

Министерство образования и науки Украины
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сборник научных трудов
Выпуск 26

БУДІВНИЦТВО ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Збірник наукових праць
Випуск 26

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

Симферополь
«Национальная академия природоохранного
и курортного строительства»
2008

УДК 69

Збірник наукових праць
«Будівництво та техногенна безпека»

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

Для наукових працівників, аспірантів та спеціалістів у галузі будівництва.

Редакційна колегія:

Ажермачов Г.А., канд. техн. наук, Боровський Б.І., докт. техн. наук, Бугаєвський Г.М. докт. фіз.-мат. наук, (зам. головного редактора), Глухов М.Д., докт. техн. наук, Дворецкий О.Т., докт. техн. наук, Жигна В.В., канд. техн. наук, Закусілов М.О., канд. екон. наук., Захаров Р.Ю., канд. техн. 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, Сафонов А.О., докт. арх., 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 № 12 від 18.12.2008 р.

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

©Национальна академія
природоохоронного
та курортного будівництва,
2008

Сборник научных трудов
«Строительство и техногенная безопасность»

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

Для научных работников, аспирантов и специалистов в области строительства.

Редакционная коллегия:

Ажермачев Г.А., канд. техн. наук, Боровский Б.И., докт. техн. наук, Бугаевский Г.Н. докт. физ.-мат. наук, (зам. главного редактора), Глухов Н.Д., докт. техн. наук, Дворецкий А.Т., докт. техн. наук, Жигна В.В., канд. техн. наук, Закусилов Н.А., канд. екон. наук, Захаров Р.Ю., канд. техн. 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, Сафонов А.А., докт. арх., 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 № 12 от 18.12.2008 г.

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

© Национальная академия
природоохранного
и курортного строительства,
2008

Оглавление

Раздел 1. Строительные конструкции, здания и сооружения

Ажермачев Г.А. Н.П. Мельников – инженер, ученый, организатор	5
Волосович О.В., Ясь С.Н. Коррозия – фактор риска при эксплуатации зданий и сооружений.	9
Кириленко В. Ф. Местный изгиб верхних фанерных обшивок ребристых панелей	13
Сафонов А. А., Сафонов К. А. О памятниках архитектуры, их выявлении, сохранении и использовании в Крыму	18
Сафонов А. А., Сафонов К. А. Особенности формирования и эволюции регионального народного жилища	20
Хотнянская Е.В. Моделирование ледового воздействия на опорную стойку морской стационарной платформы.	25
Чемодуров В. Т., Бабина В. В., Чепурная Е. А. Расчет тонкостенных стержней открытого профиля.	28

Раздел 2. Основания и фундаменты, механика и сейсмостойкость

Бугаевский Г.Н., Спрожецкий В.В. Алгоритм поляризационной фильтрации сейсмического сигнала на основе соотношения, определяющего осевой момент инерции	34
Мартынов Н.В. Аналитический обзор систем и элементов активной сейсмозащиты на базе сейсмоизолирующих экранов в виде волновых завес.....	38

Раздел 3. Строительные материалы и изделия

Головченко И.В. Технологическое оборудование линии по производству теплоизоляционных изделий из материала «Сицил»	43
---	----

Раздел 4. Технология промышленного и гражданского строительства

Авдоньев Е.Я., Глухий Л.В. Компьютерное моделирование в инженерной графике	46
Морозов А.Д., Хабрат Н.И., Менасанова С.Э. Изыскание резервов повышения несущей способности мостовых кранов	50

Раздел 5. Техногенная безопасность

Борзова Н.С. Региональный обзор развития техногенного карста в пределах Украины и его влияние на условия жизнедеятельности	54
Пашенцев А. И., Шахова Н. В. Программное обеспечение оценки экономического ущерба окружающей среды от влияния промышленных предприятий	58
Сібгатуліна Г.О.; Резніченко Л.С., Грузіна Т.Г. Мікробний аналізатор індексу біологічного споживання кисню	64
Тищенко Г.В. Современный взгляд на карьеры.	66

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

Борисов Б. М., Богунова А. В. Исследование закономерностей влияния факторов и параметров фильтрования на эффективность процесса водоочистки	68
Зайцев О.Н., Любомирский Н.В., Маркин А.В., Анисимов С.Н. Расширение эффективного диапазона работы теплогенерирующих установок малой мощности	73
Кибовский С.А. Вопросы применения теплонасосных установок на объектах санаторно-курортного и туристского комплекса Автономной Республики Крым	76
Козлов О.М. Методика изучения теории солнечных коллекторов на основе термодинамики необратимых процессов	81
Лунев Д.В., Обручева Л.В. О целесообразности перевода дождевальных систем на низконапорный режим работы	90
Любомирский Н.В., Зайцев О. Н. Методика расчета поля скорости взаимодействующих вращающихся потоков	94
Николенко И.В., Бойчук С.Д., Валкина Е.М. Пути повышения надежности насосных станций систем водоснабжения	98
Стоянов В. У., Ревякина Ю. Н. Анализ и оценка риска возникновения ЧС, обусловленных химическими авариями и катастрофами	105
Третьяков О.В., Андронов В.А. Запобігання водопостачання неякісної питної води з поверхневих джерел в сучасних умовах	11011

Раздел 1. Строительные конструкции, здания и сооружения

удк 929

Ажермачев Г.А., к.т.н., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

100-летию со дня рождения учителя и наставника посвящается

Н.П. Мельников – инженер, ученый, организатор

Показан вклад в строительную науку академика АН СССР Н.П. Мельникова.

Металлостроительство, конструкции, расчеты, проектирование, изготовление, совершенствование.



Академик, доктор технических наук, профессор Николай Прокофьевич Мельников родился в 1909 г., окончив в 1934 г. Киевский инженерно-строительный институт, защитил в 1952 г. диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук, в 1962 г. – доктора технических наук.

В 1976 г. он был избран членом-корреспондентом АН СССР, в 1979 г. – академиком.

Видный ученый, высокоэрудированный педагог, талантливый организатор Н.П. Мельников около 40 лет возглавлял специализированный в области строительных металлоконструкций крупнейший в мире институт ЦНИИпроект-стальконструкция, насчитывавший вместе с филиалами около 10000 специалистов.

Работы Н.П. Мельникова явились научной основой создания ряда принципиально новых видов металлических конструкций (в том числе для машиностроения, металлургической промышленности и др.) и всемерно способствовали экономии металла в строительстве. Основные из них изложены в 28 монографиях, в их числе: «Конструктивные формы и методы рас-

чета конструкций ядерных реакторов» (1963); «Развитие металлических конструкций» (1965); «Металлические конструкции» (1965-1967); «Выбор стали для строительных металлических конструкций» (1967); «Антенные сооружения» (1969); «Металлические конструкции за рубежом» (1971); «Конструктивные формы и методы расчета ядерных реакторов» (1972); «Пути прогресса в области металлических конструкций» (1974); «Проблемы металлических конструкций» (1978).

Им опубликовано свыше 170 научных работ объемом более 600 печатных листов, под его научной редакцией издано свыше 800 печатных листов сборников трудов и справочников по металлическим конструкциям и строительной механике.

Основные достижения Н.П. Мельникова были отмечены Ленинской премией и четырьмя Государственными премиями СССР, а руководимого им коллектива – Ленинской премией, 13 Государственными премиями СССР, 15 премиями Совета Министров СССР.

После избрания членом-корреспондентом, а затем академиком основные усилия Н.П. Мельникова были направлены на разработку двух проблем в области металлических конструкций, имеющих важное народнохозяйственное значение:

комплекса экспериментально-теоретических вопросов, возникающих при создании нового вида металлических конструкций – многослойных сверхмощных сферических сосудов давления; создание программных, информационных и технических средств, предназначенных для автоматизации проектирования.

Большую научную деятельность Н.П. Мельников сочетает с педагогической работой по подготовке инженерных и научных кадров в МВТУ им. Баумана и МИИТе.

Одним из основных направлений научных работ Н.П. Мельникова являются исследования в области теории формообразования и теории сооружений металлических конструкций. В этой области им выполнен большой комплекс экспериментально-теоретических работ, позволивший сформулировать основные положения теории формообразования металлических конструкций и внести существенный вклад в развитие теории сооружений.

В капитальной монографии «Развитие металлических конструкций» (1965) Н.П. Мельниковым обобщены и подвергнуты тщательному анализу основные направления совершенствования существующих и создания новых конструктивных форм. В ней освещаются теория формообразования и методы расчета зданий и сооружений.

Особое место среди научных работ Н.П. Мельникова занимает монография «Конструктивные формы и методы расчета конструкций ядерных реакторов» (1963), в которой на основе обобщения двадцатилетнего опыта проводившихся им теоретических и экспериментальных исследований в области создания корпусов ядерных реакторов изложены теория их формообразования и методы расчета. Являясь первой монографией по данному вопросу, эта книга, несмотря на большой объем, переведена на английский язык и издана в 1967 г. за рубежом.

В 1972 г. вышла из печати монография Н.П. Мельникова «Конструктивные формы и методы расчета ядерных реакторов» (издание второе, переработанное и дополненное). В этой работе нашли дальнейшее развитие вопросы создания корпусов ядерных реакторов, их конструктивные формы и методы расчета. Она послужила основой для создания целого ряда мощных энергетических ядерных реакторов, которые внедрены в построенных атомных электростанциях в СССР и за рубежом.

В изданной в 1971 г. монографии Н.П. Мельникова «Металлические конструкции за рубежом» рассмотрены основные конструктивные формы зданий и сооружений из металла, разработанные за рубежом, и исследованы их технико-экономические показатели, дан всесторонний анализ применяемых за рубежом методов расчета металлических конструкций и приведено сопоставление основных показателей стальных конструкций, рассчитанных по зарубежным и отечественным нормам.

Под научным руководством Н.П. Мельникова созданы эффективные средства - программные, информационные и технические, предназначенные для автоматизации проектирования и расчета стержневых и пластинчато-стержневых систем на статические и динамические воздействия, вычислительный комплекс для нелинейного расчета мачт на статику, динамику и устойчивость, комплекс программ для решения сложных нелинейных задач, возникающих при расчете футерованных оболочек домен, комплекс программ для расчета на прочность, статические и динамические воздействия и проверки устойчивости многосвязных осесимметричных оболочек. Результаты этих работ нашли отражение в трудах Н.П. Мельникова: «Пути прогресса в области металлических конструкций» (1974) и «Совершенствование металлоконструкций на основе комплексной автоматизации процесса проектирования» (1975). Значительное место в работах Н.П. Мельникова уделяется совершенствованию методов расчета напряженно-деформированного состояния атомных реакторов, подробно описанных в монографии «Конструктивные формы и методы расчета ядерных реакторов» (1972).

Наука о металлических конструкциях и общих закономерностях формообразования, строительная механика и теория расчета стальных и алюминиевых конструкций получили дальнейшее развитие в работах Н.П. Мельникова, таких как «Основные принципы и задачи теории формообразования металлических конструкций» (1977), «Развитие теории металлических конструкций» (1977), монография «Металлические конструкции» (1978) и др.

В научных трудах Н.П. Мельникова много внимания уделяется разработке методов расчета и экспериментальных исследований сложных систем сооружений. Им написаны такие работы, как «Основы строительной механики и металлических конструкций строительных и дорожных машин» (1967), «Теоретическое и экспериментальное исследование напряженного состояния перфорированных плит» (1957), «Действительная работа некоторого типа тонкостенных стержней замкнутого профиля» (1959), «Определение температурных напряжений и деформации в стальных конструкциях» (1958), «Расчет и экспериментальное исследование толстостенных сосудов при воздействии высоких давлений и температур» (1959), «Практика применения метода расчета по предельным состояниям» (1958), «Экспериментальное исследование статической прочности элементов сварных сосудов в условиях перехода в хрупкое состояние» (1965), «Металлические конструкции. Испытание сооружений» (1966), «Теоретические и экспериментальные исследования работа толстых перфорированных плит» (1974), «Об одной модели расчета многослойных сосудов высокого давления» (1978) и др. Этими теоретическими и экспериментальными работами Н.П. Мельников внес большой вклад в развитие строительной механики, экспериментальных исследований и методов расчета сложных сооружений. На основе этих научных работ при непосредственном его участии разработано и внедрено в практику строительства большое количество сооружений, имеющих важное народнохозяйственное значение.

Придавая большое значение проблеме экономии металла в строительстве, Н.П. Мельников опубликовал ряд работ по этому вопросу: «Экономия металла в строительстве» (1962), «Требования к прокатному производству в связи с проблемой экономии металла в строительстве и машиностроении» (1953), «Проблемы экономии стали в стальных конструкциях промышленных зданий, сооружений и мостов» (1958), «Экономия стали в конструкциях промышленных зданий и сооружений» (1958), «Эффективное применение стали в строительстве» (1966), «Выбор эффективных марок стали для строительных конструкций» (1977), «Стали с карбонитридным упрочнением» (1978) и др. Научные работы Н.П. Мельникова по этому вопросу позволили установить принципы оптимизации, а также рациональные области применения стальных и железобетонных конструкций в промышленном строительстве и содействовали, таким образом, созданию и внедрению конструктивных форм, характеризующихся малым расходом металла.

Н.П. Мельниковым проводятся большие работы по исследованию и внедрению сварных стальных конструкций в металлостроительство. Результаты этих исследований опубликованы им в ряде статей: «Развитие сварки в металлостроительстве СССР» (1964), «Проектирование уникальных сварных конструкций» (1965), «Прогрессивный метод возведения цельносварных сверхмощных доменных печей в СССР» (1966), «Уникальные цельносварные здания и сооружения» (1966), «Основные вопросы развития сварных строительных металлических конструкций» (1966), «Основные вопросы развития производства сварных конструкций» (1971), «Влияние скорости деформаций на прочность основного металла и сварных соединений высокопрочных сталей 12ГН2МФАЮ» (1978) и др.

Одним из вопросов, решение которых предопределяет внедрение сварки в строительство, является поведение стали в условиях низких температур и связанное с ним хрупкое разрушение конструкций. Проведенные Н.П. Мельниковым экспериментально-теоретические исследования дали возможность наметить основные пути борьбы с хрупким разрушением стали и предотвратить его. Результаты исследований обобщены в монографии «Выбор сталей для строительных металлических конструкций», вышедшей в двух изданиях (1964 и 1967) и в ряде статей: «Некоторые вопросы хрупкого разрушения строительных конструкций» (1962), «Экспериментальное исследование статической прочности элементов в условиях перехода в хрупкое состояние» (1965), «Условия и причины хрупких разрушений строительных стальных конструкций» (1972), «Высокопрочная сталь 12ГН2МФАЮ повышенной хладостойкости в сварных конструкциях» (1978) и др.

Много внимания в своих научных трудах Н.П. Мельников уделяет вопросам создания и развития легких металлических конструкций, их поточного изготовления и комплексной поставки. Эти вопросы освещены им в ряде работ: «Тенденции развития облегченных стальных конструкций промышленных зданий» (1970), «Разработка легких металлических конструкций – важное звено в

работе коллектива ЦНИИпроектстальконструкция» (1972), «Стройкам – легкие конструкции» (1973), «Легкие металлические конструкции индустриального изготовления» (1975), «Применение легких конструкций – важное направление технического прогресса в строительстве (1975), «Научно-исследовательские работы в области легких металлических конструкций» (1978) и др.

Большой вклад внес Н.П. Мельников в разработку и внедрение механизированных и автоматизированных методов изготовления металлических конструкций. По этим вопросам им опубликованы: «Основные направления комплексной автоматизации и механизации поточного производства сварных строительных конструкций» (1976), «Современные методы изготовления и автоматизации поточного производства металлических конструкций» (1978).

Уделяя большое внимание воспитанию инженерных и научных кадров, а также повышению качества проектирования, Н.П. Мельников опубликовал «Металлические конструкции» (в шести частях) общим объемом 85 печатных листов. Эти труды широко используются студентами, инженерами и научными работниками.

Под научной редакцией Н.П. Мельникова печатаются сборники трудов «Материалы по металлическим конструкциям», в которых освещается широкий круг вопросов исследования, проектирования, изготовления и монтажа строительных конструкций. Н.П. Мельников является научным редактором и одним из авторов «Справочника проектировщика. Металлические конструкции» и «Справочника конструктора по стальным конструкциям».

Проводимые непосредственно Н.П. Мельниковым научные работы, а также научные работы, выполняемые под его руководством, служат теоретической и практической основой для создания новых конструктивных форм стальных и алюминиевых конструкций.

Н.П. Мельниковым выполнено свыше 130 конструкторских работ в наиболее важных областях промышленности, 36 из которых признаны изобретениями.

Разработанные Н.П. Мельниковым и внедренные при его активном участии оригинальные конструктивные формы способствовали развитию машиностроения, транспорта, металлургической, нефтяной и химической промышленности.

В небольшой статье трудно перечислить все, что сделал для отечественной науки и практики Н.П. Мельников. Высокие награды Родины свидетельствуют о том, что сделано им немало. Следует особенно подчеркнуть, что свою научно-педагогическую деятельность Н.П. Мельников всегда умело сочетал с общественной – он состоял членом научно-технических советов Госстроя СССР, ученых советов МВТУ им. Баумана и МИИТа, членом научного совета по проблемам сварки и сварных конструкций Госкомитета Совета Министров СССР по науке и технике, членом бюро методического совета правления общества «Знание», членом редколлегии журнала «Строительная механика и расчет сооружений». В течение ряда лет Н.П. Мельников состоял членом экспертной комиссии ВАК.

В 1983 г. вышла его монография «Металлические конструкции. Современное состояние и перспектива развития» объемом в 48,4 печатных листа. В ней Мельников Н.П. обобщил достижения отечественной школы металлостроителей.

Тяжелая болезнь и безвременная кончина помешали Николаю Прокофьевичу завершить работу по изданию книги, внести в нее коррективы. Но и в своем настоящем виде этот труд является настольной книгой ученых и инженеров, занимающихся теорией, проектированием и изготовлением металлических конструкций.

Волосович О.В., к.т.н. доцент; Ясь С.Н., студент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Коррозия – фактор риска при эксплуатации зданий и сооружений

В работе рассматривается коррозия как неизбежный процесс при эксплуатации сооружений, природа коррозии. Приводится пример расчета несущего элемента конструкции при поверхностной коррозии.

Коррозия, поверхностная коррозия, напряжения, несущая способность, риск.

В конце прошлого века на одной из строительных площадок г. Симферополя произошел несчастный случай, повлекший за собой гибель человека. Оборвались монтажные петли при погружке подушки фундамента в автомашину. Экспертиза, которую проводили сотрудники академии при участии одного из авторов этой статьи, показала, что причиной аварии являлась коррозия монтажных петель. Коррозия «съела» половину площади сечения петли. Этот случай говорит о том, что нельзя пренебрегать рисками, связанными с развитием коррозии металла и снижением несущей способности сечений.

Слово коррозия происходит от латинского «corrodo»-«грызу» или более позднего «corrosio»-«разъедание». И то и другое как нельзя лучше отражают суть коррозионных процессов.

По механизму процесса различают химическую и электрохимическую коррозию металла. По характеру коррозионного разрушения различают общую или сплошную коррозию и местную коррозию, при которой корродируют определенные участки металла и которая делится, в свою очередь на коррозию язвами и межкристаллическую. При ней процесс распространяется по границе металлических сплавов.

По условиям протекания процесса: различают газовую коррозию, атмосферную коррозию и жидкостную коррозию в растворах электролитов.

Основной причиной развития коррозионных процессов считается термодинамическая неустойчивость системы, состоящей из металла конструкций и окружающей среды.

При проектировании металлических конструкций необходимо иметь полную информацию об экологии среды будущего существования конструкции, т.к. кроме перечисленных причин развития коррозии следует учитывать биологические факторы и радиационный фон. Существенным является также и то к какой группе стойкости относится данный металл по скорости коррозии (см. табл. 1).

Таблица 1.

Группы стойкости металла по скорости коррозии.

Группа стойкости	Скорость коррозии металла, мм/год.	Балл
Совершенно стойкие	Менее 0,001	1
Весьма стойкие	Свыше 0,001 до 0,005	2
	Свыше 0,005 до 0,01	3
Стойкие	Свыше 0,01 до 0,05	4
	Свыше 0,05 до 0,1	5
Пониженно-стойкие	Свыше 0,1 до 0,5	6
	Свыше 0,5 до 1,0	7
Малостойкие	Свыше 1,0 до 5,0	8
	Свыше 5,0 до 10,0	9
Нестойкие	Свыше 10,0	10

Довольно часто при обследовании металлических конструкций под слоем пыли уноса обнаруживается сплошная коррозия (см. рис. 1), которая опасна уже тем, что развивается незаметно особенно тогда, когда за состоянием конструкций не ведется постоянное профессиональное наблюдение.



Рис. 1. Сплошная коррозия под слоем пыли уноса.

Сплошная коррозия делится на равномерную и избирательную, в последнем случае коррозионный процесс распространяется преимущественно по какой-либо структурной составляющей сплава.

Сплошная коррозия может в значительной степени влиять на несущую способность металлических тонкостенных сечений, увеличивая риск аварии.

Рассмотрим три случая сплошной коррозии двутавра №16. В первом случае (рис. 2, а) наблюдается сплошная равномерная коррозия, во втором случае (рис. 2, б) корродирует только нижняя полка, в третьем – (рис. 2, в) стенка и нижняя полка.

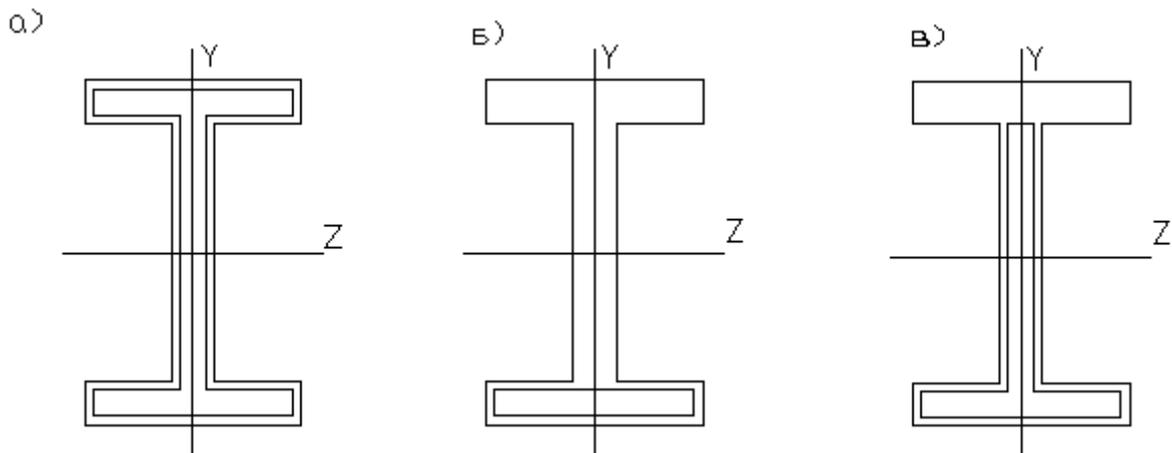


Рис. 2. Сплошная равномерная и неравномерная коррозия.

Рассмотрены четыре состояния сечения: первое, когда коррозия отсутствует, и три последовательных, когда эффективное сечение уменьшается соответственно на 0.1, 0.2 и 0.3 мм по периметру.

В каждом состоянии были определены геометрические характеристики по программе «Инженерный калькулятор 2.0», в частности, моменты сопротивления сечения и максимальные напряжения по формулам сопротивления материалов. Рассматривали консольную балку с силой $F=10$ кН на конце консоли. Результаты представлены на рис. 3.

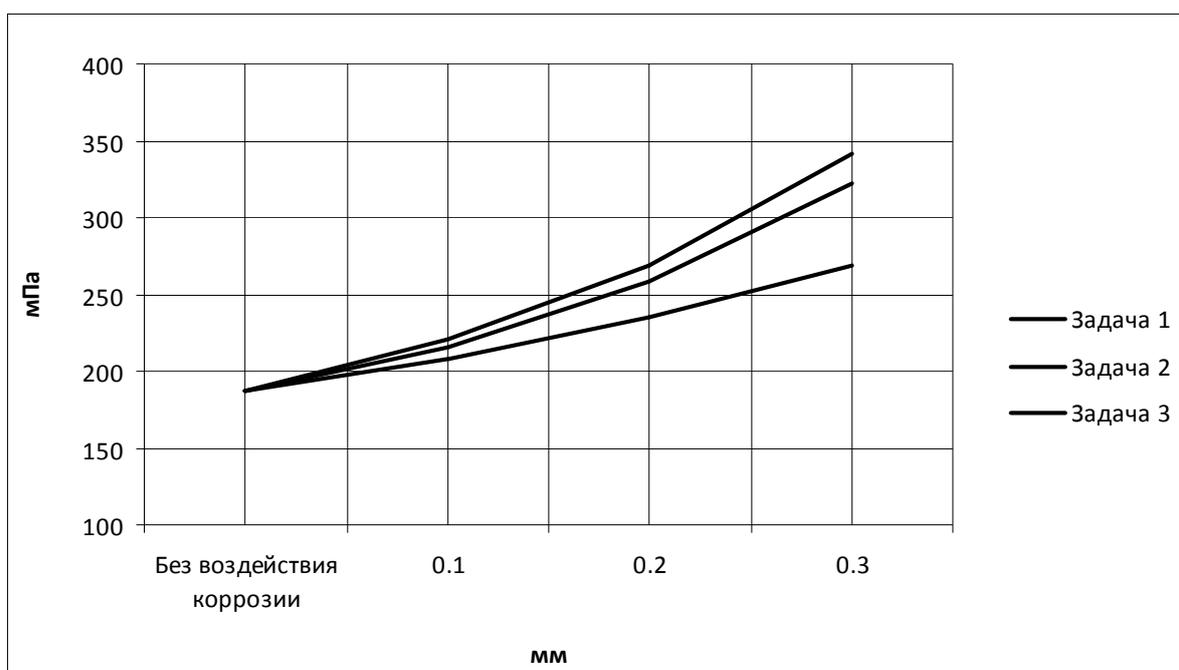


Рис. 3. Зависимость несущей способности тонкостенного сечения от интенсивности поверхностной коррозии.

Видно, что зависимость нелинейная. Хорошо заметно, что уже при интенсивности коррозии в 0.1 мм напряжения возрастают при равномерной коррозии примерно на 18%, при неравномерной больше.

Следует отметить, что неравномерная коррозия значительно опаснее (графики 2 и 3), чем равномерная.

Этим можно объяснить аварии балконов, где несущие элементы (швеллеры, двутавры) подвергаются, обычно, коррозионным воздействиям в нижней части.

Рассматривая сплошную коррозию тонкостенных сечений, следует обратить внимание на увеличение гибкости стенок сечений, что увеличивает риск потери местной устойчивости.

Особую опасность представляет скрытая коррозия арматуры в железобетоне, поскольку она обнаруживается, когда процесс зашел достаточно далеко (рис. 4 и рис.5)



Рис. 4. Коррозия арматуры в железобетонном столбе.



Рис. 5. Коррозия несущих балок в балконной плите.

Коррозия начинается уже в момент строительства и в начале эксплуатации зданий и сооружений, развивается непрерывно и, зачастую, скрытно. Среда, в которой используются металлические и железобетонные конструкции, становится все более жесткой. Поэтому все более актуальны вопросы технической диагностики, а для сейсмических районов динамической паспортизации. Необходимо постоянно осуществлять мониторинг состояния конструкций, на основе которого проводить ремонтно-восстановительные работы.

В условиях Крыма эти проблемы особенно актуальны ввиду особенностей климата и геологических условий: резкие перепады дневных и ночных температур, влияние моря, высокая расчетная сейсмическая интенсивность.

В настоящее время в Крыму эксплуатируется значительное количество зданий и сооружений довоенной и даже дореволюционной постройки, а также зданий «замороженных» строительством в течение 10-15 лет, состояние которых не диагностировано в отношении процессов коррозии, что значительно повышает риск аварий, особенно в сейсмоактивных зонах.

ВЫВОДЫ

1. Нельзя недооценивать опасность поверхностной коррозии, которая в значительной мере снижает несущую способность конструкции. Коррозия может привести к изменению расчетной схемы сооружения.
2. Для безопасной эксплуатации сооружений необходим их постоянный мониторинг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малахов А.И., Жуков А.П. Основы металловедения и теории коррозии: Учебник для машиностроительных техникумов. - М.: Высш. Школа, 1978. - 192 с., ил.
2. Батраков В.В. Коррозия конструкционных материалов Книга 2, 1990. - 320., ил.
3. Кеше Г. Коррозия металлов. Физико-химические принципы и актуальные проблем, Пер. с нем. М.. Металлургия, 1984. 400 с. с ил.

Кириленко В. Ф., к. т. н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Местный изгиб верхних фанерных обшивок ребристых панелей

При рассмотрении фанерной обшивки как ортотропной пластинки в рамках теории тонких упругих плит рассмотрен изгиб под действием сосредоточенных нагрузок.

Фанерные пластины, изгиб, метод конечных элементов.

Состояние вопроса и постановка задачи.

При расчёте трёхслойных ребристых строительных панелей наряду с определением напряжений и деформаций при общем изгибе необходимо оценить работу верхних обшивок при действии кратковременных сосредоточенных нагрузок. Эти нагрузки в зависимости от отношения расстояния между продольными рёбрами к толщине обшивки вызывают либо местный изгиб, либо растяжение, и это обстоятельство учитывается соответствующим расчётом [1, 2].

Для клеёфанерных плит такие исследования практически не проводили, поэтому считается, что верхняя обшивка всегда работает на изгиб в промежутке между продольными и поперечными рёбрами.

Согласно рекомендациям ЦНИИСК [3] расчётная схема верхней обшивки при действии сосредоточенной нагрузки представляется в виде балки с защемлёнными концами и расчётной шириной сечения, равной одному метру.

В работе [4] фанерная обшивка представлена в виде бесконечно длинной ортотропной пластинки с шарнирным опиранием сторон при действии распределённой на прямоугольнике конечных размеров нагрузки. Здесь с использованием известного решения Губера получены значения максимальных напряжений σ_x и σ_y , а расчёт прочности предлагается выполнять на основе критерия, предложенного Е. К. Ашкенази.

Для фанерной (ортотропной) обшивки с конечным отношением сторон и учётом эффекта упругого защемления пластины по контуру аналогичная задача решена в [5] с использованием метода Ритца. Для оценки прочности обшивки здесь также использован критерий Е. К. Ашкенази.

Фанерная обшивка с конечным отношением сторон в рамках классической теории тонких ортотропных пластин при жёстком закреплении сторон рассмотрена в [6]. Здесь получены значения изгибающих моментов и прогибов, а также ограничения применимости классической теории в зависимости от расстояний между продольными рёбрами и толщины обшивки.

Во всех перечисленных работах нагрузка располагалась в центре пластины, однако анализ изгиба изотропных пластин с жёстким, а, следовательно, и упругим защемлением сторон под действием сосредоточенных сил [7] показывает, что максимальные значения изгибающих моментов находятся в местах защемления сторон, а положение сосредоточенной нагрузки в этом случае зависит от отношения ширины прямоугольника нагрузки к пролёту пластины и находится вблизи линии защемления. С учётом этого может измениться подход к нахождению расчётных усилий в фанерной обшивке при проверке её прочности, кроме того, должны быть установлены значения предельных отношений расстояний между продольными рёбрами к толщинам обшивки, при которых можно пользоваться классической теорией тонких пластин. Эти обстоятельства и являются основными задачами настоящего исследования.

Расчётная схема обшивки в виде балки.

Верхняя фанерная обшивка плит при клеевых соединениях с продольными рёбрами представляется в виде балки, концы которой защемлены по концам рёбер. При пренебрежении собственным весом обшивки нагрузкой на такую балку [8] будет сосредоточенная сила P , равная 1 кН с коэффициентом надёжности $\gamma=1,2$. В этом случае согласно рекомендациям [3] сосредоточенную силу располагают в середине пролёта, а расчётным изгибающим моментом будет величина $0,125 Pl$, соответствующая значению момента в сечении под силой, либо на опорах с противоположным знаком. Следует отметить, что это значение изгибающего момента при принятой расчёт-

ной схеме соответствует только положению нагрузки в середине пролёта, при других же положениях нагрузки значения пролётных и опорных моментов будут иными.

При загрузении балки сосредоточенной силой в произвольной точке на расстоянии x от левой опоры (рис.1) опорные моменты согласно [9]

$$M_A = - \frac{P x (l-x)^2}{l^2}$$

$$M_B = - \frac{P x^2 (l-x)}{l^2} \quad (1)$$

Для нахождения максимального значения M_B возьмём производную функции M_B по x и приравняем её к нулю:

$$\frac{dM_B}{dx} = - \frac{P}{l^2} (2xl - 3x^2) = 0$$

откуда

$$3x^2 - 2xl = 0,$$

$$x(3x - 2l) = 0$$

$$x_1 = 0; \quad x_2 = \frac{2}{3}l$$

При расположении сосредоточенной силы на расстоянии $2l/3$ от левой опоры изгибающий момент в точке В

$$M_B = - \frac{P x^2 (l-x)}{l^2} = - \frac{P \cdot 4l^2 \cdot l}{9l^2 \cdot 3} = - \frac{4}{27} Pl \quad (2)$$

что на 11,85% больше, чем при расположении силы в середине пролёта.

На рис.1 показана эпюра моментов при постановке силы P на расстоянии $2l/3$ от левой опоры, а также линия влияния опорного момента M_B .

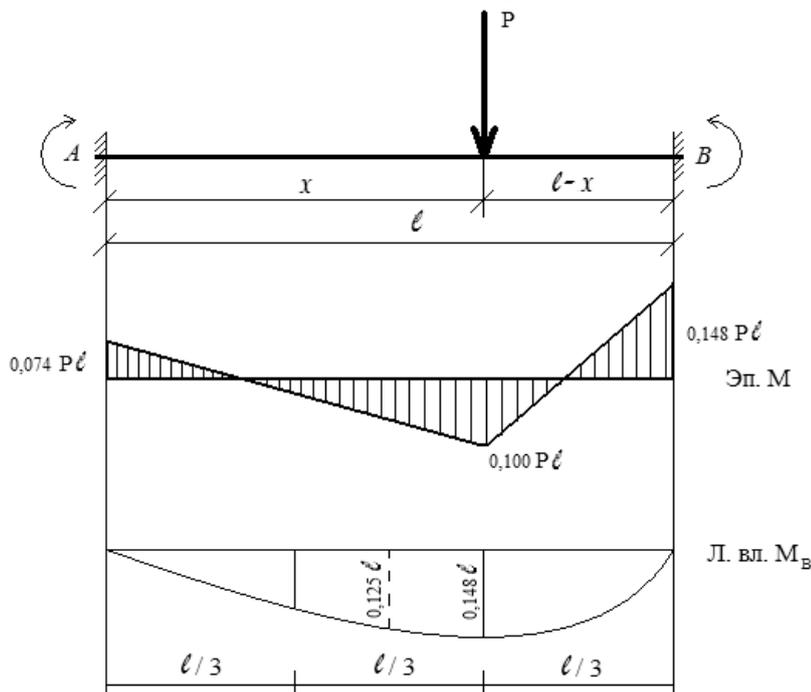


Рис.1. Эпюра изгибающих моментов и линия влияния опорного момента

Аналогичным образом можно показать, что максимальное значение пролётного момента будет при расположении силы в середине пролёта, однако это значение не будет превышать (2).

Таким образом, в практических расчётах прочности верхней фанерной обшивки как защемлённой балки значение расчётного изгибающего момента должно быть принято согласно (2).

Расчётная схема обшивки в виде защемлённой пластинки.

Рассмотрим напряженно-деформированное состояние верхней обшивки клеефанерной плиты шириной 1.5 м, имеющей 4 продольных дощатых ребра и поперечные рёбра, расположенные через 1.5 м по длине плиты. Для обеспечения продольной вентиляции высота поперечных рёбер принята несколько меньше, чем продольных, поэтому верхняя фанерная обшивка к поперечным промежуточным рёбрам не приклеивается. С учётом этого расчётная схема верхней фанерной обшивки при действии сосредоточенной нагрузки принята в виде прямоугольной пластинки, продольные края которой жёстко защемлены, а поперечные – неопёрты. Размер короткой стороны пластинки принят $a=473\text{мм}$, а её длина принята равной удвоенному расстоянию между осями продольных рёбер, т. е. 946 мм.

Фанерная обшивка рассматривается как прямоугольная ортотропная пластинка с упругими постоянными вдоль главных направлений $E_y=9000\text{МПа}$, $E_x=6000\text{МПа}$, $\nu_x=0,065$, $G_{xy}=750\text{МПа}$. Определение внутренних усилий и прогибов выполняли с помощью программного комплекса «Scad», реализующего метод конечных элементов. Для этого пластинку разбивали на 242 конечных элемента с ячейкой 43х43 мм, а сосредоточенная нагрузка $P=1.2\text{ кН}$ прикладывалась на поверхность квадрата со стороной $2 \times 43=86\text{мм}$ (рис. 2) в различных точках пластины вдоль оси x : $x_1=258\text{мм}$, $x_2=344\text{мм}$, $x_3=387\text{мм}$ и $x_4=430\text{мм}$.

При указанных положениях нагрузки вычисляли изгибающие моменты M_x и M_y , крутящие моменты M_{xy} , поперечные силы Q_x и Q_y , а также прогибы пластинки. При толщине пластинки $\delta = 12\text{мм}$ в табл.1 приведены значения изгибающих моментов в местах действия сосредоточенной силы P и в месте защемления ближней стороны (точка В).

Таблица 1.

Изгибающие моменты в местах действия сосредоточенной силы и в месте защемления.

$\frac{x}{a}$	$M_x = \beta_1 P$	$M_y = \beta_2 P$	$M_B = \beta_o P$
a	β_1	β_2	β_o
0,545	0,167	0,158	-0,142
0,727	0,133	0,125	-0,175
0,818	0,117	0,108	-0,267
0,909	0,050	0,042	-0,075
1	0	0	0

Из таблицы видно, что при продвижении силы P от середины пластинки к линии защемления изгибающие моменты M_x и M_y в местах приложения нагрузки уменьшаются, а момент M_B в месте защемления увеличивается, достигая своего максимального значения при $x/a=0.818$. В этом случае изгибающий момент M_x в точке В превышает пролётный момент при нахождении силы P в середине на 60% и достигает величины $-0,267 P$. На рис. 2 показана линия влияния изгибающего момента в защемлении (точка В) при расположении нагрузки вдоль средней линии пластинки.

Аналогичное явление было в своё время отмечено при изгибе изотропных прямоугольных пластинок [7], где показано, что для полубесконечной защемлённой пластинки под действием сосредоточенной нагрузки, распределённой на прямолинейном отрезке длиной u , момент в защемлении в значительной степени зависит от положения нагрузки и при отношении $u/a=0$ достигает своего максимального значения, равного $-0,318 P$.

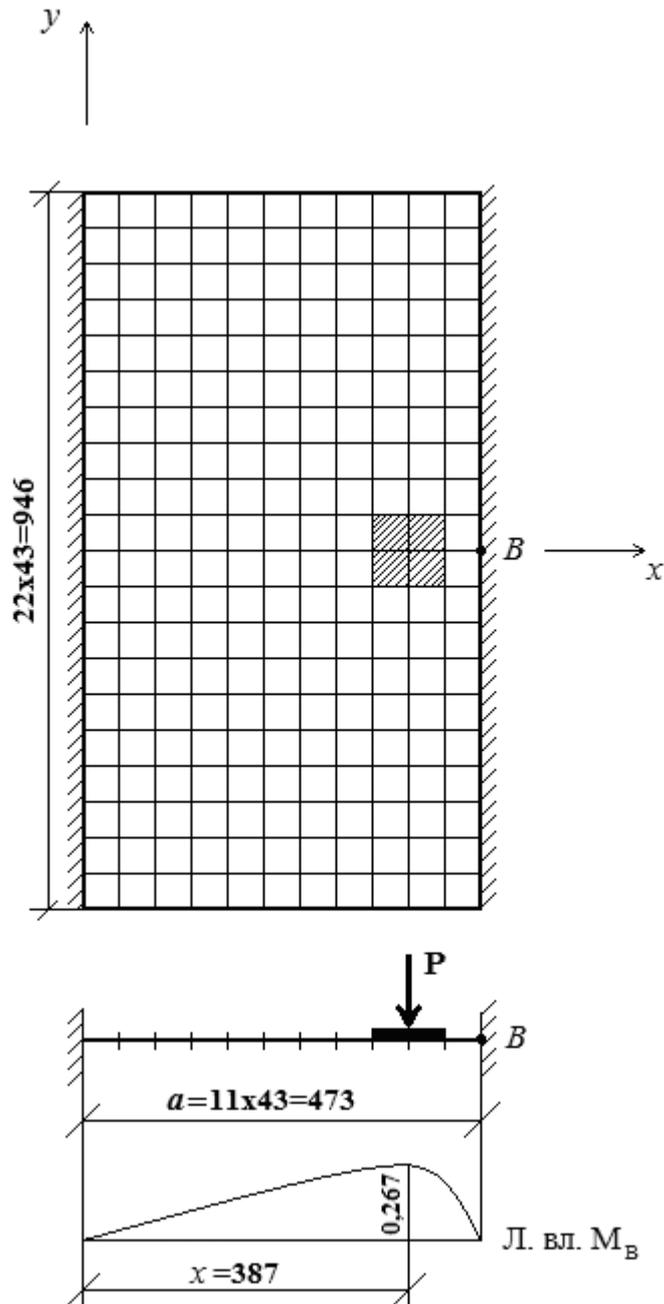


Рис.2. Расчетная схема обшивки и линия влияния опорного момента

Таблица 2.

