффективности энергозатрат на оросительных системах.
2. Определен перечень базовых критериальных параметров проведения оценки эффективности энергозатрат.
3. Приведена логическая взаимосвязь интегрального показателя эффективности энергозатрат и показателя общего технического уровня оросительной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Концепція програми енергозбереження на водогосподарських системах України у 2001-2005 роках і прогноз до 2010 року. Затверджено наказом Держводгоспу України від 5.11.2001 р. № 237.
2. Указ Президента України від 3.03.2006 р. № 187/2006 „Про заходи щодо розвитку зрошуваного землеробства в Україні”.
3. Шавва К.И. Методика комплексной технико-экономической оценки совершенства сравниваемых оросительных систем с использованием комплексного интегрального показателя//Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури.-2002.-Вип. №6.-С.209-215.
4. ДБН В.2.4-1-99 Меліоративні системи та споруди.-К., 2000.-178 с.
5. Базовые показатели технико-экономического уровня мелиоративных систем.-К.: Укргіпрводхоз,-1986.
6. НТД 33.63.095-91.Рекомендации по проектированию оросительных насосных станций (насосные станции подкачки для закрытых оросительных систем).-К.: Укрводпроект, 1992.-76.
7. ВНД 33-3.1-08-2004. Нормування питомих витрат електроенергії на перекачування води насосними станціями (методичні вказівки).-К.: Держкомводгосп України, -2004.-30 с.

Захаров Р.Ю., к.т.н., доцент, Софроний И. Н., студент группы ГМ-401
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Рекомендации по технической модернизации дождевальных машин BAUER-LINESTAR 5000

Обоснованы рекомендации по технической модернизации дождевальных машин BAUER-LINESTAR 5000 с целью повышения эффективности их работы за счет улучшения равномерности полива по длине водопроводящего пояса.

дождевальная машина, техническая модернизация, водопроводящий пояс, дефлекторные насадки, оптимальный диаметр насадок

Орошаемое земледелие остается приоритетным направлением сельского хозяйства. Однако наблюдается снижение его эффективности в следствии значительного износа оборудования водохозяйственного комплекса, прежде всего дождевальных машин. Поэтому необходимо использование новых дождевальных машин. Но эти новые дождевальные машины не всегда адаптированы к современным условиям орошения юга Украины, и поэтому нужны научно-обоснованные рекомендации по их применению и, при необходимости, техническая модернизация с целью оптимизации технологических процессов.

Дождевальная техника является важнейшим элементом современной системы орошаемого земледелия. Наиболее эффективным способом рационального использования грунтовых и водных ресурсов для юга Украины и, особенно, для Крыма, является орошение дождеванием, которое позволяет осуществлять поливы с меньшими затратами воды, с высоким коэффициентом земельного использования, на участках со сложным рельефом, с менее тщательной планировкой полей, с небольшой глубиной промачивания грунта, что особенно важно при орошении земель с близким залеганием грунтовых вод.

В связи с этим актуальной задачей является проведение исследований по обеспечению эффективности работы дождевальных машин.

В настоящее время широко внедряется дождевальная машина BAUER-LINESTAR 5000. Однако с точки зрения технической эксплуатации данная дождевальная машина не полностью адаптирована к условиям орошения юга Украины. Поэтому основными задачами оптимизации работы дождевальной машины BAUER-LINESTAR 5000 являются: разработка интегральной модели водораспределения и проведение расчета гидравлических характеристик дождевальной машины BAUER-LINESTAR 5000; и разработка рекомендаций по модернизации дождевальных машин BAUER-LINESTAR 5000 с целью повышения эффективности их работы.

Объектом исследования является водопроводящий трубопровод дождевальной машины с дождевальными насадками. Предмет исследования - равномерность полива ДМ BAUER-LINESTAR 5000 при заданных режимах работы.

Методами исследований приняты: системный подход; вычислительный эксперимент; декомпозиция; анализ; метод сравнительных оценок; синтез; метод сравнительных аналогий; формализация; метод интерполяции; метод экстраполяции; построение математической модели.

Дождевальная машина BAUER-LINESTAR 5000 по своим основным технико-эксплуатационным показателям схожа с дождевальной машиной ЭДМФ «Кубань».

Водопроводящий пояс состоит из двух крыльев, каждое из которых состоит из главного, средних и консольного пролетов (рис. 1). Каждый пролет имеет на водопроводящем трубопроводе дождевальные насадки.

Поэтому с точки зрения методов научных изысканий [1] целесообразно размещение дождевальных щелевых дефлекторных насадок с полусферическим отражателем секторного действия типа ДМ «Кубань» на дождевальных машинах BAUER-LINESTAR 5000.

Размещение насадок принято поочередное с разным направлением распыла (рис. 2, 3).

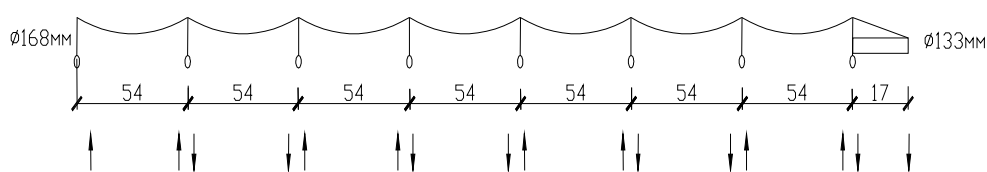


Рис.1. Расчетная схема крыла дождевальной машины "BAUER".

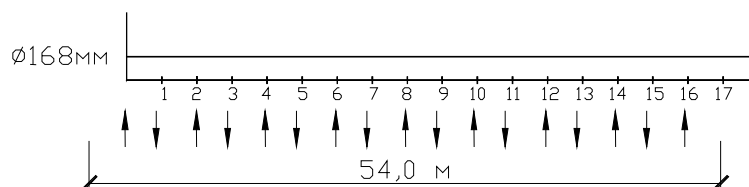


Рис.2. Расчетная схема пролета.

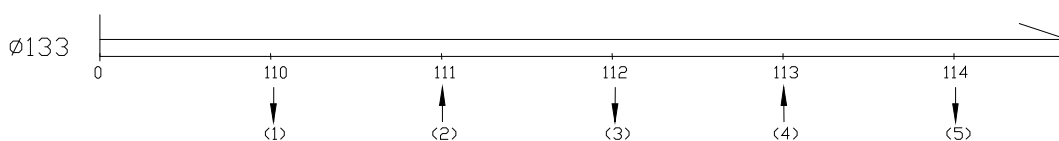


Рис.3. Расчетная схема консоли.

Насадки имеют разные диаметры сопел, диаметры повышаются пропорционально от первого пролета к последнему. В пределах одного пролета насадки принимаются одинаковыми по диаметру.

При работе должна быть обеспечена равномерная раздача расходов по длине водопроводящего пояса дождевальной машины.

Тогда при равных диаметрах водопроводящего трубопровода ($D_{mp} = const$) и равных расстояниях насадок друг от друга ($l_{i-i+1} = const$) равные значения потерь напора и, следовательно, равные расходы каждым насадком могут быть обеспечены только при разных диаметрах сопел насадок ($d_i \neq d_{i+1}$), так как значение давления перед насадками будет разным ($H_i \neq H_{i+1}$).

Однако из анализа работ [2,3,4,5] можно сделать вывод, что является допустимым некоторое отклонение потерь напора насадками в допустимых границах.

Тогда с учетом расчетных схем ДМ BAUER-LINESTAR 5000 (рис. 1, 2, 3) задачей расчета является определение оптимальных диаметров насадок в пределах каждого пролета ДМ.

Основным методом исследований в этом случае является метод сравнительной оценки: расчетных значений расходов воды дождевальными насадками, которые предложены авторами, и требуемыми значениями расходов с учетом количества насадок.

Вычислительный эксперимент проводился для равнокрылой и разнокрылой модификаций ДМ BAUER-LINESTAR 5000.

Учитывая соотношения расходов насадок к расходам водопроводящего трубопровода крыла ДМ, отношение диаметров насадок, которые определяются при расчетах, к диаметру водопроводного трубопровода, а также с использованием данных и формул в работах [4,6] получены результаты, которые сведены в табл. 1, 2.

Погрешности определяли, как максимальное и среднее отклонение расходов насадок от требуемого значения с учетом количества насадок. Значения рассчитанных погрешностей представлены в табл. 3.

Таблица 1.

**Результаты расчетов диаметров насадок типа ДМ «Кубань» для равнокрылой
модификации ДМ BAUER-LINESTAR 5000**

№ пролета	Напор на входе насадки с учетом потерь, Н, м	Диаметр насадки, d, мм	Расход воды, q, л/с
1	35?30	7,0	0,95?0,89
2	30?27	7,0	0,89?0,85
3	27?25	7,0	0,85?0,80
4	25?23	7,5	0,95?0,92
5	23?21	7,5	0,92?0,88
6	21?19	7,5	0,88?0,85
7	19?17	7,5	0,85?0,83
консоль	17?16	8,0	0,84?0,83

Таблица 2.

**Результаты расчетов диаметров насадок типа ДМ «Кубань» для разнокрылой
модификации ДМ BAUER-LINESTAR 5000**

№ пролета	Напор на входе насадки с учетом потерь, Н, м	Диаметр насадки, d, мм	Расход воды, q, л/с
1	35-29	6,0	0,66-0,63
2	29-24	6,5	0,74-0,69
3	24-21	6,5	0,69-0,63
4	21-19	7,0	0,73-0,71
5	19-17	7,0	0,71-0,68
6	17-15	7,0	0,68-0,63
7	15-14	7,5	0,75-0,73
8	14-13	7,5	0,73-0,71
9	13-12	7,5	0,71-0,69
10	12-11	8,0	0,71-0,68
консоль	11-10	8,0	0,68-0,66
1	35-30	6,0	0,65-0,63
2	30-27	6,5	0,74-0,72
3	27-25	6,5	0,72-0,69
4	25-23	6,5	0,69-0,67
5	23-21	7,0	0,76-0,72
6	21-19	7,0	0,72-0,70
7	19-17	7,0	0,70-0,68
консоль	17-16	7,5	0,77-0,74

Таблица 3.

Результаты расчета погрешностей

Модификация ДМ	Погрешность, %	
	максимальная	средняя
Равнокрылая	6,4	4,3
Разнокрылая	10,0	8,6

Разработанные рекомендации по технической модернизации ДМ BAUER-LINESTAR 5000 внедрены в 2006 году в СООО «Дружба народов» Красногвардейского района АР Крым, что подтверждено соответствующим Актом внедрения от 31.10.2006 г.

Данным актом подтверждено, что при эксплуатации ДМ BAUER-LINESTAR 5000 по предложенной схеме улучшается равномерность полива до 20% и, как следствие, повышается урожайность сельскохозяйственных культур на 6-8 %.

ВЫВОДЫ:

1. С использованием системного подхода обоснован способ модернизации, позволяющий повысить эффективность работы дождевальной машины BAUER-LINESTAR 5000.
2. Оценка погрешностей отклонения расходов насадок от требуемого значения с учетом количества насадок показывает, что более целесообразным является использование равнокрылых модификаций дождевальных машин.
3. Предложенные методы модернизации могут быть использованы проектными и эксплуатационными организациями при выборе оптимального варианта оборудования дождевальных машин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Основы научных исследований. Гидромелиорация / Вознюк С.Т., Гончаров С.М., Ковалев С.В. - К.: Вища шк., 1985. - 192 с.
2. Мелиорация и водное хозяйство. Т6. Орошение: Справочник / Под ред. Б.Б.Шумакова. - М.: Агропромиздат, 1990.-415 с.
3. Многоопорные дождевальные машины / Под ред.. С.Х.Гусейн-заде. - М.: Колос, 1984.-191 с.
4. Механизация полива: Справочник / Штепа Б.Г., Носенко В.Ф., Ванникова Н.В. и др. - М.: Агропромиздат, 1990.-336 с.
5. Справочник по использованию мелиоративной техники / Под ред. Д.П.Полищука. - К.: Урожай, 1986. - 208 с.
6. Справочник по гидравлике / Под ред. В.А.Большакова. - К.: Вища шк., 1984. - 343 с.

Карпова Л.Г., инженер, Дедова С.А., инженер.
ГП «Крымстандартметрология», г. Симферополь

GPS-приемники и их применение

Рассматриваются возможности применения и методы для создания кадастровых геоэкономических и других баз данных.

Кадастр, системы GPS, спутник, координаты, приемник, станция слежения, орбита.

Современные подходы к созданию кадастровых баз данных допускают широкое использование современных методов геоэкономических измерений, в первую очередь GPS – технологий. Спутниковая радионавигационная система или, как она еще называется, глобальная система определения местоположения GPS (Global Position System) обеспечивает высокоточное определение координат и скорости объектов в любой точке земной поверхности, в любое время суток, в любую погоду, а также точное определение времени.

GPS (Global Positioning System) переводится как «глобальная система позиционирования». Её существование и свободная доступность позволяет любому, имеющему соответствующее оборудование, с высокой точностью определять свои координаты, высоту над уровнем моря и другие данные.

Технически GPS представляет собой систему из более чем двадцати искусственных спутников земли (для работы системы необходимо 24, реально же спутников больше для увеличения надежности), главной управляющей станции и станций слежения. Спутники непрерывно передают данные на нескольких частотах. Приемник GPS, получив эти данные и вычислив время прохождения сигнала от спутника, может определить свои координаты, местное время и т.п. Непрерывно (обычно один раз в секунду) обновляя эти данные, приемник в состоянии определить свою скорость, направление движения и другие показатели. Главная управляющая станция и станции слежения необходимы, главным образом, для корректировки орбит спутников и для мониторинга их состояния.

Система GPS может использоваться в самых различных областях - от туризма до геоэкономических и кадастровых работ. Сейчас существует большое количество недорогих GPS-приемников.

Все модели GPS приемников, начиная с самых дешевых, имеют следующий набор базовых возможностей:

- определение прямоугольных (х,у) и геоэкономических координат (широта, долгота) координат точки стояния и высоты над уровнем моря.
- определение сторон света, дирекционного угла на точку и эмуляция «компаса»
- поддержку нескольких систем координат (datum) и возможности задания пользовательской, что является необходимым условием использования приемников с отечественными картами;
- определение текущей, средней, максимальной скорости;
- занесение в память приемника координат выбранных точек (т.н. waypoints);
- определение направление движения;
- определение расстояния до выбранной точки и ориентировочное время пути, исходя из текущей (или средней за период) скорости;
- запись в память устройства пройденного маршрута с возможностью обратной его прокрутки;
- индикация точного местного времени, времени заката и рассвета;
- определение пройденного пути;
- интерфейс к РС для загрузки waypoint'ов, маршрутов. Возможен мониторинг местоположения прямо на экране компьютера, но для этого может понадобиться или карманный компьютер, или ноутбук[2].

Почти все устройства имеют влаго- и пылезащищенное исполнение, что неоспоримо в полевых условиях. Обычно, устройства питаются от батареек или аккумуляторов, с возможностью питания от бортовой сети автомобиля.

Более оснащенные приемники имеют возможность загружать в свою память электронные карты местности [1].

Заметим, что, имея сигнал трех спутников, приемник может определить только широту и долготу, т.е. двухмерные координаты. Принимая сигналы от большего числа спутников, приемник уже может определить и высоту, и скорость, и направление движения. Чем больше спутников «видит» приемник, тем точнее будут данные измерений. GPS спроектирована таким образом, что в любой точке Земной поверхности можно принимать сигнал не менее чем с четырех спутников.

Процесс определения координат GPS-приемником выглядит примерно так. При включении устройства после достаточно длительного перерыва приемник начинает принимать сигналы со спутников и тем самым определять, какие из них сейчас доступны из этой локации. Такое состояние приемника называется «холодным стартом», а группу запеленгованных спутников часто именуют «альманахом». После выключения приемник некоторое время держит в памяти последний альманах и в случае повторного включения после кратковременного перерыва время пеленга существенно возрастает (имеет место «теплый старт»), а если перерыв был совсем кратким, то это «горячий старт». Термин TTFF (Time To First Fix), коим часто пользуются при описании этого этапа работы, как раз и означает время, необходимое для захвата того минимального числа спутников, которого достаточно для дальнейших вычислений, и оно указывается отдельно для холодного (обычно 1—2 минуты), теплого (до минуты) и горячего (до десяти секунд) старта, а при особенно неудачном раскладе он может длиться от 5 до 50 минут [2].

Гражданские GPS-приемники работают на частоте L1, равной 1575,42 МГц. Прием сигналов возможен только с тех спутников, которые находятся в пределах прямой видимости. Облака, стекло, и пластик не являются преградами для сигнала, в отличие от большинства плотных объектов (здания, рельеф местности, металлические предметы и люди). Сигнал, передаваемый спутниками GPS, содержит три важных составляющих - псевдослучайный код, эфемеридные данные и альманах. Псевдослучайный код содержит номер спутника, передающего информацию. GPS-приемники GARMIN отображают его на странице спутников.

Эфемеридные данные, постоянно передаваемые каждым спутником, содержат важную информацию о статусе спутника (работает/не работает), а также текущую дату и время. Эта часть сигнала необходима для вычисления местоположения.

Альманах содержит информацию о том, где должны находиться спутники GPS. Каждый спутник передает альманах, содержащий орбитальную информацию для данного спутника, а также всех остальных спутников GPS.

Современные многоканальные GPS-приемники обеспечивают достаточно высокую точность. Так, 12-канальные GPS-приемники GARMIN отслеживают до 12-ти спутников GPS одновременно, обеспечивая быстрое и надежное определение местоположения.

Сразу стоит оговориться, что разговор о точности измерения можно вести только в тех случаях, когда обеспечен устойчивый прием сигналов спутников. Так как принцип действия GPS основан на приеме сигналов со спутников, думаю, очевидно, что приемник не будет работать под водой, под землей и в закрытых помещениях. Уменьшить точность могут также задержки сигнала в верхних слоях атмосферы, отражения сигнала от местных предметов и неблагоприятная геометрия размещения видимых спутников. Погода и время суток не влияют на качество приема сигналов.