Прогибы фанерной обшивки

Толщина пластинки δ , мм	Максимальные абсолютные (f) и относительные (f/δ) прогибы при расположении нагрузки			
	в центре пластинки		в промежуточных точках срединной линии при условии достижения максимального значения M_B	
	f , мм	f/δ	f , мм	f/δ
9	4,81	0,534	3,13	0,347
10	3,51	0,351	2,28	0,228
12	2,03	0,169	1,32	0,110

Как известно, классическая теория изгиба тонких пластин, основанная на гипотезах Кирхгофа, применима при прогибах не более 0,25 их толщины. С учётом этого рассмотрено деформи-

рованное состояние верхней фанерной (ортотропной) обшивки указанных выше размеров при различных её толщинах. В табл. 2 приведены максимальные абсолютные (f) и относительные (f/δ) прогибы обшивки при расположении сосредоточенной нагрузки в центре пластинки и в местах действия нагрузки при условии достижения максимальных значений опорного момента в месте защемления.

Из таблицы видно, что прогибы фанерной обшивки при действии сосредоточенной нагрузки, распределённой по поверхности прямоугольника, являются весьма существенными и при толщинах обшивки ≤ 10 мм превышает критерии применимости теории тонких пластин.

ВЫВОДЫ:

1. При расчёте верхней фанерной обшивки на местный изгиб в случае рассмотрения её как балки или пластины должно быть учтено, что максимальные изгибающие моменты возникают в месте защемления при определённых положениях сосредоточенной нагрузки, зависящих от расчётной схемы обшивки.
2. Для фанерных обшивок, рассматриваемых как ортотропные, применение теории тонких пластин с малыми прогибами возможно лишь при их гибкости $a/\rho < 40$ в случае расположения нагрузки в середине пролёта с повышением этого отношения до 50 при определении максимальных значений изгибающего момента в местах защемления обшивки.
3. Используемые здесь методы могут быть применены для оценки прочности обшивок с привлечением определённых критериев прочности и при упругом защемлении сторон, но эти вопросы с выполнением экспериментов требуют дальнейшего рассмотрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Александров А. Я., Брюккер Л. Э., Куршин Л. М., Прусаков А. П. Расчёт трёхслойных панелей. – М.: Оборонгиз, 1960. – 271с.
2. Рекомендации по проектированию и расчёту конструкций с применением пластмасс / ЦНИИСК им. Кучеренко. – М., 1969. – 149с.
3. Рекомендации по проектированию панельных конструкций с применением древесины и древесных материалов для производственных зданий / ЦНИИСК им. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1982. – 120с.
4. Торяник Н. Н. Влияние местной нагрузки на прочность обшивки рёбристых клеёфанерных панелей с учётом анизотропии материала // Исследование конструкций из клееной древесины и пластмасс: Межвуз. темат. сб. тр. / ЛИСИ. – Л., 1977, №1 (132). – С.86-88.
5. Кабанов Е. А., Корзон С. А. Проверка прочности верхней обшивки рёбристых клеёфанерных панелей на действие монтажной нагрузки // Повышение долговечности и надёжности строительных конструкций из дерева и пластмасс: Межвуз. темат. сб. тр. / ЛИСИ. – Л., 1987. – С.50-55.
6. Кириленко В. Ф., Попов Д. И. Работа фанерных пластинок при местной передаче нагрузки, нормальной к плоскости листа // Лёгкие конструкции зданий: Сб. научн. тр. / РИСИ. – Ростов-на-Дону, 1989. – С.34-39.
7. Тимошенко С. П., Войновский – Кригер С. Пластинки и оболочки. – М.: Госуд. изд-во физ.-мат. литературы, 1963. – 635с.
8. ДБН В. 1.2-2:2006 Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. – К.: Минстрой Украины, 2006. – 78с.
9. Курс сопротивления материалов: Учеб. для вузов / под ред. М. М. Филоненко – Бородича. – М.: Гостехтеориздат, 1949. – 428с.

Сафонов А. А., д. арх., профессор; Сафонов К. А., архитектор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

О памятниках архитектуры, их выявлении, сохранении и использовании в Крыму

Дан краткий анализ памятников истории, культуры и природных заповедников. Предложены некоторые направления по их выявлению, сохранению и дальнейшему использованию, прежде всего, как объектов туризма и экскурсий.

Памятники, выявление, сохранение, дальнейшее использование, туризм, экскурсии.

Памятник - атрибут истории, веха на пути совершенствования человеческого сообщества. Крым, по исследованиям К. С. Мережковского, является прародиной человечества. Здесь имеются сооружения от стоянок первобытного человека до современных построек. Место уникальное и по концентрации памятников на единицу территории. Предполагаемое перепрофилирование полуострова [1] из «Всесоюзной здравницы» в Мекку туризма экскурсий и связанных с этой деятельностью научных и учебных центров вполне оправдано. В этой связи нам следует радикально изменить отношение к истории и историческому наследию. Провозглашенный на заре Советской власти лозунг: «Весь мир насилья мы разрушим!» - был воспринят некоторыми буквально, жертвами революционного порыва стали многие национальные реликвии. Самое печальное, что эти страсти не улеглись и по сей день. В одном из мартовских номеров газеты «Южная столица» вполне серьезно предлагается снести исторически сформировавшийся средневековый «старый город» на том основании, что он доведен сегодня до убогого состояния [2]. Последствия революционных преобразований, очевидно, еще долго будут отражаться в нашей жизни. Писатель Б. Васильев считает: «Мы ликвидировали и свойственный России институт, отчего дома, который никогда не был просто жилищем («жилплощадью», выражаясь нашим языком), он соединял в себе прошлое, настоящее и будущее, служил живым музеем рода, банком памяти поколений, создавая традиции и обычаи, укреплял родственные связи, придавая клану устойчивость при невзгодах и несчастьях...»[3].

Сохранение истории рода имеет принципиальное значение для каждого человека. По теории немецкого ученого А. Гумбольдта жизнь человека тем успешнее, чем глубже и обширнее его познание истории своего рода. Оноре де Бальзак утверждал: «События человеческой жизни, общественной и частной, так тесно связаны с архитектурой, что большинство наблюдателей может восстановить жизнь нации или отдельных людей во всей подлинности их обычаев по остаткам общественных памятников или изучая их домашние реликвии» [4].

Изучение истории не просто познавательный процесс. Давно известна истина: анализ истории необходим для понимания настоящего и прогнозирования будущего.

Градация памятников колеблется от семейных реликвий, представляющих интерес для ограниченного круга людей, до исторических экспонатов мирового значения.

Они как бы уже не принадлежат ныне живущему поколению. О таких сокровищах Д. Картер, открывший гробницу Тутанхамона, сказал, что мы не хозяева, мы лишь счастливые посредники, коим оказана великая честь, передать этот бесценный дар прошлого будущему.

Эту миссию могут выполнить не все страны по причинам культурной или экономической несостоятельности. В век научно-технического прогресса памятники становятся особенно уязвимы, поэтому международная общественность взяла под свою охрану около четырехсот памятников и природных заповедников [5].

Под понятием «охрана» подразумевается не запрет или ограничение доступа к объекту, а его сохранение и рациональное использование.

В современной архитектурной науке принято делить памятники архитектуры на две группы. Памятники достижений архитектуры как искусства на том или ином этапе её исторического развития и сооружения, которые могут и не представлять особой эстетической ценности, но связаны с памятными историческими событиями.

Эстетическая ценность или историческая значимость памятников определяют ареалы их влияния – местного, регионального, государственного и международного значения. Характеристика современного состояния, разработка рекомендаций по их сохранению и дальнейшему использованию - задачи очень сложные. В исторически сформировавшихся поселениях Крыма, к коим относятся практически все крупные населенные пункты, они встречаются в виде компактных градостроительных ансамблей и отдельными локальными сооружениями в массивах современной застройки.

Выявление предполагаемого памятника, его обмеры, зарисовки, фотофиксация и описание требуют значительных трудозатрат. Последующие этапы по оценке значимости памятника, его состояния, поиски путей его сохранения и возможности дальнейшего использования, не только трудоемки, но они должны выполняться специалистами высокой квалификации. В Крыму таких специалистов явно недостаточно. На практике выявлением памятников занимаются комиссии, в состав которых включаются специалисты разных направлений. В составе таких комиссий обычно один-два архитектора или административных работника, которые в силу своей профессиональной деятельности, как правило, не обладают достаточной подготовкой для решения этих вопросов.

Изучение исторических сооружений в традиции русской национальной архитектурной школы. В первом архитектурном учебном заведении, созданном в 1749 г. под руководством князя архитектора Д. Ухтомского учебный процесс делился на две части. В первой половине дня учащиеся занимались натурными обмерами «ветхостей», так называли в то время постройки, подлежащие сносу или ремонту, их зарисовками и описаниями. Во второй половине дня изучали теоретические дисциплины, и проводили камеральную обработку полученных материалов. Принятая методика позволяла эффективно изучать архитектурное наследие, она обеспечивала и финансовую поддержку учебного заведения. Эта традиция сохраняется в современных архитектурных школах, более того, многие вузы стали готовить архитекторов – реставраторов. Поскольку в годы перестройки активизировалась деятельность по реорганизации исторически сформировавшейся среды поселений от проектировщиков здесь требуется не только профессиональные знания и мастерство, но и понимание тех исторических процессов, под влиянием которых эта среда формировалась.

ВЫВОДЫ

1. Крым является уникальной территорией по количеству и значимости памятников истории, искусства и природных заповедников. Здесь имеются памятники, отражающие все общественно-экономические эпохи, от первобытно - общинного строя до современности. Сохраняются реликвии многих народов и национальностей, когда-либо проживавших на данной территории.
2. Для Крыма необходимо разработать и постоянно совершенствовать механизмы по выявлению, сохранению и дальнейшему использованию памятников. Постоянно функционирующим звеном этого механизма могут стать вузы, ведущие подготовку специалистов соответствующего профиля (архитекторов, дизайнеров, искусствоведов, археологов и т.п.).
3. Следует разработать и систематически уточнять трассировку маршрутов туризма и экскурсий общего познавательного и специального назначения с обязательным рациональным использованием памятников и заповедников. Данная деятельность, организованная разумно, функционально и экономически эффективно, будет способствовать выявлению, сохранению и дальнейшему рациональному использованию вышеназванных объектов и может существенно повлиять на формирование бюджета Крымской Автономии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дейч Б.Д «Государству нужен экономически развитый, политически стабильный Крым»// Голос Украины, 2004. № 155. - С. 5-9.
2. Центр, который нужно снести.// Южная столица, 21-27 марта 2008. - С. 11.
3. Васильев Б. И. Все же я уверен, что Россия подвержена Добру.// Литературная газета, 1990, № 166. - С. 3
4. Бальзак О. Собрание сочинений. Т. 16. Государственное издательство художественной литературы. М., Л.: С. 31-32.
5. Сокровища человечества. Памятники истории, культуры и природные заповедники под охраной ЮНЕСКО. БММ АО, М.: 1997. - С. 263.

Сафонов А. А., д. арх., профессор; Сафонов К. А., архитектор
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Особенности формирования и эволюции регионального народного жилища

Указаны причины возникновения региональных особенностей стационарных жилых построек человека при его переходе на оседлый образ жизни. На примере дома на южном склоне в Крыму показаны его преобразование с момента зарождения до Нового времени.

Региональное жилище, начальная стадия, природа-климат, эволюция, архитектура современного дома, Крым.

Преклонение перед просвещенной Европой во времена Петра I в аристократических кругах России становится всеобщим увлечением. Победа в войне 1812 года подняла волну патриотизма и национального самосознания. Начинается изучение собственной истории и культуры. В архитектуре первоначально внимание исследователей сосредоточилось на культовых и светских сооружениях. С конца XX века систематически ведутся исследования народного зодчества. Эти работы были начаты академиком Л.В. Далем и продолжены уже в советской России И.Э. Грабарем и его учениками. Раздвигаются границы районов исследования от центра к периферии, республикам бывшего Союза. В частности в Украине во второй половине XX века публикуются работы Самойловича В.Л., Прибеги Л.В., Юрченко П.Г., Хохла Ю.Ф. и др. по результатам исследований народного зодчества XX века. Известный исследователь народного зодчества Ю.С. Ушаков назвал этот этап периодом накопления материала, поскольку полученные результаты внедрялись в проектную практику лишь в исключительных случаях. На наш взгляд причина такого положения заключается в том, что авторы проводят исследования на одномоментном историческом срезе. Не пытаются выяснить начальную форму той или иной разновидности объекта, причины её формирования и поэтапного последующего совершенствования. Характеризуя современное состояние архитектурной формы, не пытаются разграничить то, что ушло в прошлое и стало достоянием истории и то, что принадлежит будущему, т.е. то, что можно и нужно использовать в современной практике.

Такой подход мы использовали при изучении регионального жилища Крыма. Территория полуострова поделена на четыре региона по их климатическим особенностям. По литературным источникам и материалам исследований Домбровского О.Н., Шульца П.Н., Якобсона А.Л. и др. Воссозданы первые стационарные жилые постройки аборигенных народов, оседло проживавших на этих территориях [1]. В данной работе на примере типичного жилища тавров, обитавших в регионе Южнобережья, показаны основные этапы его совершенствования до наших дней.

По описанию Геродота [2], тавры строили дома с очагами и дымоходами. Такие постройки обнаружены на горе Кошка. Дома примыкали тыльной, а иногда и боковыми стенами к скалам. Крыши, предположительно, бревенчатые, односкатные, с засыпкой землей рис. 1.1. Объем дома как бы врезался в склон, поскольку он хорошо прогревался даже зимой. Дверь устраивали в стенах южной ориентации, здесь дверной проем влиял на формирование микроклимата помещения. Это показали исследования, проведенные на макете таврского жилища в районе Ялты в марте и июне. В жилище ощутимы суточные колебания температур, особенно в холодный период года, что свидетельствует о роли солнечной энергии при формировании теплового микроклимата в нём.

Кладку стен в таврских постройках выполняли из дикого рваного камня без связующего раствора, насухо. По внутренней и наружной поверхности укладывали крупные камни, образующие внутренний и наружный панцири стены. Пространство между ними забутовывали щебнем. Отдельные камни продолговатой формы укладывали в забутовку и обеспечивали связь её с панцирем. Стены получались прочными и устойчивыми к динамическим нагрузкам. Возведенные около двух тысячелетий назад у основания Аю-Дага и горы Кошки, они выдержали множество землетрясений, но частично сохранились до наших дней. Плоская кровля постройки не препятствовала сходу ливневых и селевых потоков, камнепадов с верхней части склона и таким образом защищала человека от опасных природных явле-

ний.

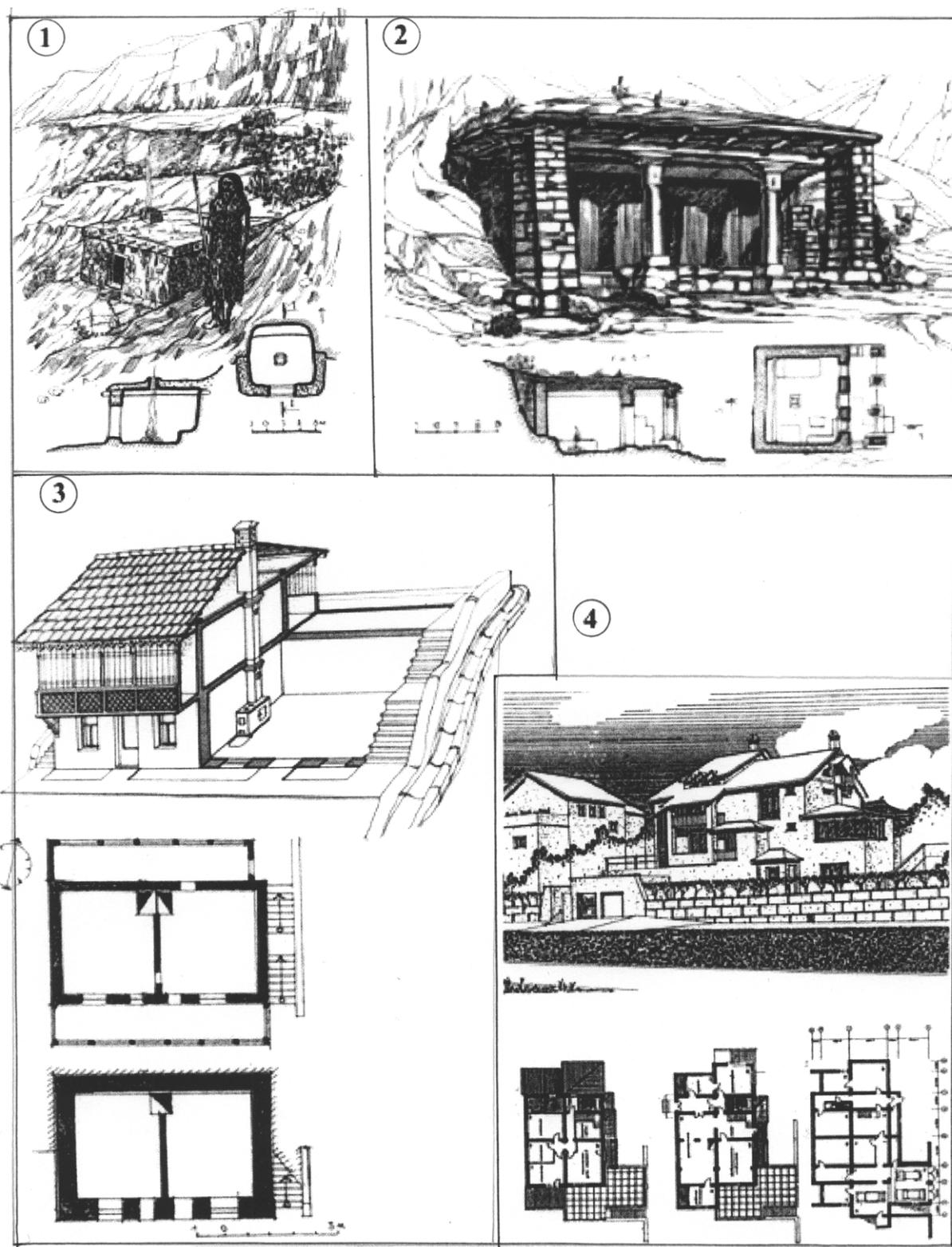


Рис. 1. Эволюция жилища на южном склоне: 1 - жилище тавров; 2 - средневековый дом; 3 - принципиальная схема дома Нового времени; 4 - современный дом на южном склоне А. Ковтушенко, архитектор А.А. Сафонов

Примитивными орудиями труда сложно выдолбить нишу для дома в скальном грунте, поэтому использовались естественные гроты, их наличие и определяло формирование поселений на ЮБК, они не имеют регулярной планировки и четких границ. Очевидно, рельеф здесь являлся основным определяющим фактором при формировании их планировочной структуры. Некоторые исторически сложившиеся поселения этого района, например, Фрунзенское, Гурзуф и др. В основе своей сохраняют планировочную структуру со вре-

мен средневековья. Её консервативность обусловлена жизнеспособностью эмпирически найденных решений. Во всех рассмотренных вариантах этого периода отсутствуют регулярные планировочные схемы даже в виде отдельных фрагментов поселения. О.И.Домбровский в 1963 г. исследовал поселение, расположенное на склоне горы Аю-Даг [3]. Удалось обнаружить остатки пятидесяти домов. Толщина стен построек колеблется от 90 до 105 см., они выложены из обломков диорита на глиняном растворе и оштукатурены изнутри и снаружи. Он высказывает предположение о возможности существования построек в два этажа. Некоторые дома многократно перестраивали, но стены в основном сохранились, следовательно, объемно-планировочные решения радикально не менялись, оставалась неизменной и планировка посёлка. Дома расположены длинной стороной параллельно линиям горизонталей или под углом к ним. Закономерность обусловлена, скорее всего, этажностью домов. Одноэтажные постройки врезались в склон, имели плоскую кровлю, через которую пропусклась масса, каменно-гравийных осыпей, оползней и селевых потоков. Двухэтажный дом должен был разрезать эту массу, и он ставился углом по направлению к склону. Природно-климатические условия диктовали его форму и конструкцию. Подобные жилища существовали в средние века в аналогичных условиях стран северного Причерноморья: «азенбаш»- в Армении, «дарбази»- в Грузии, «карадам»- в Азербайджане. По сравнению с таврским жилищем здесь появилась веранда с навесом при входе: люди стали больше времени проводить в жилище, а в жаркое время года она помогает сохранять прохладу в доме, появляется дополнительная площадь. Часто очаг для приготовления пищи устраивали не в доме, а под навесом при входе, рис. 1.2.

В XIX веке становится типичным дом на южном склоне с квартирой в двух уровнях. Первый этаж врезается в склон, т.е. использован обычный для этих мест прием. Он позволяет укрыться от зноя в летний день и сохранять тепло в жилище зимой. Второй, этаж устраивается выше и просторнее первого за счет балкона или лоджии с южной стороны и веранды с северной. Связь между этажами осуществлялась по наружной открытой лестнице, которую часто вырубали в скальном грунте по склону, она примыкала к торцевой стене дома, рис. 1.3.

Особенности традиционного дома в данном регионе впервые использованы профессиональными архитекторами при постройке дома Ришелье в Гурзуфе (ныне музей Пушкина), сопоставительный анализ проведён в работе авторов [4]. О принадлежности дома к данной типологической группе можно судить по отзыву путешественника, посетившего его в процессе строительства, приведённому в пояснительной записке проекта реставрации дома: «Остановились мы у большого, в два этажа, дома с бельведером, принадлежащего Дюку де Ришелье. Хотя дом не совсем еще отстроен, но вблизи низких хижин кажется огромным и великолепным замком. Главным фасадом обращен он к горам, с другой стороны видно море. Мне показалось сначала, что лучше было бы главный фасад обратить к морю; но, взойдя на балкон и взглянув на окрестности, согласился, что хозяин прав. Дом, построенный герцогом, был настоящий воздушный дворец, ибо весь состоял из лестниц и галерей, кроме двух, или трёх маленьких комнат, выделенных в середине здания. Видно, что владелец искал только воздуха и видов...». «Именно галерея, придавала постройке типично южный характер, глубокая галерея обеспечивала прохладу в комнатах,.. автором была заложена идея слияния дома с окружающей средой. Построен на склоне так, что с западного (главного) фасада цоколь служит подвалом, был скрыт в земле, зато со стороны паркового фасада открыт на всю высоту. Кроме того, уже упомянутый выше, широкий с колоннами проем в нем, через который осуществлялся выход из дома в парк, создавал впечатление самостоятельного нижнего этажа. Поэтому высоту дома оценивают по-разному, в зависимости от того, откуда его осматривают. Нижний этаж представляет из себя подвал без окон и не мог служить для жилья, его тыльная и боковые стены почти целиком уходили в землю».

Оценки по описанию людей, в разное время посетивших этот дом, полярно противоположны: от «архитектура дурного вкуса, господский дом» до «уютная красивая дача, настоящий воздушный замок».

Южнобережье особенно интенсивно застраивалось во второй половине XIX века, после Крымской войны 1854-56 гг. Почти ежегодно (начиная с 1857г.) в Крым приезжала царская семья. Её примеру стремились следовать и вся правящая элита. Строительство домов на южном склоне становится все более осмысленным и совершенным, этот процесс убедительно продемонстрирован при постройке дома А. П. Чехова в пригороде Ялты и особняка министра последнего царского правительства С.Д. Сазонова в Массандре. Дом А.П.Чехова построен по проекту ялтинского архитектора Л.Н. Шаповалова в шести верстах от Ялты по дороге в деревню Верхняя Аутка. Выбор места не был случайным. «Что за вид с нашего участка! Это не

вид, а рахат-лукум». Дом строился основательно: «... делаем так, чтобы потом сто лет не понадобилось ремонта», - писал Антон Павлович сестре [5]. На довольно большой территории (0,31 га) под строительство дома отведен участок с наиболее сложным рельефом. Его уклон примерно в три раза превышает средний уклон территории усадьбы - около 10 градусов. Архитектурно-художественные достоинства постройки высоко оценивали современники. В частности, А.И. Куприн характеризует их следующим образом: «Ялтинская дача Чехова стояла почти за городом, глубоко под белой и пыльной аутской дорогой. Не знаю, кто её строил, но она была, пожалуй, самым примечательным зданием в Ялте. Вся белая и чистая, легкая, красиво несимметричная, построенная вне какого-нибудь определенного архитектурного стиля, с вышкой в виде башни, с неожиданными выступами, со стеклянной верандой внизу и с открытой террасой вверху, с разбросанными, то широкими, то узкими окнами - она походила бы на здание в стиле модерн, если бы в ее плане не чувствовалась чья-то внимательная и оригинальная мысль, чей-то своеобразный вкус» [6].

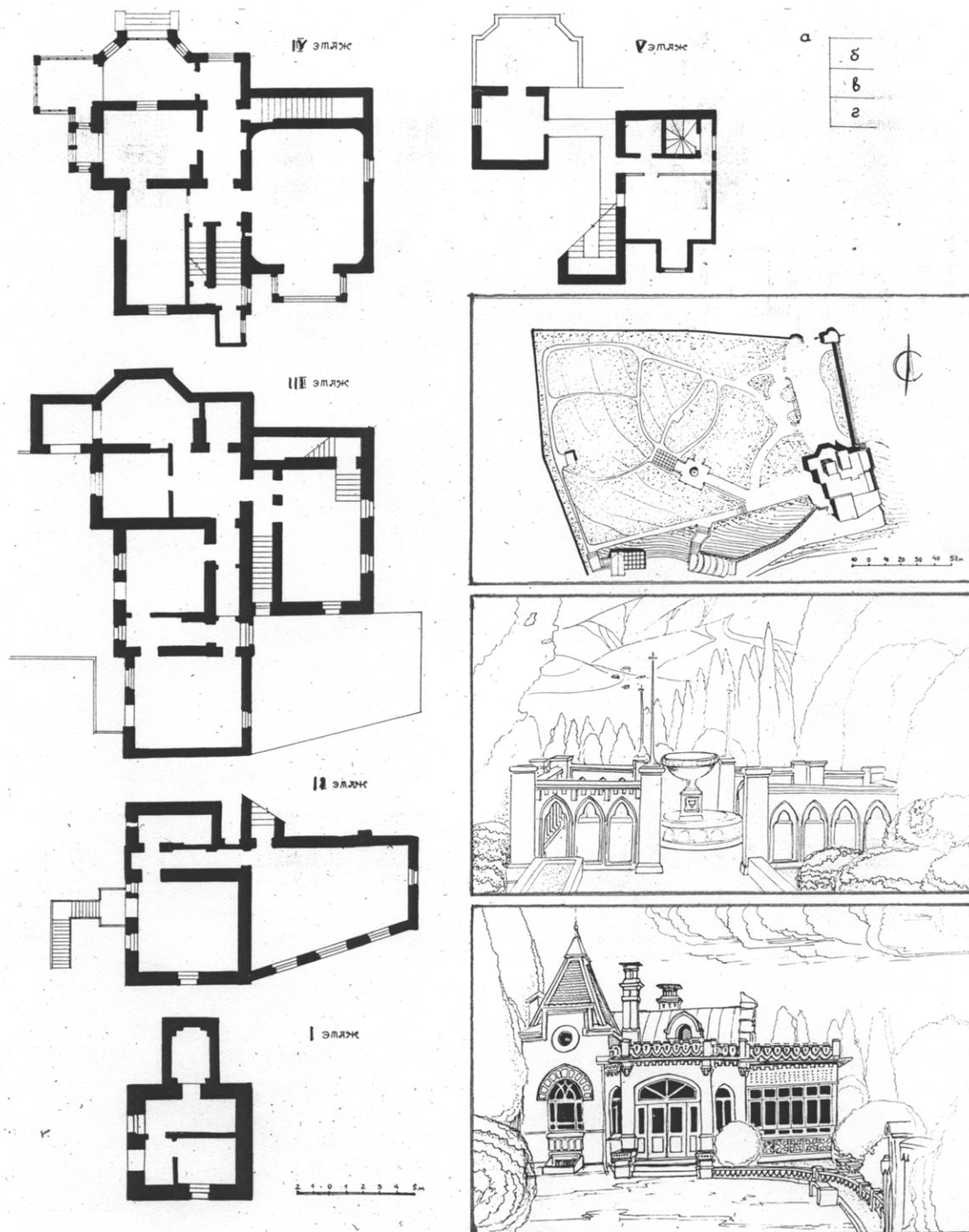


Рис. 2. Особняк С.Д. Сазонова в Массандре. Планы этажей, схема плана участка, фонтан в

парке, фасад дома со стороны двора

Здесь внесены следующие усовершенствования. Основание фундамента покоится на двух площадках, северная часть второго этажа выступает за габариты первого и имеет свой фундамент. При этом уменьшается объем земляных работ при «врезании» объема дома в массу склона и увеличивается площадь опирания, а, следовательно, и устойчивость дома. Восточная боковая стена имеет в плане ступенчатую форму, что позволяет уменьшить давление грунта на ее наружную поверхность; использован принцип многолемешного плуга. Веранду второго этажа поддерживают мощные контрфорсы-пилястры, наружная часть стены первого этаж заменяется подпорной стеной. У наружной стены устроен желоб для отвода поверхностных стоков. Выполнен выпуск из дренажной системы, он устроен из гончарной трубы, вмонтированной в нижнюю часть подпорной стенки.

Наиболее совершенной постройкой на склоне является особняк С.Д.Сазонова, (рис.2) построенный в 1903 г. Здесь использован под застройку склон около 60 градусов. Дом врезается, как обычно, углом, но имеет уже три уступа. План каждого предыдущего блока несколько смещен по отношению к последующему, площадь верхних этажей уменьшается. Объем дома имеет пирамидальную форму и как бы ввинчивается в массу горы. Первый и цокольный этажи представляют собой мощный постамент. Стены цокольного этажа имеют традиционную конусность. Все сооружение несут два мощных пилона-стены, их динамичность подчеркнута срезами в верхней части по направлению склона. Форму особняка воспринять очень сложно: в ближайших окрестностях трудно найти точку, с которой бы фасады дома просматривались полностью. Южный фасад явно не рассчитан на обозрение. Все внимание уделено западному и особенно северному фасадам. Особняк венчает изящный объем двух верхних этажей, именно его северный фасад тщательно проработан. При визуальном его восприятии со стороны парка даже представить себе невозможно, что этот миниатюрный павильон, выполненный в мавританском стиле, является лишь частью большого особняка. Перед парадным входом - дворик с будкой-павильоном для привратника, с западной стороны расположен парк с фонтаном и беседкой. Дворик и парк устроены на относительно ровной площадке, под строительство особняка использован крутой склон оврага.

Приведенные примеры показывают, что в условиях южного бережья под застройку отводили неудобья (в данном случае - крутые южные склоны), ровные же площадки использовали под сельскохозяйственные угодья, рекреации, сады, парки и т.п. Оработана устойчивая объемно-пространственная и конструктивная система жилого дома на южном склоне, которая в настоящее время необоснованно предана забвению.

ВЫВОД:

При исследовании той или иной типологической разновидности регионального народного жилища целесообразно выявить его первоначальную форму, постараться понять, под влиянием каких факторов она сформировалась. Проследить основные этапы эволюции жилища. Дать характеристику изучаемой типологической разновидности жилища на момент проведения исследования. Если традиционный для региона тип жилища оказался невостребованным в современных условиях, то постараться выявить причины этой несовместимости и разработать предложения по их устранению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафонов А.А. Начальная стадия формирования жилища в Крыму //Известия вузов «Архитектон». Екатеринбург, 1994, №3-4.с.48-53.
2. Геродот. История: В 9 кн.,1972.,-Кн.4.-С79.
3. Домбровский О.Н. Крепость в Горзувитах. - Симферополь, Таврия, 1972,- 16-17, 92 с.
4. Сафонов А.А. Усадебный дом на южном склоне. //Строительство и архитектура, «Будивэльнык». К.,1990, №6. С.8-9
5. Пермякова В.Ф. Дом музей А.П.Чехова в Ялте.- Симферополь, «Таврия», 1984.-С.39
6. Крым. Путеводитель. Под ред.К.Ю.Бумбера,- Симферополь, 1919.-С.382.

Хотнянская Е.В., аспирант

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Моделирование ледового воздействия на опорную стойку морской стационарной платформы

Проведены исследования напряженно деформированного состояния элементов опорных стоек ледостойких платформ с коническим уширением в зоне контакта со льдом. Построена модель поля, которому были заданы характеристики льда. Произведен расчет, построены изополя напряжений в деформированных схемах расчетной модели, выполнен их анализ.

Морские стационарные платформы, опорная стойка, ледовое поле, расчетная модель.

Азово – Черноморский район характеризуется мягкими климатическими условиями, однако здесь может проявляться повторяемость неблагоприятных явлений природы в зимний период, аномальное ледовое образование.

В суровые зимы ледяной покров, образуемый в Каркинитском заливе и Джарылгачской бухте, достигает толщины 60 см.

Характерной особенностью Азовского моря является изменение ледового режима, в зависимости от суровости зимы. На ледовый режим оказывает влияние такие факторы: малая глубина моря, изрезанность берегов, относительно небольшая соленость воды, изолированность моря. Толщина льда достигает 40...50 см..

На газовом Стрелковском месторождении в Азовском море установлена ледостойкая стационарная платформа «Стрелка 2» (Рис.1).

Колонны выполнены из трех соосных труб, межтрубное пространство заполнено бетоном. Платформа предназначена для куста из четырех скважин, пробуриваемых через колонны. Таким образом, колонны не только поддерживают палубу с оборудованием, но и защищают бурильные трубы от воздействия льда.

Рассмотрим стойку ледостойкой морской стационарной платформы с конусным уширением в зоне контакта со льдом. Стойка представлена в виде двух труб: внутренней 1020x25., внешней 1420x20. межтрубного пространства заполнено бетоном, что приводит к повышению местной устойчивости стенок трубы, повышает сопротивление оболочки вмятию в зонах сопряжений и при ударных воздействиях. Конусное уширение в зоне контакта со льдом уменьшает давление льда.

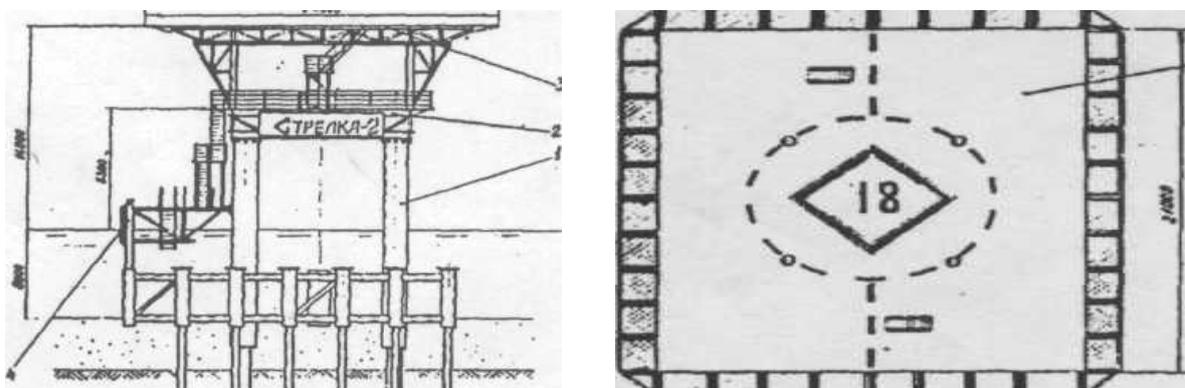


Рис. 1. Ледостойкая стационарная платформа «Стрелка 2» установленная на газовом Стрелковском месторождении

Вокруг конусного уширения было создано поле, которому заданы характеристики льда, принятыми в соответствии с рекомендациями [1] (рис.2)

В Азовском море скорость дрейфа льда достигает больших значений до 1м/с.[2]

Нагрузки от льда на гидротехнические сооружения определяют на основе полученных дан-

ных по ледовой обстановке в районе установки конструкции платформы.[3]

Для условия Азовского моря толщина льда от суммы отрицательных среднесуточных температур воздуха составляет 20 см. [4]

Прочность льда на сжатие принимаю от 0,5 до 1,5 МПа [4]. При небольших напряжениях и значительных скоростях деформаций поведение льда подчиняется закону упругости. В других случаях деформации могут быть пластическими или хрупкими, и вид их может зависеть, прежде всего, от скорости деформации.[4]

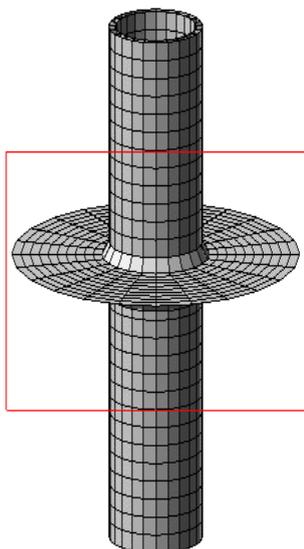


Рис.2. Опорная стойка ледостойкой морской стационарной платформы

возможное перемещение ледового поля в естественных условиях. Для получения картины напряженно – деформированного состояния элементов опорной стойки узлы элементов ледового поля в зоне контакта объединяли с узлами элементов опорной стойки.

Были получены изополя напряжений и перемещений в зоне контакта со льдом (рис.3,4).

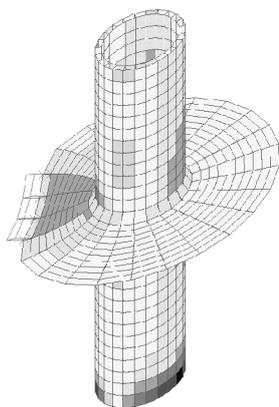
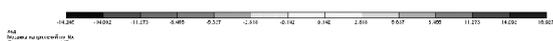


Рис. 3. Изополя напряжений расчетной модели

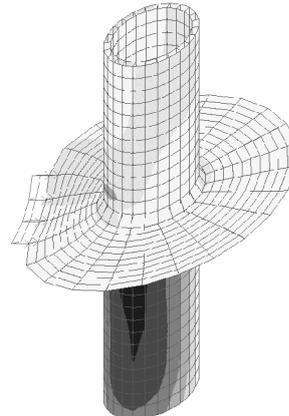


Рис. 4. Изополя перемещений расчетной модели

Максимальное напряжение в элементах ледового поля составило 4 МПа. При взаимодействии льда с наклонными конструкциями ледовое поле разрушается от изгиба при напряжениях от 0,5 до 1,5МПа и возникновения трещин. Согласно полученным результатам происходит разрушение льда в зоне контакта с опорной стойкой, что ведет к снижению нагрузки.

Рассматривая воздействие ледового поля на морское гидротехническое сооружение следует отметить, что наибольшее давление льда на конструкцию, ограничено прочностью льда. Прочность, в свою очередь, зависит от скорости нагружения, упругости сооружения и других факторов.

В настоящее время в расчетной практике учитывают, что при воздействии ледяного поля на цилиндрические опоры морских гидротехнических сооружений давление льда может достигать значения 30 МПа.[2]

При расчете сооружений на давление льда не учитывают давление волн и наоборот, так как эти явления не совместимы.

Учитывая все вышеизложенное, при создании расчетной модели ледовое поле строили из плоских элементов типа КЭ51 с характеристиками для условий Азовского моря. Приложение нагрузки к участку ледового поля имитировало

ВЫВОД:

Лед в зоне контакта с опорной стойкой разрушается при 4 МПа, что ведет к снижению нагрузки на стойку и как следствие к снижению внутренних напряжений в элементах опор стойки. Последующая задача состоит в уточнении расчетной схемы в зоне контакта «лед - опорная стойка».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. С.И. Канн «Морские льды», Ленинград, Гидрометеиздат, 1972
2. В.В. Богородский, В.П. Гаврило, О.А. Недошивин «Разрушение льда. Методы. Технические средства», Ленинград, Гидрометеиздат, 1983
3. С.А. Вершинин «Конструкции ледостойких сооружений» ВИНТИ Итоги науки и техники, серия «Водный транспорт», том 13 Воздействие льда на морские сооружения шельфа, Москва, 1988.
4. Б.А. Савельев «Строение и состав природных льдов», Москва, изд. Московского университета, 1980
5. Пакет прикладных программ «Лири W.9.2» К., НИИАС, 2002

Чемодуров В. Т., д.т.н. профессор; Бабина В. В., инженер; Чепурная Е. А., студент
 Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Расчет тонкостенных стержней открытого профиля

Приводится анализ напряженно-деформированного состояния тонкостенного стержня открытого профиля в условиях несимметричного нагружения. До настоящего времени пока нет единого подхода к оценке силовых факторов, возникающих в условиях депланации стержня, и законодательного учета их в руководящих строительных документах. В тоже время существует настоятельная необходимость в определении безопасных условий надежности несущей способности металлоконструкций в современном строительстве.

Тонкостенный стержень, депланация стержней, свободное и стесненное кручение, бимомент, секториальная площадь, секториальный момент кручения.

В последние годы в Украине стали все чаще применять металлопрокат в качестве несущих конструкций в зданиях и сооружениях. Металлические конструкции являются универсальными, легкими, прочными и быстровозводимыми. Вследствие этого и в целях сокращения сроков строительства строительные компании стараются больше использовать металл.

Но такое важное положительное свойство металла, как легкость имеет и обратную сторону: снижение толщины элементов сечений может значительно снизить устойчивость конструкций или местную устойчивость элементов. Поэтому легкие строительные конструкции перед их применением в строительстве должны быть тщательно проверены. Особенно это важно для незамкнутых тонкостенных профилей, таких как швеллер, двутавр, уголок и др.

Но, к сожалению, пока действующие строительные нормы не оказались ко всему этому готовы полностью.

Напряженно-деформированное состояние тонкостенного металлического стержня характеризуется шестью видами деформаций, соответствующих шести степеням свободы поперечного сечения: растяжения/сжатия (перемещение по оси x), сдвиг по оси y, кручение по оси x, сдвиг по оси z, кручение вокруг оси x, изгиб вокруг оси y и изгиб вокруг оси z.

Но все законы и формулы, связанные с расчетами на прочность и жесткость, справедливы лишь с принятием гипотезы плоских сечений. Понятно, что при нарушении плоскостности поперечного сечения возникнут дополнительные напряжения и деформации, характеризующиеся новыми силовыми факторами и геометрическими характеристиками поперечного сечения.

Такой вид деформации впервые введен В. З. Власовым в середине прошлого века и назван депланацией, а соответствующий силовой фактор - бимоментом (пара моментов), размерность которого кН*м².

Наглядно бимомент **B** легко представлен в виде 4-х равных по величине сил, но ориентированных в разные стороны, как это показано на рис. 1, при статическом разложении внецентренно сжимающей силы. Хотя формально бимомент вводится как произведение секториальной жесткости сечения и второй производной угла закручивания:

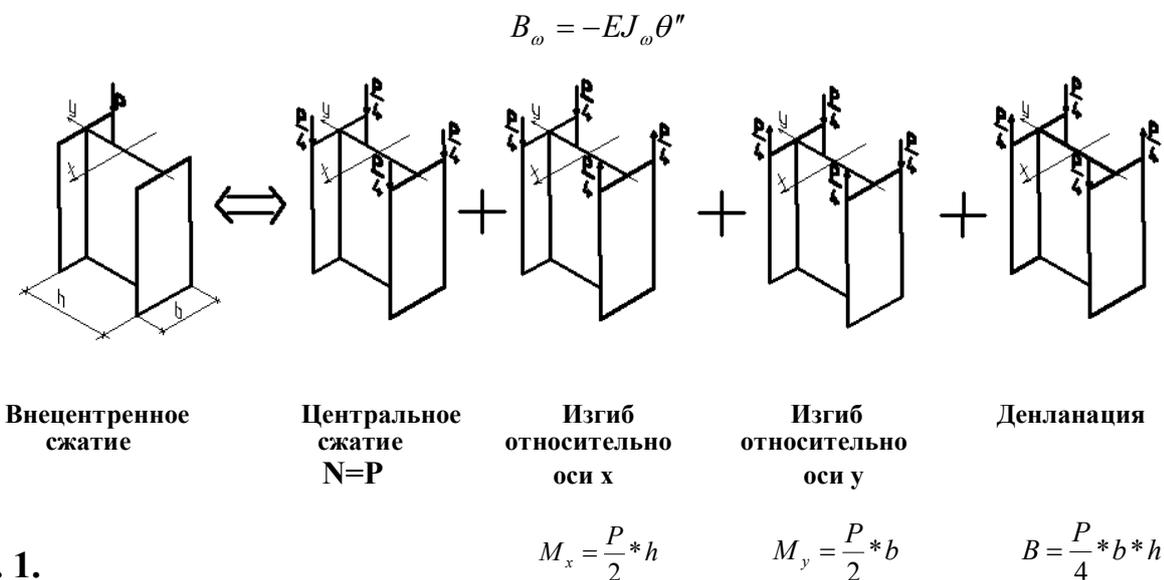


Рис. 1.

Таким образом, бимомент представляет собой систему сил, статически эквивалентную нулю, и не может быть определен из уравнений равновесия стержня.

Многочисленные теоретические и практические исследования показали, что более всего депланация отражается на нормальных напряжениях, возникающих в полках элементов, чем на касательных. И таким образом, трехчленная формула нормальных напряжений превращается в четырехчленную:

$$\sigma = P/F + M_x/W_x + M_y/W_y + B_\omega/W_\omega.$$

Не в действующем СНиП 2-23-81* «Стальные конструкции», ни в его приложении – пособии по проектированию стальных конструкций – ни слова не сказано ни о депланации, ни о бимоменте как дополнительном силовом факторе. В «Общих положениях» действующих норм (п 1.6) в качестве внутренних усилий выступают только продольная и поперечная силы, а также изгибающий и крутящий моменты.

О депланации все же вскользь упоминается, как и о теории В. З. Власова, и даже приводится ряд неких формул. Но все они касаются лишь проверки на устойчивость, а не на прочность. В частности, приводится сложная формула, описывающая изгибо-крутильную форму потери устойчивости.

Но это – устойчивость. А теория устойчивости и теория прочности уже в изначальном своем подходе принципиально отличаются друг от друга. В основе классической теории устойчивости лежит так называемый эйлеров подход, базирующийся на отыскании некой критической силы, характеризующей переход элемента в новую форму равновесия (неустойчивую). А вовсе не соответствующей максимально допустимым усилиям или напряжениям, взятым из прочностных характеристик материала. Иными словами, стержень может потерять устойчивость, не набрав и половины своей прочности, и наоборот, будучи в упругой стадии работы, может потерять устойчивость.

Таким образом, все труды В. З. Власова и его последователей, которые также занимались теорией тонкостенных стержней, если как-то и учтены в строительных нормах, то через сомнительные коэффициенты влияния форм, приведенные в приложениях.

Но особенно вызывает удивление параграф по расчету изгибаемых элементов (балок), приведенный в пособии к СНиП «Стальные конструкции». В начале его отмечено, что «в балках, рассчитываемых в пределах упругих деформаций, необходимо проверять прочность стенки при сложном напряженном состоянии путем определения обобщенного напряжения на основе энергетической теории прочности». Но в комментариях к соответствующей формуле

$\sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq 1,15R_y \gamma_c$, где описывается природа составляющих тензора напряжений, не упоминается, что часть этих составляющих (как нормальная, так и касательная) может быть обусловлена не только поперечной силой и изгибающим моментом, но еще и крутящим и изгибно-крутящим моментами, а также бимоментом, что немаловажно. То есть, учитывать вышеизложенные факторы или не учитывать остается на совести инженера.

Рассмотрим пример расчета тонкостенного стержня открытого профиля швеллерного типа (рис. 2), нагруженного сосредоточенной силой Р.

Основные исходные данные таковы: Н=50 см; В= 28 см.

Длину стержня и толщину его профиля варьируем в пределах: L=350-450 см, δ =1-3 см.

Положение центральных осей симметрии и центральных моментов инерции находим с помощью классических методов сопротивления материалов. Первоначальную эпюру главных секториальных координат ω' строим, выбрав в качестве полюса точку центра тяжести сечения. Кроме того, для дальнейших расчетов необходимо иметь эпюру координат сечения y . Общий их вид показан на рис. 3.

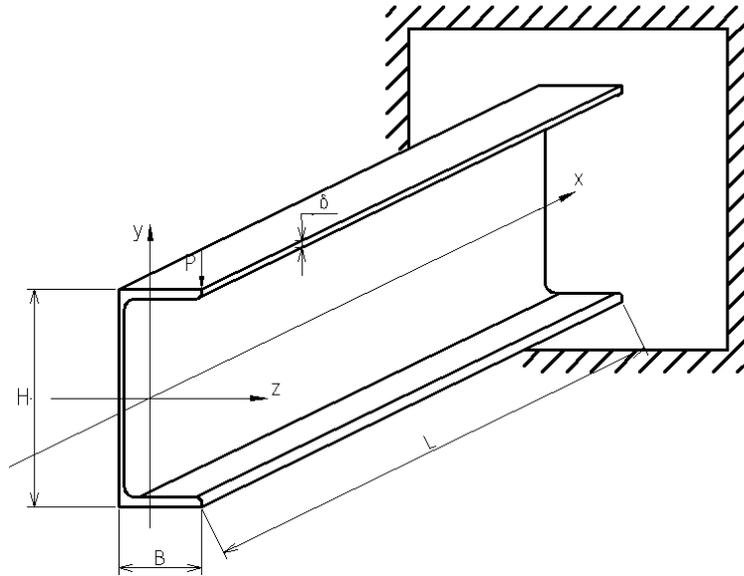


Рис. 2. Тонкостенный стержень открытого профиля швеллерного типа.

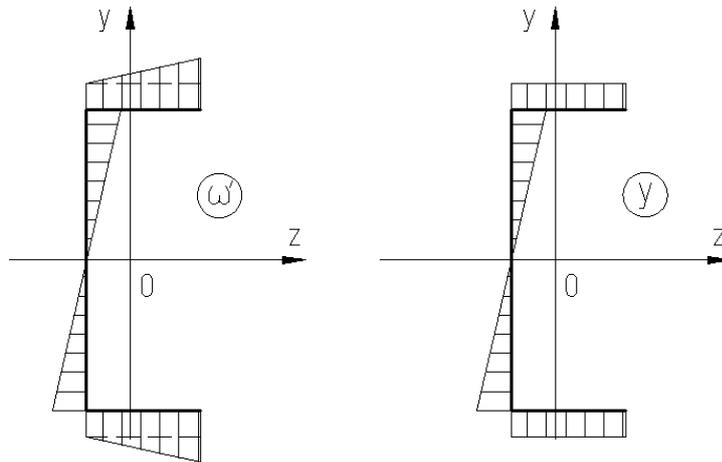


Рис. 3. Эпюра координат сечения y .

Центр изгиба сечения стержня

$$Z_A = -\frac{S'_{\omega z}}{I_z}, \tag{1}$$

где секториально-линейный статический момент $S'_{\omega z}$ находят с помощью способа Верещагина на перемножением эпюр ω' и y .

$$S'_{\omega z} = \int_F y \omega' dF = \delta \int_s y \omega' ds. \tag{2}$$

Окончательную эпюру секториальной площади строят относительно центра изгиба (точки А). Ее общий вид показан на рис. 4.

Формулы для определения момента инерции при чистом кручении и секториального момента инерции имеют вид:

$$I_d = \alpha \sum_{i=1}^3 \frac{h_i \delta_i^3}{3} \tag{3}$$

$$I_{\omega} = \int_F \omega^2 dF = \delta \int_s \omega^2 ds. \tag{4}$$

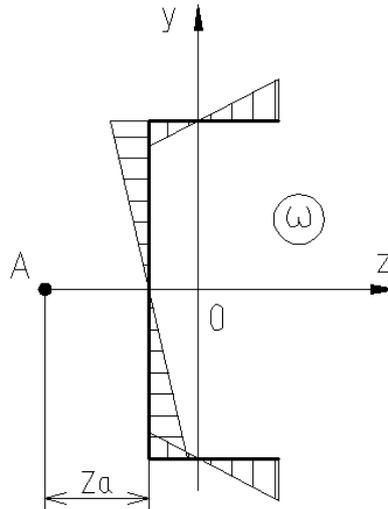


Рис. 4. Эпюра секториальной площади.

Для расчета параметра I_ω используют также способ Верещагина (перемножение эпюры ω саму на себя).

Уравнение угла закручивания находим, решая дифференциальное уравнение

$$\theta^{IV} - k^2 \theta'' = \frac{m}{EI_\omega}, \quad (5)$$

здесь m - интенсивность внешней нагрузки, $k = \sqrt{\frac{GI_d}{EI_\omega}}$ - изгибно-крутильная характеристика поперечного сечения.

Его решение для принятой схемы стержня имеет вид

$$\theta = \theta_0 + \theta_0' \frac{sh(kx)}{k} + \frac{M_{кро}}{GI_d} \left[x - \frac{sh(kx)}{k} \right], \quad (6)$$

Где $M_{кро} = Pl$ - крутящий внешний момент – произведение силы на эксцентриситет ее приложения относительно центра изгиба.

θ_0 и θ_0' найдем из граничных условий: при $x = L$ $\theta^* = 0$ и $\theta' = 0$.

В окончательном виде будем иметь

$$\theta = \frac{M_{кро}}{GI_d} \left\{ \left[\frac{sh(kl)}{kch(kl)} - L \right] + \left[1 - \frac{1}{ch(kl)} \right] \frac{sh(kx)}{k} + \left[x - \frac{sh(kx)}{k} \right] \right\}. \quad (7)$$

Дифференцируем дважды уравнение (7).

Получаем

$$\theta'' = -\frac{M_{кро}}{GI_d} \cdot \frac{k \cdot sh(kx)}{ch(kl)}. \quad (8)$$

Теперь выражение для бимоента принимает вид

$$B_\omega = -EI\theta'' = M_{кро} \frac{sh(kx)}{k \cdot ch(kl)}. \quad (9)$$

Нормальные напряжения в опасном сечении от изгибающего момента и бимоента

$$\sigma_u = \frac{M_z}{I_z} y; \quad \sigma_\omega = \frac{B_\omega}{I_\omega} \omega. \quad (10)$$

На рис. 5. показан общий вид эпюр σ_u , σ_ω , а также их сумма.

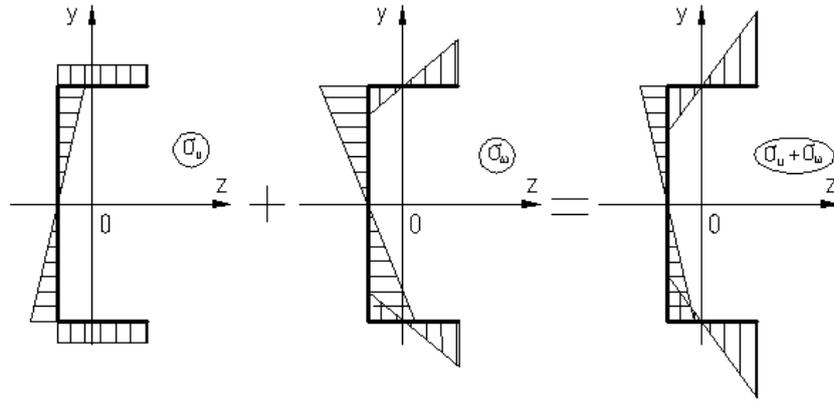


Рис. 5. Эпюры σ_u , σ_ω , $\sigma_\omega + \sigma_u$

Проанализируем составляющие суммарного нормального напряжения в зависимости от геометрических характеристик профиля сечения.

$$\frac{\sigma_{\omega \max}}{\sigma_{u \max}} = f_1(L); \quad \frac{\sigma_{\omega \max}}{\sigma_{u \max}} = f_2(\delta).$$

С этой целью построим статистическую модель в виде полинома первой степени:

$$\frac{\sigma_{\omega \max}}{\sigma_{u \max}} = a_0 + a_1 L + a_2 \delta \quad (11).$$

Статистические модели систем разрабатывают в том случае, когда известно значение входных и выходных перемещений, а структура объекта неясна. Эти же модели часто используют с целью упрощения разработанной сложной аналитической модели, что позволяет сравнительно быстро произвести исследования при требуемом большом числе реализации модели.

Область применения статистических моделей ограничивается ближайшей окрестностью входных параметров, в которой проводят эксперименты. Построение таких моделей можно выполнить, используя правило оптимального планирования эксперимента (полного факторного эксперимента). Полный факторный эксперимент (ПФЭ) предполагает такую организацию проведения опытов (экспериментов), в которой реализуются всевозможные неповторяющиеся сочетания уровней факторов.

Для поставленной задачи выберем уровни варьирования длины стержня (L) в пределах 350-450 см, а его толщину (δ) в пределах 1-3см. Уровни варьирования факторов обычно выбирают симметрично расположенными относительно центра плана.

$$\begin{aligned} L_{\max} &= L_0 + \Delta L; & L_{\min} &= L_0 - \Delta L; \\ \delta_{\max} &= \delta_0 + \Delta \delta; & \delta_{\min} &= \delta_0 - \Delta \delta; \end{aligned} \quad (12)$$

Параметры центра плана: $L_0 = 400$ см; $\delta_0 = 2$ см.

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

$$Z_i = \frac{x_i - x_{0i}}{\Delta x_i}, \quad i = 1, 2 \quad (13)$$

В этом случае будем иметь $Z_{i \max} = 1$, $Z_{0i} = 0$, $Z_{i \min} = -1$ (рис. 6).

Выполним расчет по определению напряжений в тонкостенном стержне, представленном на рис. 2. Для него $H=50$ см, $B=28$ см, $P=2000$ кг. Расчет выполним согласно построенному ПФЭ четыре раза. Условия расчета и их результаты запишем в табличной форме.

N	z_0	z_1	z_2	$\frac{\sigma_\omega}{\sigma_u}$
1	+	+	+	2,63
2	+	-	+	3,55
3	+	+	-	6,11
4	+	-	-	6,64

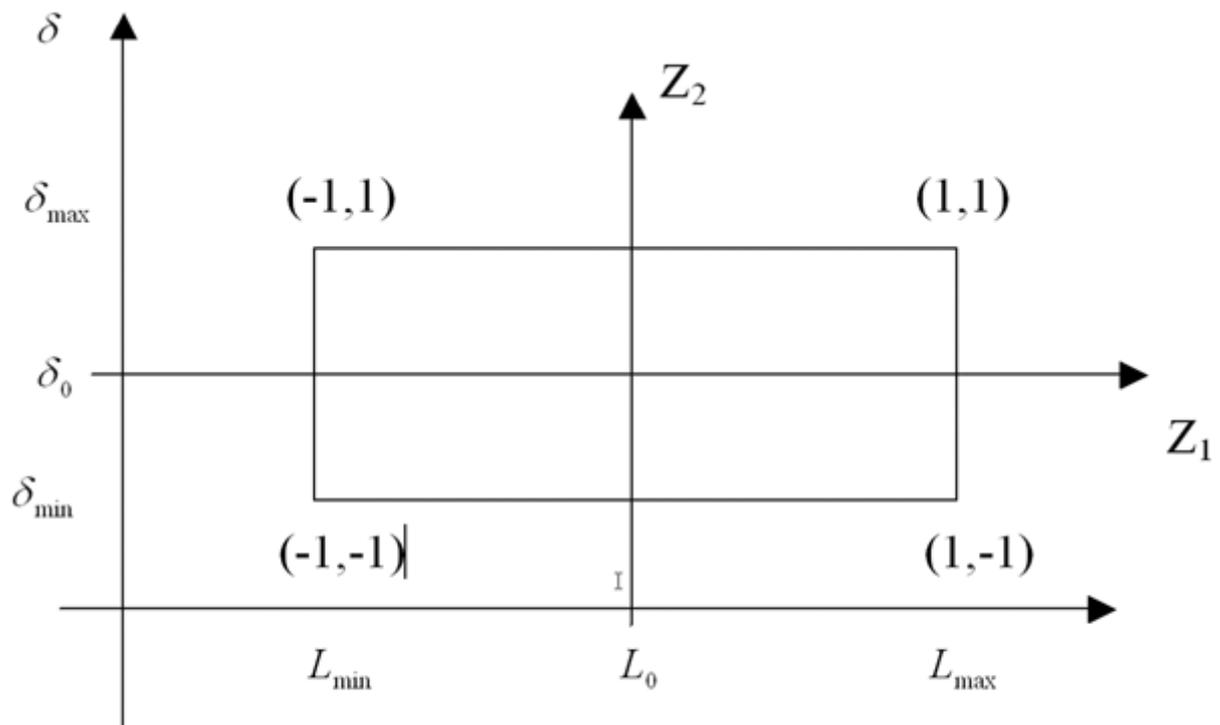


Рис. 6.

Коэффициенты уравнения (11) определяют по формулам:

$$a_i = \frac{1}{4} \sum z_i \cdot \left(\frac{\sigma_\omega}{\sigma_u} \right); \quad i = \overline{1, n} \quad (14)$$

$$a_0 = \frac{1}{4} (2,63 + 3,55 + 6,11 + 6,64) = 4,73;$$

$$a_1 = \frac{1}{4} (2,63 - 3,55 + 6,11 - 6,64) = -0,362;$$

$$a_2 = \frac{1}{4} (2,63 + 3,55 - 6,11 - 6,64) = -1,64.$$

Таким образом, получим

$$\frac{\sigma_\omega}{\sigma_u} = 4,73 - 0,362 \cdot z_1 - 1,64 \cdot z_2 \quad (15)$$

Перейдем от кодированных переменным к фактическим физическим величинам, используя зависимости:

$$Z_1 = \frac{L - 400}{50}, \quad Z_2 = \frac{\delta - 2}{1}. \quad \text{Тогда} \quad \left(\frac{\sigma_\omega}{\sigma_u} \right) = 10,91 - 0,00724L - 1,64\delta \quad (16)$$

ВЫВОДЫ

Анализ уравнения (16) показывает, что с увеличением длины стержня L отношение $\frac{\sigma_\omega}{\sigma_u}$ уменьшается за счет роста изгибающего момента. Это же отношение уменьшается при увеличении его толщины δ за счет снижения деформации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адлер Ю. П. и др. – «Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий», «Наука», М., - 1971 г.
2. Власов В. З. – «Тонкостенные упругие стержни», «Высшая школа», М., -1959 г.
3. Смирнов А. Ф. – «Сопротивление материалов», «Высшая школа», М., -1969 г.

Раздел 2. Основания и фундаменты, механика и сейсмостойкость

УДК 550.34+624.04

Бугаевский Г.Н., д. физ.-мат. н., профессор; Спрожецкий В.В., аспирант
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Алгоритм поляризационной фильтрации сейсмического сигнала на основе соотношения, определяющего осевой момент инерции

Описан алгоритм, разработанный авторами, позволяющий определять направления наибольшей и наименьшей энергии сейсмического сигнала по участку записи в «скользящем» временном окне, относительно оценивать энергию и отфильтровывать сигнал в этих направлениях.

Сейсмический сигнал, поляризационная фильтрация, поверхность второго порядка, осевой момент инерции, эллипсоид инерции, главные центральные оси инерции, энергия колебаний.

Современные научные изыскания в области сейсмостойкости сооружений характеризуются достаточно многочисленными теоретическими построениями и математическими моделями. Эксперимент в этой области направлен на регистрацию процесса доведения того или иного сооружения до стадии повреждений путем сильных искусственных воздействий. Чрезвычайно мало попыток экспериментально изучать зависимости собственных и вынужденных движений сооружения, а также грунта как физического объекта при близких землетрясениях, обобщать их результаты и получать фундаментальные модели и выводы. В лучшем случае инженеры-строители ограничиваются изучением так называемых главных частот и форм собственных колебаний сооружения, а физики-сейсмологи – изучением «сильных движений». И то, и другое не дает пока надежных путей обеспечения сейсмостойкости.

Одним из наименее изученных вопросов в проблеме сейсмостойкости, сейсмического воздействия до настоящего времени остается процесс перехода энергии сейсмических волн из грунта в здание или сооружение, пространственно-временной процесс распространения сотрясения в здании, возможная зависимость этих процессов от геометрических и механических параметров сооружения, от частот и направлений прихода сейсмической радиации. По материалам наблюдений последних лет очевидна значительная роль вертикальной составляющей колебаний грунта и сооружения в сейсмических волнах на малых эпицентральных расстояниях. Вместе с тем, достоверных материалов наблюдений таких движений чрезвычайно мало. По-видимому, этим объясняется основополагающая роль горизонтальных колебаний в модельных представлениях о разрушающем сейсмическом воздействии.

Задача состоит в получении и анализе информации о движении грунта и сооружения в реальных сейсмических волнах, в разработке предварительной модели сейсмического воздействия, основанной на этих данных.

Информацией о движении объекта является не только исходная сейсмическая запись, но и некоторые вторичные ее виды: истинное движение, различные спектральные характеристики, статистические параметры записи, в том числе параметры дисперсии, корреляции, а также параметры, характеризующие направления колебаний частиц грунта, сооружений в проходящей волне. Этот последний вид информации в проблеме сейсмостойкости может играть решающую роль, особенно для сооружений сложных в плане и по высоте.

Для отыскания действительного направления движений точки объекта наблюдения должны осуществляться с помощью трехкомпонентной идентифицированной системы. Идентификация с относительной погрешностью не более 5% должна обеспечиваться во всем диапазоне частот опасных близких землетрясений, т.е. хотя бы в пределах 0.1ч20 Гц; с этой целью используют специальные калибровочные стенды [1].

Анализ идентифицированной трехкомпонентной записи для определения направления движений в сейсмической волне осуществляют с помощью программ поляризационной филь-

трации. Среди соответствующих алгоритмов, программ и результатов геофизических исследований можно назвать ряд работ [2-6]. Они были выполнены с целью выделения из зашумленной информации сейсмических сигналов, которые должны приходить из заданной области Земли, для исследования внутреннего строения планеты, для целей сейсморазведки.

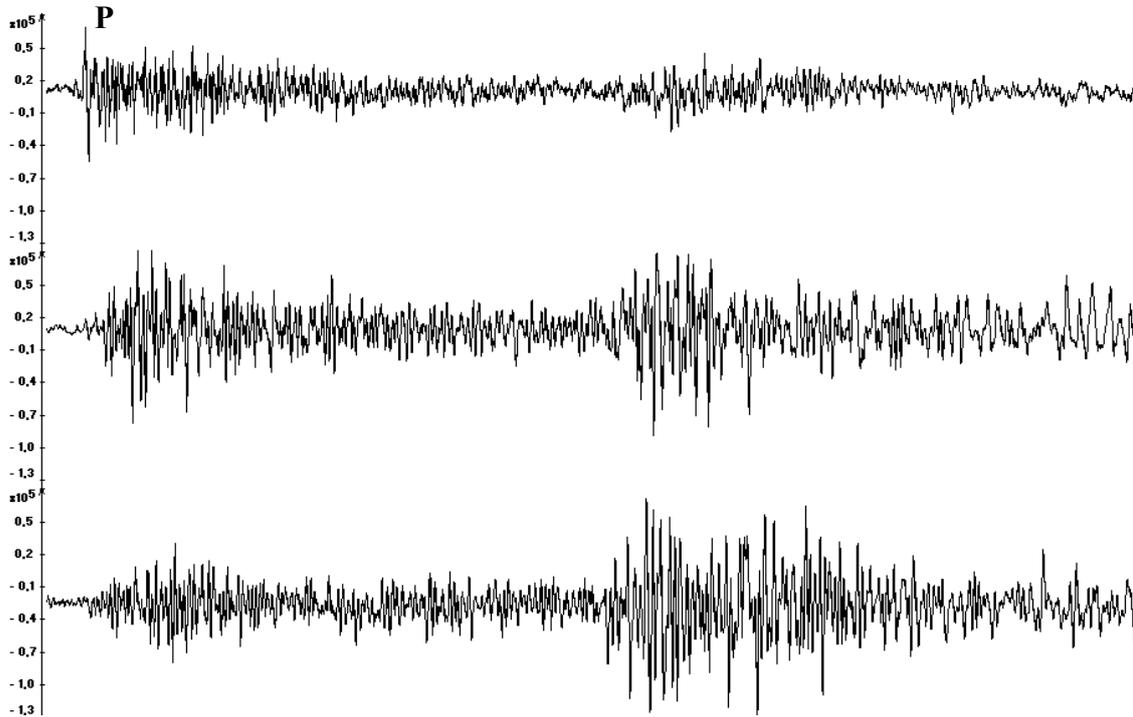


Рис. 1. Трехкомпонентная запись сейсмического сигнала. P и S – моменты вступлений продольной и поперечной волн.

В алгоритме Флинна-Цибульчика цифровая трехкомпонентная запись используется для построения трехмерного эллипсоида, аппроксимирующего дискретные точки траектории, описываемой элементом среды, в котором установлен регистрирующий трехкомпонентный комплект сейсмоприемников. Для изучения внутреннего строения Земли, для построения соответствующих изоэнергетических поверхностей движений в сейсмической волне этот алгоритм вполне достаточен.

Вместе с тем, задача изучения динамического воздействия на конкретный объект требует большей детализации и в пространстве, и во времени. В частности, в Государственных строительных нормах Украины для сейсмических районов (ДБН В.1.1-12:2006) нет речи о различных типах сейсмических волн, о различии сейсмического воздействия со стороны продольных и поперечных волн. В то же время, обобщенный анализ этого воздействия [7] с помощью алгоритма Цибульчика свидетельствует о значительном различии характера движения объекта в указанных волнах.

В связи с этим, разработан алгоритм линейной аппроксимации участков траектории движения точки объекта в сейсмической волне.

Данный алгоритм основан на понятии осевого момента инерции пространственного тела. С его помощью возможно определять направления максимальной и минимальной энергии сейсмических колебаний в пространстве. Определение возможно по трехкомпонентной записи как для определенного отрезка сигнала (рис.1), так и для «скользящего окна».

Положение точки в пространстве, как известно, описывается тремя координатами. Смещение точки будет означать изменение каждой из трех координат в зависимости от его направления. Движение точки при сейсмическом колебании совершается вокруг положения равновесия. Траектория такого движения за определенный интервал времени будет образовывать семейство точек, расположенных в продольной волне вдоль линии ее распространения.

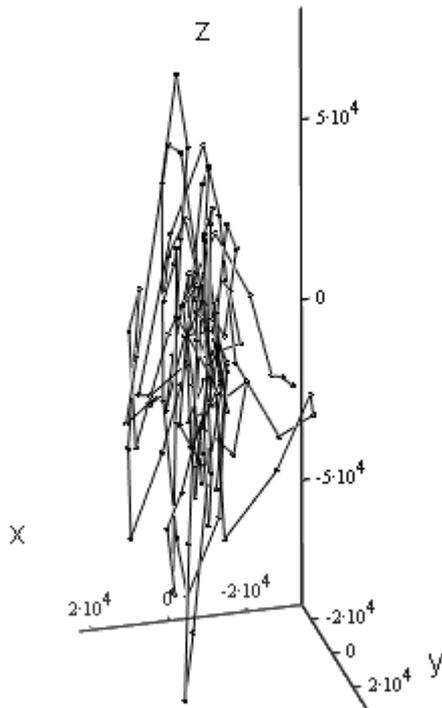


Рис. 2. Пространственная траектория движения точки

В описываемом алгоритме траектория движения точки в интервале времени рассматривается как объемная фигура (рис.2). Каждой точке траектории, положение которой в пространстве определяется тремя координатами, присваивается единичная масса. В результате, трехкомпонентная запись сейсмического сигнала рассматривается как функция распределения плотности «тела» в пространстве. Если для данного тела определить главные центральные оси инерции, можно определить направление, в котором оно наиболее вытянуто. Значения моментов инерции для этих осей, которые будут экстремальными (минимальное и максимальное), будут численно характеризовать, насколько тело относительно вытянуто либо сплюснуто. Для продольной «тело» должно быть вытянутым, а для поперечной – сплюснутым (рис.3).

Таким образом, задача сводится к определению положения главных центральных осей инерции и значению самих моментов инерции для тела, распределение масс в котором задается тремя компонентами записи сейсмического сигнала.

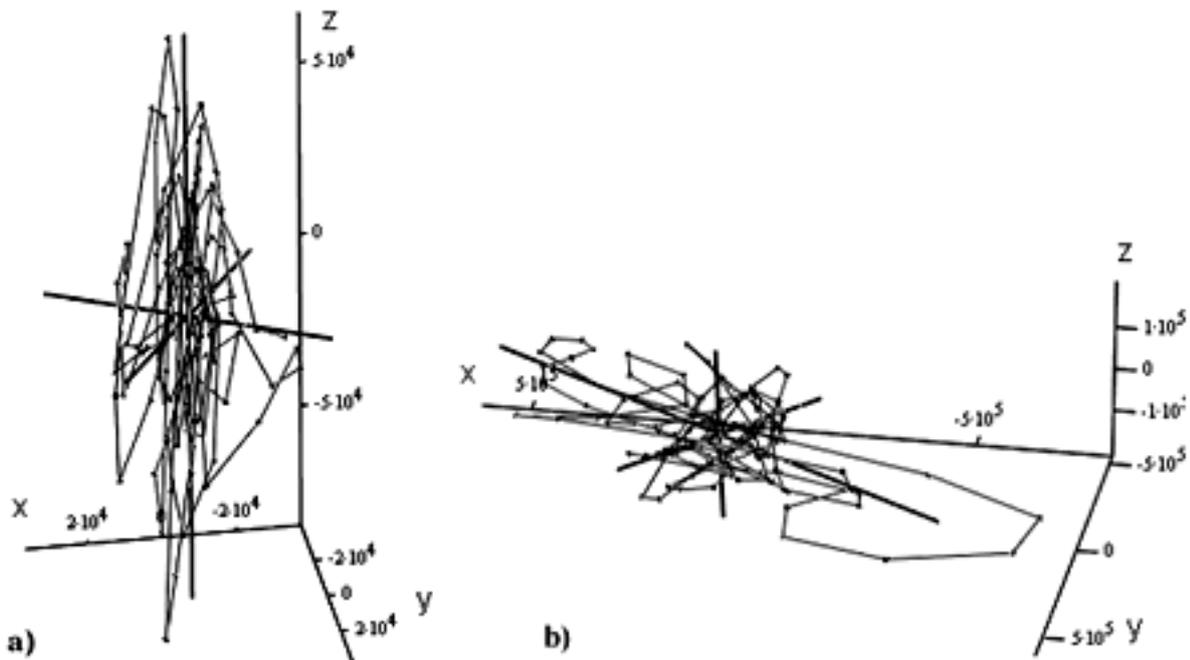


Рис. 3. Главные центральные оси инерции траектории точки а) - продольной волны; б) - поперечной волны

Аналитическое решение при такой постановке представляется достаточно сложным. Поэтому в алгоритме используется численное решение методом построения эллипсоида инерции тела и определение его осей в пространстве. Для построения эллипсоида инерции необходимо вычислить значение момента инерции для каждого положения оси в пространстве, задав ей поворот с определенным шагом. Оси, которым соответствуют экстремальные значения в массиве являются главными осями эллипсоида. Третья ось – промежуточная, назначается как перпендикуляр к двум данным.

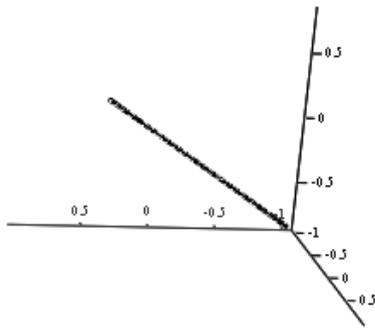


Рис. 4. Результат поляризационной фильтрации с помощью описанного алгоритма: теоретический сигнал без шумов

Направления для каждой из трех осей определяется значениями направляющих косинусов. При визуализации решения направления образуют угол к оси север-юг (азимут) и угол наклона от горизонтальной плоскости. По соотношению моментов инерции дается характеристика вытянутости траектории.

Для оценки погрешности алгоритма задается линейный сигнал в пространстве с заранее известным направлением движения точки. Направление осей, полученное в результате использования алгоритма поляризации, совпадает с заданным с точностью до 1° (рис.4). Это подтверждает правильность выбранного метода. При искусственном зашумлении теоретического сигнала случайными величинами (рис.5) погрешность незначительно возрастает, но результат по-прежнему остается устойчивым.

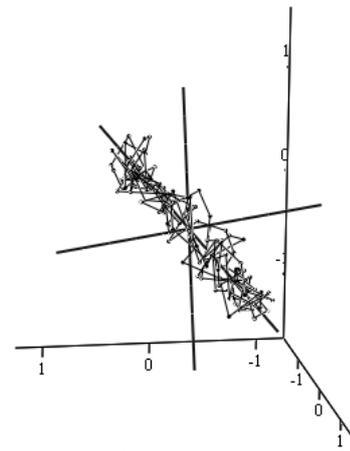


Рис. 5. Удлиненные (для наглядности) главные центральные оси инерции траектории теоретического сигнала с уровнем шумов до 50% его амплитуды

ВЫВОДЫ

1. Описан новый алгоритм поляризационного анализа направления распространения сейсмической волны, основанный на расчете момента инерции тела.
2. На модельном примере, применимом к наблюдениям продольных волн, показано, что соответствующий алгоритм, позволяющий с высокой точностью восстанавливать заложенное в модель направление, обладает высокой устойчивостью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугаевский Г.Н., Белов В.П., Нестеренко С.Д., Геращенко А.А. Стенд для испытаний и калибровки сейсмометрической аппаратуры. Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр., вып.5. Симферополь, КАПКС, 2001, с.92-97.
2. Флинн Е.А. Анализ сигналов с использованием прямолинейности и направленности движения частиц. Труды Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике. № 12, «Мир», М, 1065, с. 2085-2087.
3. Цибульчик Г.М. Некоторые численные методы анализа структуры сейсмограмм удаленных землетрясений и определения средних характеристик земной коры. Диссертация на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук. Новосибирск, 1968, 111 с.
4. Бугаевский Г.Н. Сейсмологические исследования неоднородностей мантии Земли. Киев, «Наукова думка», 1978, 184 с.
5. Алказ В.Г., Онофреш Н.И., Перельберг А.И. Поляризационный анализ сейсмических колебаний. «Штиинца», Кишинев, 1977. 111 с.
6. Benhama A., Cliet C., Dubesset M. Study and applications of spatial directional filtering in three-component recordings. Geophysical Prospecting 36, 591-613, 1988.
7. Бугаевский Г.Н. Локальная геодинамика сейсмического воздействия. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції «Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища. 21-24 вересня. Київ – 2006. Україна, Київ. 2006, 285-287.

Мартынов Н.В., инженер.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СИСТЕМ И ЭЛЕМЕНТОВ АКТИВНОЙ СЕЙСМОЗАЩИТЫ НА БАЗЕ СЕЙСМОИЗОЛИРУЮЩИХ ЭКРАНОВ В ВИДЕ ВОЛНОВЫХ ЗАВЕС

В рамках общего анализа технических, эксплуатационных и стоимостных возможностей всех активных систем сейсмозащиты строительных объектов, исследуются положительные и отрицательные моменты непосредственно сейсмоизолирующих экранов в виде волновых завес.

Землетрясение, строительный объект, сейсмоизолирующий экран, волновая завеса, у, упругая среда, ультразвуковая волна, амплитуда, частота, фаза, интенсивность, воздействие.

Идея сейсмоизолирующих экранов базируется на волновых свойствах упругих волн, с одной стороны связанных с явлением отражения, преломления, поглощения и рассеивания волн, а с другой - с интерференцией или явлением усиления или ослабления волновой амплитуды в результате наложения нескольких колебаний, которые могут распространяться в упругой среде одновременно и независимо друг от друга. Отсюда два конструктивных типа сейсмоизолирующих экранов: волновые завесы и волновые преобразователи.

Напомним что упругие волны – это изменение состояния среды (возмущения), распространяющиеся в этой среде и несущие с собой энергию. Упругие волны существуют в твердых телах, жидкостях и газах. Сейсмические волны, так же как звуковые и ультразвуковые волны, это всего лишь частный случай упругих волн. [1-7]

При распространении упругих волн происходит перенос энергии упругой деформации в отсутствие потока вещества, который имеет место только в особых случаях, например при акустическом ветре. Всякая гармоническая упругая волна характеризуется амплитудой и частотой колебаний частиц среды, фазовой и групповой скоростями, законом распределения смещения и напряжения по фронту волны. Особенность упругих волн состоит в том, что их фазовая и групповая скорости не зависят от амплитуды и геометрии волны (плоская, цилиндрическая или сферическая волна).

Из-за внутреннего трения и теплопроводности среды распространение упругих волн с расстоянием сопровождается их затуханием. Если на пути упругих волн встречается препятствие, то происходит дифракция волн на этом препятствии. Частный случай дифракции – отражение и преломление упругих волн на плоской границе двух сред. [1-7]

Хотя полного тождества между свойствами разных видов упругих волн нет, тем не менее, между ними есть общие закономерности. В частности к основным законам распространения упругих волн относятся законы отражения и преломления волн на границе различных сред, дифракция и рассеяние волн при наличии препятствий и неоднородностей в среде и неравномерностей на границах, законы волноводного распространения в ограниченных участках. [1-7]

При проходе упругих волн из одной среды в другую, если волна падает под каким-либо углом к поверхности, происходит преломление волн. При этом коэффициенты отражения и преломления зависят от акустического или волнового сопротивления сред, т.е. от скорости упругой волны в средах и их плотности, а также от угла падения волнового луча на границе раздела. Так, если скорость упругой волны во второй среде больше скорости упругой волны в первой среде, то угол преломления будет больше угла падения. Если угол падения больше критического (больше 90°), то произойдет полное внутреннее отражение и упругая энергия не попадает во вторую среду. [2-4, 6]

Наиболее простой вариант активной сейсмозащиты в конце тридцатых годов двадцатого столетия был предложен инженером Баркановым Д.Д. В соответствии с его предложением, волновую завесу выполняют в виде глубокой траншеи 2 (рис. 1, а), образованной по периметру на некотором расстоянии от строительного объекта 1. Одновременно с этим, траншеей заполняют

поглощающим энергию сейсмических колебаний материалом 3. При этом стенки траншеи преломляют и отражают сейсмические волны, а поглощающий материал рассеивает сейсмическую энергию, вследствие чего, и происходит существенное снижение сейсмического воздействия на объект.