Точность GPS-приемников может быть повышена путем приема дифференциальных поправок. Наиболее перспективные источники дифференциальных поправок - глобальные дифференциальные подсистемы, передающие поправку к сигналам GPS с геостационарных спутников. За их использование не предусмотрено какой-либо платы [3].

Источники ошибок в определении местоположения на точность местоопределения при помощи сигнала GPS влияют следующие факторы:

- ионосферные и тропосферные задержки. По мере прохождения атмосферы сигнал замедляется. Система GPS использует встроенную модель, которая определяет среднюю величину задержки для частичной коррекции ошибки этого типа;

- многолучевой прием. Это происходит, когда сигнал GPS отражается от объектов (например, высоких зданий или скал) и попадает в GPS-приемник. Увеличение времени прохождения отраженного сигнала приводит к возникновению ошибки;
- ошибка часов приемника. Встроенные часы GPS-приемника уступают в точности атомным часам, находящимся на борту спутников. Это может быть причиной небольших ошибок в определении времени прохождения сигнала;
- орбитальные ошибки (известны также как эфемеридные ошибки). Соответствуют неточности в передаваемом местоположении спутников;
- число видимых спутников. Чем больше спутников находится в зоне прямой видимости GPS-приемника, тем выше точность. Здания, элементы рельефа, а иногда и густая листва могут препятствовать приему сигналов GPS, становясь причиной возникновения ошибок в местоположении, а иногда даже делая его невозможным;
- геометрия видимых спутников. Определяется взаимным расположением спутников в каждый момент времени. Идеальной является такая геометрия спутников, когда углы между направлениями на них большие. Неудачной считают такую геометрию, когда спутники располагаются на одной линии или близко к ней [2], [5].

Технология GPS позволяет решать геодезические задачи самого разного уровня: от развития государственной геодезической сети до инвентаризации земельных участков. Практика показывает, что производительность труда возрастает при этом в десятки раз. В зависимости от требуемой точности определения координат, лимита времени на измерения, условий выполнения работ, применяются GPS-приемники различных типов, однако все они работают в дифференциальном режиме и являются фазовыми (за исключением, может быть, некоторых задач ГИС (Геоинформационных систем), где достаточно точности кодового приемника). Наибольшее распространение на территории СНГ получила фазовая одночастотная (L1) аппаратура, поскольку она, с одной стороны, в 2-5 раз дешевле двухчастотной, а, с другой стороны, обеспечивает точность, достаточную для решения большинства практических задач. Вот некоторые примеры использования GPS-технологий в геодезии [1].

Специалисты АО “ЗапУралТИСИЗ” использовали приемники 4000ST фирмы Trimble для проведения работ по развитию геодезической сети в г. Уфа. Бригада из двух человек построила триангуляцию из 15 пунктов за 5 дней, тогда как при использовании существующих методов геодезических измерений такую же работу выполняет бригада из пяти человек за 2 недели.

В геодезических приложениях нашли применение исключительно дифференциальные методы GPS - измерений, поскольку только с их использованием возможно определение координат точек местности с требуемой точностью.

Имеется несколько методов выполнения наблюдений. Выбор конкретного метода зависит от следующих факторов:

- требуемый уровень точности;
- технические возможности приемника и наличие соответствующего программного обеспечения;
- характер окружающей местности и метеоусловия (радиопомехи, рельеф, гроза);
- наличие ограничений на переезд между наблюдаемыми пунктами и расстояние между ними;
- конфигурация спутниковой системы и количество наблюдаемых спутников, наличие средств связи.

Для решения различных задач: определения точных координат отдельных точек, последовательных измерений местоположения множества точек, непрерывных координатных определений в процессе движения автомобиля и др. - в рамках DGPS- режима разработан ряд методов выполнения измерений. Эти методы отличаются технологией выполнения работ и получаемой точностью вычисления вектора базы [4].

Статический метод означает, что приемники не перемещаются в течение всего наблюдательного интервала. Базовый приемник и приемник с неизвестными координатами одновременно выполняют наблюдения и записывают данные в течение 15 минут - 3 часов. Такая длительность

сессии вызвана необходимостью определения целочисленной неоднозначности фаз в начале сессии. Этому способствует и заметное изменение со временем конфигурации спутниковой системы. Одночастотные приемники используются для измерения баз длиной до 10-15 км, а двухчастотные - для баз длиннее 15 км (преимущества двухчастотных приемников заключаются в возможности адекватного моделирования эффекта воздействия ионосферы, а также меньшей продолжительности наблюдений для достижения заданной точности)[2]. После завершения сеансов наблюдений данные, полученные каждым приемником, собираются вместе, вводятся в компьютер и обрабатываются с помощью специальных программ с целью определения неизвестных координат пунктов [6].

Точность метода при использовании фазовых наблюдений:

I. для двухчастотных приемников:

1. в плане: $5 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км} * D$;
2. по высоте: $10 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км} * D$;

II. для одночастотных приемников:

1. в плане: $5 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км} * D$ - (при $D < 10 \text{ км}$); $5 \text{ мм} + 2 \text{ мм/км} * D$ - (при $D > 10 \text{ км}$);
2. по высоте: $10 \text{ мм} + 2 \text{ мм/км} * D$.

ВЫВОДЫ

Статический метод используют для решения задач контроля национальных и континентальных геодезических сетей, мониторинга тектонических движений земной поверхности, наблюдения за состоянием дамб, фундаментов атомных электростанций и др. сооружений.

Практически все работы, которые могут выполняться с использованием GPS, подлежат лицензированию (Постановление Кабинета Министров Украины № 1075 от 13.07.98).

Сегодня технология GPS все больше завоёвывает популярность среди широкого круга людей разных профессий и рода деятельности. Этому существует простое объяснение:

- Стоимость оборудования сегодня все более доступна для людей разного уровня достатка.
- Эксплуатация GPS навигации абсолютно бесплатна!
- GPS навигация покрывает всю территорию Земли.
- Массовый выход на рынок устройств и программ для всех категорий пользователей. От защищенных и лёгких спец устройств до автомобильной навигационной системы.

ГП «Крымстандартметрология» совместно с Национальным научным центром «Институт метрологии» разработана методика поверки GPS-приемников.

В АР Крым специалистами ГП «Крымстандартметрология» производится ежегодная обязательная поверка одночастотных и двухчастотных GPS-приемников различных типов. Поверка проводится в полевых условиях на аттестованном ННЦ «Институт Метрологии» базисе, что обеспечивает заданную точность и позволяет владельцам GPS-приемников поддерживать точность измерений, не выезжая за пределы АР Крым.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Неумывакин Ю.К., Перский М.И. Геодезическое обеспечение землеустроительных и кадастровых работ. Справочное пособие.- М.: Картгеоцентр - Геоиздат, 1996.
- 2.Сетевые спутниковые радионавигационные системы. - М.: Радио и связь, 1992.
- 3.Глобальна система визначення місцеположення (GPS). Теорія і практика / Гофманн -Велленгоф Б., Ліхтенеггер Г., Коллінз Д. / Пер. з англ. під ред. Яцківа Я.С.- Київ: Наук. думка, 1995.
- 4.Шебшаевич В.С., Григорьев В.С., Кокина Э.Г. и др. Дифференциальный режим сетевой спутниковой радионавигационной системы // Зарубежная радиоэлектроника - 1989.- №1.- с. 5 - 45.
- 5.Бойков В.В., Галазин В.Ф., Каплан Б.А., Максимов В.Г., Базлов Ю.А. Опыт создания геоцентрической системы ПЗ-90 // Геодезия и картография, 1993, № 11, с.17-21.
- 6.Липкин И.А. Спутниковые навигационные системы. М.: Вузовская книга, 2001

Демиденко Л.В., инженер, Еремеева О.К., инженер, Карпова Л.Г., инженер
ГП «Крымстандартметрология», г. Симферополь

Калиниченко В.А., инженер
ГП «Харьковстандартметрология», г. Харьков

Купко А.Д., к.т.н.
ННЦ «Институт метрологии», г. Харьков

Спектральные поправки при измерении параметров источников ультрафиолетового излучения приборами отечественного производства

Рассмотрена методика, позволяющая повысить точность УФ измерений без использования дополнительных средств измерения, а так же унифицировать процедуру УФ измерений.

УФ излучение, квант, воздействие, радиометр, измерение, анализ, канал, сигнал, спектральная освещенность, мощность излучения, интенсивность.

Измерения ультрафиолетового (УФ) излучения играют особую роль в медицине и при обеспечении безопасности людей. Кванты УФ излучения несут большую по сравнению с видимым излучением энергию и инициируют разнообразные и часто противоречивые процессы. Одно и то же излучение может оказаться, с одной стороны, полезным для организма и вредным с другой. Зависимость эффективности каждого процесса от длины волны описывается соответствующей кривой действия. Широко используются эритемная, бактерицидная и другие кривые. Обсуждение достоинств и недостатков такого подхода продолжается [1]. Формально число этих кривых может быть столь же велико, сколь и число исследуемых процессов взаимодействия УФ излучения и организма. Поэтому в настоящее время для изучения процессов взаимодействия УФ излучения и организма используется не какая-либо из этих кривых, а мощность УФ излучения в спектральных интервалах 400-315 нм – область А, 315-285 нм – область В и 285-200 нм – область С.

Очевидно, что для измерения этих величин необходим приемник с постоянной спектральной чувствительностью внутри какой-либо из этих областей и нулевой – вне ее. Технически это требование очень трудно реализовать, поэтому возникают специфические спектральные проблемы, приводящие к существенным погрешностям. Наибольшее значение имеют измерения УФ излучения в сфере охраны труда и медицины, т.е. при оценке воздействия излучения на человека.

Критерии допустимости – вопрос не только медицинский, но и юридический. Ведутся дискуссии о допустимых дозах и уровнях УФ излучения, ссылки на международные документы можно найти, например, в [1]. В Украине регламентированы нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях и методы их измерения [2].

Различаются три случая.

Первый – (периодическое воздействие) – наличие незащищенных участков поверхности кожи не более 0,2 м², периода облучения до 5 минут, длительности пауз между ними не менее 60 минут. Допустимая интенсивность облучения не должна превышать:

для области А (400 нм - 315 нм) – 50 Вт/м²;

для области В (315 нм – 280 нм) – 0,05 Вт/м²;

для области С (280 нм – 200 нм) – 0,001 Вт/м².

Второй – (длительное воздействие) – при незащищенной поверхности кожи не более 0,2 м² общая продолжительность не более 50% рабочей смены и при длительности однократного облучения свыше 5 минут. Допустимая интенсивность облучения не должна превышать:

для области А (400 нм – 315 нм) – 10 Вт/м²;

для области В (315 нм – 280 нм) – 0,01 Вт/м².

Излучение в области С не допускается.

Третий случай – (допустимое воздействие при использовании специальной одежды и средств защиты лица и рук) – допустимая интенсивность облучения в области А+В (200 нм – 315 нм) не

должна превышать 1 Вт/м².

Если нарушается любой из этих пунктов, то необходимы мероприятия по уменьшению интенсивности источника или защите рабочего места от облучения.

Измерения следует производить на высотах 0,5 м, 1 м и 1,5 м от пола в направлении максимального излучения. Если источников несколько, то измерения нужно проводить в направлении каждого из них или через каждые 45 градусов по окружности в горизонтальной плоскости. Для измерения следует использовать приборы типа спектрорадиометров с известной спектральной чувствительностью. Погрешность измерений не должна превышать 10 %.

Такая точность делает необходимым введение спектральных поправок, учитывающих отличие реальной формы контура спектральной чувствительности от идеальной. Для вычисления таких поправок в рамках настоящей работы использован подход, описанный в [3]. Предполагается, что используется радиометр с каналами. Сигнал каждого из А, В, С каналов радиометра может быть записан в виде

$$I_{A,B,C} = \int_0^{\infty} E(\lambda) S_{A,B,C}(\lambda) d\lambda, \quad (1)$$

где $I_{A,B,C}$ – сигналы каждого из А,В,С каналов радиометра; $S_{A,B,C}(\lambda)$ – чувствительности каналов радиометра; $E(\lambda)$ – спектральная освещенность в плоскости радиометра.

Поскольку в результате измерения нужно получать мощности в соответствующих интервалах, то результат измерения можно записать в виде

$$P_{A,B,C} = \int_{A,B,C} E(\lambda) d\lambda = \frac{I_{A,B,C}}{S_{A,B,C}} \frac{\int_{A,B,C} E_r(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} E_r(\lambda) S_{A,B,C}(\lambda) d\lambda}, \quad (2)$$

где $E_r(\lambda)$ – относительная спектральная освещенность в плоскости радиометра; $S_{A,B,C}(\lambda)$ – относительная спектральная чувствительность приемников А,В,С каналов, т.е. каждая из них нормирована на какой-либо длине волны (например на максимум) в пределах А, В, С диапазонов; $S_{A,B,C}$ – абсолютная чувствительность приемников А, В, С каналов, которую можно измерить экспериментально.

В случае калибровки радиометра по источнику с монохроматическим излучением результат измерения может быть записан в виде:

$$P_{A,B,C} = E_{A,B,C}^o \frac{I_{A,B,C}}{I_{A,B,C}^o} \frac{\int_{A,B,C} E_r(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} E_r(\lambda) S_{A,B,C}(\lambda) d\lambda} \frac{\int_0^{\infty} E_r^o(\lambda) S_{A,B,C}(\lambda) d\lambda}{\int_{A,B,C} E_r^o(\lambda) d\lambda}, \quad (3)$$

где $E_{A,B,C}^o$ – интегральные освещенности в областях А,В,С, создаваемые эталонным источником; $I_{A,B,C}^o$ – сигналы каналов радиометра при калибровке по эталонному источнику; $E_r^o(\lambda)$ – относительное спектральное распределение эталонного источника.

Как видно, (2) и (3) содержат одинаковые выражения,

$$F = \frac{\int_{A,B,C} E_r(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} E_r(\lambda) S_{A,B,C}(\lambda) d\lambda}, \quad (4)$$

представляющие собой поправку, обусловленную формой спектра измеряемого излучения. Погрешность определения этой поправки и представляет собой погрешность измерения, обусловленную неизвестным видом спектра источника. Из (3) очевидно, что если приемник откалиброван в излучении с таким же спектральным составом, что и спектральный состав, при котором в дальнейшем происходят измерения, то спектральной составляющей ошибки не возникает. Однако предугадать спектральный состав излучения при калибровке часто невозможно.

Второй случай, когда поправка становится несущественной – это когда канал имеет спектральную чувствительность прямоугольной формы с границами, совпадающими с границами спектральных областей. Как было замечено ранее, технически это реализовать очень сложно. Поэтому следует подробнее проанализировать поправку.

Для известного спектра интеграл $\int_{A,B,C} E_r(\lambda) d\lambda$ вычисляется точно. Вычисление интеграла

$\int_0^\infty E_r(\lambda) S_{A,B,C}(\lambda) d\lambda$ связано с погрешностями измерения спектральной чувствительности каналов радиометра. Если для области, в которой чувствительность канала заметно отличается от нуля, измерение не представляет существенных экспериментальных трудностей, то для остального спектрального диапазона, где чувствительность должна быть нулевой, измерения затруднены. Однако, например, для кремниевого приемника, область спектральной чувствительности которого простирается до 1,2 мкм и для фильтра в области С, который вне основной полосы чувствительности пропускает только 10^{-4} часть сигнала, при измерении сигнала от обычной лампы накаливания вклад от неподдавленной чувствительности приблизительно в три раза превосходит полезный сигнал от излучения в области С. Поэтому простейшее измерение сигнала от лампы накаливания, где УФ излучения практически нет, может показать существенные дозы. Именно поэтому в Российской Федерации приняты документы, регламентирующие процедуру измерения УФ излучения [4-6]. В настоящее время в Украине эти документы внесены в Указатель 2005 года [7]. Методика заключается в том, что производится отсчет показаний прибора, потом радиометр закрывается стеклом, заведомо не пропускающим УФ излучения и пропускающим видимое и ИК излучение. Если показания в этом случае составляют более 5 процентов от первого измерения, прибор признается непригодным для этого измерения, если менее – тогда в показания вносится поправка.

Значение поправки можно определить из следующих соображений.

Считаем, что надо измерить величину:

$$\int_0^\infty B(\lambda) \Pi(\lambda) d\lambda = \int_{A,B,C} E_r(\lambda) d\lambda,$$

где $\Pi(\lambda)$ – функция равная 1 в области А (В,С) и 0 – вне ее.

Можем же измерить только сигнал:

$$J_0 = \int_0^\infty B(\lambda) S(\lambda) d\lambda.$$

Эти величины связаны между собой коэффициентом F:

$$F = \int_0^\infty B(\lambda) S(\lambda) d\lambda / \int_0^\infty B(\lambda) \Pi(\lambda) d\lambda.$$

Его обратную величину можно следующим образом тождественно преобразовать:

$$\begin{aligned} 1/F &= \frac{\int_0^a B(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty B(\lambda) \Pi(\lambda) d\lambda} \frac{\int_0^\infty B(\lambda) S(\lambda) \tau_{UV}(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty B(\lambda) S(\lambda) \tau_{UV}(\lambda) d\lambda} + \frac{F}{F} \frac{\int_a^b B(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty B(\lambda) \Pi(\lambda) d\lambda} + \\ &+ \frac{\int_b^\infty B(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty B(\lambda) \Pi(\lambda) d\lambda} \frac{\int_0^\infty B(\lambda) S(\lambda) \tau_{IR}(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty B(\lambda) S(\lambda) \tau_{IR}(\lambda) d\lambda} = F \frac{J_{UV}}{J_0} \frac{\int_0^a B(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty B(\lambda) S(\lambda) \tau_{UV}(\lambda) d\lambda} + \\ &+ \frac{F}{F} F^* + F \frac{J_{IR}}{J_0} \frac{\int_b^\infty B(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty B(\lambda) S(\lambda) \tau_{IR}(\lambda) d\lambda}. \end{aligned}$$

Здесь область интегрирования разбита на три участка – $(0 - a)$ и $(b - \infty)$, где чувствительность приемника мала и не может быть точно измерена, и на участок от a до b , где чувствительность приемника достаточно велика для того, чтобы обеспечить измерения с необходимой точностью. Введено обозначение:

$$F^* = \frac{\int_0^b B(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty B(\lambda) \Pi(\lambda) d\lambda} . \quad (5)$$

Если известен спектр излучения, то эта величина может быть вычислена более точно, чем F . Смысл умножения и деления на одинаковые величины, содержащие $\tau_{IR}(\lambda)$ (пропускание фильтра, пропускающего излучение, более длинноволновое, чем контур) и $\tau_{UV}(\lambda)$ (пропускание фильтра, пропускающего излучение, более коротковолновое, чем контур) очевиден. Выражения образованы величинами, которые, с одной стороны, могут быть достаточно легко измерены экспериментально, а с другой стороны, при удачном выборе фильтров, входят в формулу в виде коэффициентов

$$\frac{\int_0^a B(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty B(\lambda) S(\lambda) \tau_{UV}(\lambda) d\lambda} \quad \text{и} \quad \frac{\int_b^\infty B(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty B(\lambda) S(\lambda) \tau_{IR}(\lambda) d\lambda} , \quad (6)$$

приблизительно равных единице.