Однако, даже, без учета технических трудностей, связанных с практической реализацией сейсмоизолирующих экранов, если исходить из длин сейсмических волн и соответствующего диаметра строительных массивов, оконтуренных защитным сейсмоизолирующим экраном, то вполне очевидно и ясно, что по данному принципу работы сейсмозащиты физически невозможно полностью обезопасить строительный объект от сейсмического воздействия. Не следует забывать, что сейсмическое воздействие зарождается в земной глубине (эпицентре) и только потом в виде хаотических колебаний грунта проявляется на земной поверхности. Понятно, что общее движение многокилометровых масс земли неизбежно приведет к определенным подвижкам и небольшим, ограниченным волновыми завесами строительных площадок и вместе с ними - строительных объектов. Это аналогично тому, как морские волны во время шторма, несмотря на наличие волноломов, раскачивают корабли.

С другой стороны - большая инерционность системы, одновременно определяемая массой сейсмозащищаемого объекта и массой колеблющегося грунтового массива, в какой-то мере, сгладит (срежет) пиковые всплески силового воздействия, что естественно снизит общую негативную составляющую сейсмического воздействия и благоприятно скажется на несущей способности сейсмозащищаемого объекта. К сожалению, в какой мере и насколько положительно это скажется на эффективности и надежности сейсмозащиты строения из-за малого объема теоретических исследований и почти полного отсутствия экспериментальных данных пока сказать сложно. Это одна из причин по которой волновые завесы пока не могут быть рекомендованы к использованию в строительной практике.

Последовавшие затем технические решения, по существу, являются лишь вариантами развития идеи Барканова, незначительно отличаясь от нее и друг от друга пространственным распространением траншеи, формой изготовления и материалом заполнения траншеи. Так если по а.с. СССР № 215100 основанной элемент сейсмоизолирующий экрана – это траншея, состоящая из непрерывного ряда (цепи) наклонных скважин, то по а.с. СССР № 343000 (рис. 1, б) – это уже траншея, представляющая собой прерывистую цепь клинообразных скважин, расположенных в шахматном порядке.

В целом, изготовление сейсмоизолирующего экрана в виде траншей прерывного или непрерывного ряда для нас мало существенно, так как осуществляются оба варианта по одной той же технологии.

В строительной практике так же имеются и способы изготовления наклонных скважин. Однако, из-за необходимости при этом применения специальных методов крепления стенок скважин от обрушения, способ изготовления траншей посредством наклонных скважин, по сравнению с вертикальным способом изготовлением траншеи, является более трудоемким и более дорогим.

Если учесть, что до сих пор вообще нет развернутых теоретических исследований и практически отсутствуют экспериментальные доказательства эффективности и надежности сейсмоизолирующих экранов в виде волновых завес, то пока идею как сплошного, так и прерывистого, «шахматного» расположения волновой завесы следует признать гипотетическими. А значит, у нас пока нет никаких оснований ни отклонить, ни подтвердить работоспособность идеи сейсмоизолирующих экранов в виде волновых завес. Хотя, при этом, несомненно одно, - применение наклонных, а тем более клинообразных скважин, для изготовления траншеи еще больше увеличит сложность и стоимость работы по устройству волновых завесы.

В технических решениях а.с. СССР № 601355 и № 727764, для более эффективного отражения сейсмических волн, активно используется форма траншеи. Достигается это посредством изменение поперечного сечения траншеи по ее высоте: в первом случае поперечному сечению траншеи придается трапециевидальная форма (рис. 1, в), а во втором – одна из стен траншеи выполняется

либо по окружности, либо по выпуклой кривой второго порядка (рис. 1, г). При этом, авторы идей, решая проблему эффективной и надежной сейсмозащиты строительных объектов, упускают из виду очень важный и существенный практический момент заключающийся в том, что придание траншеи сложной формы будет осуществляться в грунте. А это значит, что в прочном грунте придется выдалбливать нужную нам форму, а в слабом грунте, из-за слабого сцепления между собой его слагающих частиц, из-за обводнения и непрерывно действующих сил тяжести, - стенки траншеи придется защищать от самообрушения. Причем осуществлять все это нужно будет на значительной глубине (по крайней мере, в пределах нескольких десятков метров). Если, учитывая ровность поверхности стен траншеи при организации ее просто наклонного (а.с. СССР № 215100) или в виде трапециидальной опалубке железобетонных стен нужной формы, организацию специальных конструктивных мер по обеспечению ими устойчивости в процессе эксплуатации экрана и последующую засыпку котлована. Технически такое изготовление траншеи сейсмоизолирующего экрана сложно, трудоемко и обойдется очень дорого. Разумеется, что чем больше будет глубина траншеи, чем сложнее и массивнее будут изготавливаемые железобетонные стены сейсмоизолирующего экрана, тем дороже будет стоить и сейсмозащита строительного объекта.

Затем в завесах, в качестве поглощающего энергию материала, используется материал с малой акустической жесткостью (или рыхлые материалы). В частно-

сти по а.с. СССР № 215100 для этого предлагается использовать шлак, керамзит, связанный с глиной или с водно-битумной эмульсией. Если учесть, что упругие волны, по сравнению с их распространением в твердых средах, значительно хуже распространяются по воздуху, то получается что, чем рыхлее будет засыпка, тем эффективнее она будет работать и, как следствие, эффективнее будет обеспечена сейсмозащита строительного объекта. Однако рыхлые материалы со временем слеживаются, самоуплотняются и проседают. Поэтому по техническим решениям (рис. 1, в-г) сверху траншея перекрывается железобетонными плитами перекрытия. Это еще больше увеличивает стоимость изготовления экрана.

И, наконец, заполнение траншеи материалом, поглощающим энергию сейсмического воздействия, в процессе эксплуатации существенно ограничивает проведение в процессе эксплуатации объекта контроля состояния стен волновой завесы (траншеи) и возможность их ремонта. Дело в том, что из-за разной удаленности эпицентра от строительной площади, особенностей грунтового массива, через который проходят сейсмические волны, протяженности элементов сейсмоизолирующих экранов в виде волновых завес, на разных участках сейсмоизолирующих экранов в разные моменты времени будет иметь место разное падение и отражение сейсмической волны от элементов волновой завесы. В результате наложения нескольких волновых колебаний перед волновой завесой могут образовываться стоячие волны, которые по-разному будут воздействовать на стены сейсмоизолирующие экрана. В свою очередь, разная степень интенсивного воздействия приведет к разной степени разрушения элементов экрана. Следует заметить, что стены волновых завес могут разрушаться и по другим причинам, например, из-за оползневых грунтовых подвижек. Отсюда вытекает требование необходимости постоянного доступа к контролю состояния элементов волновой завесы.

Не решается проблема экономичности сейсмоизолирующего экрана и в том случае, когда с целью повышения эффективности защиты в качестве материала с малой акустической жесткостью (рис. 1, д) используются резиновые, пустотелые, замкнутые элементы (мячи). Во-первых, заполнять траншею сейсмоизолирующего экрана придется на всю глубину траншеи и по всему периметру строительного объекта, следовательно, понадобится очень большое количество пустотелых, резиновых элементов. Это неизбежно негативно скажется на стоимости сейсмозащиты. Во-вторых, со временем резина стареет, т.е. меняет свои свойства и прочностные качества. Поэтому нет гарантии, что в процессе длительной эксплуатации сейсмозащищаемого строительного объекта будет обеспечена его надлежащая, эффективная и надежная сейсмозащита. Вследствие чего, теряется экономическая заинтересованность в использовании отмечаемой новации.

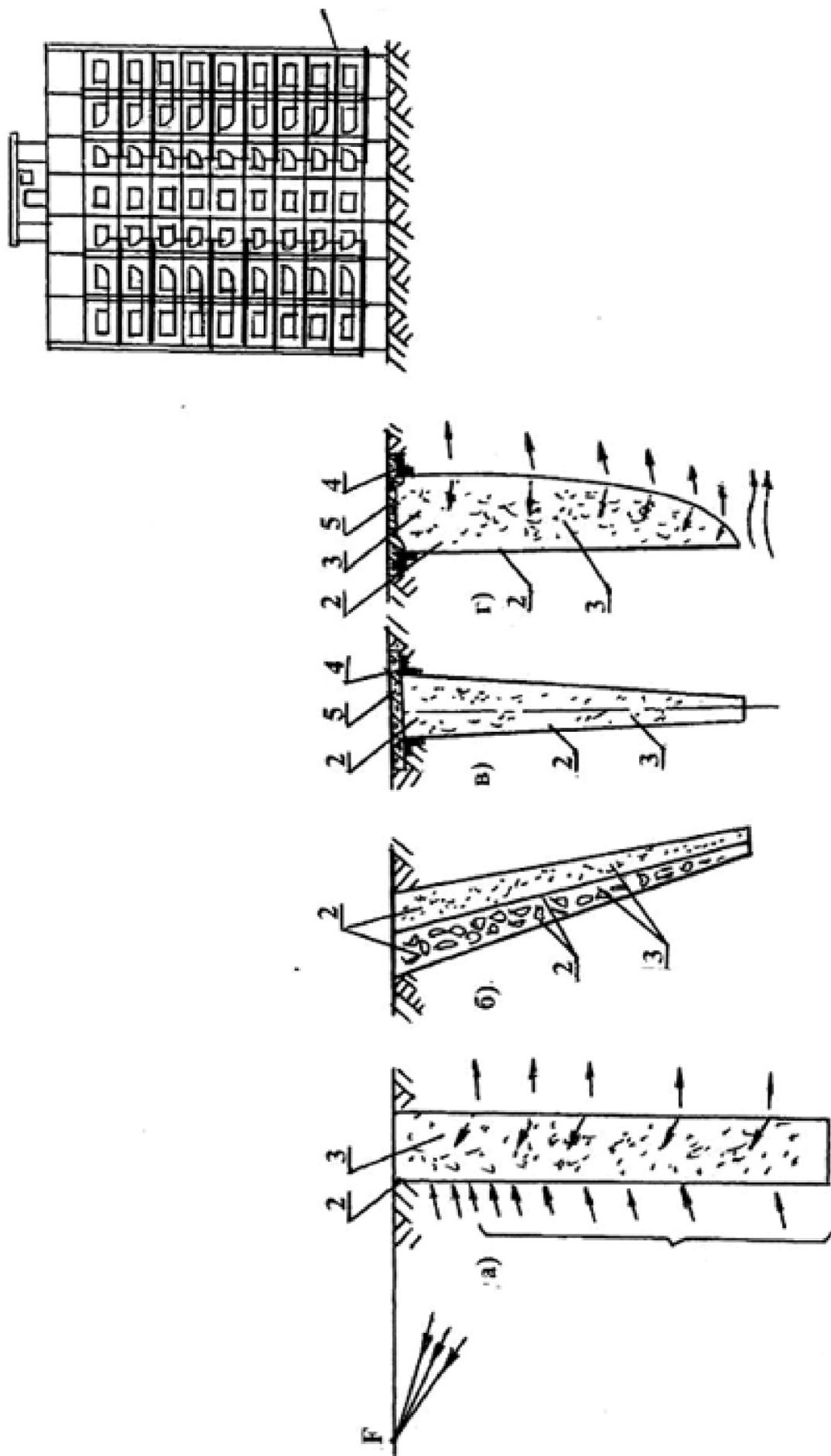


Рис. 1. Конструктивные примеры выполнения сейсмоизолирующих экранов в виде волновых завес: варианты решения: по а) предложению Барканова Д.Д.: по а.с. СССР : б) № 21500. в) № 343000, г) № 601355, д) № 727764 (все М.Кл.: Е02D 27/34) 1 - строительный объект, 2 - траншея (или цепь скважин), 3 - поглощающий сейсмические колебания материал, 4 - угловые опорные элементы для плит перекрытия, 5 - железобетонные плиты перекрытия траншеи, 6 - пустотелые, замкнутые резиновые элементы (или мячи), F - фокус отраженных поверхностных волн.

ВЫВОДЫ:

Сейсмоизолирующие экраны в виде волновых завес представляют интерес оригинальностью своего конструктивного исполнения и подхода к организации сейсмозащиты строительных объектов. Основная цель исследования удовлетворить потребность специалистов в информации о конструктивных возможностях волновых завес. К сожалению, анализ выявил, что конструктивные недостатки волновых завес преобладают над их достоинствами и сводятся к следующему:

1. Нет необходимого объема достоверной и объективной информации по работоспособности сейсмозащиты;
2. Слишком велика материалоемкость, сложность изготовления и, как следствие, высокая стоимость сейсмоизолирующих экранов в виде волновых завес.

В строительной практике есть экспериментально проверенные, более дешевые и эффективные системы сейсмозащиты. Поэтому сейсмоизолирующие экраны в виде волновых завес не могут быть рекомендованы к использованию в строительной практике. С другой стороны, теоретическое и экспериментальное исследование особенностей прохождения сейсмических волн в зависимости от угла наклона строительной площадки (рельефа местности), особенностей ее геологического строения (напластований) и конструктивных особенностей подземных сооружений, фундаментов, подвалов зданий важны, так как без них нельзя объективно обеспечить комплексный подход к эффективной и надежной сейсмозащите зданий и сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Поляков С.В., Сейсмостойкие конструкции зданий: Учебное пособие для вузов.- 2-е изд. М.: Высшая школа, 1983. -304 с.
2. Эйби Дж. А. Землетрясения: пер. с англ. – М. Недра, 1982 – 264 с, илл. – Пер. изд.: Новая Зеландия, 1980 г.
3. Болт Б. В глубинах Земли: О чем рассказывают землетрясения: Пер. с англ. А.Е. Кондаренского, под ред. Д-ра физ-мат. Наук Л.П. Винника.- М., Мир. 1984, - 189 с, илл.
4. Браун Дж. и др. Недоступная Земля: Пер. с англ. Б.А. Борисова. М. Мир, 1984 -262 с, илл.
5. Ньюмарк Н, Розенблюэт Э. Основы сейсмостойкого строительства: Сокр. Пер. с англ./Под ред. Я.М. Айзенберга. – М: Стройиздат, 1980.- 344 с ил.
6. Шебалин О.Д. Физические основы механики и акустики: уч. Пособие.- М.: высш. Школа. 1981 -261 с, ил.
7. Ультразвук. Маленькая энциклопедия. Глав. Ред. И.П. Годямина.- М: «Советская энциклопедия», 1979.- 400 с., илл..

Раздел 3. Строительные материалы и изделия

УДК 691:699.86

Головченко И.В., к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Технологическое оборудование линии по производству теплоизоляционных изделий из материала «Сицил»

Разработано нестандартное оборудование и формы для изготовления теплоизоляционных изделий. Определены параметры и выбран тип сушильной камеры.

Теплоизоляция, изделие, смеситель, дозатор, сушильная камера, тепловой режим, двухстадийная технология, технологическая линия.

Оборудование технологической линии за исключением смесителя-дозатора, форм и сушильной камеры в настоящее время серийно выпускается предприятиями Украины и стран СНГ.

Специально под принятую технологию необходимо было разработать:

- смеситель с объемным дозатором для заполнения форм I стадии
- формы II стадии изготовления изделий;
- сушильную камеру.

Основными требованиями, предъявляемыми к смесителю-дозатору, являются: однородность входящей смеси, надежное поступление смеси в дозирующее устройство, выдача необходимого количества смеси дозирующего устройства в форме I стадии изготовления изделий. Для опытно-промышленной линии, согласно предъявляемым требованиям, был разработан смеситель-дозатор С2 (рис.1), работа которого осуществляется в следующем порядке: включается электродвигатель и при вращающемся шнеке через воронку загружаются компоненты смеси. Перемешивание шнеком производится до получения полностью однородной смеси, после чего привод выключается, открывается шибер в нижней части емкости в смесь засасывается в дозатор (рис.2). После закрытия шибера дозатор снимается со смесителя и производится заполнение форм I стадии формования. Затем дозатор устанавливается на смеситель, открывается шибер и т.д. После того, как смесь использована, вновь производится загрузка смесителя и повторяется замес.

Таблица 1.

Технические характеристики смесителя С2:

1.	Рабочий объем ёмкости для приготовления смеси	20л
2.	Цикл приготовления одного замеса	30мин
3.	Частота вращения шнека	30 об/мин
4.	Дозатор шприцевой съёмный, дозирование от	0,35 до 2 л
5.	Габаритные размеры, м	0,4x0,5x1,0
6.	Масса, кг	90

Разработанная технологическая линия предназначена для производства теплоизоляционных плит и полуцилиндров трех основных типоразмеров:

- полуцилиндры для труб $\varnothing 57, \varnothing 89, \varnothing 108$ мм при длине $l = 500$ мм с толщиной стенок $\delta = 40$ мм и $\delta = 50$ мм;
- плиты размером $l \times b \times h = 250 \times 250 \times 40$ мм, $250 \times 170 \times 40$ мм, $250 \times 250 \times 50$ мм.

Главным элементом технологической линии является сушильная камера. Так как изделия производятся по двухстадийной технологии, разработаны конструкции двух сушильных камер I и II стадий изготовления изделий. Согласно режимам термообработки (рис.3) максимальная температура в камере I стадии изготовления составляет 80°C , в камере II стадии - 350°C .

Сушильная камера I стадии запроектирована трехсекционной периодического действия. Количество секций выбрано с целью непрерывной подачи заготовок в сушильную камеру II стадии

изготовления. Одновременно в каждом отсеке может находиться до 40 форм заготовок максимального размера, расположенных поперечно по 10 изделий в каждом ярусе. Для обеспечения равномерного распределения теплоносителя по рабочему объему камеры предусмотрена его принудительная циркуляция. В целях экономии энергии теплоноситель в камеру I стадии поступает из сушильной камеры II стадии. Для удаления пара в верхней части камеры предусмотрены отверстия $\varnothing 10$ мм.

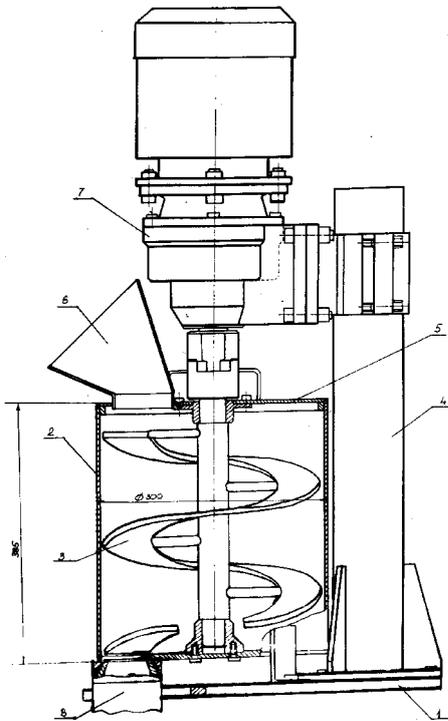


Рис. 1. Смеситель С2. 1 – опорная плита; 2 – емкость; 3 – шнек; 4 – колонна; 5 – крышка емкости; 6 – загрузочная воронка 7 – привод;

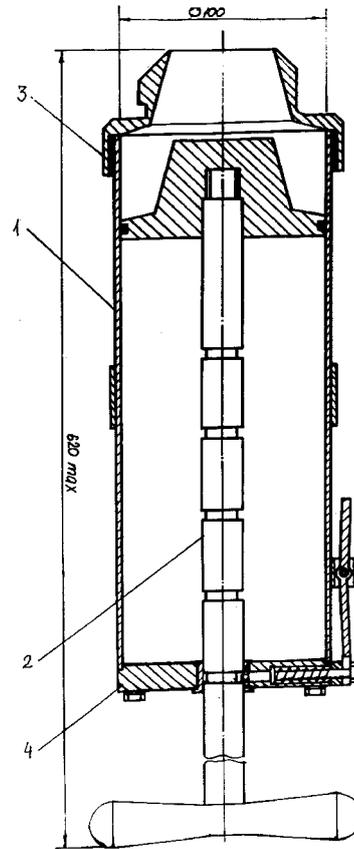


Рис. 2. Шприцевой дозатор. 1 – корпус; 2 – ручка с поршнем; 3 – крышка передняя; 4 – крышка задняя.

Сушильная камера II стадии термообработка заготовок может быть как непрерывного (туннельного типа) действия, так и периодического действия (трехсекционные термощкафы). Поскольку применение камеры периодического действия связано с большими потерями тепла, было отдано предпочтение сушильной камере непрерывного действия, в которой предусмотрены три зоны – зона нагрева, зона изотермического режима, зона охлаждения. Для исключения потерь тепла при входе и выходе форм с изделиями предусмотрена двойная гибкая тепловая защита. Для управления температурным режимом и удаления воздуха с избытком влаги в сушильной камере предусмотрены регулируемые вытяжные отверстия.

В качестве источника нагрева в сушильной камере II стадии применены трубчатые электронагреватели (ТЭНы), но допустимы и другие источники тепла (на жидком и газообразном топливе). Длина сушильной камеры была определена с учетом одновременной термообработки 40 форм полуцилиндров длиной 0,5 м в течение 10 часов. Формы движутся внутри камеры по рольгангу со скоростью 3 м/ч, поочередно проходя три зоны термообработки. График теплового режима в камере II стадии изготовления изделий с разбивкой длины камеры и количества изделий по зонам термообработки приведен на рис.3. Схема сушильной камеры II стадии приведена на рис.4.

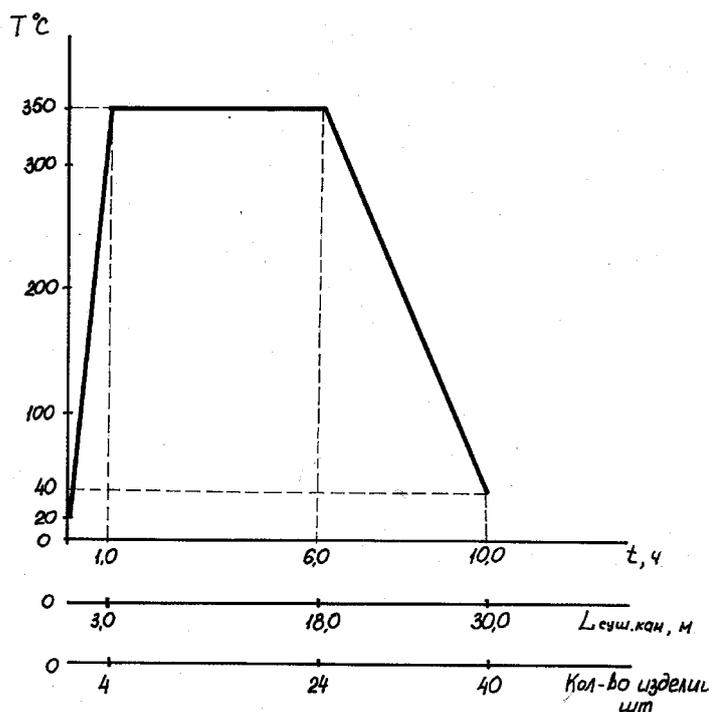


Рис. 3. График теплового режима в камере II стадии изготовления изделий с разбивкой длины камеры и количества изделий по зонам термообработки.

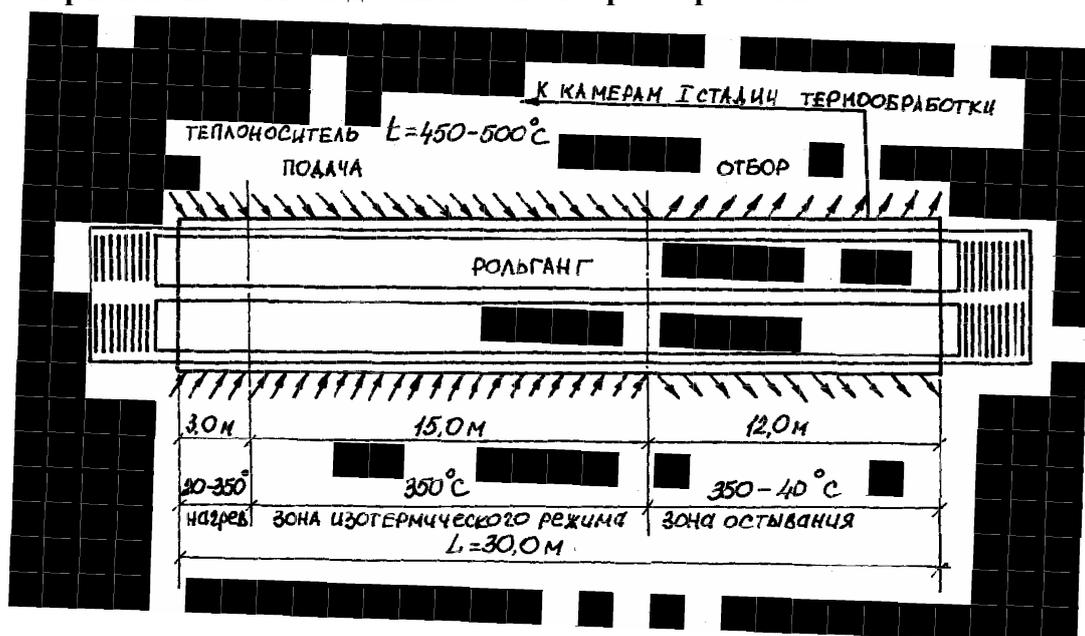


Рис.4. Схема сушильной камеры II стадии термообработки изделий из материала «Сицил».

ВЫВОДЫ

1. Разработано нестандартное оборудование технологической линии для производства теплоизоляционных изделий из материала «Сицил».
2. Обосновано применение сушильной камеры непрерывного действия и определены ее параметры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.С. 1733431 (СССР) Сырьевая смесь для получения теплоизоляционного материала. (Симферопольский филиал ДИСИ. Авт. Изобретения В.Г. Сургучев, Л.П. Махновский. Заявл. 20.10.85. №3969351)
2. Бабушкин В.И., Матвеев Г.М., Мчедлов-Петросян О.П. Термодинамика силикатов — М.: Стройиздат. 1986 — 408с.
3. Тотурбиев Б.О. Строительные материалы на основе силикатно-натриевых композиций. — М.: Стройиздат, 1988 — 208с.

Раздел 4. Технология промышленного и гражданского строительства

УДК 515.2.

В порядке дискуссии

Авдоньев Е.Я., к.т.н., профессор; Глухий Л.В., доцент.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Компьютерное моделирование в инженерной графике

Содержание дисциплины «Компьютерное моделирование архитектурных конструкций»: основные разделы по моделированию конструкций.

Компьютерное моделирование, проектирование, конструирование, AutoCad.

Постановка проблемы. Машинная и компьютерная графика – одна из составных частей триады: начертательная геометрия, инженерная графика, компьютерная графика. Она преподаётся студентам первого курса, будущим инженерам. Два года назад для подготовки инженеров-строителей введена новая дисциплина «Компьютерное моделирование архитектурных конструкций». Основа её закладывается не только вышеназванной триадой, но и математикой, информатикой и другими дисциплинами. Но главное – возможности современной компьютерной техники и программного обеспечения её. Как всё это использовать с расчётом на будущее готовящегося специалиста?

Анализ достижений и публикаций. Современные возможности компьютерных технологий, наличие разных методов моделирования формы и конструкции объектов, подготовка специалистов-компьютерщиков позволяют все операции моделирования различных конструкций сделать машинными [1-4]. Однако реальное проектирование, конструирование и моделирование архитектурных конструкций требует и «ручной» работы, ибо живой компьютер (человек) должен ощущать все процессы на всех этапах работы (рис.1.).



Рис. 1. Общая структура жизненного цикла изделия.

Постановка задачи. На основании анализа существующих возможностей науки, техники, технологий, методик в области компьютерного моделирования, работы со студентами наметить вариант учебного плана и необходимых пособий для подготовки специалистов будущего в названном выше направлении.

Основная часть. Одним из методов познания природы, законов её развития, исследования явлений и процессов, происходящих в природе, является моделирование, при котором человек создаёт физическую или абстрактную модель изучаемого процесса (объекта), применяя её в технике.

Будучи определённой, геометрическая форма объекта служит исходным материалом для решения множества задач анализа конструкции, а также проектирования и технологической подготовки производства (рис.2.).



Рис. 2. Классы геометрических объектов, подлежащих проектированию.

При проектировании как в одну, так и в две стадии, можно выделить следующие основные этапы: анализ проектной ситуации, формирование проектного решения, детальная разработка проекта, сметно-экономические расчёты (рис.3).

Эта схема процесса проектирования конкретизируется в зависимости от типа объекта, числа стадий и степени детализации описания.

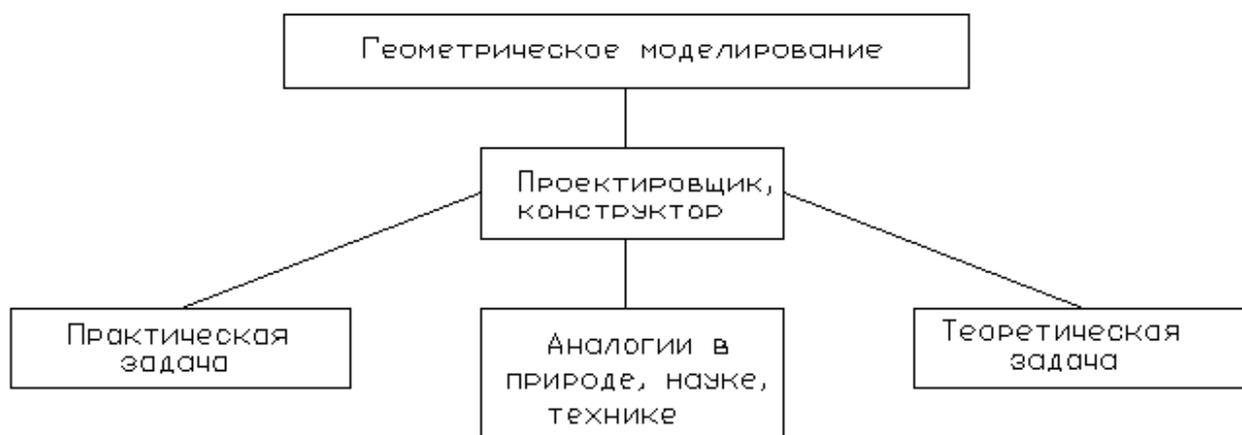


Рис. 3. Поиск основной композиции объекта.

Изучение перечисленных данных позволяет специалистам разработать задание на проектирование, которое содержит основные характеристики будущего объекта. Задание на проектирование служит основой для формирования проектного решения, разработка которого начинается с самых общих эскизов. В процессе эскизирования ведётся поиск основной композиции объекта, решаются вопросы пространственного размещения отдельных элементов, производится их взаимная увязка. При более детальной проработке эскизов определяются основные конструктивные схемы зданий, разрабатываются планировки, увязываются параметры технологического оборудования инженерных коммуникаций. Результатом этого этапа становятся один или несколько вариантов, которые могут значительно различаться между собой. Варианты оцениваются одним из существующих способов и лучший из них выбирается для детальной разработки.

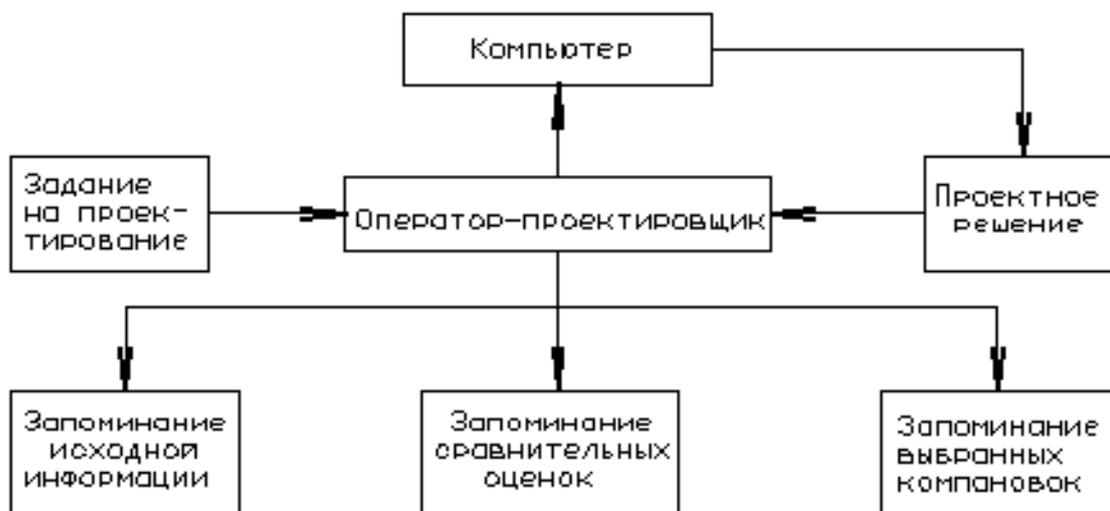


Рис. 4. Компьютерное моделирование при разработке проектных решений.

При применении компьютера важны следующие характеристики процесса проектирования: возможность формального описания объекта и процесса проектирования, классификация проектных решений в группы по характеру выполняемых функций, характерные схемы последовательности разработки проектных решений. Возможность формального описания процесса проектирования определяется наличием проектных операций, которые могут быть представлены количественно. Выбор методов и приёмов автоматизации зависит не только от характеристик процесса

проектирования, но и от характеристик тех объектов строительства, при проектировании которых предлагается использовать компьютер. При использовании компьютера важны следующие характеристики проектируемых объектов: возможные границы изменения параметров (вариантность), состав элементов (структура) и их взаимная связь (связанность), динамика развития (динамичность). Под автоматизацией строительного проектирования понимается процесс применения вычислительной техники для выполнения проектных процедур и операций, основанный на использовании совокупности теоретических способов и практических приёмов по моделированию объекта и процесса проектирования, а также технологии разработки проектных решений при взаимодействии человека и компьютера (рис.4.).

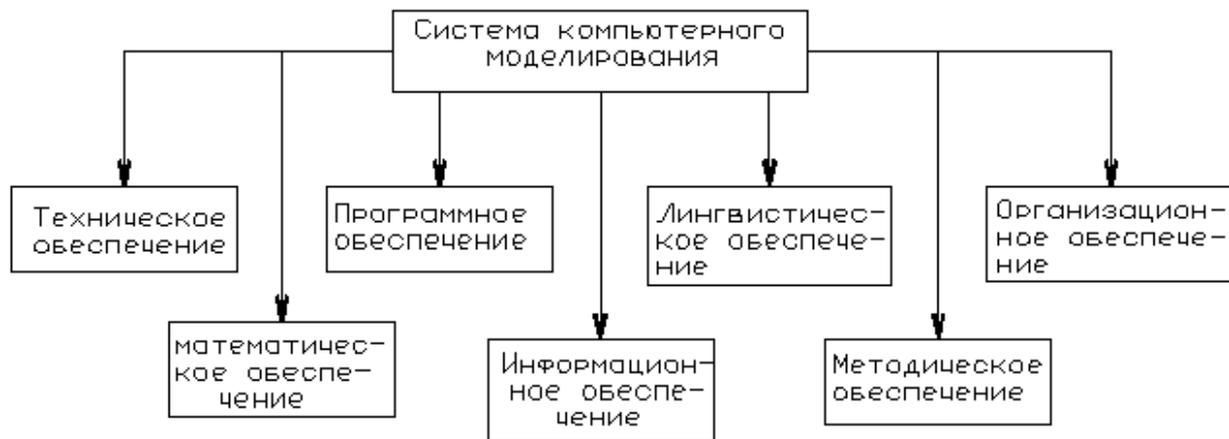


Рис. 5. Основные разделы моделирования.

Разработанные в НАПКС программа и учебное пособие по компьютерному моделированию базируются на серийных компьютерах Pentium IV и программном продукте AutoCad, работающей на база системы Windows XP. Они содержат основные разделы по моделированию конструкций (рис.5.) :

- основные принципы работы AutoCad: введение, основные понятия, графический интерфейс программы, настройка параметров чертежа, методика работы с командами, приёмы рисования примитивов..);
- создание чертежей сложных объектов: геометрическое моделирование при создании чертежей монолитной детали из геометрических форм (проекционное черчение); использование полилинии для создания трёхмерных моделей, создание неперекрывающихся экранов, формирование изображений в пространстве листа, создание плавающих видовых экранов, простановка размеров, подготовка чертежа к печати;
- построение чертежа технической детали: закрепление навыков приобретённых при создании чертежа в предыдущей главе и ознакомление с другими методиками по созданию чертежей для деталей типа “вал” (построение шпоночного паза для шпонки, построение сечений и выполнение штриховки, обозначение сечений, масштабирование ..);
- построение плана здания (сооружения): настройка параметров чертежа для выполнения заданного строительного плана в натуральную величину, настройка масштаба типа линий, построение стен и перегородок сооружения с использованием команды Мультилиния, создание и использование блоков, простановка размеров в соответствии с требованиями, предъявляемыми к строительным чертежам, подготовка чертежа к печати;
- построение конструкций узла: моделирование конструкций с использованием знаний приобретённых в предыдущих разделах настоящего пособия.

Методическое пособие является руководством для работы в программе AutoCad и предназначено для студентов всех форм и специальностей обучения. В пособии разработаны пошаговые рекомендации к выполнению заданий по построению чертежей деталей, конструирования и моделирования геометрических форм, выполнения строительных чертежей по принципу “от простого к сложному”.

ВЫВОДЫ.

На базе квалифицированной подготовки в различных видах моделирования (начертательная геометрия, инженерная графика, информатика, высшая математика, физика, компьютерная техника и технологий работы с компьютером студент второго курса в состоянии выполнять основные типы проектно-конструкторских документов. Перспективы развития объектов этого процесса достаточно широкие во всех его частях – постановке задач, техническом обеспечении, программном продукте, технологий и методике, организации всей системы работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковальов С.М. и др. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Спец. р. Вип. 1 Київ-Луцьк, 256с.
2. Михайленко В.Э., Найдиш В.М., Підкоритов І.А., Скидан І.А. – К.:Вища школа, 2005. -342с.: іл..
3. Нагинская ВС. Автоматизация архитектурно-строительного проектирования. – М.:
4. Дворецкий А.Т., Глухий Л.В., Наливайко Е.Ю. Компьютерное моделирование в программе AutoCad, учебное пособие – Симферополь, 2008. -120с.

Морозов А.Д., к.т.н., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Хабрат Н.И., инженер, доцент; Менасанова С.Э., ст. преподаватель

Крымский инженерно-педагогический университет

Изыскание резервов повышения несущей способности мостовых кранов

Рассматриваются пути повышения грузоподъемности действующих конструкций мостовых и стреловых кранов с целью максимального использования заложенной в конструкциях несущей способности рамы кранов.

Краны, грузоподъемность, ограничитель, повышение, эффективность.

На производственных участках различных отраслей производства при механизации и автоматизации погрузки, разгрузки и транспортировании грузов широко используются мостовые, козловые, стреловые грузоподъемные краны [1]. При этом с целью увеличения зоны (площади) использования на рамах кранов устанавливаются грузовые тележки, перемещающиеся по ним вместе с грузом.

В большинстве случаев рамы этих механизмов выполняются в виде пространственной конструкции из стандартизированных профилей одинакового сечения в поперечном направлении по их длине. Это позволяет упростить конструкции рам и обеспечивает высокую технологичность изготовления. В этом случае максимальная грузоподъемность механизмов определяется положением грузовой тележки с грузом в сечении с наибольшим изгибающим моментом. Для мостовых и козловых кранов – это середина пролета, т.е. среднее положение между опорами ходовых тележек.

Как было отмечено выше, несущая способность крана определяется значением наибольшего изгибающего момента, испытываемого рамой крана от грузовой тележки с грузом, проходящимся, например, для мостового крана на середину пролета рамы. Безопасная эксплуатация кранов обеспечивается специальными устройствами – ограничителями постоянной грузоподъемности [2,5]. А это означает, что использование полной несущей способности рамной конструкции крана имеет место только в одном положении ее нагружения, в ее середине. В положениях грузовой тележки с грузом, отличных от серединного, изгибающий момент, воздействующий на раму, становится меньше установленной грузоподъемности крана. Вследствие этого, заложенная в конструкции рамы несущая способность, используется не полностью, что является не совсем рациональным при современных тенденциях в краностроении [2,4,5].

Целью работы является разработка конструкции ограничителя грузоподъемности грузовых кранов, учитывающего местоположение грузовой тележки с грузом на раме крана.

Обеспечение максимального использования заложенной несущей способности рамной конструкции крана может быть осуществлено путем приложения к раме крана на различных ее участках различной нагрузки, допускающей создание изгибающего момента максимального значения по всей длине рамы.

На рис. 1. представлена кинематическая схема привода механизма ограничителя переменной грузоподъемности, установленного на грузовой тележке грузоподъемного крана. Механизм подъема включает привод 1, барабан 2, с намотанным на него канатом 3, обводные ремни 4, 6, крюковую подвеску 5. Конец каната 3 кинематически соединен с одним из концов цепи 9, охватывающей звездочку 10, жестко связанной с грузовым кулачком 11. Другим концом цепь 9 кинематически соединена с динамометрической пружиной 7. На этой же грузовой тележке установлен барабан 20, имеющий навивку троса 19, закрепленного серединой на указанном барабане, а концами – на противоположных сторонах рамы крана.