Используя для знаменателей

$$\int_0^\infty B(\lambda) \Pi(\lambda) d\lambda = F^* \int_0^\infty B(\lambda) S(\lambda) d\lambda ,$$

легко получить, что

$$F = F^* \left[1 - \frac{J_{UV}}{J_0} \frac{\int_0^a B(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty B(\lambda) S(\lambda) \tau_{UV}(\lambda) d\lambda} - \frac{J_{IR}}{J_0} \frac{\int_b^\infty B(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty B(\lambda) S(\lambda) \tau_{IR}(\lambda) d\lambda} \right] .$$

И соответственно

$$\int_0^\infty B(\lambda) \Pi(\lambda) d\lambda = F^* \left[1 - \frac{J_{UV}}{J_0} \frac{\int_0^a B(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty B(\lambda) S(\lambda) \tau_{UV}(\lambda) d\lambda} - \frac{J_{IR}}{J_0} \frac{\int_b^\infty B(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty B(\lambda) S(\lambda) \tau_{IR}(\lambda) d\lambda} \right] J_0 , \quad (7)$$

где J_{IR} – сигнал фотометра с установленным перед ним фильтром $\tau_{IR}(\lambda)$;

J_{UV} – сигнал фотометра с установленным перед ним фильтром $\tau_{UV}(\lambda)$;

J_0 – сигнал фотометра без добавочных фильтров.

Практически область интегрирования ограничена областью малых сигналов в УФ области и чувствительностью кремниевого фотодиода в ИК области.

Очевидно, что точность определения F^* выше, чем точность определения F из-за лучших условий для экспериментального измерения. Выражение в скобках представляет собой корректирующий множитель, части которого могут быть частично измерены экспериментально, частично рассчитаны для известного спектра.

Если сигналы фотометра с добавочными фильтрами существенно меньше, чем без добавочных фильтров, то точность вычислений интегралов может быть невелика. В этом случае зависимость от вида спектра становится несущественной. Таким образом, задача предвидения вида спектра заменяется задачей подбора фильтров, что существенно проще. Если излучение быстро растет с длиной волны, например для излучения нагретых тел, то член

$$\frac{J_{UV} \int_0^a B(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{J_0 \int_0^\infty B(\lambda) S(\lambda) \tau_{UV}(\lambda) d\lambda}$$

может быть отброшен из-за малости.

В Украине наиболее распространенным прибором для УФ измерений является УФР-21. Он снабжен косинусной насадкой, что делает необязательными поправки на конечные размеры источника, предусмотренные в [4-6]. Его приемник чувствителен только к излучению с длиной волны менее 550 нм, что существенно снижает влияние длинноволновой части спектра. Кроме того, в последней модификации прибора в комплекте имеются дополнительные фильтры, пропускающие более длинноволновое излучение, чем измеряемая область. Методика измерений аналогична методикам, принятым в РФ, причем коэффициент пропускания дополнительных фильтров также учитывается, правда, несколько упрощенным способом [8]. Отношение интегралов в соответствии с (6) заменено коэффициентами ослабления насадок. Поэтому проблемы, связанные с измерением УФ излучения от нагретых тел (включая солнце), в настоящее время можно считать преодоленными. Однако, та часть поправки, которая определяется отклонением формы спектральной чувствительности от прямоугольной может быть достаточно велика.

Аналогичная ситуация сложилась несколько десятилетий назад в фотометрии. Форма спектральной чувствительности наиболее распространенного люксметра с селеновым приемником существенно отличалась от спектральной чувствительности человеческого глаза. Пока основная часть источников излучения была представлена обычными лампами накаливания, проблем не возникало, поскольку спектр излучения всех ламп накаливания был почти одинаковым. Когда широкое распространение получили лампы дневного света, спектр которых существенно отличался от спектра ламп накаливания, возникли существенные погрешности [9]. Решение предлагалось достаточно простое – рассчитать поправочные коэффициенты для разных типов ламп и использовать их при измерениях [10]. До разработки более совершенных приборов такая методика в некоторой степени снимала проблему. Отличие этой ситуации от положения с измерением УФ излучения в наличии трех каналов измерителя вместо одного и в существенно большем разнообразии видов источников. Поэтому каждое измерение разрастается в достаточно трудоемкое научное исследование, обременительное для измерителя.

Осознавая важность проблемы корректного измерения УФ излучения, Государственные предприятия «Крымстандартметрология» и «Харьковстандартметрология» и Национальный научный центр «Институт метрологии» провели совместную работу [11] по разработке методики измерения для медицинских источников УФ излучения при помощи радиометра УФР-21. Основная идея заключается в том, что число типов источников УФ излучения ограничено. Если известны их спектры и спектральные чувствительности каналов используемого радиометра, то можно рассчитать необходимые поправки. Задача существенно облегчается тем, данные по большинству типов источников УФ излучения выставлены на сайтах фирм производителей, а НПФ «Тензор», производящая радиометр УФР-21, предоставляет данные об относительной спектральной чувствительности каналов.

Проведенный анализ спектров источников УФ излучения, используемых в Харьковской области и в Автономной Республике Крым, показал, что они существенно отличаются, и, видимо, будут меняться со временем. Поэтому, вместо фиксированных таблиц, было признано целесообразным разработать электронный документ в виде книги Excel, куда изначально вносятся спектральные чувствительности каналов конкретного радиометра и базовый набор наиболее распространенных спектров.

Для каждого спектра вычислена поправка – коэффициент F. При измерениях встречавшегося ранее спектра нужно результат измерения умножить на вычисленную поправку. При возникновении нового типа источника следует разыскать в литературе или измерить его спектр, внести его в документ и использовать соответствующие поправки. Базовый набор спектров (в настоящее вре-

мя около 60) включает семейство ламп фирм Philips, Osram, лампы ЛУФ, ДРТ, Cleoeffekt, UV-n, Cosmolux UV-n-test, Luxdent и т.д. Список их будет постоянно расширяться. Следует отметить, что доля длинноволнового излучения для всех этих ламп по сравнению с лампами накаливания мала, именно потому для них эффект от использования предложенной методики наиболее существен.

Учитывая то, что введение поправок (6) согласно формуле (7), связано с характеристиками используемых стекол, в книге Excel вычислены эти поправки. При замене типов стекол их характеристики вносятся в соответствующие ячейки и поправки вычисляются автоматически. Поскольку границы чувствительности используемых фильтров в радиометрах не точно совпадают с границами областей А, В и С, то предусмотрена возможность изменять значения a и b для формулы (7). Разумеется, при этом введение поправок будет давать результат измерения не в областях А, В, С, а областях с границами a и b для каждого канала.

Ниже приведены результаты расчета поправок для УФ-21, принадлежащего ГП «Крымстандартметрология». Спектральные чувствительности фильтров А, В и С каналов радиометра и спектральные характеристики используемых стекол (БС 4, БС 7, ЖС 12 вместо прилагаемых к радиометру изготовителем) в нормированном виде приведены на рис. 1.

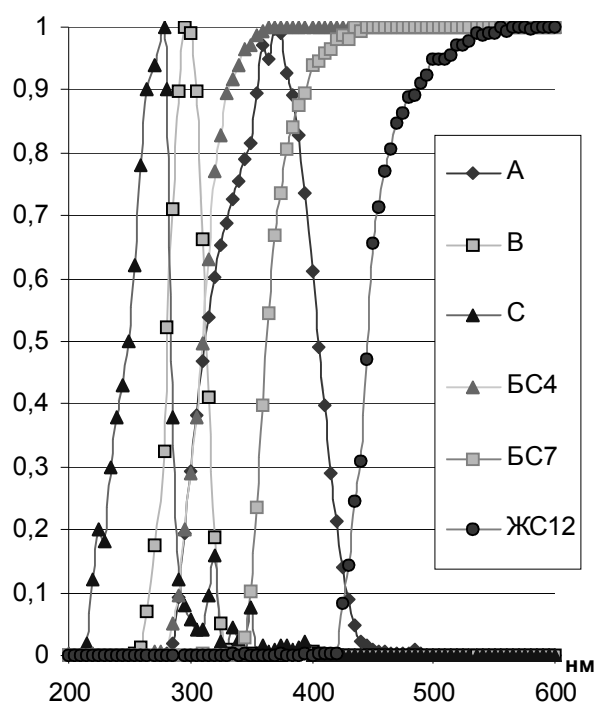


Рис. 1. Нормированные спектральные чувствительности фильтров А, В и С каналов радиометра и нормированные спектральные характеристики используемых стекол (ЖС 12 для канала А, БС 7 для канала В, БС 4 для канала С).

Расчет проведен для спектрального интервала 200 нм-600 нм с шагом 5 нм. Интегрирование заменялось суммированием, поскольку точность использованных спектров источников невелика, такое приближение оправдано. На гистограмме по горизонтальной оси отложены поправки для областей А, В и С, разбитые на интервалы. По вертикальной оси – число поправок, попавших в данный интервал. Хорошо видно (см. рисунок 2 а, б, в), что из-за неизвестного вида спектра источника при измерении одинаковой мощности можно существенно ошибиться. Наибольшие ошибки возникают в случае малой составляющей спектра у измеряемого источника излучения в соответствующей области спектра. Поэтому в разработанной книге Excel предлагается пользоваться поправками не более чем в три раза отличающимися от единицы.

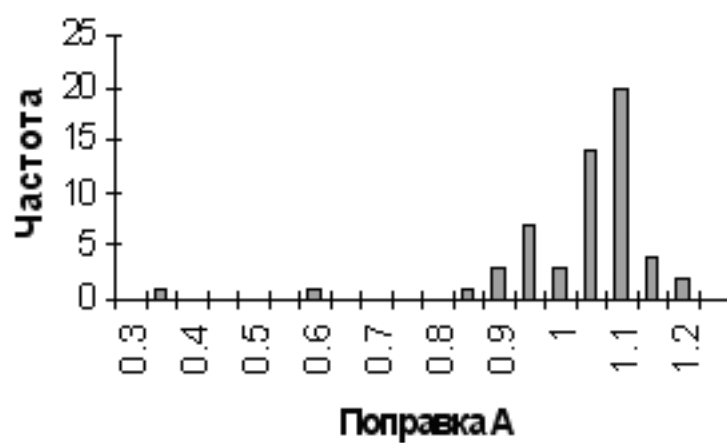


Рис. 2 а. Гистограмма поправок для измерений в области А.

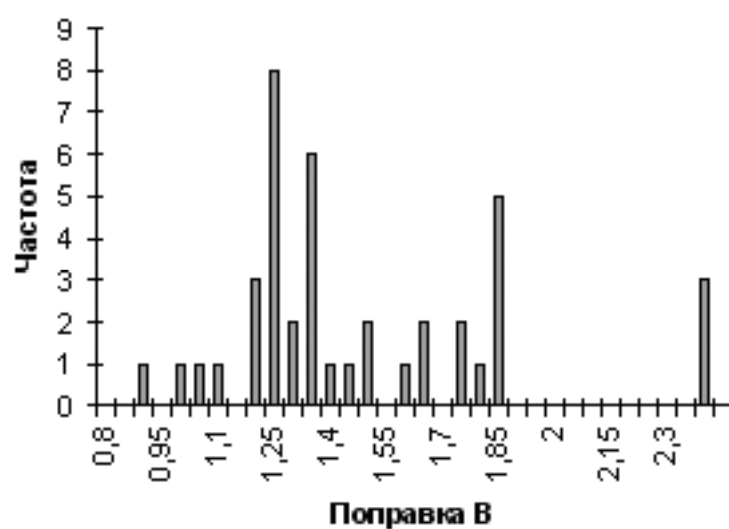


Рис. 2 б. Гистограмма поправок для измерений в области В.

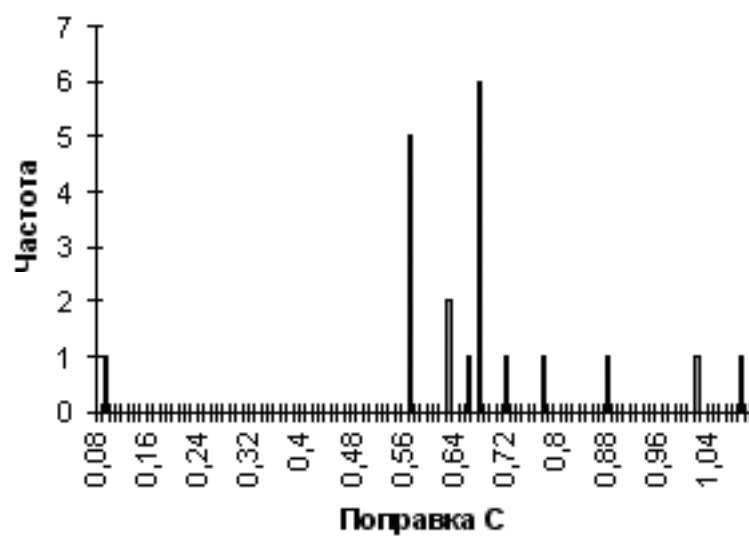


Рис. 2 в. Гистограмма поправок для измерений в области С.

Поправка $\frac{\int_b^\infty B(\lambda)S(\lambda)d\lambda}{\int_0^\infty B(\lambda)S(\lambda)\tau_{IR}(\lambda)d\lambda}$ для рассмотренного радиометра меняется от 0,34 до 1,18 для кана-

ла А и стекла ЖС 12, от 0,48 до 201 для канала В и стекла БС 7 и от 0,79 до 3,2 для канала С и стекла БС 4. При использовании предложенного подхода лучше подбирать стекла, которые имеют некоторое пропускание в области чувствительности канала, чем стекла, которые имеют существенный зазор. Для источников, которые имеют существенную составляющую спектра в области зазора, поправки будут велики.

На рисунке 3 а, б, в представлены гистограммы поправок для каналов А, В, С и использованных стекол.

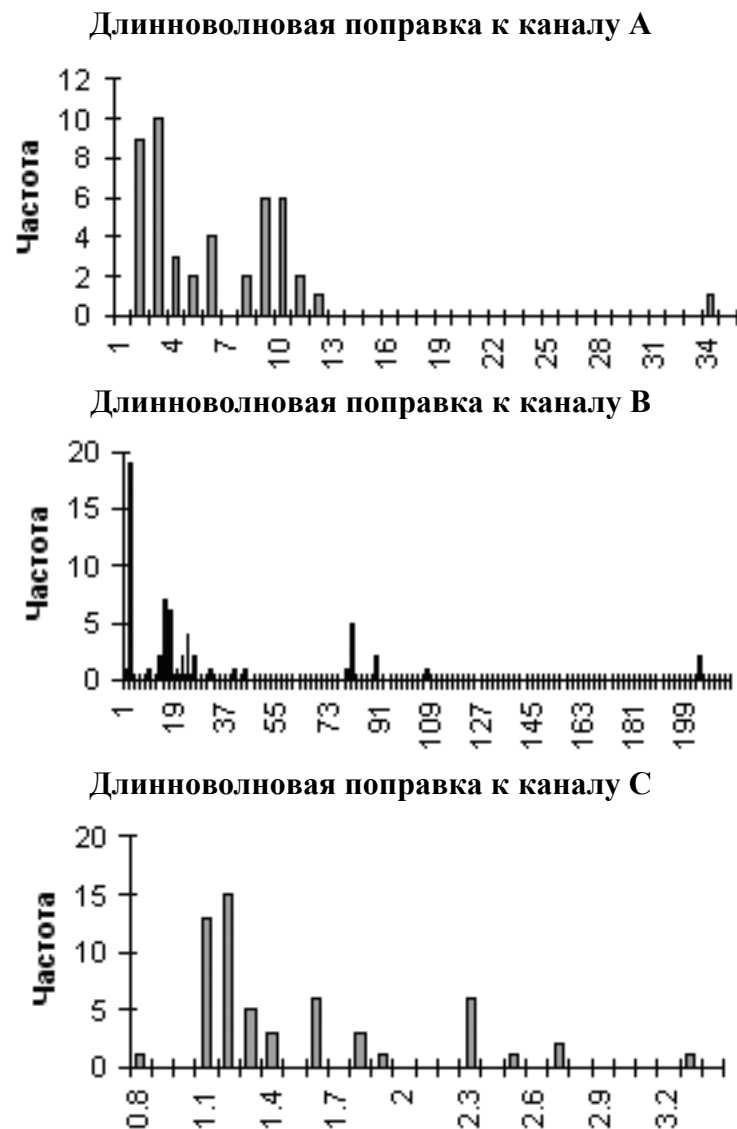


Рис. 3. Гистограммы длинноволновых поправок в каналу А со стеклом ЖС 12, каналу В со стеклом БС 7 и каналу С со стеклом БС 4.

ВЫВОДЫ

Методика позволяет повысить точность УФ измерений без использования дополнительных средств измерения, только за счет повышения требований к квалификации операторов и использования справочных данных. Использование для вычислений книги Excel, а не создание специализированной программы на языке высокого уровня будет способствовать широкому распространению методики. Для корректного измерения необходимо выяснить тип источника и ввести поправки уже рассчитанные поправки. Однако, требования, к квалификации измерителя остаются очень высокими. Процесс измерения, как, впрочем, и во многих других случаях, остается, в некоторой степени, научной работой. Естественным конечным этапом внедрения методики должно стать ее использование на этапе создания УФ радиометров с тем, что бы максимально облегчить процедуру измерения. Существует понимание такой необходимости.

В настоящее время существует настоятельная потребность в увеличении измерений параметров УФ излучения во многих регионах. Распространение разрабатываемой методики на все области Украины позволит не только повысить точность, но и унифицировать процедуру УФ измерений, опыт в проведении которых в настоящее время зачастую недостаточен.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сарычев Г.С., Гаврилкина Г.Н., Профилактическое УФ излучение и стандарт МКО по фотобиологической безопасности ламп и ламповых систем // Светотехника. – 2003. – № 1. – С.38-39.
2. Общесоюзные санитарно-гигиенические и санитарно-производственные правила и нормы. Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях. – М.: Министерство здравоохранения СССР, 1988.
3. Метод повышения точности измерений основанный на распознавании УФ-спектров // Измерительная техника. – 2003. – № 4. – С.20-26.
4. РМГ 69-2003 ГСИ. Характеристики оптического излучения соляриев. Методика выполнения измерений.
5. РМГ 70-2003 ГСИ. Характеристики ультрафиолетового излучения бактерицидных облучателей. Методика выполнения измерений.

Ковальчук П.И., д.т.н., профессор, Зуева Т.В., инженер
 Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Управление водохранилищем в условиях прохождения паводка на основе минимизации экономического и экологического рисков

Рассмотрены вопросы оперативного управления водохранилищем в условиях прохождения паводков. Определены функциональные зависимости определения эколого-экономических рисков. Приведен пример оценки вариантов управления Симферопольским водохранилищем.

водохранилища, экологические риски, экономические риски, оперативное управление, паводки, имитационная модель

1. Постановка задачи. Как известно, управление водохранилищем предполагает наличие балансового уравнения, в котором учитываются состояние объекта, приточная и расходная составляющие [1]. Однако в период прохождения паводка управление водохранилищем имеет ряд особенностей. Так, с одной стороны, необходимо минимизировать возможные негативные экологические последствия (экологические риски), а с другой стороны, максимально использовать водные ресурсы (максимизировать экономическую функцию полезности) или минимизировать холостые сбросы воды в нижний бьеф (функция экономического риска).

Решение данной задачи предполагается на основе построения математической имитационной модели для исследований пропуска паводка, моделирование сценариев в наиболее неблагоприятные годы, многокритериальной оценки сценариев на основе функций риска – полезности, нахождение оптимальных интервалов работы водохранилища на основе принципов многокритериальной оптимизации в условиях неопределенности.

2. Имитационная модель управления. Формализация математической модели состоит в определении составляющих балансовой модели и оценочных функций рисков. Как известно динамика объекта описывается уравнением водного баланса:

$$W_{t+1} = W_t + Q_{t+1} - C_{t+1} - S_{t+1} + O_{t+1} - I_{t+1} - E_{t+1}, \quad (1)$$

где: W_t, W_{t+1} – объем водохранилища соответственно в моменты времени t и $t+1$;

Q_{t+1} – поступление воды в водохранилище (приток рек, приток воды с близлежащей территории, питание подземными водами) на интервале Δt ;

C_{t+1} – забор воды потребителями (на коммунальные и промышленные потребности, орошение);

S_{t+1} – холостые сбросы воды в нижний бьеф в период паводка на интервале Δt ;

O_{t+1} – осадки на интервале Δt ;

I_{t+1} – инфильтрация в водохранилище на интервале Δt ;

E_{t+1} – испарение с поверхности водохранилища на интервале Δt .

Управление режимом работы водохранилища осуществляется в соответствии с диспетчерским графиком, построенным в отметках уровней воды и объемах водохранилища. Различают:

- $H_{\text{умо}}$ – уровень мертвого объема: минимальный уровень водохранилища при сработке его полезного объема, допустимый в условиях нормальной эксплуатации водохранилища;
- $H_{\text{нгу}}$ – нормальный подпорный уровень: наивысший проектный подпорный уровень верхнего бьефа, который может поддерживаться в нормальных условиях эксплуатации гидротехнических сооружений;
- $H_{\text{фгу}}$ – форсированный подпорный уровень: проектный подпорный уровень выше нормального, временно допускаемый в верхнем бьефе в чрезвычайных условиях эксплуатации гидротехнических сооружений.

Режим работы водохранилища должен обеспечивать: безопасность функционирования плотины и подпорных сооружений, образующих водохранилище, а также безопасность населения и хозяйств прибрежной зоны водохранилища и речной долины на ниже расположенных участках; наиболее целесообразный порядок обеспечения водой водопотребителей и водопользователей. Наполнение водохранилищ естественного стока водой происходит в период весеннего половодья (период март-апрель), а сработка его осуществляется в летний период, когда приток воды невелик, а водозабор увеличивается в связи с дополнительным забором

воды на орошение.

Задача управления состоит в поддержании нормального подпорного уровня $H_{\text{нпу}}$ в водохранилище, который обеспечивает два противоречивых требования: с одной стороны, гарантированную водоподачу потребителям, максимальное использование полезной емкости водохранилища в условиях дефицита водных ресурсов, минимизацию холостых сбросов; с другой стороны – безаварийную работу, особенно в период прохождения паводков. Однако в реальных условиях, уровень регулирования H_p можно исследовать в определенных пределах между $H_{\text{умо}}$ и $H_{\text{нпу}}$, т.е. при $H_{\text{умо}} \leq H_p \leq H_{\text{нпу}}$, а в модельных исследованиях также в пределах $H_{\text{нпу}} \leq H_p \leq H_{\text{фпу}}$.

При увеличении уровней H_p следует ожидать более рациональное использование объема водохранилища, уменьшения холостых сбросов, что экономически целесообразно. Однако, при этом происходит увеличение экологических рисков, в частности возникновение опасных ситуаций повреждения плотины, перелива через плотину, что также сопровождается непроизводительными сбросами и затоплением низлежащих участков с существенными экологическими, экономическими, социальными ущербами. При снижении уровня H_p увеличивается надежность работы плотины, как гидротехнического сооружения, однако при этом увеличиваются непроизводительные сбросы, искусственно занижается аккумулирующая способность водохранилища.

В таких условиях возникает задача многокритериальной оптимизации уровня регулирования H_p , которая осуществляется на основе анализа системы функций, отражающих экономические и экологические риски, принятия соответствующих решений.

3. Идентификация функций риска. Под техногенным или экологическим риском, когда речь идет о принятии инженерных решений, понимается вероятностная мера негативных последствий реализации опасного события или опасного состояния на объекте. Риск в данном случае – это, прежде всего, количественное выражение социальной, экологической и экономической ответственности сооружения [3,4]. При этом для гидросооружения в зависимости от ожидаемых последствий реализации расчетных негативных событий или состояний возможны различные интерпретации риска: вероятностная, вероятностно-экономическая, вероятностно-экологическая и вероятностно-социальная. Все эти интерпретации позволяют принципиально построить оценочные функции риска по вариантам эксплуатации гидротехнического сооружения и осуществить обобщение риска с разными опасностями, факторами, последствиями.

Построение функций экологического и экономического рисков, как функций уровня регулирования H_p , осуществляется на основе имитационного моделирования различных вариантов с использованием балансового уравнения (1), а также реальных условий работы водохранилища в конкретные годы.

Таким образом, по результатам имитационных экспериментов формализуются и рассчитываются функции «эколого-экономических ущербов», а также функции «экологических рисков».

Под экономическим риском мы понимаем возможные и существующие экономические потери, связанные с холостыми сбросами воды и невозможностью ее использования для промышленно-бытовых нужд и орошения. Суммарный экономический ущерб от холостых сбросов оценивается функцией

$$F_{1\Sigma}(H_p) = \sum_{i=1}^n F_1^{(i)}(H_p), \quad (2)$$

где: $F_1^{(i)}(H_p)$ - оценка ущерба в i -й год на основе имитационного эксперимента;

n – число лет.

Под эколого-экономическими рисками понимаем ущербы от сбросов воды с повышенными расходами, которые причиняют опасность для населения, хозяйств и застроек в речной долине на низлежащем участке. Эта функция определяется экспертным путем в долях к ущербам при определенном расходе (эти ущербы принимаются за единицу). Суммарный ущерб определяется функцией

$$F_{2\Sigma}(H_p) = \sum_{i=1}^n F_2^{(i)}(H_p), \quad (3)$$

где: $F_2^{(i)}(H_p)$ - суммарная оценка ущербов в долях единицы, полученная в i -й год на основе имитационного эксперимента;

n – число лет.

Суммарная оценка ущерба в i -й год определяется с учетом интенсивности затопления и его продолжительности по формуле

$$F_2^{(i)}(H_p) = \sum_{k=1}^l \left(\mu_k \frac{R_k^{(i)}}{R} \right), \quad (4)$$

где: R – максимально допустимый объем сбросов;

$R_k^{(i)}$ – суточный объем сбросов, вызывающий затопление (в i -й год в k -й момент времени);

μ_k – коэффициент, определяемый экспертным путем, учитывающий продолжительность сбросов, вызывающих подтопление (в случае продолжительности сброса более одних суток $m_k > 1$, при продолжительности одних суток $\mu_k = 1$).

При высоком уровне H_p может возникнуть ситуация, когда в результате недостоверных прогнозов, создается катастрофический приток воды в водохранилище, наблюдавшийся в наиболее неблагоприятные годы. При этом водохранилище не сможет пропустить паводок и возникнут аварийные сбросы в нижний бьеф, приводящие к подтоплению и затоплению низлежащей территории. Ущерб может быть определен по формуле (3).

Экологический риск наступает тогда, когда нарушается безопасность подпорных сооружений, образующих водохранилище (плотины). При этом вероятное разрушение плотины может привести к катастрофическим ущербам (экономическим, экологическим, социальным и др.). Особенно существенным является этот риск, когда ниже в долине реки находится город или крупные сельские населенные пункты. Это возможно в тех случаях, когда длительное время в водохранилище поддерживается уровень выше, чем $H_{нпу}$. Такой риск наблюдается на тех сооружениях, срок эксплуатации которых значителен и состояние подпорных сооружений в настоящий момент неизвестно. На основе экспертных оценок такой риск имеет вид $F_3(H_p)$ (рис.1).

Для управления этим риском и его минимизации необходимо проводить регулярные обследования состояния тела плотины с целью уточнения ее надежности. Для этих целей разработан метод естественного импульсного электромагнитного поля Земли, получивший практическое использование при обследовании состояния плотин Крыма [2]. Практической значимостью метода является определение изменений напряжений на самой ранней (еще скрытой) стадии микротрещинообразования.

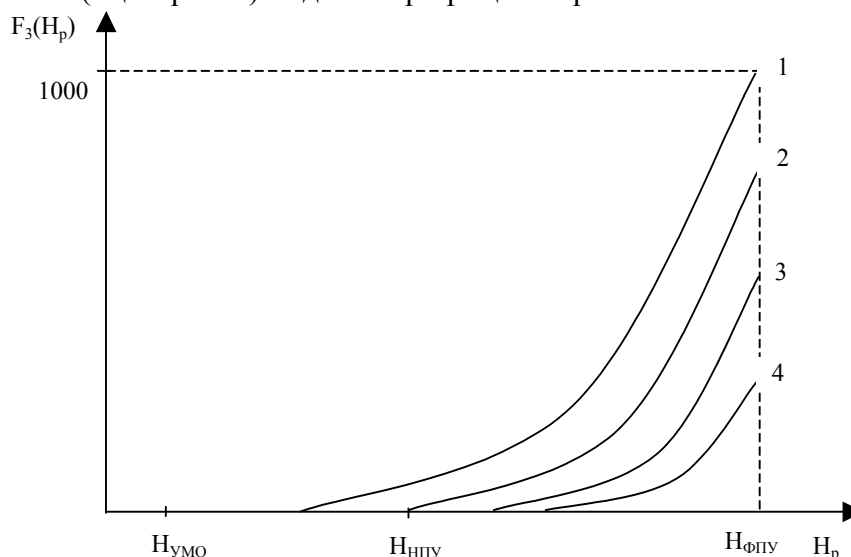


Рис.1. Схематическая зависимость экологического риска от значения H_p при разрушении плотины, в долях 1000 единиц: 1,2 – высокие уровни риска; 3,4 – низкие уровни риска.

4. Принятие решений на основе многокритериальной оценки рисков. В своей деятельности инженеры гидротехники на объектах, где социальная цена возможных аварий на гидросооружениях очень высокая, придерживаются достаточно консервативного подхода относительно проектных и эксплуатационных решений [3]. Вследствие тяжелых экологических и экономических

последствий, применяется концепция «абсолютной безопасности», в соответствии с которой возможность аварии на гидросооружении должна быть исключена целиком. Считается, что если плотина рассчитывается на паводок 0,1% вероятности превышения (один раз в 1000 лет), а проверяется на паводок 0,01% вероятности превышения (один раз в 10000 лет), то она должна быть абсолютно безопасной в гидрологическом отношении, поскольку событие вероятности менее 0,3% считается уже практически невозможным.

В то же время, с позиций учета техногенного риска, такой подход может быть оправдан и экономически, когда одновременно минимизируются все возможные потери и убытки (прямые и не прямые), которые обусловлены рисками. Если предусмотрена количественная оценка экологических и социальных рисков, то во многих случаях эти риски могут быть трансформированы и в экономические риски. В таких случаях имитационная модель должна оценить интервал наиболее рациональных решений на основе анализа системы экономических функций.

Принятие решений на основе многокритериальной оценки рисков осуществляется графически, с нанесением на график по вариантам уровней регулирования H_p оценок векторного критерия $F=(F_1(H_p), F_2(H_p), F_3(H_p))$, на основе анализа которого выделяется область рациональных значений (рис.2). В данной области находятся те уровни регулирования H_p , которые обосновывают не только экологически безопасные решения, но и экономически выгодные. В практике управления для каждого водохранилища проводится моделирование и исследование критериев на годы, которые наиболее неблагоприятны по условиям прохождения паводка.

Если выделенная область рациональных значений не удовлетворяет лицо, принимающее решение, то необходимо осуществить управление рисками с целью их уменьшения или исключения [3]. В случае конкретной плотины уменьшение экологического риска от $F_3(H_p)$ достигается на основе исследования напряжения и деформаций пород, концентрацию и рост их в отдельных местах [2]. В высоконапряженных зонах рекомендуется проводить разгрузку напряжений с помощью известных в горном деле приемов [2].

5. Пример оценки вариантов управления Симферопольским водохранилищем. Анализ работы по управлению Симферопольским водохранилищем (рис. 3) показывает, что в ряде лет водохранилище не наполняется до уровня $H_{нпу}$, холостые сбросы отсутствуют, а зачастую существует значительный дефицит водных ресурсов. В таких условиях весь сток аккумулируется, экономический риск отсутствует, не существует и экологических рисков аварийных сбросов в нижний бьеф, подтопления и затопления нижележащих территорий, безопасности подпорных сооружений. Однако возникает риск дефицита водных ресурсов на хозяйственно-бытовое водоснабжение города, что вызовет необходимость переброски дополнительных водных ресурсов из Межгорного водохранилища. Последнее обстоятельство указывает на важность Симферопольского водохранилища как объекта многолетнего регулирования стока.

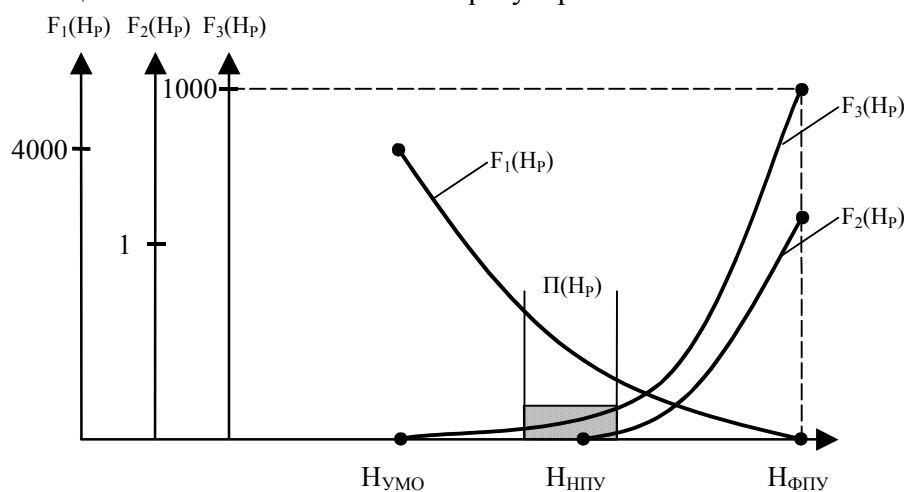


Рис 2. Зависимость критерия риска от уровней регулирования H_p (схематически) и область рациональных решений $\Pi(H_p)$.