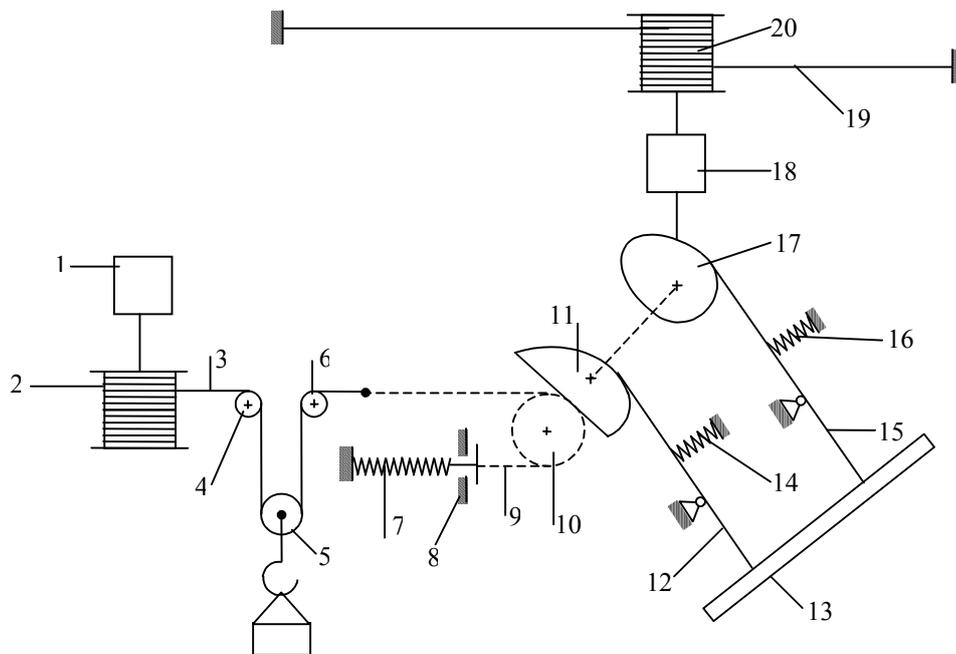


Рис.1. Кинематическая схема привода механизма ограничителя переменной грузоподъемности крана

Барaban 20 кинематически соединен с редуктором 18, имеющим передаточное отношение u , равное

$$u = \frac{L}{\pi D} \quad (1),$$

где L – расстояние между точками закрепления каната 19, кинематически соединенного с барабаном 20, D – расчетный диаметр барабана 20.

Барaban 20 устанавливается на быстроходном валу редуктора 18, а на тихоходном валу этого же редуктора установлен кулачок положения 17 грузовой тележки на раме крана. При этом оси валов кулачка положения 17 и кулачка грузоподъемности концентричны. К рабочим поверхностям кулачков 11 и 17 одними концами посредством пружин 14 и 16 прижимаются двуплечие рычаги 12 и 15, а другими концами они связаны с выключателем электрической цепи привода лебедки 13. Динамометрическая пружина 7 устанавливается в рабочем положении с предварительным нагружением усилием в ней несколько меньшим усилия в рабочем канате при допустимой грузоподъемности крана с расположением грузовой тележки на середине пролета рамы.

Предварительное натяжение пружины может быть обеспечено упором 8, показанном на рис. 1. Параметры звездочки 10 и дополнительную деформацию пружины принимают такими, чтобы угол разворота грузового кулачка 11 не превышали 360° . Рабочий профиль грузового кулачка 11 выполняют в виде выпуклой кривой, например, спирали Архимеда. Кулачок положения 17 выполняют в виде двух зеркально отображенных кривых. Профиль этого кулачка на дуге 180° определяется при совместном прочерчивании грузового кулачка и кулачка положения, так, что при подъеме груза больше допустимой величины при любом положении крановой тележки двуплечие рычаги устанавливаются параллельно друг другу, а замкнутые контакты выключателя подают сигнал предельно допустимой нагрузки, после чего электрическая цепь лебедки размыкается.

Рассчитаем значение допустимого усилия Q_{cx} при расположении грузовой тележки на раме крана в положениях, отличающихся от среднего. Из расчетной схемы на рис. 2.а. получаем, что опорные реакции R_A и R_B равны

$$R_A = R_B = 0,5(Q_c + qL) \quad (2),$$

где Q_c – суммарная сила тяжести грузовой тележки с грузом, находящейся посередине рамы крана; q – распределенная нагрузка силы тяжести металлоконструкции крана; L – длина пролета крана – расстояние между опорами крана.

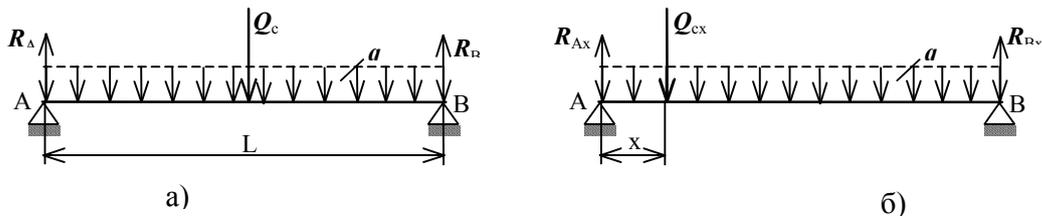


Рис.2. Схемы нагружения рамы крана

Здесь и далее, при расчетах нагрузка Q_c условно принята сосредоточенной для упрощения рассматриваемого вопроса. В этом случае максимальное значение изгибающего момента составит

$$M = R_A \cdot \frac{L}{2} - \frac{qL^2}{8} = \frac{Q_c \cdot L}{4} + \frac{qL^2}{8} \quad (3).$$

Вычислим опорную реакцию R_{Ax} (рис.2.б.) в положении грузовой тележки на расстоянии x от опоры А, полагая при этом, что в рассматриваемом сечении рамы крана будет действовать изгибающий момент M , равный моменту при положении тележки посередине рамы крана.

При этом, естественно, при $x < L/2$ и усилие Q_{cx} со стороны грузовой тележки должно быть больше Q_c .

Составив уравнение моментов относительно точки В, и решив его относительно R_{Ax} , получим:

$$R_{Ax} = Q_{cx} \left(1 - \frac{x}{L}\right) + \frac{qL}{2} \quad (4).$$

Составим уравнение изгибающего момента по сечению рамы крана на расстоянии x от опоры А

$$M = R_{Ax} \cdot x - \frac{qx^2}{2} = Q_{cx} \left(x - \frac{x^2}{L}\right) + \frac{q}{2}(Lx - x^2) \quad (5).$$

Приравняв правые части уравнений (3) и (5) и решая относительно Q_{cx} , получим

$$Q_{cx} = \frac{\left(\frac{Q_c L}{4} + \frac{q}{8}(L - 2x)^2\right)}{x \left(1 - \frac{x}{L}\right)} \quad (6).$$

В табл. 1 приведены расчетные значения относительной грузоподъемности $\frac{Q_{cx}}{Q_c}$ в зависимости от $\frac{x}{L}$.

Таблица 1

$\frac{x}{L}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$
$\frac{Q_{cx}}{Q_c}$	$\frac{64}{15} + \frac{49}{30} \frac{qL}{Q_c}$	$\frac{16}{7} + \frac{9}{14} \frac{qL}{Q_c}$	$\frac{9}{5} + \frac{2}{5} \frac{qL}{Q_c}$	$\frac{4}{3} + \frac{1}{6} \frac{qL}{Q_c}$	$\frac{16}{15} + \frac{1}{30} \frac{qL}{Q_c}$	Q_c

Анализ расчетных значений Q_{cx}/Q_c показывает, что с уменьшением расстояния грузовой тележки от опор металлоконструкции рамы крана грузоподъемность может быть безопасно увеличена при использовании ограничителя переменной грузоподъемности.

При этом на увеличение грузоподъемности влияет и сила тяжести металлоконструкции крана.

Вычислим относительную грузоподъемность в зависимости от $s = \frac{x}{L}$:

$$\frac{Q_{cx}}{Q_c} = \frac{1}{4s(s-1)} + \frac{qL}{Q_c} \cdot \frac{(1-2s)^2}{8s(1-s)} \quad (7),$$

где $qL = G_k$ - вес крана.

Для определенности при расчете относительной грузоподъемности были использованы следующие значения параметров: грузоподъемность крана – $Q_c = 10$ тонн, длина – $L = 22,5$ метра, вес крана – $G_k = 15,8$ тонн (ГОСТ 28546 – 82). В этом случае формула (7) принимает вид:

$$\frac{Q_{cx}}{Q_c} = \frac{1}{4s(s-1)} \left(1 + 1,58 \cdot \frac{(1-2s)^2}{2} \right) \quad (8).$$

График зависимости относительной грузоподъемности от положения крановой тележки представлен на рис. 3 (кривая 1). На этом же рисунке для сравнения показана зависимость относительной грузоподъемности для случая, когда собственным весом крана пренебрегают (кривая 2).

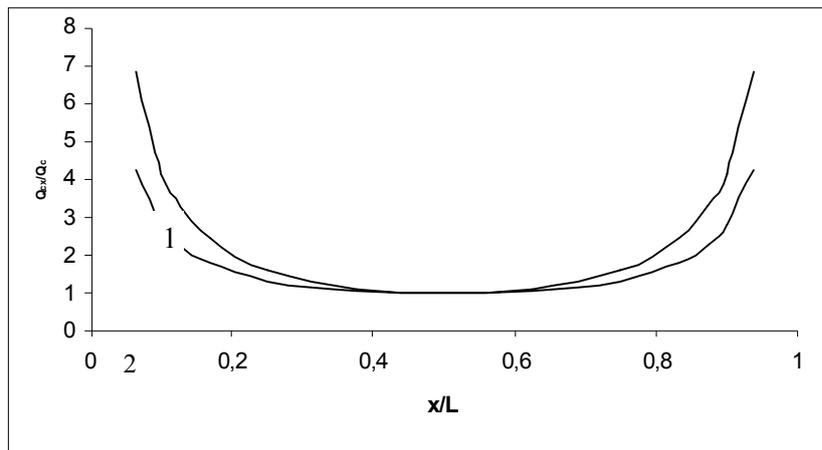


Рис. 3. Зависимость относительной грузоподъемности от местоположения крановой тележки: 2 – без учета распределенной нагрузки, 1 – с учетом собственного веса крана

ВЫВОДЫ:

1. Установлено, что грузоподъемность существующих видов кранов при изготовлении их рам в расчете на постоянный момент сопротивления по их длине используется не всегда в полной мере.
2. Полное использование заложенной в металлоконструкцию несущей способности грузоподъемных механизмов требует применения на них ограничителей переменной грузоподъемности.
3. Полученные аналитические зависимости и предложенная конструкция ограничителя переменной грузоподъемности позволяют обосновать параметры проектируемых механизмов с высокой эффективностью использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грузоподъемные машины, М.П. Александров, Л.Н. Колобов, Н.А. Лобов и др. М., Машиностроение, 1986. 400с.
2. Н.И. Ерофеев. Предохранительные и сигнализационные устройства кранов. М. Машиностроение. 1980. 154с.
3. Патент на полезную модель № 33054 МПК В 68 с 17/00 Украина. Хабрат Н.И., Менасанова С.Э.
4. Справочник по кранам в 2-х т. Т. 2. Под ред. М.М. Гохберга. Л. Машиностроение. 1988. 559с.
5. Приборы и устройства безопасности грузоподъемных машин. Справочник. М. Машиностроение. 1990. 320с.
6. Ф.К. Иванченко. Конструкция и расчет подъемно-транспортных машин, Киев, Вища школа, 1983, 349 с.

Раздел 5. Техногенная безопасность

УДК 551.44:502

Борзова Н.С., аспирант

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Региональный обзор развития техногенного карста в пределах Украины и его влияние на условия жизнедеятельности

Рассмотрены основные типы хозяйственного освоения территорий, влияющих на развитие техногенного карста на территории Украины.

Карстующиеся породы, техногенный карст; условия жизнедеятельности, экологическая безопасность.

Под техногенным карстом подразумевается инженерно-геологический процесс, развивающийся в карстующихся породах под преобладающим воздействием антропогенных факторов и связанные с ним явления.

Вопросам изучения техногенного карста и его влияния на условия жизнедеятельности последние 10-15 лет недостаточно уделяли внимание, хотя это опасное явление в природе, требующее изучения. Нет до конца разработанных научных подходов пространственного прогноза и регионального мониторинга. Карстовые явления, обусловленные хозяйственной деятельностью сложны, а их особенности и локальные разновидности еще мало изучены. В настоящее время, в связи с развитием различных отраслей хозяйственной деятельности человека, изменяется экологическая обстановка, возникают разные аспекты освоения и охраны закарстованных территорий, свидетельствующие об актуальности исследований техногенного карста. Своевременное выявление карстоопасности для принятия решений еще на ранних стадиях проектирования освоения территорий позволит значительно повысить экологическую безопасность и обеспечить нормальные условия жизнедеятельности. Все это и необходимость выполнения Постановления Кабинета Министров Украины от 15.07.1988г. №1099 «Про порядок классификации чрезвычайных ситуаций» указывают на актуальность постановки исследования [11].

Объект – районы развития техногенного карста.

Предмет – особенности развития техногенного карста под влиянием различных видов хозяйственной деятельности (техногенеза).

В связи с тем, что работа была с фондовыми материалами, основными методами исследования были: сбор, анализ, обобщение, сопоставление, систематизация имеющихся данных и картографический метод.

Наиболее полно вопросы развития техногенного карста освещены в работах Ф. В. Котлова [7], в которых систематизированы отличия этого карста от природного, выявлены и обобщены основные антропогенные карстообразующие факторы, а также отмечена слабая разработка мер борьбы с антропогенными карстопроявлениями, и почти полное отсутствие научного и экономического обоснования управления этим процессом. Кроме того, была разработана типизация антропогенных геологических процессов и явлений, закономерности их развития и распространения. Антропогенный карст отнесен им к процессам и явлениям, вызванным изменением режима поверхностных и подземных вод и изменением напряженного состояния и статического равновесия в породах.

Наименее изученными в настоящее время являются закономерности, условия и характер проявления техногенного карста, так как сам процесс карстования связан с воздействием многочисленных, взаимосвязанных между собой факторов. Во многих случаях на процессы естественного карстования накладываются техногенные факторы, что практически исключает возможность четкого отнесения тех или иных карстовых проявлений к естественному или техногенному карсту, то есть изучение условий развития, проявления, прогноз техногенного карста, районирование территорий по условиям его развития должно производиться одновременно с изучением особенностей естественного закарстования. Современное выявление карстоопасности и принятие решений еще на ранних стадиях проектирования снизят затраты на строительство и эксплуатацию

сооружений [1,8]. Тесная связь между процессом естественного закарстования и развитием техногенного карста отмечена М.В. Комаровой и Е.С. Штенгеловым [6] и коррелируется с участками очень высокой и высокой интенсивности естественного карстования известняков, расположенных в зонах развивающейся тектонической трещиноватости.

Развитие техногенного карста в Украине, так или иначе, связано с изменением количества, качества, скорости или гидравлических градиентов потоков природных вод, поступающих в трещинно-карстовые коллекторы. При этих изменениях возникают следующие процессы интенсификации природного карста [2]:

- коррозионные, при которых происходит расширение карстовых полостей только за счет растворения карстующихся пород;

- коррозионно-эрозионные, вызывающие как растворение, так и размывание стенок полостей;

- карстово-суффозионные, при которых наряду с двумя первыми процессами происходит, вымывание заполнителя полостей и внесение рыхлых перекрывающих пород в карстовые полости с последующим их удалением потоками карстовых вод [3]. Все эти процессы нарушают устойчивость сводов карстовых полостей, а в конечном итоге устойчивость массивов горных пород.

Выделяют основные факторы, изменение которых в результате техногенных нагрузок приводит к формированию техногенного карста. Этими факторами являются: литология пород, ее мощность, наличие водоносных горизонтов в перекрывающих и карстующихся породах, скорости подземных потоков, наличие гидравлических напоров и их значения, агрессивность подземных вод и водопроницаемые свойства пород [7].

На территории Украины техногенный карст формируется в карбонатных, сульфатных и галогенных карстующихся породах.

К основным типам хозяйственного освоения территорий, влияющих на развитие техногенного карста в пределах Украины, можно отнести:

- 1 - изменение качества подземных вод, связанных с закачкой различных жидкостей и воды. Так, при подземной выплавке самородной серы в Предкарпатье, за время эксплуатации месторождения привели к катастрофическому развитию техногенного карста в связи с нарушением водного режима, в результате фильтрации от серодобывающих скважин в сторону разгрузки, которая осуществлялась вдоль тектонических нарушений. При интенсификации притоков нефти к добывающим скважинам путем закачки в пласт значительных объемов соляной кислоты с концентрацией 10-20 %, которая активно растворяет карбонатные породы, вокруг призабойной части скважины создаются трещинно-карстовые полости [4].

- 2 – водопонижение: наиболее ярким примером развития техногенного карста в этих условиях является территория Язовского месторождения серы в Предкарпатье [4]. Карьер занимает 3-5 км² по площади и до 80-100 м глубины. В зону влияния карьера вошло приблизительно 90 км² территории с прилегающими селами. Проведение водопонижительных и осушительных работ в районе Язовского месторождения привело к тому, что уровень основного водоносного горизонта (верхний-нижний тортон) понизился на 85 м, образовалась депрессионная воронка в пределах которой выделилось 10 участков, относящихся по количественным параметрам закарстованности к весьма неустойчивым, а три из них – долины рек Шкло и Терешки и площадка водохранилища Новый Яр – к катастрофическим. Здесь среднегодовое количество возможных карстовых провалов составляет соответственно: 20.8, 13.3 и 13.8 воронок на 1 км² в год, активность карста из-за возросших скоростей и агрессивности подземных вод возросла в десятки раз. На сегодняшний день в результате длительной разработки месторождения образовались линзоподобные пустоты высотой 5-10 м и в диаметре 80-100 м, представляющие потенциальную опасность целостности земной поверхности. Не менее опасным случаем проявления техногенного гипсового карста является периферия Николаевского карьера глин, вскрывшего своим днищем обводненные гипсы тортона в результате все увеличивающегося водоотлива из карьера. Количество провалов земной поверхности увеличилось, было полностью выведено из строя 2 км² пахотных земель, деформировано полотно автомобильной дороги [9].

3 - попадание под землю значительного количества воды для добычи легко растворимых подземных ископаемых. Например, Солотвинское месторождение каменной соли, расположенное в пределах сложной солянокупольной структуры, нарушенной плекативной и дизъюнктивной тектоникой. В связи с неуправляемой активизацией карстовых процессов, ранее эксплуатируемая шахта № 7 полностью затоплена. На месте шахтного ствола образовалась воронка диаметром около 150 м. На шахте № 8 продолжается размыв кровли. Одна из них была размыва в результате чего произошел вывал покровных пород в камеру с образованием на поверхности воронки, открывшей доступ поверхностным и грунтовым водам в горные выработки. Карст на Солотвинском месторождении продолжает прогрессировать, в этом районе насчитывается 137 карстовых воронок, форма воронок до 30 м в диаметре, а глубина колеблется от 0,5 до 8-10 м. На северном крыле купола обнаружены трещины глубиной 0,7-1,0 м. Для этого района приурочено движение потока вод с востока месторождения и до р. Тисы [10].

Калушское месторождение калийных солей эксплуатировалось рудником, состоящим из 4-х шахтных полей. Рудные тела находились на глубине от 40-60 до 160-180 м после прекращения работ рудника в образовавшихся пустотах общим объемом 3 млн м³ поступали пресные воды в количестве около 200 м³/сут, что привело к обрушению сводов горных выработок. В результате чего сформировались провальные воронки, из них наиболее крупная разрушила 30 жилых домов в г.Калуше, а также дорогу, газопровод, водовод и др. хозяйственные объекты [5].

Залежи каменной соли в Донбассе представлены месторождениями в районе Артемовска и Славянска. Минимальная глубина залегания соли 70-75 м, мощность соляных пластов колеблется от 13 до 47 м. Глубина разработки соли на Артемовском месторождении составляет 120-320 м, а на Славянском 680-720 м. В результате эксплуатации месторождений образовалась мульда оседания площадью 167 га с трещинами отрыва по бортам, деформациями наземных сооружений, с провальными воронками на этой территории, карстовыми озерами и подтопленными участками [3].

4 - резко увеличивает развитие техногенного карста строительство различного рода ирригационных сооружений: каналов, водохранилищ, прудов и т.д. Активизация карстовых процессов в зоне Северо-Крымского канала (СКК) произошла из-за значительных фильтрационных потерь. Опыт эксплуатации СКК показал, что на участках канала Красногвардейской, Черноморской веток, расположенных на пересечении их с трещинно-карстовыми зонами, ежегодно образуются трещины в бетонной облицовке канала и крупные провалы, которые сопровождаются большими потерями воды. Иногда карстово-суффозионные воронки образуются на прилегающих к каналу площадках. Межгорненское водохранилище было построено в 1985 году, в этом же году произошла катастрофическая утечка воды при пробном заполнении в результате образования провальных воронок в днище водохранилища у плотины, затем провальные воронки были обнаружены в 1990 г. у левого борта, но меры по их устранению не были предприняты. Так как строительство противофильтрационного экрана не было завершено, продолжается утечка из водохранилища через трещинно-карстовые полости, достигающие 30% от объема поступающей в него воды [3]. В связи с тем, что развитие карстовых процессов при постоянных напорах, явление прогрессирующее, такое положение может привести к очередным катастрофическим утечкам из водохранилища. Кроме того, происходит постоянное подтопление территории ниже плотины водохранилища. Новоульяновское водохранилище расположено в зоне куэсты. Вскоре после его заполнения, произошла катастрофическая утечка водного запаса, полностью осушившая водоем. При геофизических исследованиях в днище водохранилища обнаружены узкие трещины, по которым произошла утечка воды. После проведения противофильтрационных работ утечки прекратились, водохранилище эксплуатируется до настоящего времени [2]. Развитие техногенного карста в пределах водохранилищ может происходить практически мгновенно (Новоульяновское и Межгорненское водохранилища), но иногда влияние карста сказывается через десятки лет, например, в Каховском водохранилище. После строительства плотины и создания водохранилища началась фильтрация в неогеновые известняки в обход плотины. При этом питание неогенового водоносного горизонта увеличилось на 30% за счет днепровских вод; полости диаметром более 0,5 м обнаруживались на расстоянии более 3 км от реки. Карст и проседание земной поверхности при таких условиях развиваются одновременно, потому что при развитии подтопления происходит активизация карстовых процессов

за счет увеличения обводненности, подобно этому возникают процессы проседания в лессовых породах [12].

5 - на территориях промышленно-городских агломераций, подвергающихся интенсивному хозяйственному освоению, весьма резко проявляются факторы, способствующие развитию техногенного карста. Основными из них являются: значительные снижения уровней эксплуатационного водоносного горизонта, связанные с откачками для водоснабжения либо со строительством различных коммуникаций (коллекторов, тоннелей и т.д.) с подтоплением значительных территорий в связи с утечками из водопроводящих систем, поливами, подпором грунтовых вод. Планировочные работы могут либо уменьшить толщину слоя рыхлых пород, перекрывающих карстующихся пород, либо, в отдельных случаях, вскрыть их. Примеры развития техногенного карста можно найти в ряде городов Украины: Симферополе, Севастополе, Мариуполе и др. Характерным является то, что при проектно-изыскательных работах, как правило, карстовые полости не обнаруживались [8].

ВЫВОДЫ

1. В результате выполненного обзора выявлены и охарактеризованы различные виды развития техногенного карста.
2. Сделан обзор техногенных факторов, влияющих на формирование карста при различных видах хозяйственной деятельности.
3. Выявлены направления влияния техногенного карста на геологическую среду и условия жизнедеятельности человека.
4. Установлено, что в настоящее время требуют особого внимания (наблюдения, работы по предотвращению развития) районы месторождений калийных солей, серы в Предкарпатье, соли Солотвино в Закарпатье, в связи с интенсификацией карстовых процессов, ранее обусловленных техногенезом, под влиянием природных факторов, после прекращения или сокращения горнодобывающих работ.
5. Существующая система наблюдений за развитием техногенного карста требует усовершенствования и технического переоснащения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Влияние техногенеза на интенсивность карстовых процессов на территории Украины/Л.Г. Сергеева. Тез. докладов «Проблемы техногенного карста». Кунгур, Пермск.гос. ун-т, 1988, - С. 19-21.
2. Дублянская Г.Н., Дублянский В.Н. Теоретические основы изучения парагенезиса карст-подтопление – Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1998. – 204 с.
3. Інформаційний бюлетень «Регіональні інженерно-геологічні умови території України». Вып. 1. – К.:Геоінформ, 1997. – С. 29-35.
4. Карст Язовского месторождения и его техногенная активизация/Н.А. Блоцкий// Республ. межведомств. науч. сборник. «Физ. География и геоморфология». Вып. 32. К.: Виша школа, 1985. – С. 84-92.
5. Катастрофические провалы в г. Калуш и методика управления карстоопасными территориями. /Г.И. Рудько. Тез. докл. «Катастрофы и аварии на закарстованных территориях». Пермь, Пермск.гос. ун-т, 1990.- С.14-15.
6. Комарова М.В., Штенгелов Е.С. Карстологическое районирование Юга СССР с целью прогноза изменения инженерно-геологической обстановки//Экспресс-информация, гидрогеол. и инж. геол., вып.5, ВИЭМС. 1977.
7. Котлов Ф.В. Антропогенный карст// Новости карстоведения и спелеологии. Москва, 1963, №3.-С. 80-89.
8. Лущик А.В., Шутов Ю.І. Регіональний прогноз можливого розвитку карсту під впливом техногенної діяльності на території України/Інформаційний бюлетень «Регіональні інженерно-геологічні умови території України», Вып. 1. – К.:Геоінформ, 1997. – С. 65-71.
9. Развитие техногенного карста в районе Николаевского карьера. /Ю.И. Шутов. Тез. докладов «Проблемы изучения техногенного карста». Кунгур, Пермск.гос. ун-т, 1988.- С.23-25.
10. Соляной карст Закарпатья. / Г.И. Рудько, В.М. Чверенко Тез. докладов международного симпозиума «Инженерная геология карста». Пермь, Пермск.гос. ун-т, 1992.- С.47-49.
11. Тимчасові методичні положення щодо геологічного забезпечення по державному і регіональному рівнях урядової інформаційно-аналітичної системи надзвичайних ситуацій (УІАЧС) А.В.Лущик, Н.І.Швирло, Ю.І. Шутов та інші – Симферополь, КВ УкрДГРІ, 2001.- 77 с.
12. Шеко А.И., Круподеров В.С. Оценка опасности и риска экзогенных геологических процессов//Геоэкология. Геокриология, 3, 1994. -С.11-21.

Пашенцев А. И., к.т.н., доцент, докторант; Шахова Н. В., к.ф.-м.н., доцент
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Программное обеспечение оценки экономического ущерба окружающей среды от влияния промышленных предприятий

Предложена компьютерная программа расчета экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха промышленными предприятиями.

Окружающая среда, предприятие, загрязняющие вещества, экономический ущерб.

Переход Украины к рыночной экономике вызвал глубокие производственно-экономические изменения: потеря рынков сбыта продукции, закрытие предприятий, снижение уровня технологичности производства, увеличение количества выбросов загрязняющих веществ, что негативно отразилось как на состоянии окружающей природной среды (ОПС), так и на здоровье населения. Сегодня наблюдается тенденция увеличения выбросов CO_2 ; SO_2 ; NO_2 ; CO в индустриально развитых регионах страны. В среднем в 2007 г. по сравнению с 1991 г. соответственно на 9,23%; 11,02%; 14,02%; 7,21%. Для Крыма характерно увеличение выбросов CO_2 ; SO_2 ; NO_2 , бензапирена, пыли промышленными предприятиями соответственно в 1,89; 1,74; 1,56; 1,71 и 1,54 раз [1, с.11,14,19]. Ухудшение экологической ситуации в Украине негативно отражается на уровне жизни населения. По данным демографической статистики показатели смертности и заболеваемости продолжают ухудшаться. Коэффициент смертности в целом по Украине составляет 14,72 на 1000 чел, а коэффициент рождаемости 8,7 [2, с.40]. За период 2005-2007гг. доля чрезвычайно загрязненных площадей увеличилась на 2,63%, а доля условно чистых сократилась на 1,04% [3, с.79]. Таким образом, на современном этапе развития рыночных отношений в Украине приоритетное значение приобретает сокращение количества выбросов загрязняющих веществ, что имеет эколого-экономическое значение для страны. Оценить воздействие промышленного предприятия на ОПС можно не только с помощью количественных показателей выброса загрязняющих веществ, но и показателей, характеризующих экономический ущерб от результатов хозяйственной деятельности человека. Сопоставление размера экономического ущерба и прибыли предприятия в динамике позволяет сделать вывод о эффективности функционирования предприятия, что подчеркивает актуальность рассматриваемого вопроса.

Степень исследования данной проблемы характеризуется наличием конкретных разработок в области оценки ущерба, наносимого предприятием ОПС. В странах с развитой рыночной экономикой изучению этой проблемы посвящено много публикаций, накоплен значительный практический опыт. Среди зарубежных авторов особого внимания заслуживают работы Бертона З., разработавшего методические аспекты понятийного аппарата экономического ущерба [4, с.34-65], Брауна А., рассмотревшего методические аспекты детализированного расчета ущерба атмосферного воздуха [5, с.23-56], Инглунда Г., предложившего систему показателей экономического ущерба ОПС [6, с. 52-89] и др.

В работах отечественных авторов нашли отражение проблемы, связанные с обоснованием объектов негативного воздействия на ОПС, методологических подходов определения понятия экономического ущерба, методик ущерба, наносимого атмосферному воздуху, водным ресурсам. Этим проблемам посвящены работы Горблюк О. А. [7, с. 34-37], Йосип А. Р. [8, с.24-29].

Однако многовекторность воздействия промышленного предприятия на окружающую природную среду, наличие укрупненных показателей в действующих методиках требуют дальнейшего исследования этой проблемы, что и предопределило цель настоящей работы.

Среди экономистов наиболее распространенным и общепринятым является утверждение, согласно которому под экономическим ущербом ОПС подразумевается изменение полезности окружающей природной среды под воздействием промышленного предприятия. Вопрос о степени изменения возникает только тогда, когда человек воздействует на ОПС в результате хозяйствен-

ной деятельности. Поэтому оценка экономического ущерба должна отражать результат сопоставления состояния природного объекта и предприятия.

Объективная необходимость оценки экономического ущерба (ОЭУ) ОПС обуславливается действием общих экономических законов, их ролью и содержанием в процессе производства независимо от определенной общественной формы, а степень необходимости – уровнем развития материального производства, характером производства. Исследование содержания конкретных оценок показало, что оно изменяется не только от субъекта к субъекту, но и внутри субъекта под воздействием фактора времени. Субъект целесообразно рассматривать как компонент, через который проводится идея оценивания. Поэтому на разных этапах хозяйственной деятельности могут меняться значение и ценность того или иного компонента, входящего в показатель оценки. Кроме того, могут оказывать влияние производственные отношения. В этой связи оценка экономического ущерба зависит от целого ряда условий социального, природного, научно-технического направления. Тогда предметом оценки является взаимодействие объекта – окружающей природной среды и субъекта – предприятия. Основные задания ОЭУ определяются существующими общественными отношениями и конкретизируются в зависимости от реального состояния окружающей природной среды. На наш взгляд обобщающими заданиями ОЭУ являются:

1. Оценка экономического ущерба ОПС необходима для внесения в экологический паспорт промышленного предприятия, что характеризует степень воздействия предприятия и пригодность природной среды для удовлетворения потребностей других субъектов.
2. Применение ОЭУ необходимо с целью сопоставления размеров экономического ущерба, наносимого предприятием атмосферному воздуху, водным и земельным ресурсам. Такой подход позволит провести районирование территории по размеру ущерба, покажет ценность данного региона в пределах Украины.
3. С развитием рыночных отношений заданием ОЭУ является регулирование отношений промышленного предприятия с природным объектом при купле-продаже, приватизации, аренде, кредитовании предприятия.
4. Заданием ОЭУ является определение плановых и фактических показателей, которые соответствуют лимитному и фактическому объему выбросов загрязняющих веществ в ОПС. Необходимость такой оценки особенно остро стоит в связи с изучением проблем эффективности производства (проблем размещения капитальных вложений в основные производственные фонды природоохранного назначения), повседневными проектно-исследовательскими работами.
5. Активное использование природных ресурсов промышленными предприятиями вызывает увеличение количества выбросов загрязняющих веществ, что приводит к необходимости охраны окружающей среды. Поэтому целесообразны разработка и осуществление технически прогрессивных решений по повышению плодородия земель, повышению качества атмосферного воздуха и водных ресурсов. Это требует разработки и обоснования показателей, характеризующих экономическую эффективность использования природных ресурсов и воздействия предприятия на ОПС в результате хозяйственной деятельности.

Оценка убытков ОПС должна учитывать затраты на снижение загрязнений, восстановление ОПС, компенсацию риска для здоровья человека, дополнительный природный ресурс для устранения отрицательных изменений. Такая комплексная стоимостная оценка характеризуется огромными трудностями. Довольно широко известен метод эмпирических зависимостей, который заключается в статистической обработке фактических данных о влиянии разных факторов на исследуемый показатель состояния реципиентов. В результате можно получить приближенные эмпирические зависимости между исследуемыми показателями и рассмотренными отрицательными факторами. Статистически незначимые данные исключаются, а в модели остаются только те, которые являются значимыми. Подстановка в полученные эмпирические зависимости денежных оценок затрат позволяет получить приближенные эмпирические формулы для расчета затрат, как функции от факторов отрицательного влияния. Такой подход оценки убытка требует большого количества информации, собрать которую довольно тяжело. Поэтому целесообразно применять подход, основанный на приведении разных примесей к монозагрязнителю. Расчет годовых раз-

меров экономического убытка от загрязнения атмосферного воздуха можно определить [9, с. 144]:

$$Z_{\text{атм}} = \gamma \cdot \delta \cdot A_i \cdot m_i ; \quad (1)$$

где γ – денежная оценка единицы выбросов, тыс. грн.;

δ – коэффициент, учитывающий региональные особенности территории;

A_i – коэффициент приведения примеси к монозагрязнителю;

m_i – объем выброса i -ого вида загрязнителя.

При получении указанной оценки для региона необходимо найти сумму выбросов по источникам загрязнения. Однако реально доступная информация не точна и не детализирована по источникам. Поэтому для безразмерного коэффициента δ , характеризующего относительную степень опасности загрязнения воздуха над исследуемой территорией, рекомендуется использовать показатели, рассчитанные для конкретных регионов Крыма. Для получения оперативной информации о экономическом ущербе ОПС от воздействия промышленного предприятия разработана авторами статьи программа «Расчет экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха», представляющая собой приложение, работающее под управлением любой версии операционной системы MS Windows, написанная на языке C++ в среде визуального программирования Borland C++ Builder 5.0. Она устанавливается на компьютер с помощью инсталляционной программы, содержащейся в дистрибутиве, объем дистрибутива – 1,95 Мегабайта.

Инсталляция осуществляется стандартным образом, запускается файл SETUP.EXE, а далее поэтапно: указываются название организации, которой принадлежит компьютер, осуществляется выбор папки, в которую будет устанавливаться программа, и откуда будет запускаться. В представляемом дистрибутиве выполнены все необходимые настройки, так что для инсталляции программы можно, ничего не меняя, просто нажимать кнопку “NEXT” на каждой появляющейся форме – в итоге в меню кнопки «ПУСК» появится папка Atmosfera, содержащая одноименный программный файл.

Поскольку программа написана на объектно – ориентированном языке C++, можно говорить не об алгоритме ее работы, а только об алгоритме расчета суммы ущерба. Объектно – ориентированное программирование – это методика, которая концентрирует основное внимание на связях между объектами. В этом языке реализуется не процедурная (алгоритмическая) модель программирования, когда выполнение программы начинается с первой строки и следует стандартным путем с вызовом, по мере необходимости, определенных процедур, а событийно – управляемая модель. В этом случае программа выполняется в зависимости от того, какое наступает событие (в нашей задаче такими событиями являются щелчок мышью по кнопке на форме, выбор значения в раскрывающемся списке и т.д.).

Расчет размера экономического ущерба осуществляется по формуле:

$$U(l) = Q(l) \cdot J(r) \cdot A(l) \cdot m(l); \quad (2)$$

где l - индекс загрязняющего вещества;

r - индекс региона Крыма;

$U(l)$ - сумма ущерба от загрязнения некоторым веществом;

$Q(l)$ - нормативный экологический ущерб;

$J(r)$ - показатель относительной опасности загрязнения по регионам;

$A(l)$ - относительная агрессивность загрязняющего вещества;

$m(l)$ - объем годового выброса загрязнителя атмосферы.

Конкретные значения всех параметров, от которых зависит результат, передаются в расчетную формулу: значения массы считываются после заполнения таблицы на форме 1 (рис. 1), значение J выбирается в группе (Город – Район) при обязательном указании региона, где расположено предприятие. Перед тем, как выполнять расчет, в программе предусмотрена проверка, все ли параметры выбраны, правильно ли заполнена таблица. Если обнаруживаются пропуски, погрешности - появляются диагностические сообщения, и программа не выполняется далее до тех пор, пока ошибки ввода не будут исправлены.

Программа состоит из трех форм, которые изображены на рис. 1,2,3.

Ввод исходных данных для расчета

С помощью программы выполняется расчет ущерба (в грн.) от выброса в атмосферный воздух загрязняющих веществ по формуле:

$$U(i) = Q(i) * J(r) * A(i) * m(i),$$
 где
 I - индекс загрязняющего вещества (в программе предусмотрено 9 веществ),
 Q(i) - нормативный экологический ущерб от выброса загрязнителя
 r - индекс региона Крыма (12 городов и 12 районов)
 J(r) - характеризует относительную опасность загрязнения по регионам
 A(i) - относительная агрессивность вещества
 m(i) - объем годового выброса загрязняющего вещества

1. Выберите регион Крыма

Город
 Район

Красноперекопск

Опасность по регионам

2. Введите объемы годового выброса загрязняющих веществ. Между целой и дробной частью числа ставьте запятую.

Загрязняющее вещество	Объем выброса, т
Оксид углерода	7,2
Тепловые выбросы	5,1
Пыль	9
Углеводород	12
Оксид азота	8,9
Бензапирен	11,6
Оксид серы	5,4
Хлористый водород	7,5
Галогенуглеводород	11

3. Если вы ввели все данные, нажимайте кнопку "Расчет"

Расчет

Рис. 1. Ввод исходных данных для расчета

Результат расчета ущерба от загрязнения атмосферы

Загрязняющее вещество	Ущерб от выбросов	Нормативный ущерб	Относительная агрессивность	Объем выброса, т
Оксид углерода	9,42	1,05	1	7,2
Тепловые выбросы	49,25	1,55	5	5,1
Пыль	3465,13	3,09	100	9
Углеводород	8578,71	4,25	135	12
Оксид азота	409,48	1,75	21,1	8,9
Бензапирен	10081,39	4,65	150	11,6
Оксид серы	5050,34	4,17	180	5,4
Хлористый водород	4964,53	4,25	125	7,5
Галогенуглеводород	9234,42	3,85	175	11
Суммарный ущерб	41842,66			

Предприятие расположено в Городе Красноперекопск
 Суммарный ущерб от загрязнения атмосферного воздуха составляет 41842,66 гривен

Параметры расчета

Новый расчет

Сохранить результат

Рис. 2. Результат расчета ущерба от загрязнения атмосферы

Города Крыма	Значение J	Районы Крыма	Значение J
Алушта	1,01	Бахчисарайский	1,42
Армянск	1,156	Белогорский	1,05
Джанкой	1,012	Джанкойский	1,001
Евпатория	1,013	Кировский	1,07
Керчь	1,427	Ленинский	1,1
Красноперекопск	1,246	Нижегородский	1,12
Саки	1,004	Первомайский	1,006
Симферополь	1,067	Разольненский	1,005
Севастополь	1,523	Сакский	1,08
Судак	1,006	Симферопольский	1,072
Феодосия	1,035	Советский	1,013
Ялта	1,026	Черноморский	1,1

OK

Рис. 3. Показатель относительной опасности загрязнения атмосферы по регионам

После запуска программы из меню «ПУСК» на экране появляется форма 1. Для удобства порядок выполняемых действий на форме пронумерован.

Пример выбора исходных данных для расчета экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха с помощью компонентов, расположенных на форме 1, показан на рис. 1. На форме 2 можно выделить одну логическую часть, на которой представлены результатами расчета (рис. 2).

Результат расчета выводится в виде таблицы со следующими столбцами: название загрязняющего вещества, сумма ущерба – от каждого вещества в отдельности и итоговая (грн.), нормативный экологический ущерб (грн./усл.т), показатель относительной агрессивности загрязняющего вещества (усл.т/т), объем годового выброса загрязняющих веществ, скопированный из таблицы на форме 1 (т).

Компоненты деловой графики Borland C++ Builder позволяют представить результат в виде различных диаграмм, которые для любого пользователя всегда более наглядны, чем результат в виде таблицы с цифрами, это актуальное использование мультимедийных возможностей компьютера.

Форма 3 (рис.3) является справочной, она визуализируется после нажатия кнопки «Опасность по регионам», расположенной на форме 1. На ней расположены 2 таблицы, в которых приводятся значения показателя, характеризующего относительную опасность загрязнения атмосферного воздуха по регионам Крыма.