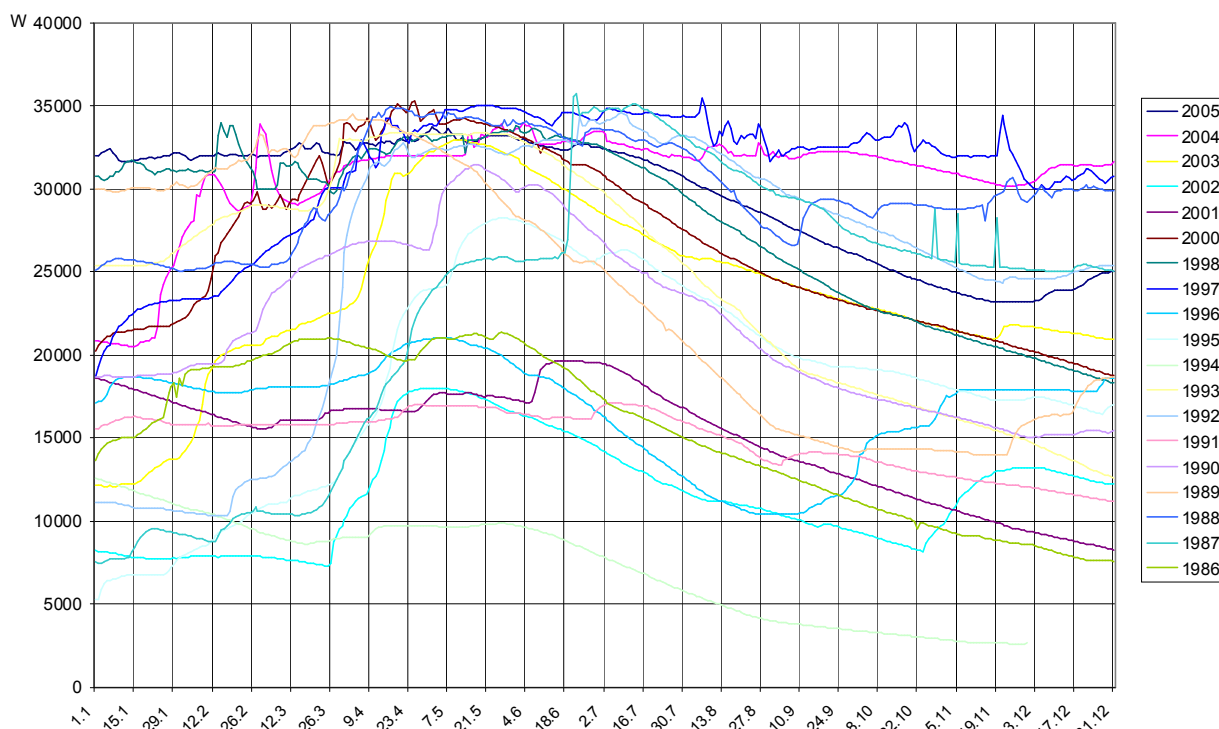


Рис.3. Динамика годового объема водохранилища в годы различной обеспеченности.

В то же время, в многоводные годы наблюдается значительный приток в водохранилище в период февраль-апрель, связанный с резким потеплением и таянием снега в верховьях реки Салгир, а также выпадением существенных осадков. В эти периоды многоводных лет при управлении на практике проводятся существенные холостые сбросы водных ресурсов, иногда сопровождающимися затоплением нижележащих территорий. При этом актуальной является необходимость эффективного управления прохождением паводком с учетом системы экологических, экономических и социальных рисков, которые формализованы функциями (2-3). При проведении имитационного моделирования для многоводного года (2004 г. – суммарный приток воды в водохранилище составил 67298,7 тыс.м³) получены результаты, представленные в таблице и на рис. 4. При проведении моделирования ограничивающим критерием для определения суточной величины сброса была пропускная способность набережной реки Салгир в городе Симферополь, которая составляет не более 30 м³/с.

Таблица

Поддерживаемый объем водохранилища, тыс.м³	Суммарный годовой объем холостых сбросов, тыс.м³
28000	42089
30000	40089
32000	38426
36000	34089

Суммарная оценка экономического ущерба $F_2^i(H_p)$ в 2004 году определялась с учетом интенсивности затопления и его продолжительности, при этом в те периоды, когда сбросы, равные максимальным, продолжались шесть дней подряд коэффициент m принимался равным 3, для двух дней $\mu = 1,5$, для одного дня $\mu = 1$. Полученная оценка ущерба составляет 21,58 для всех вариантов поддерживаемого объема водохранилища при $32000 \text{ тыс.м}^3 \leq H_p \leq H_{\text{НПУ}}$.

Имитационные расчеты, проведенные на примере управления Симферопольским водохранилищем в 2004 году, показали, что если поддерживать объем водохранилища на отметке НПУ ($W=36000 \text{ тыс.м}^3$), то объем холостых сбросов снижается на 4337 тыс.м³. Однако в этом случае наблюдаются моменты, когда наполнение водохранилища приближается к отметке ФПУ ($W=40000$

тыс.м³) и, если бы поступление воды в водохранилище тем же объемом продолжалось еще несколько дней, то последствия для города Симферополя были бы катастрофическими.

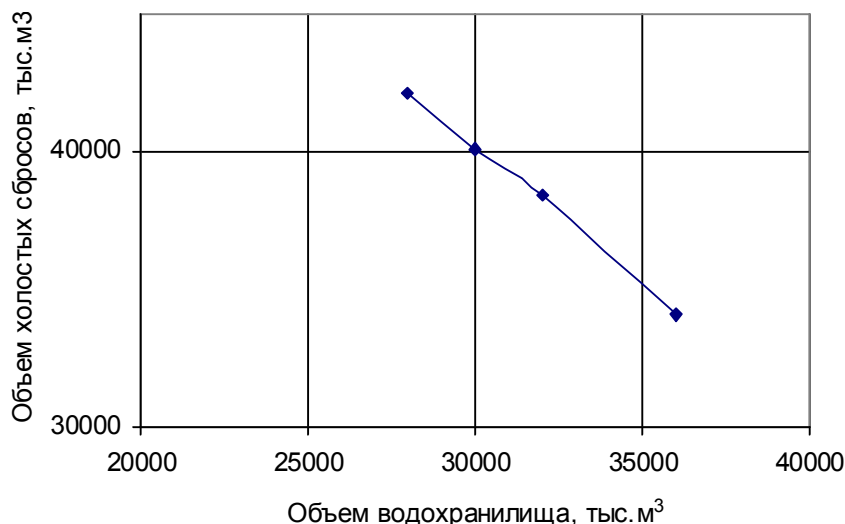


Рис.4. Зависимость объема холостых сбросов от поддерживаемого объема водохранилища.

ВЫВОДЫ.

Изучение фактического состояния управления водохранилищами в период прохождения паводка показало необходимость учета системы экономических, экологических и социальных рисков, что становится возможным при формализации математической модели и проведении имитационного моделирования различных вариантов поддержания уровня H_p .

Проведённые на примере Симферопольского водохранилища имитационные расчеты показали, что рациональный уровень регулирования составляет область $3400 \text{ тыс.м}^3 \leq H_p \leq 3600 \text{ тыс.м}^3$. При этом важную роль в настоящее время имеет снижение экологического риска разрушения плотины. Увеличение уровня регулирования $H_p = 3600 \text{ тыс.м}^3$ после профилактического обследования плотины является наиболее целесообразным, экономически не увеличивая эколого-экономических рисков управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Рациональное использование водных ресурсов бассейна Азовского моря: Математические модели / Под редакцией И.И.Вороновича.-М.: Наука, 1998.-360с.
2. Саломатин В.Н., Закусилов Н., Саломатин М.В. Оценка полей напряжений на водохозяйственных объектах Украины с целью предупреждения природно-техногенных катастроф / Водне господарство України.-Вип.№1.-2007.-С.29-35.
3. Стефанишин Д.В. Актуальність і проблеми аналізу та кількісної оцінки техногенного ризику / Вісник УДУУВГ, 2004.-Вип.2(26).-С.37-43.
4. Стефанишин Д.В., Атаєв С.В. Аналіз і оцінка техногенного ризику на гідротехнічних спорудах та його використання при оцінці їх впливу на навколишнє середовище/ Вісник УДУУВГ, 2004.-Вип.2(26).-С.52-58.

Марюшин П.А., к.т.н., доцент, Ступаченко Ю.В., инженер, Лунев Д.В., инженер
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Вопросы энергосбережения при орошении земель на Украине

Приведены сравнительные характеристики по затратам энергии при орошении дождеванием и при поверхностных способах полива по бороздам и полосам. Расчеты показали, что при поверхностных способах орошения затраты энергии в два – четыре раза меньше, чем при дождевании, поэтому предлагается активизировать работы по совершенствованию имеющихся средств механизации поверхностных поливов и по реконструкции существующих оросительных сетей с целью перевода орошения на поверхностные способы поливов.

Орошение земель, энергосбережение, напор, дождевальные машины, поливные машины, зона транспортирования, зона распределения воды, транспортирующие трубопроводы, распределительная сеть.

В результате постперестроечных катаклизмов, количество орошаемых земель в Крыму сократилось с 427 тыс.га до 120 тыс.га.

Однако целый ряд хозяйств восстанавливает оросительные сети и приобретает дождевальные машины, а Джанкойское управление водного хозяйства, например, планирует увеличить площади орошаемых земель в 2007 году на 5,4 тыс.га [1, 2].

Таким образом, орошение в Крыму необходимо, востребовано, но к сожалению держится в основном на усилиях работников водного и сельского хозяйств практически без поддержки государства.

Во всех работах и предложениях практиков и энтузиастов орошаемого земледелия прослеживается стремление к **восстановлению** оросительных сетей и приобретению новых дождевальных машин.

Это направление нам кажется неправильным. Сейчас задача орошения в Крыму (и на Украине) не может сводиться к различным восстановительным работам.

Учитывая, что срок службы большинства сооружений оросительных систем составляет 35-40 лет, а главным образом, изменившуюся социально-экономическую обстановку в стране, сейчас необходима **реконструкция** оросительных сетей.

Под реконструкцией понимается установление нового **технического уровня орошения**, более отвечающего техническим и экономическим условиям настоящего времени.

Энергосбережение при орошении земель в настоящее время является острой проблемой народного хозяйства Украины. И дело не только в недостаточности энергоносителей в стране, но и в том, что в Украине на подавляющей части орошаемых земель, применяется самый энергозатратный способ полива – дождевание. Распространение этого способа с самого начала обусловлено двумя причинами: 1) необоснованно низкой себестоимостью энергоносителей в бывшем СССР; 2) весьма низкой производительностью труда при поверхностных способах полива (по бороздам и полосам), в связи с неразработанностью механизации этих поливов, во времена первоначального введения орошения на Украине (60-е – 70-е годы прошлого века). Эти способы тогда были ручными, малопродуктивными. Дождевание же обеспечивало высокую производительность труда на поливе, всемерно насаждалось и к началу 90-х годов прошлого века оно применялось на 98% орошаемых площадей в СССР.

Для сравнения укажем, что в первой половине 90-х годов прошлого века в США орошение дождеванием применялось примерно на 43% площадей, в России примерно на 35-40%.

Однако в настоящее время положение в экономике и технике орошения в корне изменилось. Во-первых резко повысилась стоимость энергоносителей, что сделало орошение некоторых сельскохозяйственных культур дождеванием нерентабельным и привело к тому, что сегодня часть орошаемых земель на Украине перешла в разряд неорошаемых или частично орошаемых, когда вместо 4-6 поливов дается 1-3 полива. Во-вторых за последние 25-30 лет разработаны новые способы механизации и поливные механизмы для поверхностных поливов примерно такой же производи-

тельности, как и при дождевании [3].

Эти обстоятельства указывают на целесообразность научно-технической проработки вопросов переоборудования старых и разработки новых поливных устройств, а также **реконструкции** оросительных сетей с целью перевода их на поверхностные способы орошения.

Рассмотрим имеющиеся на сегодня некоторые разработки по механизации поверхностных поливов.

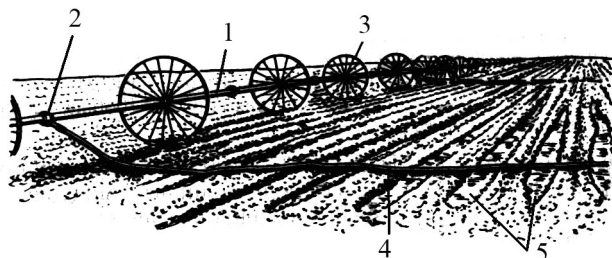


Рис.1 Колесный поливной трубопровод ТКП-90. Общий вид

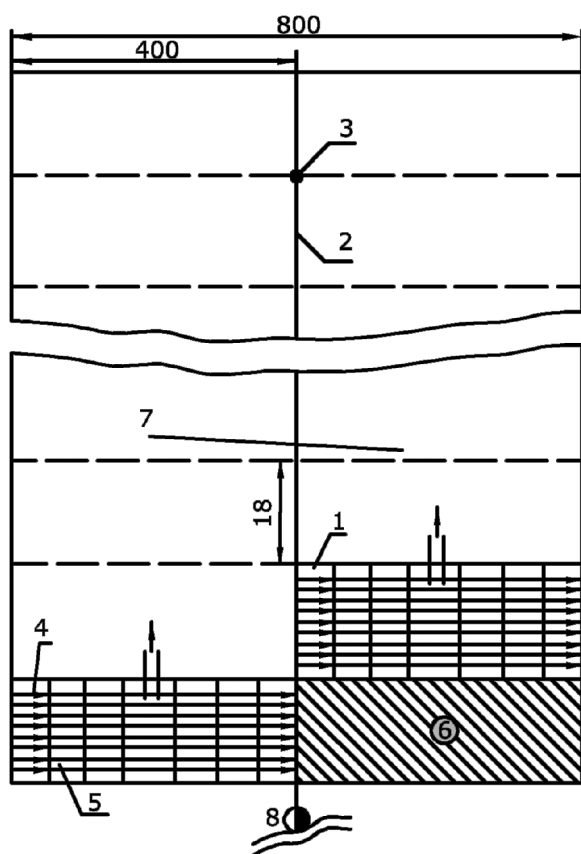


Рис.2 План оросительной сети для ТКП-90

1. Колесный трубопровод ТКП-90 [3] состоит из следующих элементов: 1 – водопроводящий пояс; 2 – муфта; 3 – опорное колесо; 4 – гибкий поливной шлейф; 5 – борозды.

Поливной трубопровод переоборудован из выпускавшейся ранее дождевальной машины «Волжанка». Переоборудование заключалось в замене дождевальных насадок на 18-ти метровые шланги-шлейфы 4, которые имеют отверстия для распределения воды по бороздам.

На рис.2 показан схематичный план сети и технологическая схема работы ТКП-90 на модульном поливном участке [3], которые состоят из следующих элементов: 1 – водопроводящий пояс ТКП; 2 – стационарный трубопровод поливного участка; 3 – гидрант; 4 – гибкий поливной шлейф с отверстиями; 5 – борозды; 6 – поливная площадь; 7 – уклон поля; 8 – насосная станция.

Как видим из рис. 2, плановое расположение элементов оросительной сети такое же, как ДМ «Волжанка» до переоборудования. Без изменения осталась и технологическая схема поливов, что облегчает реконструкцию оросительной сети.

2. Фронтальная ДМ «Днепр» также может быть, подобным образом, переоборудована в поливную машину, при этом уменьшение необходимой мощности и энергоёмкости будут еще значительнее.

В настоящее время разработаны и уже прошли проверку новые технические средства для поверхностных поливов, которых не было в 60-х – 70-х годах, а именно:

- поливной трубопровод АПШ-1 [3];
- шланговое поливное устройство АШУ-32 [3];
- универсальный поливной передвижной агрегат ППА-165У (шланговый) [3];
- различные комплекты жестких и гибких поливных трубопроводов (ТАП-150, КП-150 и др. [3];
- стационарная закрытая оросительная сеть с перфорированными поливными трубопроводами [4, 5], разработанная в начале шестидесятых годов прошлого века и к настоящему времени изученная в производственных условиях Средней Азии. Сеть устроена следующим образом: к модульному транспортирующему трубопроводу (рис.3) через задвижки 6 с двух сторон присоединяются закрытые поливные трубопроводы 4 длиной по 150-200 м.

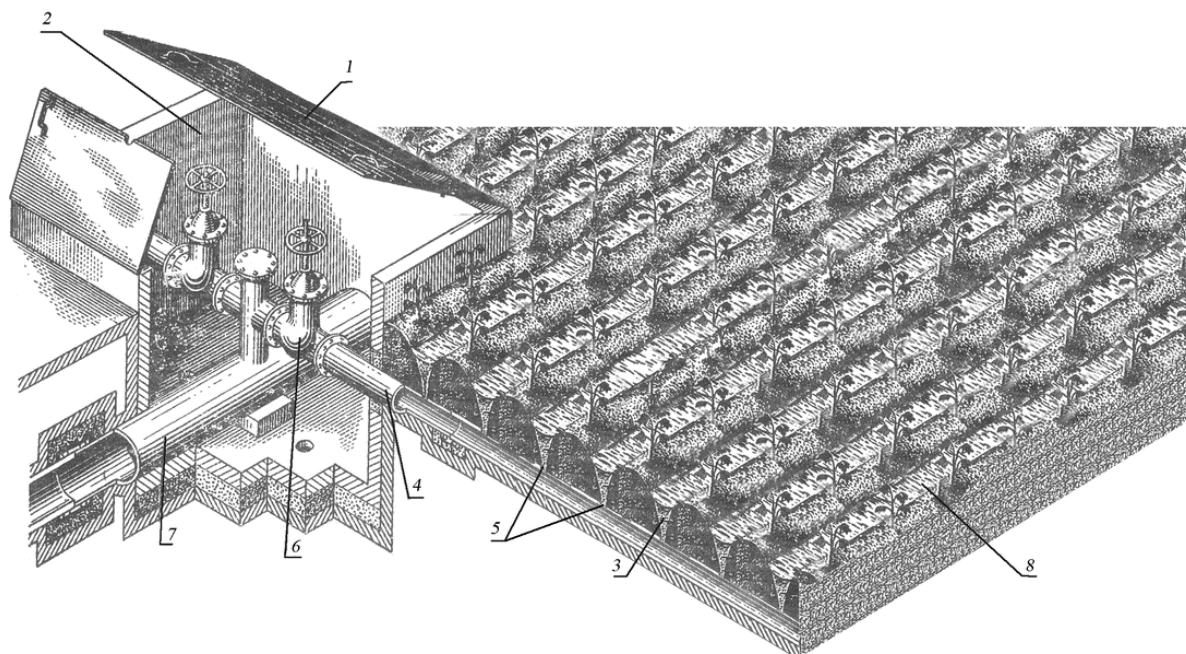


Рис.3 Закрытый перфорированный поливной трубопровод и распределительный колодец

При открытии задвижки 6 вода поступает в поливной трубопровод 4, а из него через отверстия 5 и гравийные фильтры 3 выходит в поливные борозды 8. Управление подачей воды осуществляется с помощью задвижек 6, расположенных в распределительных колодцах 2, закрываемых крышкой 1.