В программе учитывается возможное загрязнение атмосферы девятью наиболее распространенными веществами и предусматривается возможность размещения предприятия в любом регионе Крыма (формально – 24 значения коэффициента относительной опасности загрязнения атмосферы). Таким образом, представляемая программа позволяет как вычислять, так и моделировать сумму ущерба от загрязнения в зависимости от изменения зарезервированных параметров. При этом, естественно, автоматически изменяется вид диаграммы «Сумма ущерба от выброса в атмосферу загрязняющих веществ». В дальнейшем целесообразно сохранить эти диаграммы в виде файлов, чтобы затем по ним наглядно проследить динамику процесса.

В данной работе не принимался во внимание коэффициент рассеяния загрязняющего вещества, связанный с рельефом местности. Дело в том, что, во – первых, практически все вредные

производства Крыма расположены на равнинной местности, где этот коэффициент равен единице. Во – вторых, даже при наличии неровностей рельефа вокруг предприятия (холмов или ложбин) вычисленный коэффициент увеличивает сумму ущерба не более, чем на 10-15%, но для его расчета необходимы данные геодезических измерений, которые не всегда имеются в полном объеме. Поэтому данная программа рекомендуется для экспресс – расчетов экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха различными веществами, а вычисление с учетом коэффициента рассеяния станет предметом нашего дальнейшего рассмотрения.

ВЫВОДЫ

- 1.Объективная необходимость оценки экономического ущерба ОПС обусловливается действием общих экономических законов, их ролью и содержанием в процессе производства независимо от определенной общественной формы, а степень необходимости – уровнем развития материального производства, характером производства.
2. Разработанная программа позволяет оперативно рассчитать экономический ущерб от загрязнения атмосферного воздуха и наглядно представить результат в виде круговой диаграммы. Программа работает под управлением любой версии операционной системы Windows.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Державний фонд охорони навколишнього природного середовища. Річний звіт за 2007 р. – К.: Інститут законодавчих передбачень і правової експертизи. ? 63 с.
- 2.Мехедова Т. А. Концептуальні аспекти підвищення рівня життя. // Схід. ? 2007. ? №4. ? С. 40-44.
3. Республіканський комітет з екологічних ресурсів АР Крим. Річний звіт за 2007 р. – Сімферополь, 2007. ? 127 с.
4. Бертон З. Экономический ущерб окружающей природной среды // Пер. с англ. Панасенко В. С. ? М.: Инфра – М, 2006. ? 387 с.
5. Браун А. Методические подходы к оценке экономического ущерба окружающей природной среды.// Пер. с немец. Андрусъ А.С. ? М.: Инфра – М, 2003. ? 237 с.
6. Инглунд Г. Охрана окружающей природной среды. // Пер. с англ. Яшко В. С. ? М.: Инфра – М, 2002. ? 127 с.
7. Горблюк О. А. Теоретико-методические основы понятия экономического ущерба // Экология и мир. – 2005. ? № 2. ? С. 34?37.
8. Йосип А. Р. Методичні засади розрахунку економічного збитку навколишнього середовища. // Екологія і мир. – 2004. ? №4. ? С. 24-29.
9. Пашенцев А. І Сучасний стан і методи управління екологічною безпекою Криму. Монографія. – Сімферополь: Доля, 2006. ? 254 с.

Сібгатуліна Г.О. асп.; Резніченко Л.С. асп.; Грузіна Т.Г. к.б.н., с.н.с.

Інститут біологічної хімії ім. Ф.Д. Овчаренка НАН України

Мікробний аналізатор індексу біологічного споживання кисню

У статті розглядаються питання створення та апробації мікробного біосенсорного аналізатору для визначення індексу біологічного споживання кисню, його переваги над іншими методами.

Мікробний аналізатор, індекс біологічного споживання кисню, забруднення, моніторинг, стан.

Значне збільшення рівня забруднення навколишнього середовища, а саме, водного басейну, стимулює розробку нових ефективних методів моніторингу стану водного середовища в системі комплексних заходів, які направлені на забезпечення екологічної безпеки [1-3].

Одним з основних показників рівня загального забруднення води органічними речовинами є біологічне (біохімічне) споживання кисню (БСК). За визначенням БСК - це кількість елементарного кисню в мг, яке необхідне для біохімічного окислення органічних речовин, що містяться у зразку (1 л) під дією мікроорганізмів [4].

Класичні методи визначення БСК, як правило, довготривалий процес (3-5 днів).

Альтернативою є експресні методи з застосуванням біосенсорних аналізаторів на основі клітин бактерій. Мікробні біосенсори для визначення БСК володіють рядом переваг, таких як: простота використання, швидкість аналізу, низька вартість [5,6].

Головною метою даної роботи було створення та апробація мікробного біосенсорного аналізатору для визначення індексу біологічного споживання кисню.

В стічній воді сумарна кількість субстратів, які підлягають окислення, досить широка. Тому необхідною умовою при створенні біосенсорів для визначення БСК є, насамперед, широка субстратна специфічність штамів мікроорганізмів, які передбачається використовувати в якості рецепторного (сенсорного) елемента, їх висока чутливість та деструктивна ефективність по відношенню до органічних забруднювачів.

На першому етапі досліджень були відібрані штами бактерій, які здатні до утилізації основних класів токсичних органічних забруднювачів: ПАР, фенолу та його похідних. Виявлені в результаті скринінгу найбільш активні бактеріальні культури (*Pseudomonas putida* K., *Pseudomonas sp.* B4251, *Pseudomonas fluorescens* B5040, *Pseudomonas fluorescens* B4252, *Pseudomonas fluorescens*) були використані для формування чутливого елемента біосенсору.

Сформований бактеріальний асоціат іммобілізували шляхом включення бактеріальних клітин в 2% агаровий гель, який фрагментували шляхом продавлюванням через сито з розміром пор 0,5мм.

Перетворювачем біосенсорного аналізатору служила амперметрична система кисень-чутливого електроду (тип Кларка, МО 128, "Mettler Toledo", Швейцарія).

Вимірювальним параметром сигналів біосенсора - максимальна величина зміни концентрації кисню в середовищі.

Стабільність сенсору вивчали шляхом вимірювання концентрації кисню у водних розчинах контрольних концентрацій певних органічних речовин (модельних) через фіксовані проміжки часу (3 рази на добу). Стабільність без втрати активності складала 10 діб, а падіння активності на 50% відбувалось на 15-добу.

Відпрацьовані робочі характеристики розробленого мікробного БСК-аналізатору, а також умови визначення і алгоритм розрахунку індексу БСК.

Оптимізація умов біосенсорного аналізу була проведена на реальних зразках комунальних стічних вод на базі Центральної контрольно-дослідної проектно-вишукувальної лабораторії комунального підприємства «Компанія «Вода Донбаса»» (м. Донецьк). Коефіцієнт кореляції даних, отриманих класичним та біосенсорним методами, знаходився в межах 0,95.

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження підтвердили можливість використання створеного біосенсорного БСК – аналізатору в якості елементу комплексної аналітичної системи для визначення рівня забруднення стічних вод.

Перевагами біосенсорної системи є експресність аналізу (10-15 хв.) і можливість використання даного методу в польових умовах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стародуб М.Ф., Стародуб В. М. //Укр. біохім. журн. – 2000. – 72, – № 4– 5. – С.147– 163.
2. Стародуб Н.Ф., Стародуб В. Н. // Химия и технология воды. – 2002. – 24, №5. – С. 447– 471.
3. Таранова Л.А., Фесай А.П., Иващенко Г.В., Решетилов А.Н., Винтер-Нильсен М., Эмнеус Д. // Прикл. биохим. и микробиол. – 2004. – 40, № 2. – С. 204-208.
4. Определение органических загрязнений питьевых, природных и сточных вод / Под ред. Ю.Ю. Лурье. – М.: Химия, 1975. – 200 с.
5. Lio Jing, Vjornsson Lovisa, Mattiasson Bo. //Biosens. and Bioelectron. –2000. – 14, – № 4– 5. – P. 883-893.
6. Семенчук И.Н., Таранова Л.А., Ильясов П.В., Решетилов А.Н. //Химия и технология воды. 1998. 20. № 6. С. 649-655.

Тищенко Г.В., аспирант

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Современный взгляд на карьеры.

Проблемы дигрессии рекреационных зон, проблемы деградационных территорий и возможности рекультивации.

Рекреация, деградированные земли - карьеры, рекультивация.

Человек и его потребность в досуге и отдыхе для восстановления сил затраченных в процессе труда, т.е. рекреация – вопрос который встал особенно остро в конце 20 – начале 21 века, века урбанизации и научно-технического прогресса.

Специалисты различных отраслей знания единодушны в том, что наиболее важен и эффективен в условиях постоянных психических перегрузок и гиподинамии активный отдых на лоне природы.

Наличие богатых рекреационных ресурсов Крыма дает возможность развивать наряду с широко распространенными видами туризма и отдыха нетрадиционные виды [5].

Площадь Крымского полуострова 26,945 км кв.

Территория Крыма уникальна и представляет ценность для рекреации. На данный момент времени мы имеем хаотично разросшуюся рекреационную отрасль. Рекреационная нагрузка на полуостров с каждым годом возрастает. Основные рекреационные комплексы Крыма перегружены [1]. Антропогенная нагрузка негативно сказывается как на окружающую среду, так и на качество предоставляемых услуг. Развитие рекреационной отрасли идет ускоренными темпами, подкрепленные экономическими факторами развиваются новые виды туризма и отдыха. Они представляют в свою очередь определенные требования и условия, которые не могут удовлетворить существующие комплексы и центры. [2] И основные проблемы, с которыми сталкивается рекреационная индустрия, – это нехватка свободных территорий, застройка охранных зон.

Природные рекреационные ресурсы включают три группы:

- первозданные;
- облагороженные;
- искусственно созданные, «восстановленные».

Благодаря двум последним группам (облагороженные и искусственно созданные ресурсы) может происходить значительное расширение рекреационных ресурсов: увеличение площади и пропускной способности пляжей, вовлечение в прогулочные зоны крутых обрывистых склонов (строительство тропинок, видовых площадок), посадки леса на безлесных участках и др. Рекреационные ресурсы таким образом могут очень сильно расширяться за счет искусственной инфраструктуры [4].

В настоящий момент на территории Крыма находятся 254 действующих карьера.

К 2000 г. разведано 264 месторождения 32 видов полезных ископаемых.

Площадь отработанных и заброшенных карьеров на полуострове составляет 1,7 тыс. га. Этот показатель постоянно увеличивается.

Отработанные карьеры - искусственно созданные полости являются сборниками загрязненных ливневых вод и стоков. Рекультивация таких земель является активной формой охраны природы. Она предусматривает комплексную перестройку нарушенных земель, что дает возможность восстановить утерянную ими пригодность для эффективного использования [5].

Рассмотрев географию расположения карьеров на полуострове, мы сможем сделать вывод, что основные разработки ведутся так же в зоне наибольшей рекреационной нагрузки Крыма: ЮБК, Восточное побережье и т.д. - Керченские по добыче железной руды и флюсовых материалов, Балаклавские по добыче мраморовидного известняка, по добыче стройматериалов – Альминский (Глубокий Яр), Инкерманские, Беломорские, Алуштинский (Шархинский), Ялтинские (Краснокаменский, Гаспренский, Сахарная головка и др.), Евпаторийские (Сакский, Кутурский, Черноморский), Судакский (Караджа) и т.д.

Что же получается?

С одной стороны мы имеем бурное развитие рекреационной отрасли и потребность в свободных территориях, с другой, пустующие деградированные земли карьеров, которые превращаются в стихийные свалки, негативно сказываются на окружающей среде и в рекреационных зонах портят окружающий пейзаж.

Эти земли являются тем резервом, который сможет удовлетворить возрастающие рекреационные потребности.

Основные рекреационные ресурсы – природные лечебные факторы, включают в себя: воздух, вода, наличие природных лечебных грязей, минеральных вод, продолжительность светового дня, уровень солнечной радиации, количество теплых дней в году, средняя температура в зимние и летние месяцы, в зимний период, почвы, микроклимат и т.д. [1]

Если рассматривать нарушенные земли карьеров, многие рекреационные ресурсы (такие как долгота светового дня, благоприятная роза ветров, среднегодовые температуры и т.д.) сохраняются. И использование данных территорий в Крыму предпочтительно для рекреационных целей, т.к. основные рекреационные ресурсы сохранены и затраты на рекультивацию уменьшаются.

Огромный спектр возможностей предоставляют карьеры для развития туризма. Этот вопрос заслуживает тщательного рассмотрения. Должны быть разработаны критерии оценки пригодности территорий карьеров для рекреационного использования, рекреационный потенциал, пригодность для пребывания на ней отдыхающих и возможность её инженерного освоения.

ВЫВОДЫ

1. Бурное развитие рекреационной отрасли в целом и сферы отдыха и туризма в частности, безостановочный процесс формирования новых видов отдыха делают острой проблему деградации рекреационных территорий.
2. Возрастают потребности в свободных территориях для рекреационных целей.
3. Необходимы исследования и разработки по рекультивации и использованию заброшенных карьеров в рекреационных целях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санаторно-курортное и восстановительное лечение. Сборник нормативно-правовых и методических материалов. / Сост.: А.Н. Разумов, Л.В. Иванов. – М.: МЦФЭР, 2004.-720 с.
2. Лукьянова Л.Г., Цыбух В.И. Рекреационные комплексы. Учебное пособие / Под общ. ред. В.К. Федорченко. – К.: Виша шк., 2004. – 346 с.
3. Толковые словари. <http://slovar.plib.ru>
4. Терминология рекреационного градостроительства / Сост.: Под общ. ред. В.В. Гусева. – М.: СтИзд., 1987.-156 с.
5. Лиханов Б. Н., Географическое изучение рекреационных ресурсов СССР и путей их использования, в кн.: Географическое изучение природных ресурсов и вопросы их рационального использования, М., 1973 (Итоги науки и техники. География СССР, т. 9);

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

УДК 628.162.1:628.112.2

Борисов Б. М., к. т. н., академик МАНЭБ, Богунова А. В., специалист лаборатории водоснабжения

Крымский научно-исследовательский центр Института гидротехники и мелиорации УААН

Исследование закономерностей влияния факторов и параметров фильтрования на эффективность процесса водоочистки

На основе опытных данных проанализированы факторы и параметры, влияющие на эффективность процесса водоочистки в угольно-гранодиоритных фильтрах. В результате были выявлены и построены зависимости продолжительности санитарно-защитного действия загрузки от параметров фильтрования.

Водоочистка, угольно-гранодиоритный фильтр, потери напора, скорость фильтрования, продолжительность фильтроцикла

Одна из главных проблем действующих станций водоочистки состоит в обеспечении надёжности их работы. Современные фильтровальные сооружения должны соответствовать требованиям эффективности и надёжности функционирования. Устранить факторы риска, сбои в их работе позволит использование более грязеёмких двухслойных фильтров относительно гранодиоритных фильтров. Повысить их надёжность даёт возможность размещение над гранодиоритным песком угольной фильтрующей загрузки с большей крупностью зёрен, равной 1–2,5 (3,0) мм [1, 2, 3].

Угольно-гранодиоритный фильтр – модернизированный, в сравнении с угольно-кварцевым, двухслойный скорый фильтр с нисходящим потоком очищаемой воды. В верхнем угольном слое происходят не только процессы адгезии, но и иногда – процессы каталитической адгезии и сорбции. Рабочей скоростью фильтрования в этих сооружениях является $v_{\phi} = 7 - 8$ м/час, а качественная водоочистка происходит в двух фильтрующих слоях.

В начальный период фильтрования изъятие загрязнений из очищаемой воды происходит в основном в верхних слоях загрузки (рис. 1).

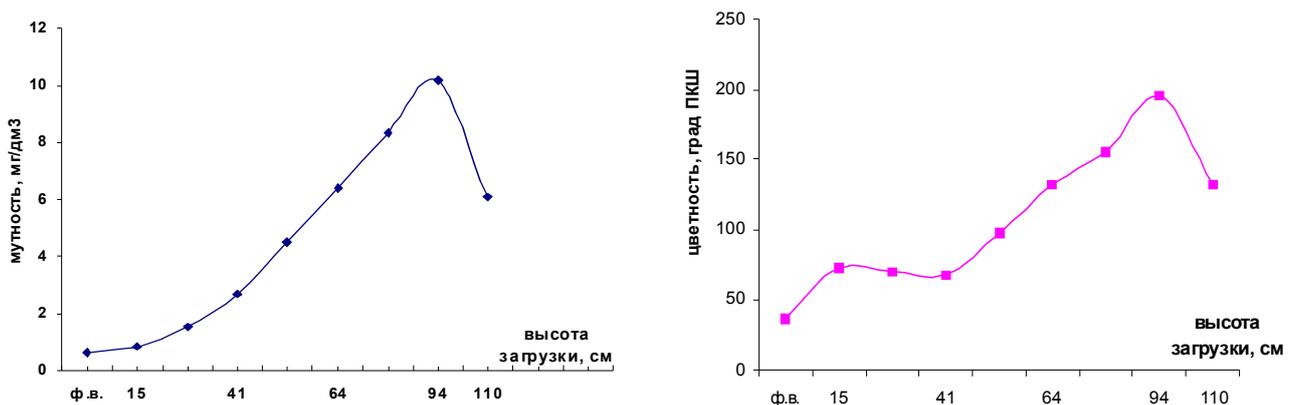


Рис. 1. Варьирование мутности и цветности по высоте угольно-гранодиоритного фильтра

(для 21 часа фильтрования) $(\sum_{i=1}^2 x = 1,1 \text{ м}, v_{\phi} = 8 \text{ м/час}, t_{\text{в}} = 23^{\circ}\text{C}, D_{\text{Cl2}} = 0,35 \text{ мг/дм}^3)$

Опытные данные подтверждают, что ингредиенты мутности и цветности преимущественно задерживаются на поверхности и в глубине гранодиоритного слоя – 55 - 63 %, хотя немаловажна и роль угольного слоя – 37 - 45 %. Очистка воды в каждом слое осуществляется до тех пор, пока интенсивность прилипания частиц превышает интенсивность их отрыва от поверхности гранул и зёрен загрузки. Последняя увеличивается по мере накопления осадка в слое. Роль угольного слоя

уменьшается, и загрязнения из его толщи выносятся в низлежащие гранодиоритные слои. Такое явление объясняется ещё и тем, что со временем образующийся в вышележащем слое осадок из задержанных частиц имеет весьма непрочную структуру. Под влиянием гидродинамических сил, возникающих при движении воды, эта структура разрушается, и некоторая часть ранее прилипших частиц отрывается от зерен загрузки в виде мелких хлопьев и переносится в последующие слои загрузки, где вновь задерживается [4].

В процессе накопления осадка в фильтрующей загрузке одновременно увеличиваются потери напора (h), т. к. растет гидродинамическое сопротивление водному потоку. Причем чем больше скорость фильтрования, тем темпы потери напора выше (рис. 2).

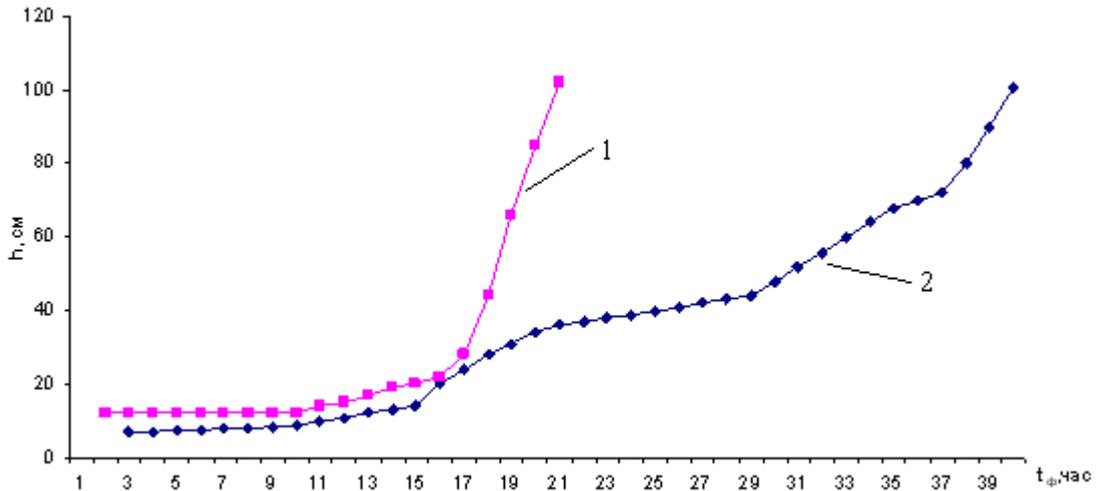


Рис. 2. Динамика потерь напора (h) на протяжении фильтроцикла (t_{ϕ}) при разных скоростях фильтрования (1 – 8 м/час, 2 – 7 м/час) ($\sum_{i=1}^2 x=1,1$ м, $t_{\text{в}}=20-18^{\circ}\text{C}$, $M=20,5$ мг/дм³, $\text{Ц}=398^{\circ}$ ПКШ)

Проанализировав динамику потерь напора, можно отметить, что при $v_{\phi}=7$ м/час t_{ϕ} составляет 41 час, а при $v_{\phi}=8$ м/час t_{ϕ} равна 22 часа. При этом среднечасовой прирост потерь напора равен 2,6 см/час при $v_{\phi}=7$ м/час, а при $v_{\phi}=8$ м/час темп прироста – 4,2 см/час. Таким образом, увеличение скорости фильтрования на одну единицу привело к сокращению продолжительности фильтроцикла на 19 часов.

Если рассматривать динамику потерь напора по слоям, то можно заметить, что наибольшие величины потери напора наблюдаются в угольном слое и на поверхности гранодиоритного слоя (рис. 3). Это связано с тем, что верхний слой гранодиорита (находится на высоте 64 - 94 см) представлен частицами с $d \leq 1$ мм. Мелкие зерна фильтрующего материала располагаются более плотно, поэтому здесь гидродинамическое сопротивление выше, чем в нижележащих слоях с $d = 1 - 1,7$ мм. Аналогичная картина наблюдается и в угольном слое (находится на высоте 95 - 110 см), хотя он и представлен более крупными частицами ($d = 1 - 3$ мм). При этом содержание частиц с $d = 1$ мм составляет 56,3 % от общего количества, а частиц с $d = 2 - 3$ мм – 43,7 %.

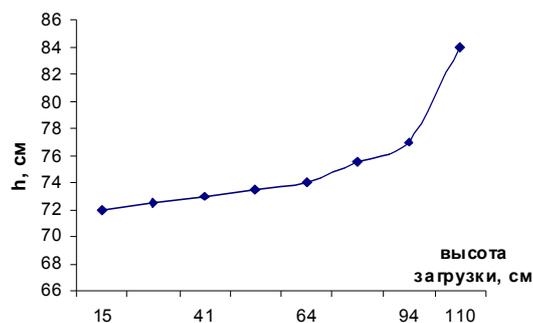


Рис. 3. Динамика потерь напора воды по слоям фильтра (продолжительность фильтрования 3 часа) ($d_{\text{экв}}^{\text{уг}}=1,45$ мм, $d_{\text{экв}}^{\text{гран}}=0,90$ мм; $v_{\phi}=8$ м/час; $t_{\text{в}}=23^{\circ}\text{C}$)

Результаты опытов показывают, что потери напора в угольном слое спустя 3 часа фильтрования 7 см, а в гранодиоритном 5 см. В конце фильтроцикла они могут достигать соответственно 98 см и 3 см (рис. 4).

Проанализировав данные кривой на рисунке 4, можно отметить, что в гранодиоритном слое колебание значений потерь напора небольшое, в то время как в угольном слое потери напора к концу фильтроцикла резко возросли. Это связано с кольматацией взвесью и продуктами гидролиза коагулянта поверхности гранул и межзернового пространства, в первую очередь, угольного слоя.

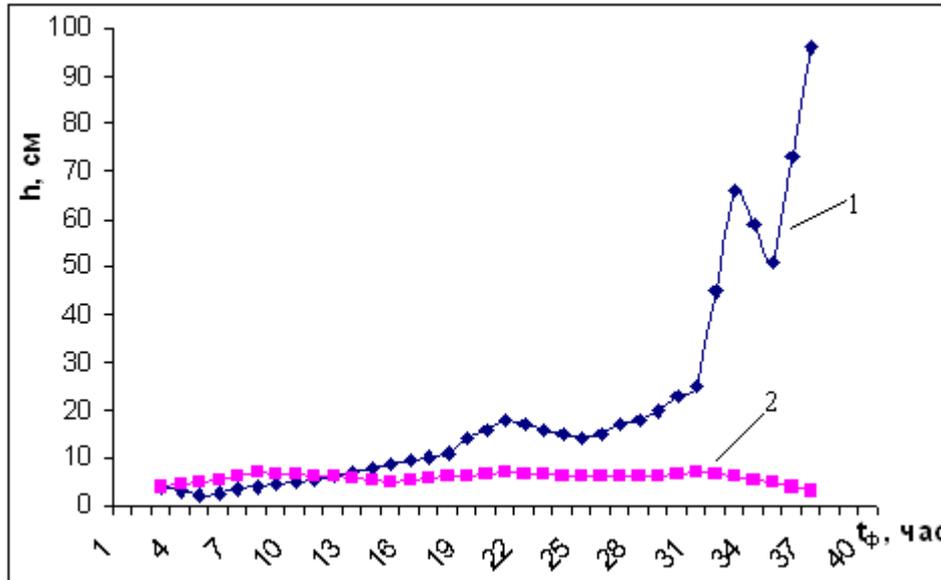


Рис. 4. Динамика потерь напора (h) в угольном (1) и гранодиоритном (2) слоях на протяжении фильтроцикла ($t_{\phi} = 37,5$ часа, $v_{\phi} = 8$ м/час, $t_{в} = 23^{\circ}\text{C}$)

Результаты исследований влияния скорости фильтрования на продолжительность фильтроцикла иллюстрированы построенной графической зависимостью (рис. 5). Анализ графика свидетельствует об увеличении продолжительности санитарно-защитного действия угольно-гранодиоритного фильтра одновременно с уменьшением скорости водного потока. Причина этого является интенсификация слипания молекул загрязнений с поверхностью зерен фильтрующего материала.

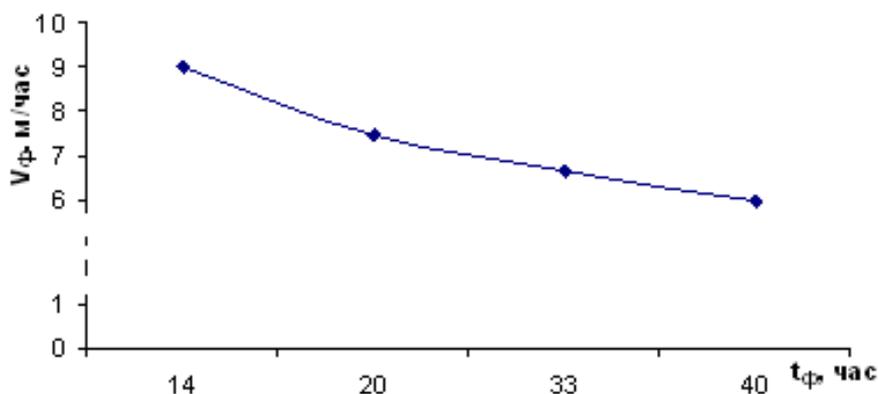


Рис. 5. Зависимость $t_{\phi} = f(V_{\phi})$

Исследовано, что температура воды ($t_{в}$) также влияет на t_{ϕ} (рис. 6), поскольку в зависимости от нее меняется вязкость воды. С возрастанием температуры воды вязкость уменьшается. С повышением же концентрации растворенных в воде солей вязкость увеличивается. В процессе фильтрования вязкость влияет на скорость осаждения взвешенных частиц. Таким образом, при повышении температуры воды загрязняющие частицы оседают в толще загрузки быстрее.

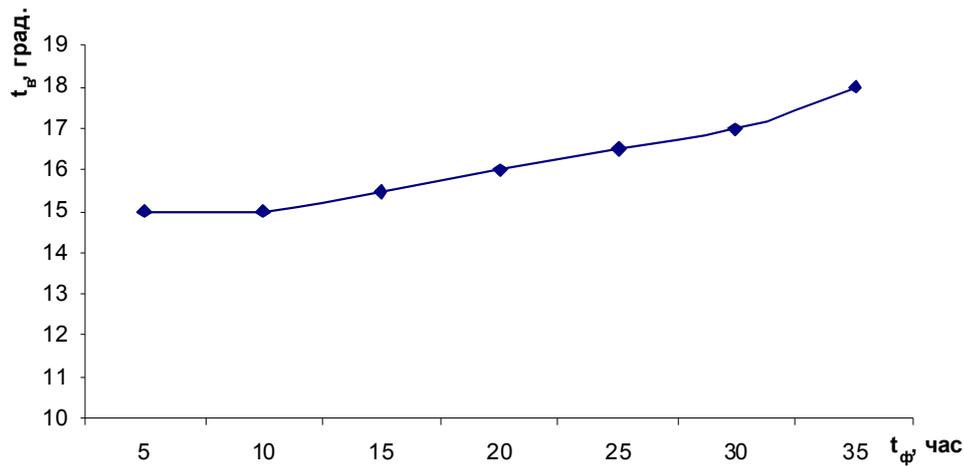


Рис. 6. Зависимость влияния температурного режима на продолжительность процесса качественной очистки воды, $t_{\phi} = f(t_b, ^\circ\text{C})$, ($v_{\phi} = 7 - 8$ м/час, $\sum_{i=1}^2 x = 1,1$ м)

Анализ экспериментальных данных дает возможность установить влияние качества воды на продолжительность фильтроцикла. Построенные зависимости приведены на рис. 7.

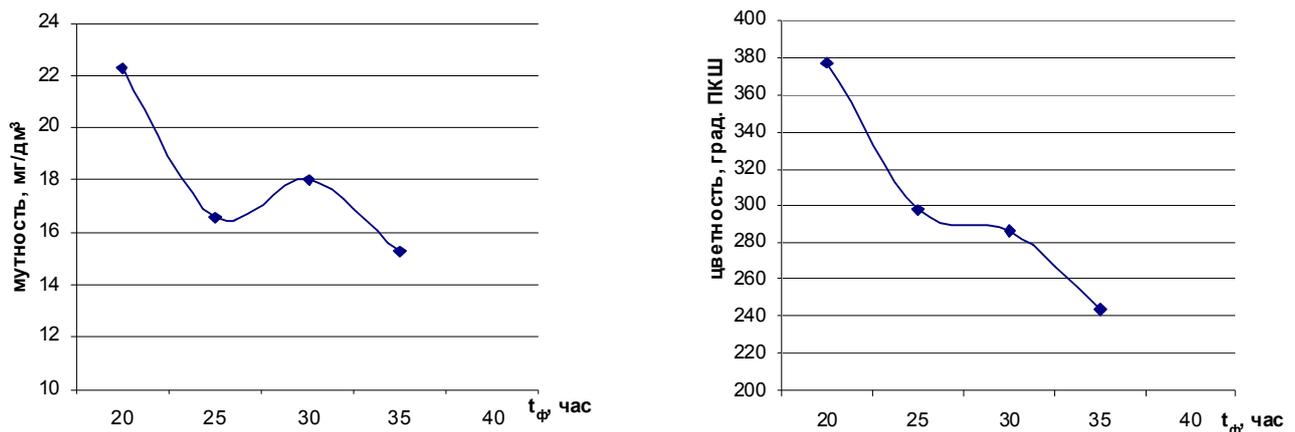


Рис.7. Зависимость t_{ϕ} от качества исходной воды ($v_{\phi} = 8$ м/час)

При очистке вод с высокой мутностью и цветностью продолжительность фильтроцикла небольшая [5]. В результате исследований установлено, что при очистке вод с мутностью (M) более 20 мг/дм³ и цветностью (Π) более 350° ПКШ при $v_{\phi} = 8$ м/час $t_{\phi} = 20 - 22$ часов; при $M = 15 - 18$ мг/дм³ и $\Pi = 240 - 280^\circ$ ПКШ t_{ϕ} значительно увеличивается и равняется $30 - 35$ часов. Анализ данных свидетельствует о высокой эффективности обесцвечивания ($78 - 89\%$) и осветления ($90 - 95\%$) воды в угольно-гранодиоритном фильтре на протяжении всего фильтроцикла.

ВЫВОДЫ:

1. Загрязняющие ингредиенты задерживаются на поверхности и в межзерновом пространстве гранодиоритного и угольного слоев;
2. Увеличение скорости фильтрования приводит к росту потерь напора и уменьшению продолжительности санитарно-защитного действия загрузки. Так, при $v_{\phi} = 8 - 9$ м/час потери напора в загрузке возрастают до максимально возможного для данной конструкции фильтра значения, продолжительность фильтроцикла составляет $20 - 14$ часов. При водоочистке со $v_{\phi} = 6 - 7$ м/час потери напора растут медленнее и $t_{\phi} = 40 - 33$ часов;

3. Наибольшие потери напора наблюдаются в верхнем антрацитном фильтрующем слое;
4. Резкое возрастание потерь напора в конце фильтроцикла в угольном слое в отличие от гранодиоритного. Разница потерь напора может достигать 90- 95 см;
5. Уменьшение продолжительности качественной водоочистки с понижением температуры воды. При $t_{\text{в}} = 15 - 16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ продолжительность санитарно-защитного действия фильтра составляет не более 20 часов, повышение $t_{\text{в}}$ приводит к увеличению $t_{\text{з}}$ до 30 – 35 часов;
6. Очистка высокомутных и высокоцветных вод сокращает продолжительность фильтроцикла. При очистке вод с мутностью более 20 мг/дм³ и цветностью более 350° ПКШ $t_{\text{ф}} = 20 - 22$ часов; при $M = 15 - 18$ мг/дм³ и $C = 240 - 280^{\circ}$ ПКШ $t_{\text{ф}} = 30 - 35$ часов.
7. Высокая эффективность обесцвечивания (78 – 89 %) и осветления (90-95%) воды угольно-гранодиоритным фильтром на протяжении всего фильтроцикла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов Б.М. Сучасні проблеми водоочищення, інтенсифікація процесу освітлення, знебарвлення і дезодорування води на діючих очисних спорудах // Водне господарство України. – 2007. - № 1. – С. 41 – 45.
2. Борисов Б.М. Повышение уровня безопасности питьевой воды в производственных угольно-гранодиоритных фильтрах // Сб. Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь, НАПКС, 2007. - Вып. 22. - С. 91 – 96.
3. Борисов Б.М., Замлынный В.С. Условия и факторы обеспечения надежности процесса очистки воды в двухслойных угольно-гранодиоритных фильтрах // III Міжнародна науково-практична конференція «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення»: Збірник наукових статей. Т. 1 / УкрНДІЕП. - Х: Райдер, 2007. – С.33–37.
4. Мельцер В.З. Фильтровальные сооружения в коммунальном водоснабжении. -М.: Стройиздат, 1995. – 176 с.
5. Борисов Б.М. Безопасность водных ресурсов. Улучшение качества и безопасности воды в новых фильтровальных сооружениях. Симферополь: ДИАЙПИ, 2008. – С. 97 – 117.

Зайцев О.Н., д.т.н., профессор; Любомирский Н.В., к.т.н., доцент; Маркин А.В., доцент; Анисимов С.Н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Расширение эффективного диапазона работы теплогенерирующих установок малой мощности

Выполнены экспериментальные исследования по сжиганию газа в топках котлов малой мощности. Предложен новый способ сжигания газа в топках котла, позволяющий увеличить диапазон эффективной работы котлов малой мощности на 20% и повысить, таким образом, коэффициент полезного действия регулируемых систем отопления.

Теплогенерирующие установки, сжигание газа, закрученные потоки.

Массовый переход от централизованных систем теплоснабжения к местным (децентрализованным) системам за последние 15 лет вызван с одной стороны насыщением рынка различным теплогенерирующим оборудованием, а с другой – снижением качества теплоснабжения от централизованных систем. То есть массовое применение децентрализованных систем вызвано желанием потребителей обеспечить себя тепловой энергией, а не стремлением к энергосбережению.

Необходимо также отметить, что отличительной особенностью современных систем отопления является наличие регулирующего оборудования. Поскольку до 1995 года в Украине использовали системы отопления с постоянными гидравлическими характеристиками, регулирование количества тепла подаваемого системой отопления выполнялось изменением температуры теплоносителя. При этом работа районных котельных и ТЭЦ также осуществлялась по температурному графику в зависимости от наружной температуры. Но в связи с изменением №2 к СНиП 2.04.05-91 все нагревательные приборы должны быть оборудованы терморегуляторами. Кроме энергосберегающего эффекта это требование вызвало конфликт между системами отопления, которые перешли в разряд гидравлических изменяемых систем (то есть с количественным регулированием) и тепловыми сетями, с постоянным гидравлическим режимом. Данное обстоятельство также способствовало переходу к местным системам теплоснабжения.

Создание работоспособных систем отопления, устойчиво распределяющих теплоту по всем помещениям, ещё не означает достижения основной цели отопления - обеспечения благоприятного самочувствия и высокой жизнедеятельности людей в холодное период года путём поддержания комфортных температурных условий в помещениях. Для достижения этой цели в конкретном здании требуется увеличивать или уменьшать теплоотдачу в помещения в связи с отклонением от тех изменений погоды и теплопоступлений, которые были учтены при проектировании системы отопления. На систему отопления возлагается дополнительная эксплуатационная задача - устранять дисбаланс теплоты, возникающий из-за случайных внешних и внутренних воздействий на тепловой режим помещений, с тем, чтобы изменения температуры воздуха в помещениях не превышало ± 2 °С.

Эта задача может быть решена путем увеличения эффективного диапазона работы теплогенерирующих установок малой мощности.

Рассматривая применяемые в настоящее время теплогенерирующие установки необходимо отметить, что основные производители предлагают котлы, работающие преимущественно на газообразном топливе, а для экономии и рационального использования последнего предлагается ряд стандартных мероприятий – модульные котлы, многорежимная работа горелок, конденсатные котлы,

Однако, применяющееся в настоящее время теплогенерирующее оборудование установлено из расчета максимальных тепловых нагрузок, что в условиях изменения наружной температуры предполагает его работу в режимах, отличных от номинальных, приводящих соот-

ветственно, к перерасходу топлива. При установке теплогенерирующих установок большой мощности эти колебания режимов работы сглаживаются за счет преобладающей доли потребления тепла на технологические нужды, что выдвигает на первый план проблему расширения режимов работы теплоэнергетического оборудования малой мощности, применяемого, в основном, для систем децентрализованного теплоснабжения. Также следует учесть то обстоятельство, что определение КПД зарубежных котлов выполнено в соответствии с нормами стран-производителей (как правило, при температурном перепаде 75-60 °С). Учет же снижения тепловой нагрузки и уменьшение КПД котла в связи с уменьшением эффективности использования тепловоспринимающей поверхности не указаны. Таким образом, главенствующую роль в определении эффективности работы котла имеет организация сжигания газов и, соответственно аэродинамика топки.

Целью данной работы является разработка и исследование способа сжигания газового топлива в котлах малой мощности.

Для повышения эффективности работы котлов малой мощности в период снижения отопительной нагрузки, предложено управлять положением максимума температур в топочном пространстве путем использования аэродинамики взаимодействующих встречных закрученных потоков, смещенных в горизонтальной плоскости относительно друг друга пропорционально расстоянию между горелками.

Для получения поля результирующей скорости при предложенном взаимодействии был выполнен ряд экспериментальных исследований.

Анализ полученных распределений составляющих скорости, образующегося при взаимодействии встречных, смещенных в горизонтальной плоскости закрученных струй показал, что смещение осей струй увеличивает область взаимодействия радиальной составляющей скорости, а расположение максимумов и минимумов в различных сечениях выявило наличие перемежающихся областей взаимодействия и вытеснения струй друг другом, при этом наблюдается зеркальное отображение результирующего поля радиальной составляющей скорости при увеличении смещения осей (полю скорости при смещении 0,25 м соответствует поле со смещением в 0,2 м, а смещению 0,3 м — 0,15 м). То есть при малых смещениях взаимодействие происходит между внешней границей одной струи и внутренней границей области обратных токов другого потока, а при увеличении расстояния во взаимодействие вступают внешние слои обеих закрученных струй. Распределение тангенциальной составляющей скорости показало, что сложение скоростей струй начинается со смещения в 1 диаметр, при этом полученное распределение качественно совпадает с распределением при взаимодействии встречных, одноименно закрученных потоков, что возможно при взаимодействии внутренних к зоне обратных токов слоев одной струи с внешними слоями другой. Распределение аксиальной составляющей скорости в области взаимодействия струй показало наличие изменения направления аксиальной скорости, причем максимум (минимум) кривой приходится на равноудаленную от патрубков зону, а само поле аксиальной составляющей скорости имеет четкое разграничение между внутренними слоями (внешние слои струй) и внешними слоями результирующего течения.

Сравнение исследуемого вида взаимодействия с другими типами (под углом, встречные, параллельные закрученные потоки) позволило сделать вывод, что в данном виде взаимодействия область, где происходит сложение скоростей закрученных струй, значительно превышает аналогичные области при любых других видах взаимодействия.