Напор в голове перфорированных поливных трубопроводов составляет 4-6 м.в.ст., что предопределяет небольшие затраты энергии при поливах.

Возможность уменьшения энергозатрат при переходе на поверхностные поливы видна из следующего простого расчета:

Необходимая мощность N для распределения воды на поливном участке может быть рассчитана по следующей зависимости

$$N = \frac{Q \cdot H}{102}, \text{кВт}$$

где: Q – расход воды, м³/сек, на входе в дождевальную машину (ДМ) или поливную машину (ПМ); H – напор, м.в.ст. на входе в ДМ или ПМ.

Например: напор на гидранте ДМ «Волжанка» модификации ДКШ-64-800 составляет $H_{\text{ДМ}} = 39$ м.в.ст. При переоборудовании этой ДМ в поливную машину ТКП-90 напор на гидранте ПМ будет снижен, к примеру, до $H_{\text{ПМ}} = 10$ м.в.ст. В этом случае необходимая мощность на подачу воды

при одинаковом расходе $N_{\text{ДМ}} = \frac{Q \cdot H_{\text{ДМ}}}{102} \text{ кВт}$ сократится в 3,9 раза, соответственно, примерно, в 3,9 раза уменьшатся и энергозатраты.

Указанный эффект достигается за счет того, что при поливе по бороздам нет необходимости распылять воду в дождь и тратить на это большую часть потребляемой энергии. Вода через отверстия в шлейфах вытекает на поверхность почвы в борозды при минимальных затратах энергии, и в ТКП-90 энергия тратится только на трение при проходе воды по водопроводящему поясу ТКП и шлейфам.

Конкретные значения энергоёмкости орошения зависят от значения оросительных норм и геодезического подъёма воды.

В Украине оросительные нормы нетто на один га севооборотной площади в среднесухом году изменяются в следующих пределах: для южной степи от 4200 до 3600 м³/га, для северной степи от 3600 до 1300 м³/га [6].

Значения геодезических подъёмов колеблются от 1-5 м. при заборе воды из канала на прилегающую площадь, до 10-30 м. в отдалении от канала.

В табл. показаны значения энергоёмкости и некоторых других показателей работы ДМ «Волжанка» и «Днепр», ПМ, работающих в режиме поверхностного полива, а также стационарной оросительной сети для полива по бороздам. Энергоёмкость орошения подсчитывали по зависимости [7]

$$\mathcal{E} = 0,004 \cdot M \cdot H \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Здесь: 0,004 – количество электроэнергии, необходимое для подъёма кубометра воды на 1 метр, кВт · ч; М – оросительная норма на гектар, отнесенная к точке водоподъёма, м³/га; Н – расчетная высота подъёма, м.

Оросительная норма нетто осредненная для восьмипольного севооборота для южной степи в среднесухом году изменяется в пределах 4200 - 3600 м³/га [6]. Принимаем для расчета $M_{\text{нет}} = 3900$ м³/га. Оросительные нормы брутто

$$M_{\text{бр}} = M_{\text{нет}} / K = 3900 / 0,8 = 4875 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Здесь: К – коэффициент использования воды на полях для упрощения расчета принят одинаковым при поливах дождеванием и по бороздам; Н – при подсчете энергоёмкости орошения непосредственно на поливном участке принят равным напору на входе в ДМ и ПМ. В табл. напор для ДМ принят по [3], напор на входе в ПМ может быть принят в пределах 4-10 м.в.ст., фактически принимаем максимальное его значение 10 м.

Таблица .

Сравнительная таблица показателей дождевальных и поливных машин

Показатели	Дождевальные машины		Поливные машины			Стационарная система с закрытыми перфорированными трубопроводами
	«Волжанка» ДКШ-64-800	«Днепр» ДФ-120	ТКП-90 на базе ДКШ-64	ТКП-90 на базе «Днепр» ДФ-120	АПШ-1	
Производительность при М=60мм, га/час	0,39	0,71		0,71	0,71	8-12 га/смена
Расход на входе, л/с	64	120	до 110	120	240	
Напор на входе, м.в.ст.	39	45	10	10	10	5
Энергоёмкость, кВт*ч	760	877	195	195	195	97,5
Обслуживающий персонал	1 на 4 маш	1 тракт на 4 маш 1 эл. на 4-8 маш.	1 на 4 маш	1 на 4 маш	3 на 4-8 машин	
Масса, кг.	5565	13880	5000	13000	13800	

Этот небольшой обзор технических средств показывает, что вопрос механизации поверхностных поливов решен с производительностью труда на поливе не меньше, чем при дождевании, но значительно с меньшей энергоёмкостью.

На орошаемых массивах Украины характерной является подача оросительной воды (см. рис. 4) из открытого источника (обычно канала) 1 с помощью насосной станции в закрытый подводящий трубопровод 2, далее в регулируемую сеть на поливном участке 3; здесь происходит превращение воды из состояния водяного тока в состояние почвенной влажности. В Украине это превращение происходит в подавляющем большинстве случаев путем распыления воды в дождь с помощью дождевальных аппаратов и дальнейшего впитывания искусственного дождя почвой.

Общие энергозатраты при орошении будут складываться из энергозатрат в зоне подводящего трубопровода 2 и энергозатрат непосредственно на поливном участке 3.

Именно на поливном участке происходят основные затраты энергии при дождевании (на распыление воды) и именно здесь заложена возможность экономии энергии за счет перехода на поверхностное орошение. В настоящее время гидравлические напоры воды на входе в большинстве дождевальных машин составляют 30-40 м водяного столба, иногда до 70 м (дальнеструйные аппараты, ДМ «Фрегат»). Необходимые же напоры при распределении воды поливными машинами в борозды или полосы составляют всего 4-10 м.в.ст., как показано выше, и здесь на поливном участке при переходе с дождевания на поверхностный полив можно уменьшить расход энергии в 3-4 раза и более.

Энергозатраты в зоне подводящего трубопровода 2 складываются из затрат на гидравличес-

кие потери по длине и затрат на геодезический подъём воды $\mathcal{E}_{\text{геод}}$.

$$\mathcal{E}_{\text{подв}} = \mathcal{E}_{\text{дл}} + \mathcal{E}_{\text{геод}}$$

Больших возможностей для экономии энергозатрат в этой зоне, повидимому, нет, однако, благодаря переходу на низконапорные поливные машины можно шире применять асбестоцементные трубы, имеющие лучшие гидравлические характеристики по сравнению со стальными трубами. Кроме того, асбестоцементные трубы, в отличие от стальных, не обрастают ржавчиной и хорошие гидравлические характеристики сохраняются дольше. Считаем, что этой экономией энергозатрат не стоит пренебрегать.

Общие энергозатраты $\mathcal{E}_{\text{общ}}$ будут складываться из затрат в подводящем тракте $\mathcal{E}_{\text{подв}}$ и затрат на поливном участке $\mathcal{E}_{\text{п.у.}}$

$$\mathcal{E}_{\text{общ}} = \mathcal{E}_{\text{подв}} + \mathcal{E}_{\text{п.у.}}$$

При этом абсолютные значения экономии энергозатрат при переходе на поверхностные поливы будут оставаться прежними (табл.) или слабо расти за счет лучших гидравлических характеристик асбестоцементных труб.

Например, приближенные расчеты показывают, что при увеличении длины подводящего трубопровода до 2000 м соотношение общих энергозатрат при дождевании к энергозатратам при поверхностных поливах уменьшится до двух. И в этом случае экономия энергозатрат остается значительной.

ВЫВОДЫ

1. В Украине на 98% орошаемых площадей применяют самый энергозатратный способ полива - дождевание. Это обстоятельство может стать тормозом при восстановлении и дальнейшем развитии орошения. Самый короткий и эффективный путь решения проблемы энергосбережения при орошении - это переход на поверхностные способы поливов основных площадей орошения.
2. В настоящее время сельскохозяйственные предприятия совместно с управлениями водного хозяйства стремятся **восстановить** оросительные сети, заменить разворованные или разукомплектованные дождевальные машины новыми. Однако, **восстановление** оросительных сетей и дождевания в прежнем виде, приведет к сохранению большой энергоёмкости орошения, поэтому этот путь нам кажется неправильным. Целесообразной является **реконструкция** оросительных сетей с переводом основных массивов орошения на поверхностные поливы, в этом случае, при тех же, примерно, затратах уменьшается энергоёмкость орошения.
3. Орошение дождеванием должно применяться только для интенсивных культур (овощи, ягодники и др.), требующих частых поливов и тонкого регулирования влажности почвы. Массивы зерновых и кормовых севооборотов должны выращиваться при поверхностных поливах, при этом более глубокое промачивание почвы будет способствовать увеличению урожаев, а снижение энергоёмкости орошения повысит доступность и рентабельность орошения этих культур.
4. В Украине имеется возможность переоборудования некоторых дождевальных машин в поливные (Волжанка, Днепр), при этом энергоёмкость орошения может снизиться в 2-4 раза, при одинаковой или большей производительности труда на поливе.
5. Необходимо изучить возможную эффективность применения в Украине машин для поверхностных поливов АПШ-1, АПУ-32, ППА-165У и др., разработанных еще во времена СССР, а также расчетных параметров элементов поверхностного полива

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончарова Н. «Водники забот не боятся», Газета «Крымская правда»-Симферополь 22.03.2007.
2. Сыч Н. «Капля камень не точит», Газета «Крымская правда» - Симферополь, 03.04.2007.
3. Штепа Б.Г., Носенко В.Ф., и др. Справочник. Механизация полива, Москва - 1990.
4. Шейкин Г.Ю., Сурин В.А., Горбунова Е.Н., «Оросительная сеть с закрытыми трубопроводами», Москва - 1965.
5. Сурин В.А. «Механизация и автоматизация поверхностных поливов, Москва - 1982.
6. Длотовский Н.Н. «Оросительные нормы для сельскохозяйственных культур Украины», Киев -1965.
7. Зузик Д.Т. «Экономика водного хозяйства, Москва - 1966.

Стоянов В.У., д.т.н., профессор, Баранский А.В., аспирант

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Анализ степени риска возникновения масштабных чрезвычайных ситуаций в АР Крым и пути решения задачи защиты населения.

В статье анализируются степень риска возникновения масштабных чрезвычайных ситуаций на Крымском полуострове, возможные человеческие жертвы и материальный ущерб, и основные способы защиты населения от последствий ЧС в Украине и в зарубежных странах.

Чрезвычайная ситуация, защитное сооружение, эвакуация, магнитуда, объект повышенного риска, защита населения, интенсивность землетрясения, площадь максимального химического заражения.

В настоящее время во всем мире наблюдается негативная тенденция роста числа чрезвычайных ситуаций, количества жертв и масштабов их последствий, которые начали приводить к необратимым процессам в окружающей среде. Все это сказывается на эффективности экономики и уровне безопасности государств. Чрезвычайные ситуации возникают во всех государствах и на любых континентах, и чем меньше государство уделяет внимания вопросам защиты территорий и населения, тем к более катастрофическим последствиям это приводит. В странах с хорошо налаженной системой реагирования на чрезвычайные ситуации удастся гораздо быстрее ликвидировать их последствия и более эффективно минимизировать количество жертв и материальный ущерб. В Украине, несмотря на то, что МЧС проводит работу по предупреждению чрезвычайных ситуаций, каждый год происходят аварии и катастрофы. Сравнительные характеристики по количественному изменению ЧС за 2005-2006 года приведены в таблице 1, [1].

Таблица 1.

Сравнительные характеристики по количественному изменению ЧС за 2005-2006 г.г.

	2005	2006
Чрезвычайные ситуации:	26	21
Социально-политического характера	3	1
- из них объектового уровня	3	1
- из них местного уровня	-	-
Техногенного характера	9	9
- из них объектового уровня	3	3
- из них регионального уровня	1	1
- из них местного уровня	5	5
Природного характера	14	11
- из них государственного уровня	1	0
- из них регионального уровня	2	4
- из них объектового уровня	6	4
- из них местного уровня	5	3

Одними из самых опасных явлений природы являются землетрясения. Учитывая то, что Крымско-Черноморский сейсмический регион является вторым по сейсмической опасности районом на территории Украины, то вероятность возникновения ЧС с большим количеством жертв и значительными убытками возрастает на несколько порядков.

Основные сейсмоактивные структуры, генерирующие землетрясения, расположены в акватории Черного моря, в пределах северного края Черноморской плиты на удалении 20-100 километров от берега и на глубине порядка 15-20 километров. Эти структуры способны генерировать сильные и катастрофические землетрясения. Известны катастрофические землетрясения прошлого с магнитудой более 7. Например, в районе ЮБК: 800 г., 1450 г.; в севастопольском районе: 1650 г.; на востоке Крымского полуострова: 150 г., 275 г., 950 г., 1107 г., 1751 г. Фрагмент карты эпицентров землетрясений представлен на рис. 1, [2].

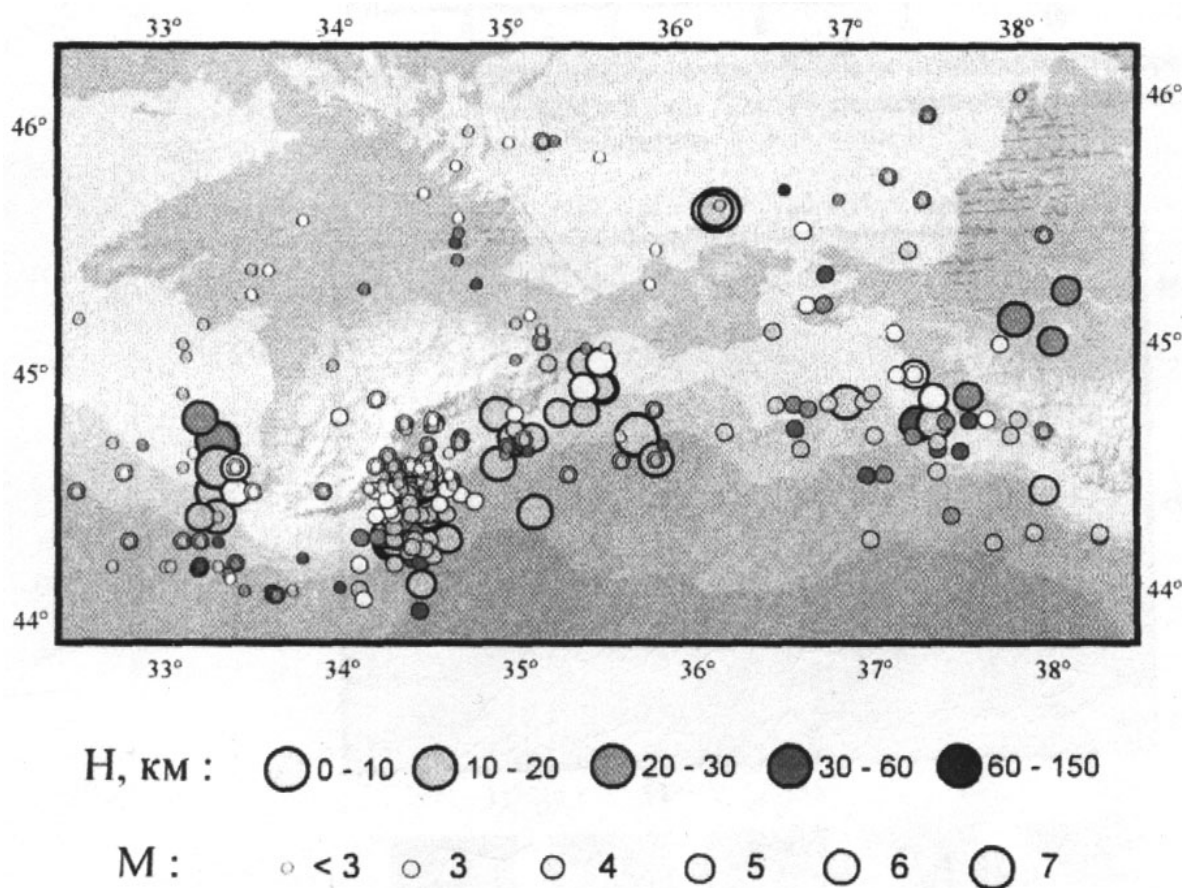


Рис. 1. Фрагмент карты эпицентров Крымско-Черноморского региона (H – глубина очага, M – магнитуда).

Очень сильное землетрясение произошло 11 сентября 1927 г. Оно вызвало значительные разрушения Южного Берега Крыма, пострадало свыше 70 % жилого и производственного фонда Ялты, погибло 11 человек. Общая площадь повышенной сейсмической опасности с интенсивностью 7 и 8 баллов составляет 70 % всей территории Крыма, [2]. Карты сейсмического районирования АР Крым представлены в [10].

Современный урбанизированный цивилизованный Крым становится еще более уязвим по отношению к землетрясениям из-за большой плотности населения (особенно в летнее время), строительства большого количества объектов повышенного риска (хранилищ токсических материалов, плотин, газо- и нефтепроводов и т.д.). На территории полуострова находится 76 объектов экономики, на которых хранится, перерабатывается, используется в технологическом процессе производства 1960 т. опасных химических веществ (аммиак, сернистый ангидрид, фосген, хлор, сероводород и т.д.). В зонах возможного химического заражения, в случае возникновения аварии, проживает около 402 тыс. человек. Данные по количеству химически опасных объектов (ХОО), населения проживающего в ПМХЗ, опасных химических веществ (ОХВ) и площади максимального химического заражения (ПМХЗ) приведены в таблице 2, [3].

Защита населения от последствий ЧС различного характера является одной из важнейших функций государства. Для защиты населения используется целый комплекс защитных мероприятий, и они проводятся тремя способами: эвакуацией в безопасные районы, укрытием людей в убежищах и укрытиях, использованием индивидуальных средств защиты. Основным и самым действенным способом защиты больших масс людей от агрессивных факторов чрезвычайных ситуаций является укрытие в специальных и приспособляемых защитных сооружениях. Правительство Украины, понимая актуальность этой проблемы, предпринимает шаги по обеспечению защиты населения. Для этого был принят Закон Украины «О правовых основах гражданской защиты» от 24.07.2004 г. где в Ст. 9

определены основные пути решения задачи обеспечения населения убежищами и укрытиями. В законе указывается, что фонд защитных сооружений в регионах должен создаваться путем:

- комплексного освоения подземного пространства населенных пунктов и оборудования помещений социольно-бытового, производственного и хозяйственного назначения с учетом возможности их использования для укрытия населения в условиях чрезвычайных ситуаций;
- взятия на учет подземных и наземных сооружений, подземных выработок и пустот, отвечающих требованиям защитных сооружений;
- дооборудование подвальных и углубленных помещений; строительство специальных углубленных помещений и др. [4].