Предлагаемый способ интенсификации передачи тепла в камерах сгорания, заключающийся во взаимодействии двух встречных закрученных потоков, смещение которых относительно друг друга формирует требуемое результирующее поле скоростей в зависимости от конфигурации пространства топочной камеры [1,2]. Сравнение экспериментальных данных результирующих скоростей при взаимодействии встречных смещенных закрученных потоков, показало, что предложенный способ позволяет до 20% увеличить диапазон варьирования тепловой нагрузки оборудования.

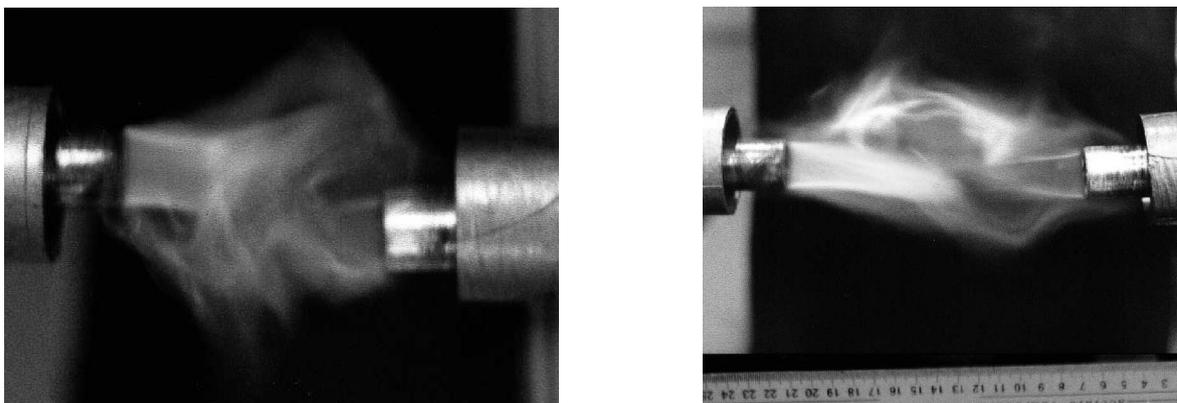


Рис.1. Процесс сжигания газа во встречных смещенных закрученных потоках.

Способ реализован на теплогенерирующей установке мощностью 22 кВт. В качестве базы была использована горелка Бунзена, на которую коаксиально устанавливали патрубок с тангенциальным подводом воздуха, расход последнего варьировали шибером, установленным на выходе из вентилятора таким образом, чтобы не превышать коэффициент избытка воздуха более 1,1. В результате проведения опытов выявлено, что длина результирующего пламени гораздо меньше в закрученных потоках, чем при сжигании газа в прямооточных струях при одинаковых остальных условиях, а ширина значительно больше, при этом отсутствуют зоны неполного сгорания, наблюдаемые в прямооточных струях, хотя при сжигании в закрученной струе необходим предварительный подогрев горелки для избежания срыва пламени в начальный период работы. Формирование пламени при сжигании встречных, смещенных в горизонтальной плоскости закрученных потоков газа показало, что разрыва пламени не наблюдается даже при смещении горелок на 3 диаметра, а вращение его в горизонтальной и вертикальной плоскостях подтверждает выводы, сделанные в аэродинамических исследованиях изотермических потоков[2].

ВЫВОДЫ:

1. Выполнены экспериментальные исследования по сжиганию газа в топках котлов малой мощности в результате которых выявлено, что наиболее рациональным для увеличения диапазона эффективной работы является сжигание газа во встречных, смещенных в горизонтальной плоскости закрученных потоках.
2. Предложен новый способ сжигания газа в топках котла, позволяющий увеличить диапазон эффективной работы котлов малой мощности на 20 % и повысить, таким образом, коэффициент полезного действия регулируемых систем отопления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

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

Кибовский С.А., к.т.н.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Вопросы применения теплонасосных установок на объектах санаторно-курортного и туристского комплекса Автономной Республики Крым

В статье рассмотрены существующие проблемы объектов санаторно-курортного и туристского комплекса Автономной Республики Крым и предложены пути их решения за счёт кардинального повышения эффективности использования потребляемых природных топливно-энергетических ресурсов, использования возобновляемых экологически чистых источников энергии и реализации энергосберегающих мероприятий, в первую очередь путём применения теплонасосных установок в системах децентрализованного теплоснабжения зданий.

Санаторно-курортный и туристский комплекс Автономной Республики Крым, тепловой насос, теплонасосная установка, система теплохолодоснабжения здания, низкопотенциальный источник энергии, энергетическая эффективность работы тепловых насосов.

Санаторно-курортный и туристский комплекс со всей сложившейся инфраструктурой обслуживания рекреантов и туристов был и остаётся одним из ведущих видов экономической деятельности в общественном производстве Автономной Республики Крым. Проведенная оценка его рекреационного потенциала [1] позволяет утверждать, что значительное разнообразие целебных природных ресурсов в Крыму и его географическое положение в целом создают благоприятные условия для его дальнейшего развития. Обслуживание в недалёком прошлом восьми млн. отдыхающих давало возможность стабильно развивать курортные зоны, обеспечивать занятость населения Крыма и гарантировать стабильные финансовые поступления в бюджет.

Анализ хозяйственно-экономической деятельности в этой отрасли за последний период показывает, что большая часть действующих санаторно-курортных и туристических учреждений в настоящее время носит сезонный характер работы, имеет недостаточный уровень комфортности. Инфляционные процессы, резкое повышение цен на энергоносители, нерациональное их использование на местах потребления стали основными причинами неудовлетворительного использования этого потенциала и отсутствию достаточных финансовых средств на приобретение необходимого количества котельно-печного топлива для стабильной круглогодичной работы систем теплоснабжения от существующих отопительных котельных [2].

В то же время, по данным Территориального управления в Автономной Республике Крым Государственной инспекции по энергосбережению, расходование потребляемых топливно-энергетических ресурсов (природного газа, жидкого котельно-печного топлива, электроэнергии) на многих объектах санаторно-курортного и туристского комплекса Автономной Республики Крым (АРК) происходит в настоящее время неэффективно, с большими потерями. Значительная часть топливно-энергетических ресурсов расходуется на теплоснабжение зданий, которые уже не отвечают существующим нормативным теплофизическим требованиям, а физический износ тепло-технического оборудования котельных установок и систем теплохолодоснабжения требует капитального ремонта и замены на энергетически более эффективные установки.

Решение этих проблем возможно за счёт энергосберегающих мероприятий, предусмотренных Комплексной программой энергосбережения в Автономной Республике Крым до 2010 года. Эта программа была разработана учёными и специалистами Крымской академии наук в 1998 году и одобрена постановлением Совета министров АРК № 122 от 04.05.98г. Она предусматривает следующие основные направления по экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на предприятиях, в организациях и учреждениях Крыма [4]:

- разработка и внедрение инновационных и инвестиционных проектов с применением новых энергосберегающих технологий и оборудования;
- разработка и широкое внедрение установок по использованию альтернативных экологически чистых источников энергии;
- установка приборов учета и контроля за расходом топлива, электрической и тепловой энерги-

ей на всех топливопотребляющих установках и тепловых вводах потребителей.

Наибольшее распространение на объектах санаторно-курортного и туристского комплекса АРК в настоящее время получают новые энергоэффективные технологии и энергосберегающие установки по использованию нетрадиционных и возобновляемых экологически чистых источников энергии (ВИЭ) для выработки тепловой энергии на нужды отопления и горячего водоснабжения зданий пансионатов и здравниц.

По оценке многих учёных и специалистов [3], наиболее признанной сегодня в мире энергоэффективной технологией по использованию НИЭ для целей теплоснабжения зданий является теплонасосная технология. В настоящее время в развитых европейских странах, с аналогичными Крыму климатическими условиями, всё более широкое распространение получают именно энергосберегающие установки с применением тепловых насосов (ТН). Их экономические, энергетические, экологические достоинства применения в системах отопления, горячего водоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха жилых и общественных зданий уже доказаны опытом эксплуатации десятков миллионов теплонасосных установок (ТНУ) в местах с различными климатическими условиями. По прогнозам Международного Энергетического Комитета [3] к 2020 году 75% отопительных установок в системах теплоснабжения развитых зарубежных стран мира будут работать, используя эту технологию.

В то же время в Украине теплонасосные технологические установки не нашли ещё достаточного применения по ряду причин как экономического, так и технического характера. В настоящее время работают только единичные установки этого типа, разработанные отечественными специалистами, которые показали достаточно высокую энергетическую и экономическую эффективность их эксплуатации. Так срок окупаемости теплонасосной системы для отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования помещений типового пригородного вокзала (станция Залютино, г. Харьков), разработанной специалистами НПП «Инсолар» г. Харьков и введённой в эксплуатацию в 2006 году за счёт стоимости сэкономленных энергоресурсов при расчёте эффекта энергосбережения, должен составить около 4 лет. При этом, эксплуатационные затраты за отопительный период при работе установки оказались в пять раз ниже, чем до модернизации системы теплоснабжения [3].

Положительный опыт эксплуатации в течение 10 лет первой в Крыму промышленной теплонасосной станции на морской воде, разработанной специалистами Крымского отдела тепловых насосов Всесоюзного научно-исследовательского и проектно-конструкторского института энергетической промышленности ВНИПИЭнергопром (г. Москва) для теплохладоснабжения пансионата «Дружба» г. Ялта и введённой в эксплуатацию в 1990 году, также доказал высокую эффективность работы таких установок на объектах санаторно-курортного и туристского комплекса Автономной Республики Крым [7].

Однако, для принятия окончательных положительных решений по их строительству для конкретного объекта необходимо всегда учитывать ряд специфических факторов, в частности, функциональное назначение объекта и характер его деятельности, стабильность низкопотенциального источника теплоты в течение расчётного периода года, возможность применения низкотемпературной системы отопления и др.

По характеру своей деятельности и, соответственно, режиму работы систем теплоснабжения все учреждения санаторно-курортного и туристического комплекса Крыма можно разделить на три основных типа.

К первому типу можно отнести дома и базы отдыха, пансионаты и некоторые здравницы, турбазы, расположенные на Южном берегу Крыма, которые функционируют только в летний период (с мая по октябрь) года. В тоже время, в зимний период года для этих зданий и сооружений требуется устройство дежурного отопления, для поддержания в помещениях минимально необходимой температуры (плюс 8...10° С). Для такого типа учреждений все проблемы теплохладоснабжения решаются наиболее просто и экономично за счет применения теплонасосных установок (ТНУ), с тепловыми насосами класса «воздух-вода» или «вода-вода» и автоматическим отключением их в часы максимальных нагрузок энергосистемы. В зимний период данная установка

за счет использования теплоты из атмосферного воздуха, подземного грунта или другого нетрадиционного источника может обеспечить нагрев теплоносителя в системе отопления до 50...55 °С, что позволяет поддерживать температуру во всех помещениях до 10 °С (без замены существующих нагревательных приборов) для сохранения ограждающих конструкций существующих зданий. В летний период года такая установка может нагревать воду для нужд горячего водоснабжения и одновременно охлаждать воздух внутри помещений. Работа отопительной котельной в этом случае не требуется.

Ко второму типу можно отнести учреждения санаторно-курортной и туристической сферы, которые используются только в летний период и выполнены в легких строительных конструкциях: это летние пионерские лагеря, базы отдыха, кемпинги и т.п. Для таких объектов наиболее просто экономически целесообразным решением является использование солнечной энергии и строительство гелиоустановок и устройство локальных теплонасосных установок типа «воздух-вода» для получения горячей воды. Использование дополнительного тепла от котельной в этом случае также не требуется.

К третьему типу здравниц следует отнести учреждения санаторно-курортного и туристического комплекса повышенной комфортности, как правило, имеющие в своем составе плавательные бассейны с существующим водозабором морской воды. В данном случае возможно применение ТНУ по использованию низкопотенциальной теплоты морской воды, при сбросе ее из плавательных бассейнов, а также использование тепла морской воды от существующих водозаборов, для получения горячей воды и использования ее в системах теплоснабжения существующих зданий. Работа отопительной котельной в этом случае минимальна, только в качестве дублера.

Для данного типа пансионатов и здравниц одним из основных и важных условий энергетической эффективности работы теплонасосных установок является возможность стабильного использования теплоты от низкопотенциального источника энергии в течение всего календарного года.

В условиях крымского региона вся окружающая природная среда теоретически может рассматриваться как неисчерпаемый источник низкопотенциальной энергии для работы тепловых насосов. Наиболее мощными источниками низкопотенциального тепла в Крыму, обеспечивающими в течение всего календарного года энергетически эффективную работу теплонасосных установок являются :

А) Возобновляемые природные источники энергии, в частности:

- грунтовая вода, сохраняющая в течение всего года постоянную температуру на уровне - плюс 8...10 °С;
- теплота подземного грунта на глубине от 2-х до 50 метров с температурой – плюс 10...14 °С;
- теплота подземных геотермальных вод с температурой – плюс 50...80 °С;
- морская вода с температурой в зимний период – плюс 8...10 °С и в летний – плюс 15...25 °С;
- солнечная энергия при возможности её суточного и сезонного аккумулялирования;
- наружный воздух с температурой в зимний период – от минус 5 °С до плюс 15 °С и в летний – плюс 15...30 °С;;

Б) Низкотемпературные сбросные энергетические ресурсы, в частности:

- сбросные низкотемпературные стоки от инженерных сооружений, в том числе плавательных бассейнов;
- воздушные выбросы от систем вытяжной вентиляции.

По оценке зарубежных и отечественных экспертов [2], наибольшим энергетическим потенциалом из этих источников в крымском регионе обладают геотермальная энергия и солнечная энергия. При этом, геотермальная энергия, как источник теплоты, наиболее стабилен и обладает постоянным температурным напором в течение всего календарного года. Температурный режим и химические характеристики геотермальных вод позволяют их практически круглогодично использовать в системах теплоснабжения объектов сельского хозяйства, жилищно-коммунального сектора, санаторно-курортного и туристического комплекса АРК, в том числе, и с помощью применения тепловых насосов.

Согласно данных [2] Государственного комитета Украины по геологии и использованию недр, основанных на результатах геолого-разведочных работ выполненных на территории Крыма в течение 1970 - 1979 г.г., установленные потенциальные ресурсы подземных геотермальных вод с температурой от 50 до 80 °С, расположенных на глубине от 500 до 1500 метров, составляют до 27 млн. куб. м. в сутки.

По оценке специалистов Института технической теплофизики Национальной академии наук [2] потенциал этих источников достаточен для работы энергетических установок мощностью до 35...40 МВт, которые могут произвести до 150 млрд. кВт.ч тепловой энергии в год. При этом, технические возможности этих установок на современном этапе позволяют достичь в течение 10...15 лет до 15% использования данного потенциала, что может позволить получить до 15..17 млрд. кВт.ч дополнительной тепловой энергии для целей теплоснабжения в северных и северо-западных районах Крыма и способствовать строительству там объектов санаторно-курортного и туристического назначения. Однако реализация этих возможностей в настоящее время затруднена, так как требует значительных финансовых затрат и внесения дополнений и изменений в государственные законодательные и нормативно-правовые акты Украины по недрам и земельным вопросам.

Следующим по значимости и возможным объёмам использования в Крыму экологически чистым возобновляемым источником энергии является солнечная радиация. В то же время известно, что поступление солнечной энергии на поверхность Земли нестабильно по времени, как в течение суток, так и в течение года. Кроме того, графики суточного и годового поступления солнечной энергии не совпадают с графиками суточного и годового потребления тепловой энергии. Так максимальное поступление солнечной радиации приходится на летний период года, когда отсутствует нагрузка отопления зданий, а минимальное поступление приходится на зимний период, когда тепловая нагрузка потребителей максимальна, что требует принятия дополнительных технических решений и финансовых затрат по её суточному и сезонному аккумулированию. Применение тепловых насосов в системах солнечного теплоснабжения с аккумулированием наиболее перспективно, так как позволяет значительно повысить их энергетическую эффективность и стабильность работы в течение всего года, что особенно важно для объектов санаторно-курортного и туристического комплекса АРК.

Для систем теплоснабжения пансионатов и здравниц, использующих теплонасосные установки, и расположенные на морском побережье или вблизи других незамерзающих водоёмов, в качестве стабильного источника низко-потенциального тепла может быть использована также морская вода или пресная вода из этих водоёмов. Такие технические решения могут быть особенно эффективны при наличии на этих объектах существующих водозаборов и плавательных бассейнов.

Важным фактором энергетической эффективности работы тепловых насосов является также наличие постоянной тепловой нагрузки потребителя и необходимость одновременной комбинированной выработки тепла и холода в летний период года. Тепловой насос, как и холодильная машина, может создавать одновременно двойной эффект – охлаждение одной среды и нагревание другой, поэтому возникает возможность использования теплона-сосной установки для отопления зданий в зимний период и охлаждения помещений зданий - в летний, что особенно важно для создания комфорта в спальнях корпусах пансионатов и здравниц Крыма.

Как известно, основным критерием энергетической эффективности работы теплоносных установок является среднегодовой коэффициент преобразования, то есть отношение полезной тепловой энергии, получаемой на выходе из теплового насоса, к первичной энергии, затраченной на привод компрессора теплового насоса для сжатия промежуточного хладагента. По оценке специалистов [5] для использования теплонасосных установок в современных системах децентрализованного теплоснабжения зданий их коэффициент преобразования должен быть выше значения 3,4 [6].

Анализ данных, полученных в результате экспериментальных научных исследований, проведенных на промышленной технологической теплона-сосной установке пансионата «Дружба» в

ходе её эксплуатации, показал, что фактические значения годового коэффициента преобразования ТНУ изменялись незначительно, а именно, в пределах от 3,2 до 3,13 - в период работы тепловых насосов в режиме выработки тепла и от 4,25 до 3,9 - в период совместной выработки тепла и холода, что практически соответствовало расчётным значениями и оказалось выше значения коэффициента преобразования современного энергоэффективного теплогенератора (отопительного котла) с КПД 92...95 % равного 2,7...2,8 [7].

Зная расчётную величину коэффициента преобразования теплонасосной установки или теплонасосной станции, можно всегда определить ожидаемую экономию первичного топлива от применения системы теплонасосного теплоснабжения по сравнению с традиционной системой теплоснабжения от топливной котельной. Там, где используются энергоэффективные традиционные теплогенераторы, например, современные газовые котлы, выгода от применения теплового насоса, выражаемая в экономии первичного топлива, будет невелика и его применение должно быть всегда подтверждено технико-экономическим расчётом. Напротив, при замене тепловыми насосами прямого электрообогрева здания можно всегда ожидать существенной экономии первичного топлива.

Основываясь на технико-экономических оценках, выполненных с учётом уже имеющегося опыта внедрения в Украине тепловых насосов, можно утверждать, что они прежде всего найдут применение в районах и населённых пунктах, где отсутствует природный газ и присутствует какой-либо стабильный источник низкопотенциального тепла.

ВЫВОДЫ

1. При строительстве систем теплонасосного теплоснабжения и применении тепловых насосов на объектах санаторно-курортного и туристского комплекса Автономной Республики Крым необходимо всегда учитывать следующие факторы: функциональное назначение объекта и характер его деятельности, стабильность низкопотенциального источника теплоты, а также возможность применения низкотемпературной системы отопления.
2. Наиболее стабильными возобновляемыми источниками энергии для эффективной работы теплонасосных установок в Крыму являются теплота геотермальных вод, теплота морской воды и солнечная энергия, при условии её суточного и сезонного аккумулирования.
3. Экономическую целесообразность строительства систем теплоснабжения с применением тепловых насосов необходимо определять в каждом конкретном случае с учётом сроков окупаемости и среднегодового коэффициента преобразования ТНУ.
4. Широкое внедрение теплонасосных установок на объектах санаторно-курортного и туристического комплекса, безусловно, положительно отразится на результатах их хозяйственной деятельности и всей санаторно-курортной и туристической отрасли Крыма в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устойчивый Крым. Энергетическая стратегия XXI века. «Экология и мир». Симферополь. 2001 г. - 400 с.
2. Кибовский С.А., Ефимов С.А., Петрук С.К. и др. Энергосбережение в Крыму. Приложение к научно-практическому дискуссионно-аналитическому сборнику «Вопросы развития Крыма», Симферополь: Таврия-Плюс. 2001. - 208 с.
3. Мацевитый Ю.М., Богданович А.С., Клепанда А.С., Чиркин Н.Б. Опыт использования нетрадиционных источников энергии в коммунальной теплоэнергетике / Материалы первой международной конференции 27-28 марта 2008 г., г. Симферополь. - с.34-35.
4. Комплексная программа энергосбережения в Автономной Республике Крым до 2010 года. / Приложение к научно-практическому дискуссионно-аналитическому сборнику «Вопросы развития Крыма». – Симферополь: Таврия, 1998, -164 с.
5. Айзен М. А., Гершкович В. Ф., Горбатовский А. Ф. и др. Украина: энергосбережение в зданиях. – Киев: Энергетический Центр Европейского Союза, 1995. – 280 с.
6. Мхитарян Н. М. «Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве». Киев. Наукова думка, 2000. – 400 с.
7. Кибовский С.А. Разработка комбинированной системы теплоснабжения с использованием нетрадиционных экологически чистых источников энергии / Автореферат диссертационной работы. – г. Днепрпетровск, 1993. – 18 с.

Козлов О.М., к. ф.-м. н.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Методика изучения теории солнечных коллекторов на основе термодинамики необратимых процессов

Рассматривается методика изучения преобразования энергии солнечного излучения в тепловую с помощью плоских солнечных коллекторов и различные стадии «транзита» этой энергии к потребителю. Показано, что коэффициент эффективности обусловлен необратимым процессом передачи.

Солнечный коллектор, необратимые процессы, эффективность.

Самый простой водонагревательный солнечный коллектор представляет собой трубчато-рѐберный теплообменник, в котором основание ребра параллельно оси трубы. Вдоль трубы движется жидкий теплоноситель (вода или антифриз). С одной трубой соединены два ребра, поверхности которых поглощают солнечную радиацию, в результате чего температура ребра становится выше температуры окружающей среды. Таким образом, энергия солнечного излучения преобразуется в тепловую энергию. Если температура жидкости в трубе ниже температуры пластины ребра, то возникнет тепловой поток от ребра к его основанию, а затем к жидкости в трубчатом канале. Через некоторое время устанавливается тепловое равновесие между потоком энергии солнечного излучения, поглощаемого пластиной абсорбера и потоком энергии, которую теряет пластина в результате конвективного теплообмена и лучеиспускания. Интенсивность обоих процессов зависит от температуры пластин абсорбера. С другой стороны устанавливается тепловое равновесие между потоками тепла от ребра к жидкости и в обратном направлении.

Если над абсорбером имеется стеклянное покрытие, то можно говорить о термодинамическом равновесии фононного газа в пластине абсорбера и газа фотонов и молекул воздуха в объеме между абсорбером и стеклом.

Как только начнѐтся движение жидкости, равновесие в системе нарушится, и мы будем иметь типичный пример необратимого процесса теплопередачи. Можно выделить три таких необратимых процесса:

- 1) передача тепла от поверхности ребра абсорбера к его основанию до касания с жидкостью;
- 2) передача тепла от ребра переходному слою жидкости, «прилипшей» к внутренней стенке канала;
- 3) передача тепла движущемуся потоку жидкости, при этом локальная температура жидкости по мере продвижения вдоль трубы повышается.

Формула, которую широко используют для определения КПД солнечного коллектора, была предложена Н. Хоттелем и А. Уиллером [1], в виде:

$$\eta = F_R \left[(\tau\alpha) - U_L \frac{(T_{ex} - T_a)}{I_o} \right] \quad (1)$$

где η - КПД солнечного коллектора;

$\tau\alpha$ – произведение коэффициентов пропускания прозрачного покрытия и коэффициента поглощения солнечной радиации пластиной абсорбера – (оптический КПД солнечного коллектора);

U_L – коэффициент полных тепловых потерь СК, Вт/м² К;

I_o – мгновенное значение интенсивности солнечной радиации, падающей на СК (прямой и диффузной), Вт/м²;

T_{ex} – температура на входе в солнечный коллектор, К;

T_a – температура окружающей среды, К;

F_R – коэффициент отвода тепла.

Сам КПД солнечного коллектора не представляет особого интереса, поскольку полезная мощ-

ность зависит от I_o , $T_{вх}$, T_a , которые можно считать постоянными, если рассматривать их средние значения за небольшой интервал времени, например 1 час. Именно средние значения I_o и T_a приводятся в таблицах для каждого часа светлого времени суток для различных месяцев года. Интерес представляют величины $(\tau\alpha)$ и U_L , по которым можно оценивать и сравнивать эффективность различных коллекторов.

С учётом того, что:

$$\eta = \frac{C_p G (T_{вых} - T_{вх})}{I_o}$$

а $I_o \tau\alpha = I$ – интенсивность солнечного излучения, поглощённого абсорбером, перепишем (1) в виде уравнения 1-го начала термодинамики:

$$F_R [I - U_L (T_{вх} - T_a)] = C_p G (T_{вых} - T_{вх}) \quad (2)$$

где C_p – удельная теплоёмкость теплоносителя, Дж/кг К;

G – удельный расход теплоносителя СК, кг/с м²

$T_{вых}$ и $T_{вх}$ – температуры теплоносителя на выходе из СК и входе в него, соответственно, К.

Коэффициент отвода тепла F_R , по сути, представляет собой коэффициент, в котором объединены коэффициенты необратимости всех трёх процессов «транзита» тепла от поверхности абсорбера к жидкости, движущейся в трубе абсорбера.

Определим поток тепла, приходящий от поверхности пластины абсорбера к основанию ребра, следуя классическому методу расчёта эффективности ребра. Предполагается, что градиент температуры вдоль ребра от середины, где температура максимальная, до его основания, где температура T минимальна, небольшой и зависит при постоянстве I , в основном, от температуры теплоносителя в трубе.

Вывод формулы для эффективности ребра весьма поучителен, так как при получении самого дифференцированного уравнения, и выборе граничных условий делаются такие допущения, которые упрощают решение, но далеко не всегда выполняются в реальных условиях. Ребром будем считать половину пластины, торцы которой находятся в идеальном контакте со стенками труб. Обозначим расстояние между осями труб через L , внутренний диаметр трубы через D , толщину ребра через δ , коэффициент теплопроводности материала ребра и трубы через K , ширину ребра равной 1 м (см. рис. 1а). Если ребро поглощает солнечную энергию своей плоскостью, обращённой к свету, а в трубе имеется жидкость, температура которой ниже средней температуры пластины, то вдоль ребра установится распределение температуры $T = T(x)$, показанное на рис. 1б.

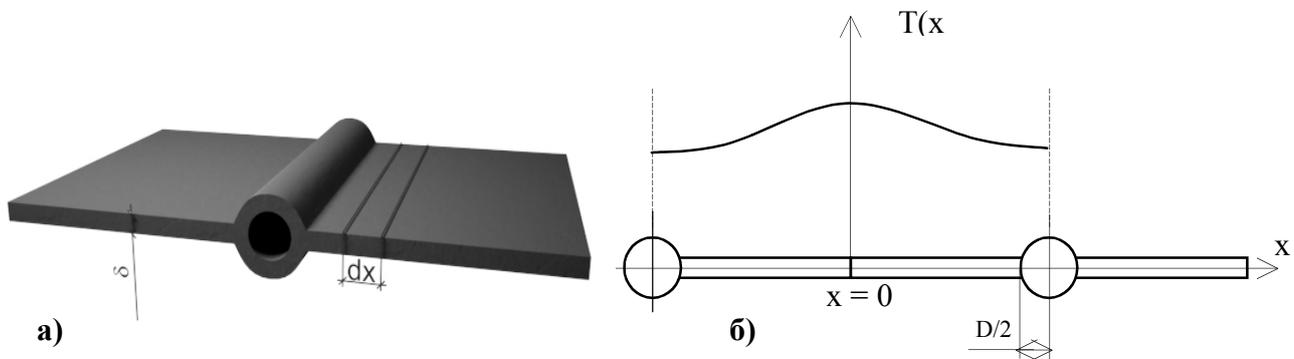


Рис. 1. а) пластина абсорбера б) температурное поле в плоскости сечения ребра абсорбера

Самой высокой температурой будут обладать точки на прямой, параллельной оси трубы с координатами $x = 0$, если за начало отчёта выбрать середину расстояния между трубами.

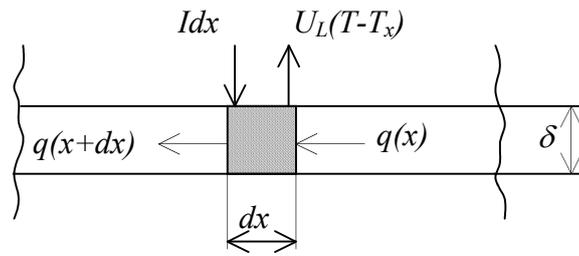


Рис. 2. Тепловой баланс для элементарной пластинки ребра гелиоколлектора.

Выделим на ребре тонкую пластину шириной dx , толщиной δ и длиной 1 м (см. рис.2). Первое начало термодинамики для этой пластины будет иметь вид:

$$CdT = Qdt$$

или

$$CdT = [Idx - U_L(T - T_a)dx + k\delta\left(\frac{dT}{dx}\right)_x - k\delta\left(\frac{dT}{dx}\right)_{x+dx}]dt \quad (3)$$

где C – теплоёмкость этой пластинки, Дж/К;

I – интенсивность солнечной радиации, поглощённой поверхностью пластинки, Вт/м²;

Q – тепловой поток вдоль пластины, Вт;

T – температура поверхностей пластинки, К (предполагаем, что она во всём объёме пластинки одинакова);

T_a – температура окружающей среды, К;

U_L – коэффициент тепловых потерь, Вт/м² К;

k – коэффициент теплопроводности материала ребра, Вт/м К.

Представим тепловой поток через тонкую пластинку, перпендикулярную ее сечению в виде:

$$k\delta\left(\frac{dT}{dx}\right)_x - k\delta\left(\frac{dT}{dx}\right)_{x+dx} = k\delta\left(\frac{dT}{dx}\right)_x - k\delta\left(\frac{dT}{dx}\right)_x + k\delta\left(\frac{d^2T}{dx^2}\right)_x dx = k\delta\frac{d^2T}{dx^2} dx$$

При установившемся градиенте температур вдоль ребра и независимости температуры $T(x)$

от времени $c\frac{dT}{dt} = 0$ ¹⁾, уравнение (3) принимает вид:

$$\frac{d^2T}{dx^2} - \frac{U_L}{k\delta}\left(T - T_a - \frac{I}{U_L}\right) = 0 \quad (4)$$

Если I и U_L не зависят от x , то (4) можно представить в виде:

$$\frac{d^2\left(T - T_a - \frac{I}{U_L}\right)}{dx^2} - \frac{U_L}{k\delta}\left(T - T_a - \frac{I}{U_L}\right) = 0$$

Обозначая $T - T_a - \frac{I}{U_L} = \varphi$, а $\frac{U_L}{k\delta} = m^2$, получим:

$$\frac{d^2\varphi}{dx^2} - m^2\varphi = 0 \quad (5)$$

Общее решение этого уравнения имеет вид:

$$\varphi(x) = C_1 \operatorname{sh}mx + C_2 \operatorname{ch}mx \quad (6)$$

Постоянные C_1 и C_2 определяются из граничных условий:

$$\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)_{x=0} = \left(\frac{dT}{dx}\right)_{x=0} = 0, \text{ так как } T(0) = T_{\max} \quad (7)$$

$$\varphi(b) = T_b - T_a - \frac{I}{U_L} \quad (8)$$

$\frac{dT}{dt} = 0$ означает, что в каждой точке с координатой x температура ребра не зависит от времени, т.е. устанавливается стационарный режим. Это возможно, если поток солнечной энергии падающий на абсорбер, и полный коэффициент тепловых потерь U_L не изменяются во времени. В

действительности, $U_L = \frac{U_1 \cdot U_2}{U_1 + U_2}$, где U_1 – коэффициент тепловых потерь от абсорбера к прозрачному покрытию; U_2 – коэффициент тепловых потерь от прозрачного покрытия к окружающему воздуху. В случае ветра U_2 будет зависеть от скорости ветра.

где T_b – температура ребра у стенки трубы.

$$\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)_{x=0} = mC_1 chm(0) - mC_2 shm(0) = 0; C_1 = 0$$

$$\varphi(x)_{x=b} = C_2 chm\left(\frac{L-D}{2}\right) = T_b - T_a - \frac{I}{U_L}; C_2 = \frac{T_b - T_a - \frac{I}{U_L}}{chm\left(\frac{L-D}{2}\right)}$$

Подставляя C_1 и C_2 в (6), получим:

$$\left(T - T_a - \frac{I}{U_L}\right) = \left(T_b - T_a - \frac{I}{U_L}\right) \frac{chmx}{chm\left(\frac{L-D}{2}\right)} \quad (9)$$

Тепловой поток к основанию ребра (при $x = b$):

$$q'_b = -k\delta \left(\frac{dT}{dx}\right)_{x=b} \quad (10)$$

или

$$q'_b = k\delta m \left(T_b - T_a - \frac{I}{U_L}\right) \frac{shm\left(\frac{L-D}{2}\right)}{chm\left(\frac{L-D}{2}\right)} \quad (11)$$

Если числитель и знаменатель (11) умножить и разделить на $m \frac{(L-D)}{2}$ и учесть, что такой же тепловой поток подходит к трубе и с другой стороны, то получим:

$$2q'_b = m^2 k\delta (L-D) - \left[\frac{1}{U_L} [I - (T_s - T_a)] \frac{thm\left(\frac{L-D}{2}\right)}{m \frac{(L-D)}{2}} \right]$$

Если учесть, что $\frac{k\delta}{U_L} = \frac{1}{m^2}$, а от внешней поверхности трубы, которая тоже поглощает солнечное излучение, к внутренней поверхности трубы подходит тепловой поток

$$q_b'' = D(I - U_L(T_e - T_a)), \quad \text{то } q_b = 2q_b' + q_b'' \text{ или окончательно:}$$

$$q_b = [(L - D)F + D][I - U_L(T_e - T_a)] \quad (12)$$

Здесь $F = \frac{thm \frac{(L - D)}{2}}{m \frac{(L - D)}{2}}$ - эффективность ребра. (13)

График зависимости F от $m \frac{(L - D)}{2}$ представлен на рис. 3.

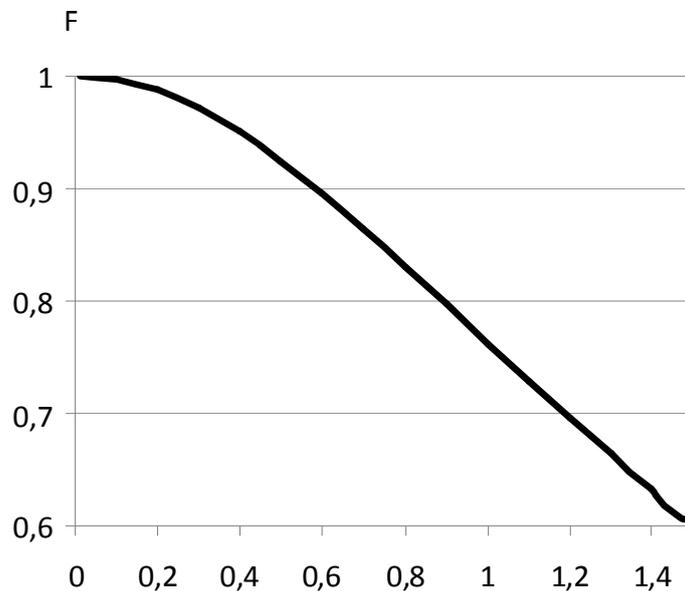


Рис. 3. Зависимость $F(m \frac{(L - D)}{2})$

Из графика, представленного на рис.3, можно легко определить величину F для различных значений параметров, входящих в комплекс $m \frac{(L - D)}{2}$.

Так, например, полагая $U_L = 8$ Вт/м К при $L = 0,15$ м, $D = 0,01$ м, и медной ($k = 400$ Вт/м К)

пластины толщиной $\delta = 1$ мм $\sqrt{\frac{U_L}{k\delta}} (\frac{L - D}{2}) = 0,3$, а коэффициент эффективности $F = 0,96$. Для медной пластины толщиной 0,5 мм $F = 0,92$. Для стального ($k = 50$ Вт/м К) абсорбера тех же размеров $F = 0,8$ и 0,68 для толщины листа 1 мм и 0,5 мм, соответственно.

Для наглядности, зависимости эффективности ребра F от толщины пластинки и расстояния между трубами представлены на рис. 4 и 5 соответственно.

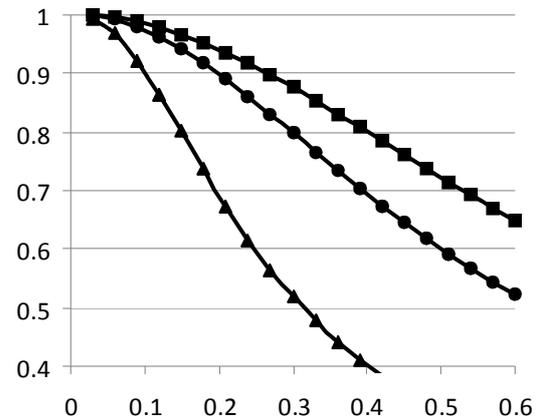
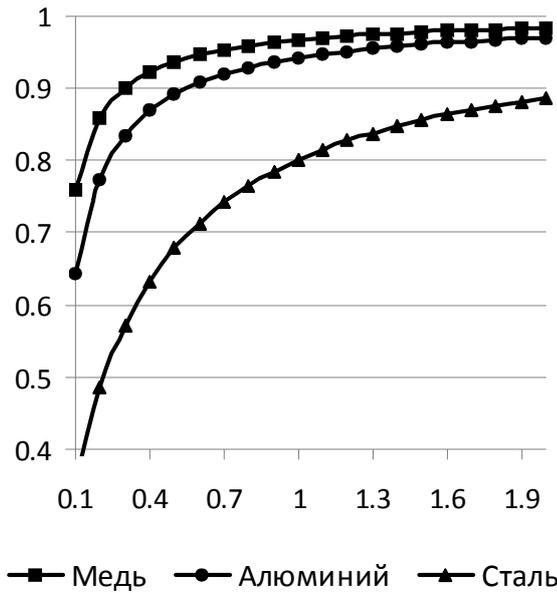


Рис. 4. Зависимость F от толщины пластины абсорбера (при $L = 0,15$ м, $D = 0,01$ м, $U_L = 8$ Вт/м²К).

Рис. 5. Зависимость F от расстояния между трубами (при $\delta = 1$ мм, $D = 0,01$ м, $U_L = 8$ Вт/м²К).

Рассмотренные примеры показывают, что уменьшение толщины медной пластины абсорбера от 1 мм до 0,5 мм снижает эффективность ребра F всего лишь на 4%, позволяя в то же время существенно снизить массу абсорбера и, следовательно, его стоимость.

Однако, переход от меди к стали вызывает значительное уменьшение эффективности ребра F по сравнению с медной пластинкой той же толщины.

Рассмотрим теперь следующий этап «транзита» тепловой энергии: от внутренней стенки трубы через переходный слой к жидкости (теплоносителю). Так как температура T_b не равна T_f , то мы имеем дело с необратимым процессом – теплопередачей.

Но если принять, что $T_b = T_f$ и $q_b = q_f|_{x=b}$, то уравнение (12) можно представить в виде:

$$q_f = F'W \left[I - U_L(T_f - T_a) \right] \quad (14)$$

где F' учитывает необратимость процесса, а W – коэффициент полезного действия.

Коэффициент F' можно найти, если выразить T_b из уравнения:

$$q_f = \frac{1}{R}(T_b - T_f) \quad (15)$$

и подставить в уравнение (12).

Здесь $R = \frac{1}{h_f \pi D}$ – термическое сопротивление тепловому потоку по всей окружности трубы

с внутренним диаметром D , h_f – коэффициент теплопередачи, Вт/м²·К.

После подстановки получим:

$$T_b = T_f + q_f R; \quad q_f + q_f W U_L R = W I - W U_L (T_f - T_a);$$

откуда

$$q_f = \frac{W}{(1+WU_L R)} [I - U_L(T_f - T_a)] \quad (16)$$

Сравнивая (16) и (14), получим:

$$F' = \frac{1}{(1+WU_L R)} = \frac{1}{W\left(\frac{1}{W} + \frac{U_L}{h_f \pi D}\right)} \quad (17)$$

При $F = 1$ $F' = \frac{1}{1 + \frac{L_1 U_L}{h_f \pi D}}$.

При $\kappa \delta = \infty$, $F = 1$; $W = L_1$; $F' = \frac{1}{(1 + L U_L R)}$. (18)

$$q_f = F' L [I - U_L(T_f - T_a)] \quad (19)$$

Если $h_f = \infty$, то $F' = 1$, а $q_f^{\max} = L [I - U_L(T_f - T_a)]$.

Таким образом, F' учитывает потери тепловой энергии при передаче последней от поверхности абсорбера до внутренней поверхности трубы и «перегрузке» для дальнейшего транзита «водным путём» (с теплоносителем).