Таблица 2.

Количество химически опасных объектов (ХОО), население проживающее в ПМХЗ, опасные химические вещества (ОХВ) и площадь максимального химического заражения (ПМХЗ).

Наименование, место расположения ХОО	Количество ХОО	Площадь ПМХЗ км кв.	Количество населения, которое проживает в ПМХЗ	Количество ОХВ, т.		
				хлор	аммиак	Другие ОХВ
1	2	3	4	5	6	7
Симферополь	6	9.89	7.117	1	37.3	-
Симферопольский р-н	8	22.61	-	1.6	3.0	-
Сакский р-н	1	125.5	7.496	35	-	-
Белогорский р-н	4		-	-	4.0	-
Евпатория	3	0.69	14.61	-	13.9	-
Красногвардейский р-н	4	2.21	0.019	-	16.0	1.2
1	2	3	4	5	6	7
Нижегородский р-н	2	0.4	2.5	-	2.1	-
Кировский р-н	1	2.35	10.5	1.0	-	-
Судак	6	2.29	24.8	0.56	-	3.5
Феодосия	3	19.34	101.2	10.0	1.0	-
Ленинский р-н	4	2.5	1.05	6.3	1.2	-
Керчь	7	35.5	80.94	11.6	30.5	70.0
Раздольненский р-н	1	0.02	-	-	1.1	-
Первомайский р-н	4	-	-	-	-	14.0
Джанкойский р-н	4	1.8	1.36	-	20.7	-
Краснопереконский р-н	2		-	300	-	150
Армянск	2		-	-	960	246
Бахчисарайский р-н	9		97.49	-	4.85	-
Алушта	1		27	3.8	-	-
Ялта	2		26.1	4.5	2.4	-
Всего	76	225.082	402.182			

После развала Советского Союза в Украине сложилась сложная экономическая ситуация. Государство не выделяло необходимых средств на строительство новых и поддер-

жание в исправном техническом состоянии уже существующих защитных сооружений. Если по состоянию на 1991 г. по Крыму в защитных сооружениях можно было разместить около 100 000 человек из более чем 2-х миллионов проживающего населения, то к настоящему времени эта цифра уменьшилась на треть, [5]. В тоже время, например, в США 50 % населения обеспечивается убежищами и укрытиями, в Швейцарии – 84 %, в Швеции – 90 %, в Израиле – 100 %, [6].

При проведении сравнительного анализа этих показателей выяснилось, что в разных странах количество укрываемого населения в защитных сооружениях колеблется от 20 до 100 %, что, в первую очередь, зависит от размеров территории, занимаемой страной. В зависимости от этого показателя разные страны искали различные пути решения проблемы обеспечения защиты населения от последствий ЧС, в случае невозможности эвакуации. Вторым способом спасения населения является эвакуация. Такие страны как США, Россия, Канада обладают большими территориями и поэтому в этих странах можно комбинировать такие защитные мероприятия, как эвакуация населения в безопасные районы и укрытие оставшейся части населения в защитных сооружениях (в основном это персонал основных предприятий и государственных учреждений). В частности такое комбинирование защитных мероприятий осуществлялось при возникновении ураганов «Катрин», «Джема», «Рита».

В странах с ограниченными размерами территории возможности осуществления эвакуации ограничены, и поэтому в Швейцарии, Германии, Израиле, Швеции, Франции вынуждены использовать укрытие населения только в защитных сооружениях, как основной метод защиты населения от поражающих факторов ЧС.

Небольшое количество укрываемого населения в нашей стране обусловлено тем, что Украина является одной из бывших республик Советского Союза. Подходы к решению задач по проведению защитных мероприятий при возникновении ЧС в СССР заключались в комбинировании эвакуации с укрытием населения в убежищах и укрытиях различных типов. В результате распада Советского Союза Украина вошла в число государств с ограниченными возможностями осуществления эвакуации, за счет резкого сокращения территории, наличия 30-ти километровой зоны отчуждения вокруг ЧАЭС и непригодных к проживанию районов. Основным способом защиты населения в условиях ЧС в настоящее время является укрытие большей части населения в защитных сооружениях. Но теперь встает проблема строительства необходимого количества укрытий в нашей стране. На это нужны большие капитальные вложения. Например, в Швейцарии в 1978 году на нужды ГО было ассигновано 1.22 % бюджета страны, [7].

ВЫВОДЫ:

Проведя исследование показателей и сложившейся ситуации в области практического обеспечения населения Украины защитными сооружениями, и сравнив их с аналогичными показателями развитых стран, предположительные пути решения задачи укрытия населения в условиях возникновения ЧС являются:

1. Приведение в исправное техническое состояние уже существующих убежищ и укрытий.
2. Разработка и осуществление государственной программы, направленной на увеличение масштабов строительства новых защитных сооружений. По этому пути пошли такие страны как Швейцария, Швеция, Израиль.
3. Разработка и внедрение в промышленное производство простейших индивидуальных убежищ и укрытий, отличающихся небольшой себестоимостью. В США, Великобритании, Италии специальными и военными предприятиями, а также коммерческими фирмами изготавливаются и продаются населению простейшие убежища и укрытия в весьма широком диапазоне их назначения. Эти защитные сооружения выпускаются двух основных типов – стационарные и мобильные, [8].
4. Внесение изменений в государственные строительные нормы. Вновь возводимые здания

и сооружения, фирмами и строительными организациями любой форм собственности, должны быть оборудованы укрытиями для проживающего или работающего в них населения, при чем затраты на строительство не должны превышать 5-10 % первоначальной стоимости сооружения. В Швейцарии, если укрытие сооружается одновременно со строительством здания, дополнительные затраты не превышают 5 %, [9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. «Анализ состояния техногенной и природной безопасности в АР Крым за 2006 год» под редакцией подполковника Садаклиева С.М., отдел планирования и мониторинга ГУ МЧС Украины в АР Крым.
2. «Долговременная сейсмическая опасность Крыма и ее представление в геоинформационной системе» под редакцией Б.Г. Пустовитенко, В.Е. Кульчицкого, А.А. Пустовитенко. Отдел сейсмологии Института геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Симферополь, 2004 г.
3. «Справка о состоянии радиационной и химической защиты населения в городе Симферополь за 2006 год», «Характеристика химически опасных объектов по состоянию на 01.01.2007 год». Управление гражданской защиты ГУ МЧС в АР Крым.
4. Закон Украины «О правовых основах гражданской защиты» от 24.07.2004 г.
5. Справка, предоставленная отделом защитных сооружений ГУ по материальному резерву, оборонно-мобилизационной работе и гражданской защите населения Совета Министров АР Крым, исходящий №02-01/829 от 13.06.2007 г.
6. Информационный сборник «Гражданская Оборона» № 1 1981 г.
7. Информационный сборник «Гражданская Оборона» № 1 1981 г.
8. Информационный сборник «Гражданская Оборона» № 4 1987 г.
9. Информационный сборник «Гражданская Оборона» № 1 1981 г.
10. ДБН В. 1.1-12: 2006 г. Строительство в сейсмических районах Украины. Киев, 2006 г. - с.89

Стоянов В. У., д.т.н., профессор.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Ревякина Ю. Н., инженер-химик, п/п-к вн. сл. Поползунов Д. В., п/п-к вн. сл., инженер-химик.

Главное Управление Министерства по чрезвычайным ситуациям Украины в АР Крым

Проблема хранения непригодных и запрещенных к использованию сельскохозяйственных ядохимикатов.

В статье исследуются проблемы обращения, хранения и утилизации ядохимикатов (пестицидов), находящихся на территории Автономной Республики Крым.

Пестициды, ядохимикаты, стойкие органические загрязнители (СОЗ), Стокгольмская Конвенция СОЗ, перетаривание, утилизация, сжигание, высокотемпературный пиролиз.

До настоящего времени в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями и болезнями растений, вредителями запасов зерна, пищевых продуктов, растительного и животного сырья и др., а также для борьбы с сорной растительностью используют так называемые ядохимикаты (пестициды). Среди ранее используемых пестицидов, которые применяли в Крыму, предпочтение отдавалось тем, что имели в своем составе наиболее стойкие для окружающей среды компоненты (например, ДДТ, гамма-гексан). Они намного эффективнее влияли на повышение урожаев, но в то же время были чрезвычайно опасны для человека и экологии. Сегодня большинство пестицидов этого типа запрещены

Начиная с 70-х гг. одной из серьезнейших проблем Крымского полуострова стало хранение на его территории огромного количества запрещенных и непригодных к использованию в сельском хозяйстве средств защиты растений. Непригодные и запрещенные к использованию пестициды (НЗП) в большом количестве накопились на складах. Согласно проведенной инвентаризации (на 01.02.2006 г.) в Автономии насчитывается 118 складов, на которых содержится 1180 тонн ядохимикатов (табл.) [1].

В настоящее время в связи с развалом агропромышленного комплекса сельскохозяйственные предприятия не в состоянии обеспечить необходимые условия для хранения и учета ядохимикатов. Склады и базы хранения НЗП в течение последних лет пребывают в неудовлетворительном состоянии и не отвечают элементарным правилам безопасного хранения ядовитых веществ. Почти все пестициды биологически активны и токсичны для людей и животных. Неудовлетворительные условия хранения приводят к тому, что токсичные ядохимикаты попадают в окружающую среду, в том числе в водные источники, почву и воздух, в результате чего появились случаи отравления людей и животных. Примером заражения почвы ядохимикатами с последующим негативным воздействием на людей может послужить происшествие, имевшее место в с. Чернополье Белогорского р-на в 2003 г. В результате поднятия грунтовых вод в доме, построенном на месте бывшей площадки растворного узла ядохимикатов, где были захоронены остатки неиспользованных ядов, обнаружено опасное превышение ПДК хлорорганических веществ в воздухе жилых помещений. Последствием этого стало вынужденное переселение жильцов и развитие астмы и кожных заболеваний у проживавших там детей.

Опасность не ограничивается тем, что НЗП, складированные в неудовлетворительных условиях, попадают в окружающую среду. Часто случается, что меняется собственник склада (и не один раз), документация о складированных пестицидах теряется, после чего невозможно установить, какие именно ядохимикаты хранятся и кто несет ответственность за их сохранность. Это может привести к утечке НЗП с непредсказуемыми последствиями.

Так, в 2003 г. жителем п. Спутник-1 г. Евпатория с неохраняемого склада НЗП была похищена 100-литровая бочка с неизвестным ядохимикатом. В результате беспечного и халатного обращения с украденным ядом вся семья в количестве 5-ти человек была госпитализирована с диагнозом острого психического расстройства вследствие отравления фосфорорганическими веществами и проходила курс лечения в Евпаторийской психиатрической больнице.

Таблица

Сводные данные об условиях и состоянии хранения запрещенных и непригодных к использованию в сельском хозяйстве пестицидов и агрохимикатов по Автономной Республике Крым (состоянием на 01.02.2006 г.)



Кроме этого длительное хранение химикатов приводит к протеканию в последних химических реакций и образованию новых соединений с токсичными, взрывопожароопасными свойствами [3]. Как пример, можно привести пожары 2005 года на складах ядохимикатов в с. Войково Первомайского р-на и в с. Насыпное, г. Феодосия, возникших вследствие нарушений условий хранения пестицидов. В результате ЧС пострадало два человека, а также из-за оседания ядовитого облака продуктов горения были уничтожены посевы общей площадью 5 га.

Некоторые пестициды принадлежат к группе, которая состоит из 12-ти так называемых стойких органических загрязнителей (СОЗ). Для решения проблемы СОЗ в мае 2001 г. в Стокгольме была проведена Конференция и принята Стокгольмская Конвенция про стойкие органические загрязнители. Наряду с другими странами Конвенцию подписала и Украина. Исполнение Конвенции предусматривает разработку плана действий и национальной стратегии по уменьшению и ликвидации СОЗ. Согласно Стокгольмской Конвенции СОЗ должны рассматриваться как небезопасные отходы, поэтому их необходимо собирать, транспортировать и сохранять на складах, придерживаясь правил защиты окружающей среды. Со временем СОЗ должны быть уничтожены или утилизированы. Украина, выполняя решения указанной Конференции, уже предприняла первые шаги по осуществлению основных пунктов Конвенции СОЗ. Так, при экономической и технической поддержки Дании в 2005 г. проводился совместный проект «Устранение риска, связанного с накоплением в Украине НЗП», направленный на то, чтобы обратить внимание международной общественности на эту проблему. Одной из составляющих частей этого проекта стало проведение широкомасштабных мероприятий по перетариванию НЗП в Джанкойском и Первомайском районах АР Крым [3, 4].

За время работы украинско-датской программы в Крыму силами МЧС было очищено и обработано 20 хозяйств, перетарено около 350 тонн ядохимикатов, которые впоследствии были транспортированы в помещения складов со специальной инфра-структурой ОАО «Райагрохим» Джанкойского р-на, СПК «Докучаевский» и ООО «Айбары» Первомайского р-на.



Рис. 1. Перетаривание пестицидов

НЗП, что позволяет уменьшить количество складов на территории Крыма и уменьшить финансовые затраты на их охрану и сохранение. Всего с 2000 по 2006 года в Автономии перетарено более 700 тонн различных ядохимикатов [1, 2].

Однако перетаривание пестицидов является только превентивным мероприятием, к тому же имеющим серьезные недостатки:

- одной из отрицательных сторон процесса перетарки является выбор тары: не всегда пластиковые (стеклянные, металлические или железобетонные) емкости применимы для того или иного вида ядохимиката;
- если к пестициду известного состава еще возможно подобрать тару, то как быть с неизвестными химикатами?
- всякая тара имеет ограниченную загрузку, чтобы перетаренные таким образом пестициды можно было затем транспортировать, а это ведет к увеличению числа складированных емкостей;

Кроме международных проектов с целью обеспечения организации мероприятий по идентификации, перетариванию, складированию и уничтожению НЗП специалистами Главного управления МЧС Украины в АР Крым был разработан проект «Методики проведения мероприятий по перетариванию и уничтожению веществ с разной степенью токсичности, запрещенных и непригодных к использованию ядохимикатов». Проект был рассмотрен и одобрен в октябре 2003 г. на V Всеукраинской научно-технической конференции спасателей. Согласно разработанной методике специальными подразделениями ГУ МЧС Украины в АР Крым продолжают проводиться работы по перетариванию

- захоронение ядохимикатов в бетонных бункерах или траншеях с гидроизоляцией также не является выходом из создавшейся ситуации.

Таким образом, перетаривание не является оптимальным выходом из создавшейся ситуации и не снимает проблемы безопасного хранения НЗП. Наилучшим способом решения проблемы НЗП является их утилизация. Один из путей уничтожения ядохимикатов является сжигание с получением энергии. Сжигание пестицидов в специально предназначенных для этой цели печах, оснащенных системами удаления ядовитых веществ и современным оборудованием для очистки дымовых газов, является общепризнанным методом уничтожения ядохимикатов. Конечно, процесс сжигания и выбросы должны быть под постоянным наблюдением, соответствующим управлением и контролем. Еще одним способом утилизации пестицидов является их уничтожение методом высокотемпературного пиролиза. Для создания таких установок уже существуют проекты, но их внедрение в жизнь требует существенных денежных затрат и прохождения международного лицензирования.

Таким образом, сегодня в АРК как и во всей Украине еще не возведены адекватные сооружения и отсутствует необходимое оборудование для безопасного сжигания пестицидов и, возможно, пройдет еще несколько лет, прежде чем такие сооружения и оборудование будут введены в эксплуатацию. Существующие попытки решения проблемы НЗП пока находятся в стадии разработки и требуют значительных капиталовложений для их дальнейшей реализации. Некоторые конкретные эксперименты в указанном направлении уже приведены в работе [2].

ВЫВОД:

Таким образом, находящиеся на хранении в Крыму большие количества НЗП представляют серьезную опасность для населения и окружающей среды, что может повлечь за собой возникновение ЧС техногенного характера с возможными людскими жертвами.

Проводимые в настоящее время превентивные мероприятия недостаточны для выхода из создавшейся ситуации. Для комплексного решения проблемы необходимо совместное сотрудничество заинтересованных Министерств и Ведомств по разработке и принятию соответствующих программ и более совершенных методов утилизации непригодных и запрещенных к использованию пестицидов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Доклад Начальника Главного управления МЧС Украины в АР Крым Мазилына А. Н. на заседании Коллегии МЧС Украины по результатам работы Министерства в 2006 г., 26 января 2007 г.
2. Котков А.А. и др. Сборник научных трудов НАПКС «Строительство и техногенная безопасность», вып. 12, Симферополь, 2006г. «Проблема химической опасности при хранении запрещенных к применению пестицидов»
3. Методические рекомендации по организации проведения работ по очистке объектов, загрязненных непригодными и запрещенными к использованию пестицидами, МОЗ Украины, МЧС Украины, МООС Украины, Киев, 2004 г.
4. Устранение рисков, связанных с накопленными в Украине непригодными и запрещенными к употреблению пестицидами. - Учебное пособие, Датское экологическое сотрудничество со странами Восточной Европы, Dancsee, Министерство природных ресурсов Украины, 2004 г.

Химич А. П., Новикова Д. В., Пасечник А. П., студенты гр. НИЭ-401,
Козлов О.М., профессор.

Национальной академии природоохранного и курортного строительства

Исследование оптических характеристик гелиопрофиля ТЕПС методом равновесных температур

В статье приводится описание гелиопрофиля ТЕПС, а также исследуются его оптические характеристики методом равновесных температур.

энергетика, ТЕПС, гелиопрофиль, гелиоколлектор, абсорбер, равновесная температура.

Прежде, чем начинать производство определенного типа абсорберов, следует определить целесообразность его использования, то есть провести оценку энергетической эффективности, конструктивного исполнения, а также стоимостных показателей.

Энергетическая эффективность абсорбера определяет его способность преобразовывать падающее солнечное излучение в тепло и отдавать его теплоносителю. Она характеризуется коэффициентом полезного действия (КПД) абсорбера.

КПД определяется термодинамическим совершенством системы. В самом начале процесса преобразования солнечной энергии часть ее теряется при отражении от поверхности абсорбера. На последующие потери влияет конструктивное решение абсорбера: сечения его теплопроводящих элементов, площадь поверхности, с которой происходит тепловые потери, материал, из которого изготовлен абсорбер. [1]

При анализе гелиоколлектора в целом нужно учитывать также пропускание света через прозрачное покрытие, отражение от него, а также влияние теплоизоляции.

Оценив величину каждого из вида потерь, можно наиболее полно определить тот объем энергии, который будет преобразован и полезно использован в гелиосистеме.

В общем, для любой гелиосистемы характерен следующий вид зависимости КПД от параметра x :

$$\eta = \tau\alpha - U \cdot x$$

Где $x = \frac{t_{\text{ср}} - t_{\text{окр}}}{I}$

$t_{\text{ср}}$ – средняя температура теплоносителя в абсорбере;

$t_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды;

I – интенсивность падающего излучения, Вт/м²;

U – обобщенный коэффициент тепловых потерь, Вт/°C;

$\tau\alpha$ – комплекс, равный произведению поглощающей способности абсорбера и пропускающей способности покрытия.

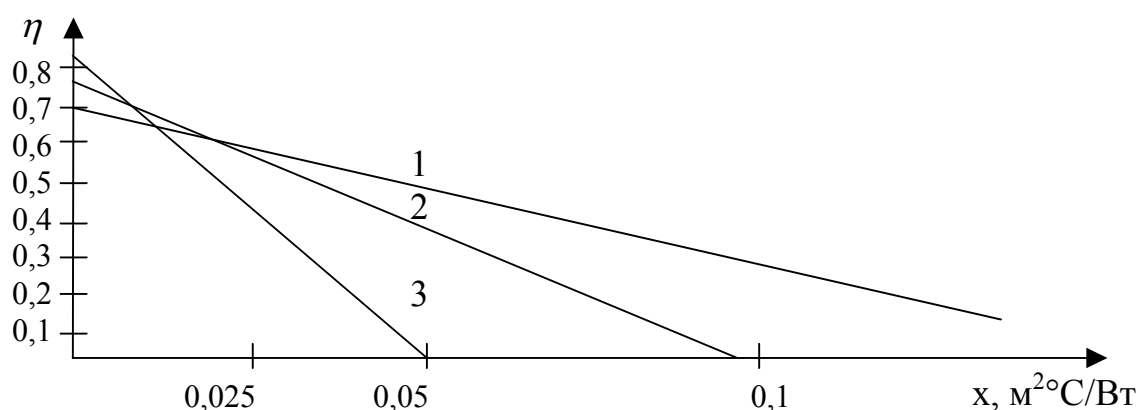


Рис. 1. Виды зависимостей КПД(x)

Прямая 1 характерна для систем без покрытия и теплоизоляции. Наибольшую эффективность они имеют в жаркие дни при высокой солнечной интенсивности. С понижением температуры окружающей среды их эффективность резко падает

Замедлить падение КПД системы с ростом параметра «х» можно, устанавливая слои остекления и теплоизоляции, но при очень высоких значениях интенсивности солнечного излучения такие системы будут преобразовывать меньшую долю солнечной энергии, чем системы без остекления. Для таких систем характерна прямая 3.

С понижением параметра x режим работы гелиосистемы приближается к тепловому равновесию с окружающей средой, когда, согласно второму закону термодинамики, тепловые потери за счет конвекции и теплопроводности отсутствуют. В этом режиме система будет работать со своим оптическим КПД (максимально возможным), но, вследствие необратимости процесса отдачи тепла рабочей среде, энергию, полученную в таком режиме, будет невозможно использовать.

Метод равновесных температур

Для оценки эффективности абсорберов солнечных коллекторов может быть применен метод равновесных температур.

Равновесная температура – это температура абсорбера, которая устанавливается в режиме теплового равновесия между абсорбером и окружающей средой, то есть в состоянии, когда энергия, подводимая к абсорберу в единицу времени, равна энергии, теряемой абсорбером за это же время.

Равновесная температура зависит от поглощательной, излучательной способностей абсорбера, условий его охлаждения, температуры окружающей среды, интенсивности солнечного излучения.

Данный метод удобен тем, что позволяет не учитывать конструктивных особенностей абсорбера.

Предположим, что абсорбер находится в состоянии теплового равновесия. Тогда энергия, подводимая к нему в единицу времени, будет равна поглощенной доле солнечного излучения:

$$Q_i = I \cdot A_1 \cdot \alpha \quad (1)$$

Где: I – интенсивность солнечной радиации, Вт/м²;

A_1 – площадь поглощающей поверхности, м²;

α – коэффициент поглощения абсорбера.

Энергия, отводимая от абсорбера, будет равна энергии тепловых потерь:

$$Q_0 = U \cdot A_2 \cdot (t_e - t_{oc}) \quad (2)$$

Где: t_e – равновесная температура абсорбера, °С;

t_{oc} – температура окружающей среды, °С;

$(t_e - t_{oc})$ – температурный напор между абсорбером и окружающей средой;

A_2 – площадь поверхности, с которой происходят тепловые потери, м²;

Тогда, из условия теплового равновесия,

$$Q_i = Q_0 \quad (3)$$

$$I \cdot A_1 \cdot \alpha = U \cdot A_2 \cdot (t_e - t_{oc}) \quad (4)$$

$$I \cdot K_A \cdot \alpha = U \cdot (t_e - t_{oc}) \quad (5)$$

Где $K_A = A_1 / A_2$ – доля общей площади тепловых потерь абсорбера, на которую падает солнечное излучение.

Полученное соотношение позволяет определить коэффициент тепловых потерь и коэффициент поглощения абсорбера, если будет известно несколько комбинаций парамет-

ров: интенсивности, равновесной температуры, температуры окружающей среды при одинаковых условиях охлаждения.

Это можно осуществить определив равновесные температуры исследуемого абсорбера, например, при различных интенсивностях падающего излучения. Кривые достижения равновесного режима при этом будут иметь вид:

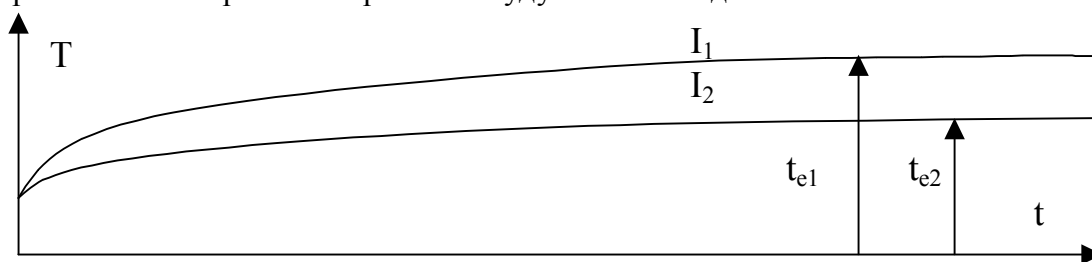


Рис. 2. Достижение равновесных температур при различных интенсивностях

Для каждой пары кривых можно записать:

$$I_1 \cdot K_A \cdot \alpha = U \cdot (t_{e1} - t_{oc1}) \Rightarrow t_{e1} = t_{oc1} + \frac{I_1 \cdot K_A \cdot \alpha}{U}$$

$$I_2 \cdot K_A \cdot \alpha = U \cdot (t_{e2} - t_{oc2}) \Rightarrow t_{e2} = t_{oc2} + \frac{I_2 \cdot K_A \cdot \alpha}{U}$$

Отсюда:

$$t_{e2} - t_{e1} = t_{oc2} - t_{oc1} + \frac{I_2 \cdot K_A \cdot \alpha}{U} - \frac{I_1 \cdot K_A \cdot \alpha}{U} \quad (6)$$

$$t_{e2} - t_{e1} = t_{oc2} - t_{oc1} + \frac{\alpha}{U} (I_2 - I_1) \cdot K_A$$

$$\frac{\alpha}{U} = \frac{t_{e2} - t_{e1} - t_{oc2} + t_{oc1}}{(I_2 - I_1) \cdot K_A} \quad (7)$$

То есть, зная несколько равновесных температур, можно определить оптические характеристики абсорбера.

Описание гелиопрофиля ТЕПС

Гелиопрофиль «ТЕПС» был разработан и внедрен предприятием «Инсолар ЮСВ» (г. Днепропетровск) для применения в строительстве и промышленности.

Основное назначение ТЕПС – утилизация прямого и рассеянного солнечного излучения для нужд горячего водоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования.

В строительстве данные гелиопанели могут быть использованы в энергоактивных зданиях в качестве образующих кровли и стен.

ТЕПС имеет цилиндрическую полость для жидкого или воздушного теплоносителя, призматическую полость для воздушного теплоносителя или размещения теплоаккумулирующего вещества, наружное и внутреннее технологические ребра.

Для увеличения поглощающей способности абсорбера могут быть использованы полиэфирные порошковые краски, термостойкие порошковые краски, термостойкие эмали, пищевые эмали, а также различные селективные покрытия в зависимости от условий эксплуатации. Толщина покрытия составляет 0,4-1 г/м². Для защиты не окрашиваемых полостей и обеспечения максимальной адгезии краски, гелиопрофиль подвергают процессу фосфохроматной конверсии. Также может быть использована вставленная внутрь цилиндрической полости пластиковая либо металлическая (сталь, медь) трубка для обеспечения коррозионной стойкости.

Гелиопрофиль крепится при помощи резьбового шпилечного соединения торцевых участков на крайние поперечные прогоны каркаса. Образованная гелиопрофилями смон-

тированная поверхность может иметь как прямоугольную, так и криволинейную форму сторон, что позволяет образовывать цилиндрические поверхности. [5]

Для уменьшения потерь энергии в окружающую среду, тыльная сторона поверхностной конструкции может закрываться слоем стандартного теплоизоляционного материала, а лицевая сторона - слоем прозрачной теплоизоляции.

Номинальная рабочая температура теплоносителя на выходе, заявленная изготовителем: $+30^{\circ}\text{C}$ - $+90^{\circ}\text{C}$ для жидкого теплоносителя, и $+30^{\circ}\text{C}$ - $+50^{\circ}\text{C}$ для газообразного.

Конструкции на базе гелиопрофиля, согласно данным изготовителя, позволяют утилизировать с 1 м^2 поверхности 100-600 Вт мощности тепловой энергии от суммарного солнечного излучения. [5]

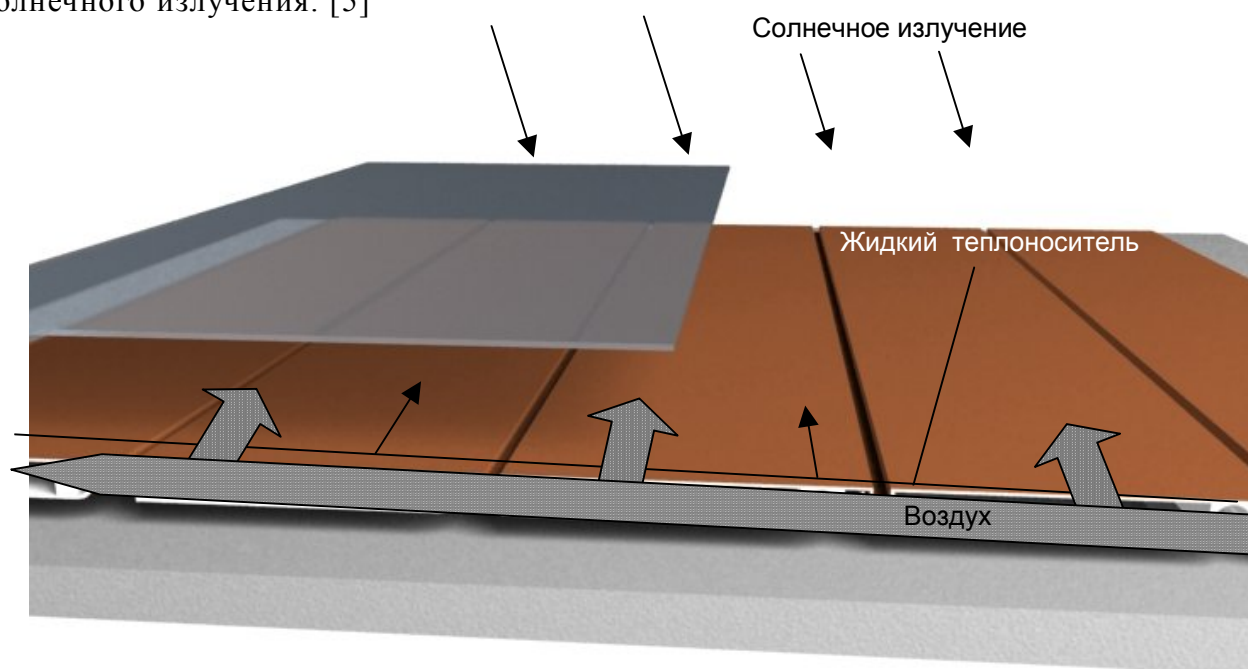


Рис. 3. Схема работы гелиопрофиля

Описание установки

Для проведения испытаний была создана установка, содержащая в качестве абсорбера два фрагмента термоактивного профиля ($0,29\text{ м}^2$), соединенных параллельно.

Температура фиксировалась с помощью термоэлектронных преобразователей, расположенных во входной трубе, в выходной трубе и за пределами установки для регистрации температуры окружающей среды.

Циркуляция воды осуществлялась принудительно с использованием насоса, который обеспечивал забор воды из бака-накопителя и ее подачу через абсорбер обратно в бак.

Результаты испытаний

Были произведены испытания для определения равновесной температуры при различных интенсивностях.

Результаты проведенных испытаний представлены на рис. 4.

После обработки данных в соответствии с приведенным методом равновесных температур были получены следующие результаты:

Комплекс $\alpha/U = (59 \pm 3)/I$ [$\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$], где I – максимальная интенсивность используемого источника освещения, которая будет уточняться при появлении технических возможностей.

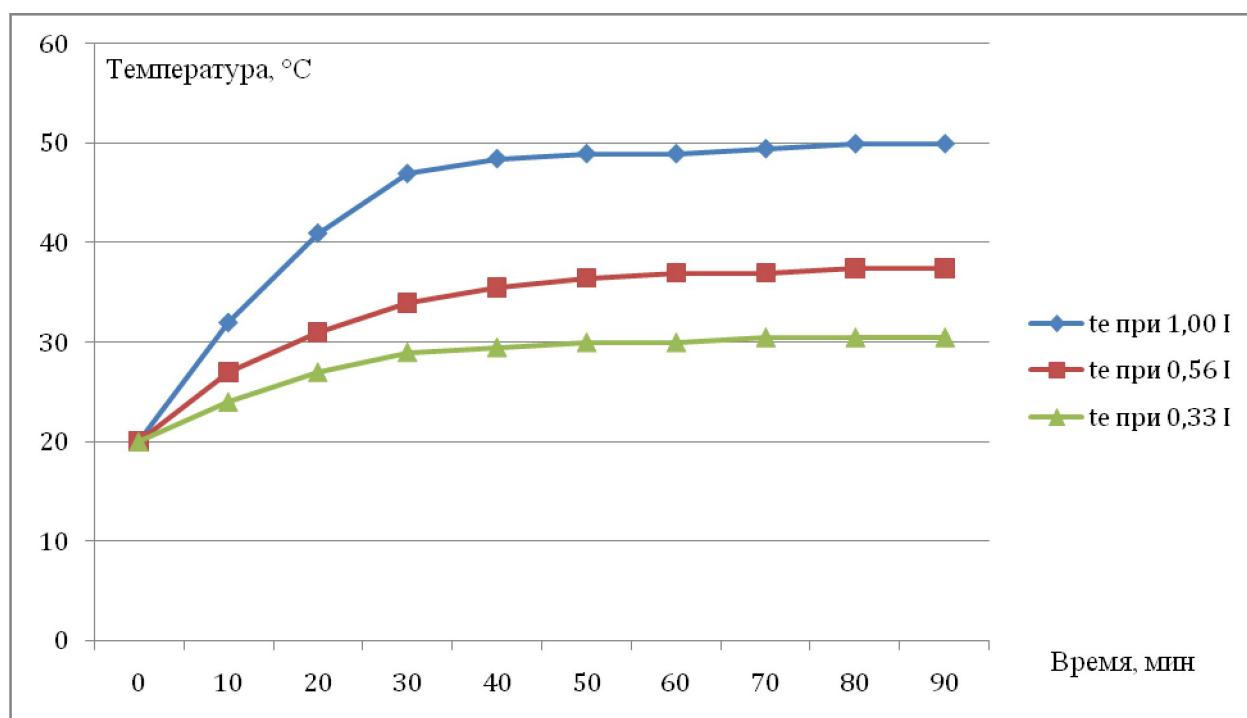


Рис. 4. Результаты испытаний. Графики зависимости температуры абсорбера от времени облучения.

ВЫВОД

Таким образом, метод равновесных температур позволяет быстро определить соотношение главных параметров абсорбера при заданных условиях освещения и охлаждения, что позволяет оценить его качество и сравнить с другими конструкциями того же назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дж. А. Даффи, У. А. Бекман. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – М.: Мир, – 1977.
2. Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2006 – №1 – с.8-13.
3. Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2005 – №6 – с.15-19.
4. Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004 – №3 – с.70-75.
5. Техническая характеристика гелиопрофиля ТЕПС завода-производителя «Инсолар ЮСВ».

Збірник наукових праць
«Будівництво та техногенна безпека»
19-20/2007

Сборник научных трудов
«Строительство и техногенная безопасность»
19-20/2007

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 21.06.2007. Формат 60x84 1/8. Гарнитура Times
Усл. п. л. 21. 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