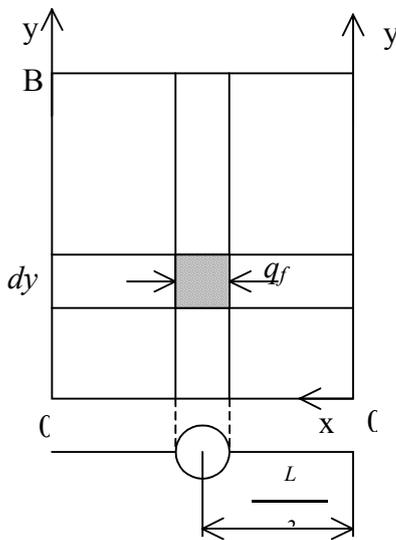


Рис. 6. Тепловой поток для элементарного объема жидкости

Рассмотрим теперь транзит тепловой энергии с жидким теплоносителем от входа в каждую трубу коллектора до выхода из неё. Выберем элементарный объем жидкости в столбике длиной dy (вся длина трубы B) (см. рис.6).

Запишем для этого столбика 1-е начало термодинамики:

$$q_f dy t = C dT,$$

где $C = C_p m_f$,

q_f - тепловой поток, определяемый уравнением (19); C_p - удельная теплоемкость теплоносителя, Дж/кг·К; m - масса теплоносителя в столбике dy , кг; T - локальная температура теплоносителя T_y ; t - время подвода тепла, с.

$$F' L (I - U_L (T - T_a)) t dy = C_p m dT \quad (20)$$

Продифференцируем правую и левую части уравнения (20) по t и получим:

$$C_p \frac{dm}{dt} dT = F' L (I - U_L (T - T_a)) dy \quad (21)$$

Очевидно, $\frac{dm}{dt} = g$ - есть расход теплоносителя, кг/с.

Представим уравнение (21) в виде:

$$\frac{dT}{I - U_L(T - T_a)} = \frac{F'L}{C_p g} dy \quad \text{или} \quad \frac{d[I - U_L(T - T_a)]}{I - U_L(T - T_a)} = -\frac{F'U_L L}{C_p g} dy \quad (22)$$

Решение уравнения (22) имеет вид:

$$\ln[I - U_L(T - T_a)] = -\frac{F'U_L L}{C_p g} y + \ln C \quad (23)$$

Граничные условия: $y = 0$; $T = T_{\text{ex}}$; $y = B$; $T = T_{\text{вых}}$

$$y = 0; \ln C = \ln[I - U_L(T_{\text{ex}} - T_a)] \quad (24)$$

$$y = B; \ln[I - U_L(T_{\text{вых}} - T_a)] = -\frac{F'U_L L}{C_p g} B + \ln[I - U_L(T_{\text{ex}} - T_a)] \quad (25)$$

С учетом того, что $LB = A$ - площадь пластины абсорбера, $\frac{g}{A} = G$ - удельный расход, $\text{кг}/\text{с} \cdot \text{м}^2$, получим окончательное решение в виде:

$$I - U_L(T_{\text{вых}} - T_a) = [I - U_L(T_{\text{ex}} - T_a)] \exp\left(-\frac{F'U_L}{C_p G}\right) \quad (26)$$

Выражение $I - U_L(T_{\text{ex}} - T_a)$ представляет мгновенную удельную тепловую мощность при условии, что температура пластины абсорбера везде одинакова и равна T_{ex} , а $I - U_L(T_{\text{вых}} - T_a)$ - если бы температура ребра везде равнялась $T_{\text{вых}}$.

Уравнение (26) легко привести к следующему виду:

$$\frac{I}{U_L} \left[1 - \exp\left(-\frac{F'U_L}{C_p G}\right) \right] + T_a \left[1 - \exp\left(-\frac{F'U_L}{C_p G}\right) \right] = T_{\text{вых}} - T_{\text{ex}} \exp\left(-\frac{F'U_L}{C_p G}\right)$$

$$\Delta T = \left(\frac{I}{U_L} + T_a - T_{\text{ex}} \right) \left[1 - \exp\left(-\frac{F'U_L}{C_p G}\right) \right] \quad (27)$$

или

$$T_{\text{вых}} - T_{\text{ex}} = \frac{I - U_L(T_{\text{ex}} - T_a)}{U_L} \left[1 - \exp\left(-\frac{F'U_L}{C_p G}\right) \right] \quad (28)$$

Сравнивая формулу (27) или (28) с формулой Хоттеля-Уиллера (2), получаем, что:

$$F_R = \frac{GC}{U_L} \left[1 - \exp\left(-\frac{F'U_L}{C_p G}\right) \right]. \quad (29)$$

Формула (29) позволяет достаточно просто определить условия, при которых F_R будет наиболее близок к 1.

Если разделить правую и левую части формулы (29) на F' , то получим некоторую функцию

F'' , которая зависит только от комплекса $\frac{F'U_L}{CpG}$, а при конкретных F' , U_L , Cp только от G .

Поэтому функцию F'' можно назвать коэффициентом расхода и тогда $F_R = F' \cdot F''$.

$$\frac{F_R}{F'} = F'' = \frac{CpG}{F'U_L} \left[1 - \exp\left(-\frac{F'U_L}{CpG}\right) \right]. \quad (30)$$

$$\text{При } \frac{F'U_L}{CpG} \ll 1 \quad (31)$$

$$\exp\left[-\frac{F'U_L}{CpG}\right] = 1 - \frac{F'U_L}{CpG} \text{ и } F'' = 1, \text{ а } F_R = F';$$

т.е. в этом случае F_R зависит только от эффективности СК. Условие (31) эквивалентно условию

$$G \gg \frac{F'U_L}{Cp} \quad (32),$$

используя которое, можно определить оптимальный удельный расход теплоносителя. Так для $U_L = 8 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ и $Cp = 4,19 \text{ кДж/кг К}$ условие (32) выполняется уже при $G = 0,019 \text{ кг/с}\cdot\text{м}^2$. Более высокие значения G приводит к несущественному повышению F'' , увеличивая в тоже время мощность циркуляционного насоса и, следовательно, расход электроэнергии.

ВЫВОДЫ

Изучение процесса передачи тепловой энергии от пластины абсорбера солнечного коллектора к потребителю как последовательность трёх необратимых процессов позволяет:

- 1) понять происхождение и физический смысл коэффициентов, учитывающих эффективность каждого этапа «транзита»;
- 2) определить основные факторы, которые влияют на значение этих коэффициентов;
- 3) найти оптимальные конструктивные параметры солнечного коллектора и оптимальные режимы отвода тепла с помощью теплоносителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hottel H.C., Whillier A. Evaluation of Flat-Plate Collector Performance, Transactions of the Conference on the Use of Solar Energy, University of Arizona. Press, Vol. 2, Part 1, 74, 1958.
2. Даффи Дж.А., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – М.: Мир, 1977. – 420 с.

Лунев Д.В., инженер; Обручева Л.В., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

О целесообразности перевода дождевальных систем на низконапорный режим работы

Приведены сравнительные характеристики высоконапорных и низконапорных дождевальных машин, применяемых для орошения земель, на примере ДМУ «Фрегат». Аргументированы преимущества и недостатки использования низконапорных дождевальных машин. Произведённые расчёты и анализ показали, что использование низконапорных дождевальных машин, при условии их применимости по почвенным и рельефным условиям, экономически и технически целесообразно только при строительстве новых оросительных систем или при капитальной реконструкции существующих систем, включая реконструкцию насосных станций.

Оросительная система, реконструкция, дождевальная машина, насосная станция, энергозатраты, расход, полив, дождевальный аппарат, достоковая поливная норма, пропускная способность, режим работы.

Мелиорация в Украине переживает трудные времена и заметного улучшения дел не будет до тех пор, пока не будут приняты кардинальные решения, в первую очередь в части приведения в порядок существующего мелиоративного фонда и использования орошаемых земель.

С точки зрения оценки технического состояния оросительных систем и их отдельных элементов мелиоративное хозяйство страны представляет сегодня довольно пёструю картину: часть оросительных систем находится в работоспособном состоянии; часть требует ремонта, реконструкции или восстановления. В различном техническом состоянии находятся составляющие элементы оросительных систем. Большая часть оборудования и дождевальных машин устарели и всё более устаревают как физически, так и морально.

Решение проблемы в стратегическом плане лежит на пути внедрения новых технических разработок и прогрессивных технологий на уровне достижений научно-технического прогресса.

На ближайшую же перспективу одной из первоочередных определена задача реконструкции оросительных систем с одновременной модернизацией дождевальных машин. В соответствии с ВНД 33-3.3-04-2001: «На существующих оросительных системах, где эффективность эксплуатации очень низкая и необходима реконструкция, возможно продлить срок эксплуатации за счёт резервов экономии электроэнергии и рационального использования электрооборудования насосных станций, трубопроводов оросительной сети и дождевальных машин. При этом предусматривается переход на низконапорные дождевальные системы путём переоборудования дождевальных машин, регулирующей и запорной арматуры».

Вопрос о переходе на низконапорную дождевальную технику возник и в США в 70-е годы прошлого века во время энергетического кризиса. Тогда для преодоления стагнации там было принято два направления развития работ в области орошения: переход на поверхностный полив как наименее энергоёмкий (до 65% площади) и создание низконапорной дождевальной техники с целью снижения энергозатрат на подачу 1 м³ оросительной воды на поля. Но переход на низконапорное дождевание в США сопровождался не реконструкцией старых оросительных систем с простой заменой дождевальных машин на модернизированные, а строительством новых оросительных систем.

Какой же из путей перехода на низконапорные дождевальные системы является более обоснованным? Рассмотрим этот вопрос на примере применения дождевальной машины «Фрегат».

В настоящее время выпускаются и эксплуатируются следующие основные модификации дождевальной машины «Фрегат»: высоконапорные, низконапорные и низконапорные с пониженной интенсивностью дождя.

Таблица 1.

Техническая характеристика основных модификаций ДМ «Фрегат» (для базовой 16-ти опорной машины ДМУ-Б-463)

№	Показатели	Высоконапорная	Низконапорная	Низконапорная с пониженной интенсивностью дождя
1	Расход воды при нулевом уклоне, л/с	72	72	57
2	Давление воды на входе при нулевом уклоне, МПа	0,56	0,41	0,38
3	Длина машины, м	463,2	463,2	463,2
4	Минимальная поливная норма, м ³ /га	185	335	260
5	Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,24	0,61	0,48
6	Максимальная площадь полива с одной позиции, га	74,9	73,3	73,3
7	Минимальное время одного оборота, ч	52	90	90
8	Рабочие органы: число среднеструйных аппаратов число короткоструйных насадок	50 -	35 136	35 136
9	Коэффициент использования рабочего времени суток (смены)	0,93	0,94	0,94
10	Коэффициент испарения (для юга Украины в июле месяце)	1,1	1,09	1,09
11	Удельный расход энергии на полив, кВт/(л/с)	0,55	0,4	0,38

Сравнительный анализ технических характеристик, приведенных в табл. 1 и 2 для базовой модели, а также анализ литературных источников показывает следующее.

1. Основным преимуществом низконапорных модификаций является более низкое давление на входе в машину, которое позволяет существенно уменьшить (на 25-30%) удельный расход энергии на полив путём уменьшения расчётного напора насосной станции. Уменьшение расчётного напора насосной станции, в свою очередь, может с учётом рельефа участка орошения и дальности расположения от него источника орошения привести к возможности изменения материала труб напорной оросительной сети на отдельных её участках или в целом на более экономичный (например, стальных на асбестоцементные). Но эти утверждения справедливы только при проектировании и строительстве новых оросительных систем с использованием низконапорных дождевальных машин или при полной реконструкции старых систем, которая заключается не только в замене или модернизации поливной техники на низконапорную, но и в реконструкции насосной станции и оросительной сети.

Применение низконапорных дождевальных машин без реконструкции насосной станции не только не приводит к снижению энергозатрат при поливе, а ведёт к перерасходу электроэнергии и снижению КПД насосов.

Расход электроэнергии на насосной станции зависит от продолжительности её работы в определённом режиме. Режим работы насосной станции определяется количеством одновременно работающих дождевальных машин и продолжительностью полива полей. Продолжительность полива поля зависит, в первую очередь, от расхода дождевальной машины:

$$T_{jd} = \frac{A_{jd} m \beta_E}{86,4 Q_{sd} k_{day}} * \frac{1}{\tau}, \quad (1)$$

где A_{jd} - площадь поля, га; m - поливная норма, м³/га; β_E - коэффициент, учитывающий потери воды на испарение; Q_{sd} - расход дождевальной машины, л/с; k_{day} - коэффициент использования рабочего времени смены; τ - коэффициент, характеризующий возможные потери рабочего време-

ни по организационным и метеорологическим причинам, а также из-за отказов на насосных станциях, оросительной сети, арматуре, сооружениях, то есть от надёжности системы, $\tau = 0,85 \dots 0,95$.

Расход низконапорных дождевальных машин не превышает расход высоконапорных дождевальных машин, поэтому продолжительность полива поля этими машинами, в соответствии с (1), будет одинакова и даже большей (для низконапорных с пониженной интенсивностью, имеющих меньший расход). При этом снижение расчетного напора H насосной станции без её реконструкции будет достигаться работой насосов на прикрытую задвижку. Изменение напора насоса или его производительности Q приведёт к снижению его КПД- η , поскольку

$$\eta = 9,81QH/N, \quad (2)$$

где N -мощность, подведенная к насосу извне.

Применение частотных преобразователей на насосных станциях в большинстве случаев также не приводит к необходимым результатам по расходно-напорным характеристикам насосов.

2. При переводе дождевальной машины на низконапорный режим работы изменяются характеристики дождя в связи с изменением напора и конструкции дождевателей.

Для обеспечения равномерного полива площади базовая высоконапорная модификация оборудована четырьмя типоразмерами среднеструйных дождевальных аппаратов кругового действия (ДА «Фрегат» №1, №2, №3, №4 общим количеством 49 штук) и одним концевым аппаратом (ДА «Фрегат» №5), который работает по сектору и обеспечивает полив части площади по углам участка. На низконапорных модификациях предусмотрено два варианта расстановки дождевателей. В основном варианте в начале и конце водопроводящего пояса установлены среднеструйные ДА «Фрегат» №1 и №2 (35 штук), а в средней части – короткоструйные насадки (136 штук). Во втором варианте количество дождевателей не изменяется, но среднеструйные аппараты устанавливаются только в начале водопроводящего пояса, а в средней части и в конце – короткоструйные насадки. Благодаря увеличению количества дождевателей равномерность распределения дождя низконапорными модификациями стала несколько выше.

Как известно, для оценки качества дождевания большое значение имеют диаметры образуемых капель. Для орошения сельскохозяйственных культур наиболее благоприятен дождь, состоящий из капель диаметром 0,4...0,9 мм. Капли дождя крупнее 0,9 мм в определённых условиях повреждают растения и нарушают структуру почв. Дезагрегация почвы приводит к резкому снижению скорости впитывания. Высокая водопроницаемость почвы при одной и той же интенсивности сохраняется значительно дольше при мелкокапельной структуре дождя. По данному критерию низконапорные ДМ, средний диаметр капель дождя которых составляет 0,8 - 0,9 мм, также являются предпочтительнее высоконапорных.

Кроме того, с уменьшением диаметра капель дождя возрастает плотность дождевого облака, что при скорости ветра до 4-х м/с приводит к уменьшению потерь воды на испарение. При больших скоростях ветра потери воды на испарение низконапорными ДМ увеличиваются, особенно при росте дефицита влажности воздуха. Это вызвано тем, что снос дождевого облака под действием ветра значительно увеличивается и оно в результате распределяется на большей площади.

3. Утверждение, что пропускная способность трубопроводов оросительной сети при понижении давления на входе в дождевальную машину уменьшается, которое приводят авторы [3] для обоснования нецелесообразности перевода дождевальных систем на низконапорный режим работы, не вполне корректно. В приводимой ими формуле определения пропускной способности трубопроводов $Q = F(2gH)^{0,5}$, H – это напор, расходуемый на преодоление гидравлических сопротивлений, а не расчётный напор трубопровода. Эта формула применяется для гидравлических расчётов, но только для случаев свободного истечения струи в атмосферу. Таким образом при переводе дождевальных машин на низконапорный режим работы пропускная способность трубопроводов не изменится.

4. К основным недостаткам низконапорных модификаций можно отнести:

- а). Увеличение минимального времени одного оборота до 90 часов и возрастание минимальной поливной нормы, что обусловлено снижением максимальной рабочей скорости полива и уменьшением расхода (для низконапорных машин с пониженной интенсивностью).
- б). Увеличение числа дождевальных аппаратов и насадок на водопроводящем поясе (в 3,5 раза), что приводит к снижению технической надёжности дождевальной машины.

Достоковые поливные нормы при различных уклонах и грунтах (по рекомендациям ВНД 33-3.3-04-2001)

Модификация ДМ «Фрегат» и диапазон возможных поливных норм, м ³ /га	Тип дождевального аппарата или насадки и средний диаметр каплеуловителя дождя, мм	Максимальная интенсивность дождя, мм/мин	Достоковая поливная норма, мм								
			супеси			лёгкие и средние суглинки			Тяжёлые суглинки и глины		
			При уклоне поля, %								
			0...1	1...3	3...5	0...1	1...3	3...5	0...1	1...3	3...5
Высоконапорная, m=180-800	аппарат кругового действия d=1,1	0,55	60	40	30	42	32	18	24	16	9
Низконапорная, m=335-800	насадки секторного действия d=0,9	1,2	48	36	22	24	16	8	19	12	7
Низконапорная с пониженной интенсивностью дождя, m=260-800	насадки секторного действия d=0,8	0,8	60	40	30	32	24	14	21	14	8

- в). Увеличение средней интенсивности дождя и уменьшение достоковой нормы полива, что ограничивает применимость дождевальных машин по почвенным условиям. Выдача поливных норм в несколько приёмов (с целью уменьшения средней интенсивности дождя) в данном случае ограничена возрастанием минимальной поливной нормы.
- г). Уменьшение поливаемой площади на 2-4% вызванное уменьшением радиуса полива из-за отсутствия концевой дождевальной машины.

ВЫВОДЫ

1. Использование низконапорных дождевальных машин является экономически и технически обоснованным. При этом предпочтение следует отдавать низконапорным машинам с пониженной интенсивностью дождя.
2. Переход на низконапорную дождевальную технику должен осуществляться при строительстве новых оросительных систем или при полной реконструкции старых систем, которая заключается не только в замене или модернизации поливной техники на низконапорную, но и в реконструкции насосной станции.
3. Решение о переводе дождевальных систем на низконапорный режим работы должно учитывать применимость дождевальных машин по почвенным и рельефным условиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мелиорация и водное хозяйство. 6. Орошение: Справочник/ Под ред. Б.Б.Шумакова. – М.: Агропромиздат, 1990.
2. Механизация полива. Справочник/ Под ред. Б.Г.Штепа и др. – М.: Агропромиздат, 1990.
3. Высочкина Л.И., Кокурин И.С. Переводить дождевальные системы на низконапорный режим работы нецелесообразно // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. - №3.
4. ВНД 33-3.3-04-2001. Рекомендації по зменшенню питомих витрат електроенергії в комплексі «насосна станція – зрошувальна мережа – дощувальна машина». Київ, 2001.
5. Слюсаренко В.В., Журавлёва Л.А., Рыжко Н.Ф. Опыт эксплуатации ДМ «Фрегат» на низконапорном режиме // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. - №1.
6. Гринь Ю.Н., Гамрецкий И.А. Вопросы применения низконапорных дождевальных машин «Фрегат». Ставрополь, 1995.

Любомирский Н.В., к.т.н., доцент; Зайцев О. Н., д.т.н., профессор
 Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Методика расчета поля скорости взаимодействующих вращающихся потоков

Приведен комплекс программ, позволяющий получить данные о устойчивости отдельных закрученных потоков, значение возмущающей силы при прецессии вихревого ядра, результатов воздействия закрученных струй на устойчивость создаваемой структуры.

Закрученный поток, вихревое ядро, поле скорости.

В топливосжигающих устройствах, наряду с другими возможностями воздействия на характеристики пламени, часто используется крутка. Крутка воздуха, впрыскиваемого топлива или того и другого весьма благоприятно сказывается на структуре течения, что в свою очередь способствует достижению проектных характеристик устройств. Степень крутки обычно характеризуется безразмерным параметром S , который представляет собой отношение потока момента количества движения к потоку осевого импульса, умноженному на эквивалентный радиус сопла.

В зависимости от назначения разрабатываемых средств и способов применения закрученных потоков на основании теоретических зависимостей были разработаны и реализованы в компьютерных программах следующие расчеты:

- зависимость безразмерного параметра S от частоты колебаний вихревого ядра, объема защитного газа и конструктивных параметров в области устойчивости закрученного потока;
- моделирование прецессии вихревого ядра в закрученном потоке;
- исследования колебаний скорости в закрученном потоке;
- колебания скорости при взаимодействии закрученных струй.

Все эти расчеты объединены в один комплекс программ, позволяющий после введения исходных данных получить не только численные значения, но и графическое отображение результатов, совместимое с представлением их в других различных программных продуктах, в частности в среде «Excel».

Так для расчета зависимости безразмерного параметра S необходимо ввести (рис. 1):

d - диаметр сопла, м; a - расстояние от точки резки до сопла, м; R - радиус сопла, м; Q - массовый расход газа, кг/с; ν - частоту колебаний вихревого ядра, c^{-1} .

Зависимость безразмерного параметра S от частоты колебаний вихревого ядра, объема защитного газа и конструктивных параметров в области устойчивости закрученного потока					
d - диаметр сопла	0,1	м	Безразмерный параметр S		
a - расстояние от точки резки до сопла	0,5	м	График $V_y(x)$		
R - радиус сопла	0,05	м			
Q - массовый расход газа	0,15	кг/с			
ν - частота колебаний вихревого ядра	300	c^{-1}			
количество точек графика	30		диапазон значений	-10	30
График $V_y(x)$		График $V_y(x)$		График $S(d)$	

Рис. 1. Форма расчета зависимости безразмерного параметра S от конструктивных и динамических параметров.

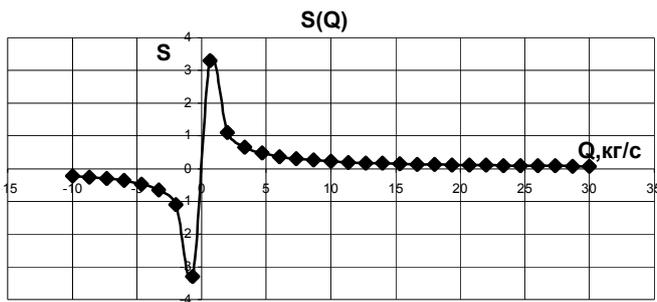


Рис. 2. Результаты расчета зависимости безразмерного параметра S от массового расхода газа.

Расчет колебаний скорости в закрученном потоке выполняется в третьей программе, для чего необходимо ввести следующие исходные данные (рис.5):

Ω — угловую скорость вращения вихревого ядра, рад/с; C — константа; x, y — текущие координаты точки, м; ρ — плотность газа, кг/м³; ν — кинематическая вязкость газа, м²/с; n — волновое число; t — время, с.

Результаты расчета выводятся на экран путем выбора требуемой зависимости — в качестве примера на рис.6 приведена полученная при принятых исходных данных зависимость возмущающей силы от поперечной координаты.

Модель прецессии вихревого ядра в закрученном потоке				
Ω	100			
c	1			
x	0,1			
y	0,1			
ρ	1,2			
количество точек графика	30	диапазон значений	-5	5
График $V_x(a)$		График $V_x(x)$		График $V_x(y)$
График $V_y(a)$		График $V_y(x)$		График $V_y(y)$

Рис. 3. Форма для расчета прецессии вихревого ядра в закрученном потоке.

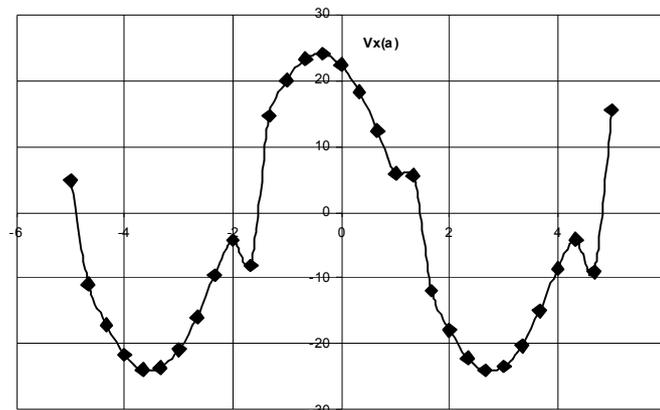


Рис. 4. Зависимость радиальной скорости закрученного потока от амплитуды колебаний вихревого ядра.

Для расчета прецессии вихревого ядра в закрученном потоке в соответствующие поля исходных данных (рис.3) необходимо ввести:

Ω — угловая скорость вращения вихревого ядра, рад/с; C — константа; x, y — текущие координаты точки, м; ρ — плотность газа, кг/м³.

В результате расчета получают зависимости радиальной и тангенциальной скорости от амплитуды колебаний вихревого ядра и координат (на рис.4 приведен график зависимости радиальной скорости от амплитуды колебаний вихревого ядра для выбранных исходных данных).

Теоретические исследования колебаний скорости в закрученном потоке				
x	0,3			
y	0,05			
t	10			
Ω	100			
ν	0,000001			
n	1			
C	1			
количество точек графика	30	диапазон значений	-0,5	0,5
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;">U(x)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;">U(y)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;">U(F)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;">U(f)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;">U(v)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;">U(n)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;">U(t)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;">U1(x)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;">U1(y)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;">U1(F)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;">U1(f)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;">U1(v)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;">U1(n)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;">U1(t)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;">F(x)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;">F(y)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;">F(f)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;">F(v)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;">F(n)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;">F(t)</div> </div>				

Рис. 5. Исходные данные для расчета колебаний скорости в закрученном потоке.

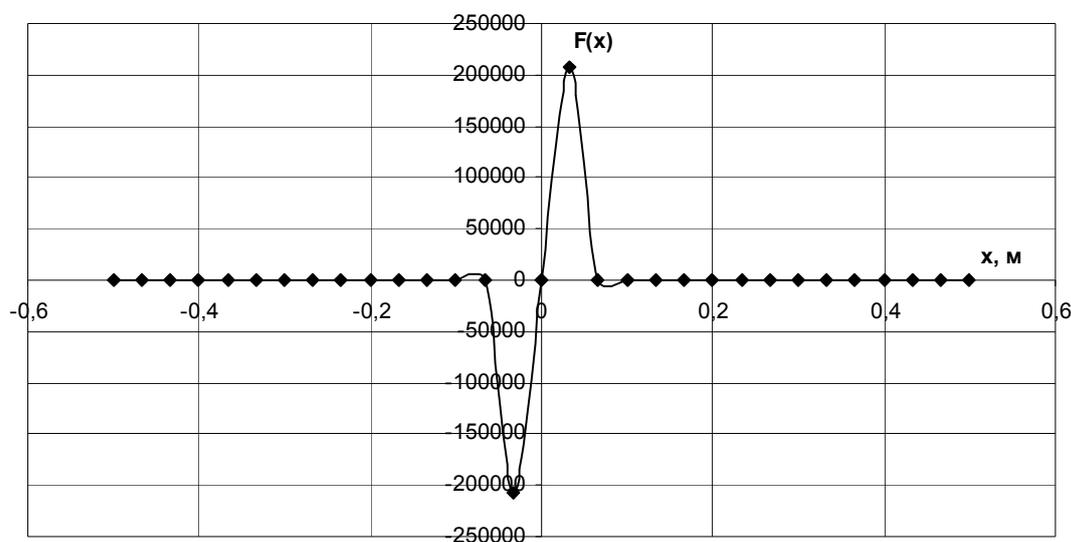


Рис. 6. Зависимость возмущающей силы от координаты.

В четвертом разделе программы выполняется расчет результирующей скорости при взаимодействии двух закрученных потоков в случае с развитым вихревым ядром в каждом из них, для чего вводятся следующие исходные данные (рис.7):

Ω — угловую скорость вращения вихревого ядра рад/с; C — константа; x, y — текущие координаты точки, м; ρ — плотность газа, кг/м³; ν — кинематическая вязкость газа, м²/с; n — волновое число; a — эмпирический коэффициент длины смешения струй; f — частота колебаний вихревого ядра, с⁻¹; t — время, с.

Колебания скорости при взаимодействии закрученных струй				
x	0,05		A1	0,104171003
y	0,05		A2	-0,085230821
v	0,00001		U(x, t)	-0,021635519
n	2		b	-65,65655644
t	100		Reb1	1309051,43
f	20		Reb2	-1071042,079
Ω	100		Reb	238009,351
a	0,5		Расчет	
c	1			
количество точек графика	50	диапазон значений	1	15
Re(f)		Re(A)		
Re(t)		Re(x)		Re(y)

Рис. 7. Исходные данные для расчета скорости в закрученных струях.

В качестве примера результатов расчета на рис.8 приведена зависимость частотного критерия Рейнольдса от времени.

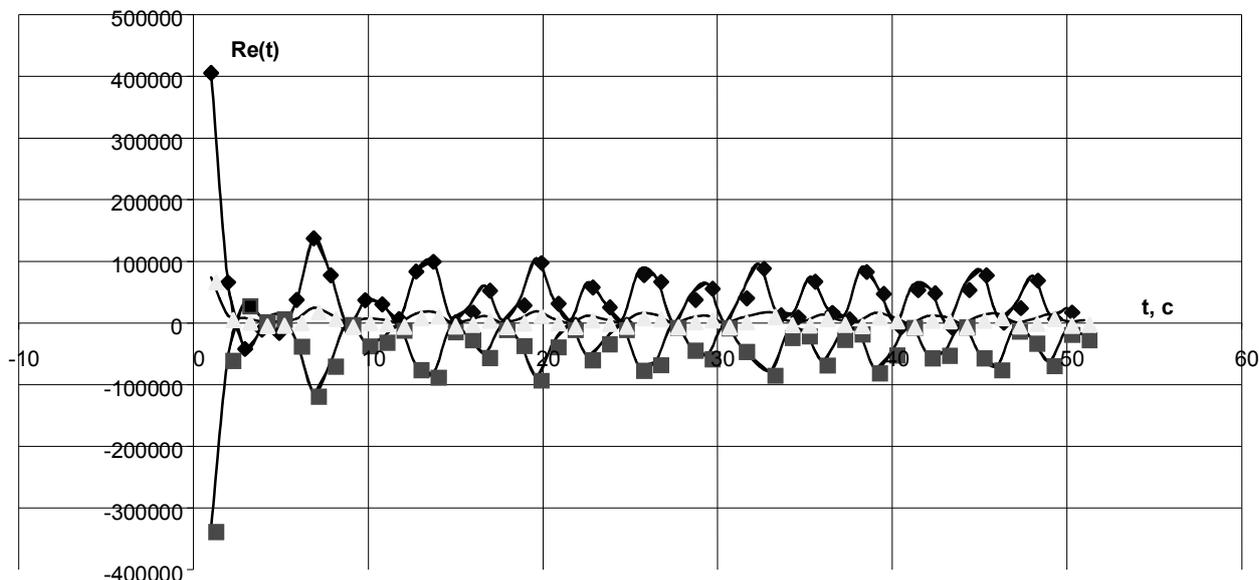


Рис. 8. Зависимость частотного критерия Рейнольдса от времени при взаимодействии параллельных закрученных потоков:

◇, □ — зависимости критерия для каждой из взаимодействующих струй;

△ — изменение критерия при слиянии струй.

ВЫВОДЫ:

Таким образом по разработанным программам можно получить данные о устойчивости отдельных закрученных потоков, величине возмущающей силы при прецессии вихревого ядра, результатов воздействия закрученных струй на устойчивость создаваемой структуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. А. Гупта, Д. Лилли, Н. Сайред. Закрученные потоки // Пер. с англ. — М.: Мир, 1987, — С. 588.
2. Алексеев С.В., Куйбин П.А., Окулов В.Л. Введение в теорию концентрированных вихрей. — Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН, 2003. — 504 с.

Николенко И.В., д.т.н., профессор; Бойчук С.Д., доцент; Валкина Е.М., к.х.н., доцент
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Пути повышения надежности насосных станций систем водоснабжения

Представлена структурная схема обеспечения надежности насосной станции систем водоснабжения. Рассмотрены вопросы управления надежностью насосной станции на разных этапах ее жизненного цикла. Предложен алгоритм поиска неисправностей агрегатов насосной станции при локальном диагностировании, который позволяет снизить трудоемкость работ по обнаружению неисправностей, а также время их обнаружения.

Насосные станции, надежность, диагностирование, трудоемкость.

В системах водоснабжения объектов ЖКХ и промышленных предприятий насосные станции (НС) являются наиболее ответственными элементами, которые обеспечивают подачу необходимого количества воды под требуемым напором в соответствии с нуждами потребителей. НС представляют собой сложный комплекс механического и энергетического оборудования, трубопроводов, арматуры, контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации. Состав сооружений, агрегатов, их конструктивные особенности, тип и число основного и вспомогательного оборудования определяются исходя из принципов комплексного использования источников воды, а также минимизации стоимости строительства НС и ее эксплуатации с учётом назначения и предъявляемых к ней технологических требований. Наряду с обеспечением требуемого напора и подачи воды для нормальных и аварийных условий, на всех этапах жизненного цикла НС, необходимо при наименьших затратах на их сооружение и эксплуатацию обеспечивать требуемую степень надёжности, долговечности, экономичности и выполнение ряда других требований.

Неудовлетворительное техническое состояние и значительный износ основных фондов является одной из основных проблем предприятий водоснабжения. По состоянию на 2007 год каждая пятая насосная станция Украины отработала нормативный срок амортизации, а 40% насосных агрегатов требует замены, из 130 тыс. км коммунальных водопроводных сетей не менее 35 % находятся в аварийном состоянии и требуют замены [1]. Такая ситуация приводит к значительному снижению надежности систем водоснабжения и росту аварий, количество которых находится в диапазоне 100...400 аварий в год на 100 км трубопроводов. Этот показатель в странах Западной Европы находится в диапазоне 10...20 аварий на 100 км трубопровода в год.

Аварии в системах водоснабжения по своим последствиям могут иметь различные последствия, в том числе приводить к созданию аварийных и чрезвычайных ситуаций в зонах обслуживания. В соответствии со СНИП 2.04.02-84 по надежности действия НС подразделяются на три категории. Категории НС устанавливаются в зависимости от их функционального назначения, а также от схемы и системы водоснабжения. Для каждой категории устанавливаются допустимые нормы по длительности и относительному снижению подачи, а также предельные перерывы подачи ниже допустимой. Основными методами повышения надежности НС является параллельное соединение насосных агрегатов, а также их резервирование.

Контроль, поддержание и восстановление работоспособного состояния НС является наиболее важной задачей технической эксплуатации для обеспечения требуемого уровня надёжности, при заданной долговечности и технико-экономических показателях. В статье рассмотрены пути повышения надежности НС за счет создания условий и методов активного ее обеспечения на стадии эксплуатации НС с применением локального диагностирования.

Обеспечение надежности сложных систем — комплексная проблема, включающая в себя ряд взаимосвязанных аспектов, определяемых принципами, методами и средствами обеспечения и поддержания требуемых показателей надежности (рис. 1) [2, 3]. НС как система машин оценивается по качеству, то есть по совокупности свойств удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением. Качество — комплексный показатель, который оценивается при совместном рассмотрении технических, эксплуатационных, конструкторско-технологических, художественно-эстетических и экономических показателей.

Качество, развернутое во времени, называется надежностью, то есть это свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в нужных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования. Качество и надежность системы - свойства, которые изменяются во времени и взаимно влияют друг на друга. Повышение надежности НС обеспечивает повышение как технических так и стоимостных показателей качества.

Практикой создания и эксплуатации НС подтверждаются три главных аспекта надежности: *системный* (структурный), включающий методы их системной организации на стадии проектирования; *технологический*, относящийся к этапу производства и включающий методы изготовления агрегатов и их элементов, улучшения свойств материалов, а также испытаний, обкатки, доводки изделий в производстве; *эксплуатационный*, охватывающий принципы и методы монтажа, наладки, эксплуатации, диагностики, технического обслуживания и ремонта.

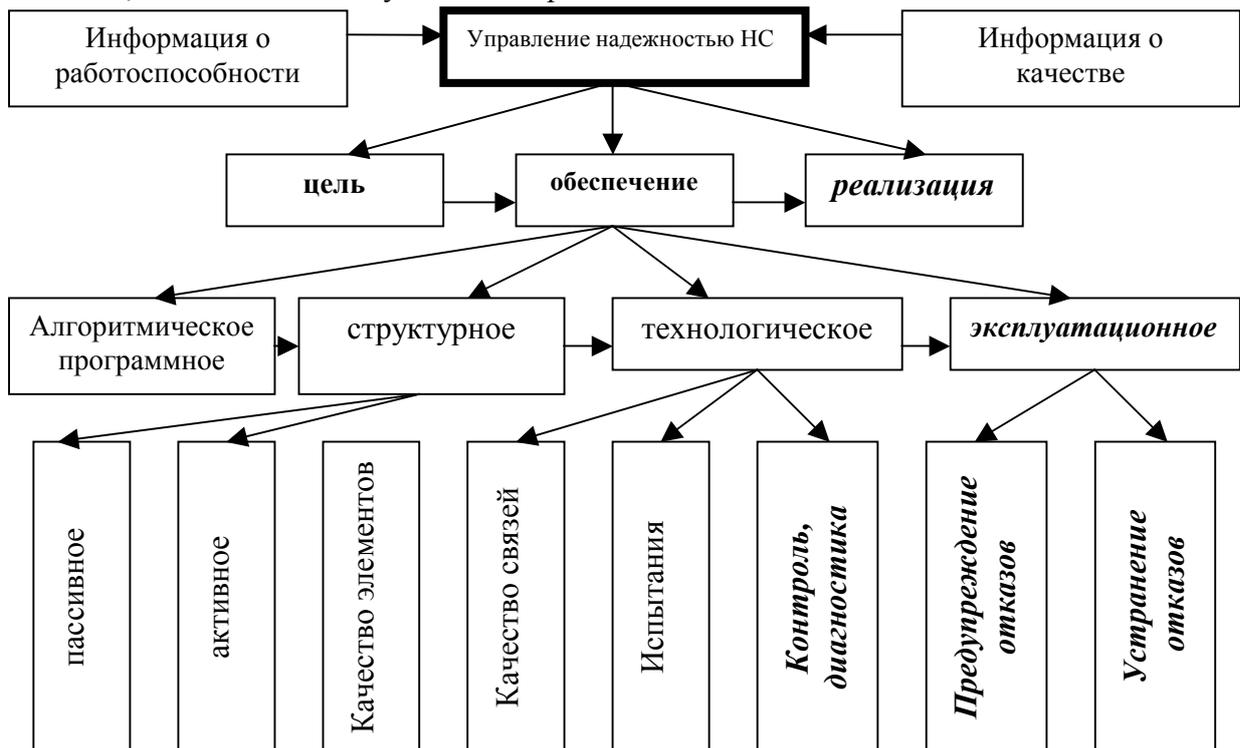


Рис. 1. Структурная схема обеспечения надежности НС

Наиболее перспективным направлением обеспечения надежности НС, позволяющим значительно увеличить его эффективность, следует считать создание условий и методов активного обеспечения надежности на всех стадиях жизненного цикла машины. На первой стадии при проектировании агрегатов и систем с учетом всех аспектов в их тесной взаимосвязи это достигается с помощью обоснования соответствующих структурных, функциональных и конструктивных схем НС, а также элементного и материального обеспечения. Рациональная структура с точки зрения надежности разрабатывается при обязательном учете всех основных процессов, сопровождающих функционирование систем и устройств, а также предполагаемых режимов и условий их эксплуатации.

На этапах изготовления и эксплуатации заложенный уровень надежности реализуется и расходуется. То есть производство и эксплуатация НС должны производиться исходя из задач и возможностей, заложенных на первой стадии создания системы. Поддержание высокого уровня надежности в процессе длительной эксплуатации при изменении ее режимов и условий в широких диапазонах обеспечивается при использовании возможности самоорганизации сложных систем, а также активного управления их параметрами.

При вводе НС в эксплуатацию основным условием обеспечения работоспособного состояния является контроль качества монтажа и наладки. Заложенные при проектировании свойства и параметры машины в процессе ее изготовления не воспроизводятся с абсолютной точностью, а разнообразные условия монтажа, наладки, эксплуатации по-разному влияют на интенсивность процессов из-

менения работоспособности и еще больше увеличивают эти различия. Поэтому знание паспортных свойств и параметров НС недостаточны для правильного их использования, технического обслуживания и ремонта.

Диагностика выполняет три основные функции: получение данных о техническом состоянии НС, их узлов и агрегатов; обработку и анализ этих данных; подготовку или принятие решения об объемах и сроках проведения профилактических операций или ремонта.

Эффективная оценка технического состояния машины или систем машин выполняется при решении основных задач диагностирования:

- проверке работоспособности;
- поиске, локализации дефектов и неисправностей;
- получении данных для прогнозирования остаточного ресурса;
- постановке диагноза и подготовке (принятии) решения по управлению техническим состоянием машин.

Разработки в области технической диагностики гидравлических систем в настоящее время направлены на решение указанных задач. Большое внимание при этом уделяется как созданию прогрессивных методов, так и совершенствованию средств диагностирования, одновременно с непрерывным повышением уровня контролепригодности агрегатов НС.

Главными особенностями НС 1-го подъема систем водоснабжения является постоянный характер нагружения, а НС 2-го подъема - неравномерность и цикличность их работы. Эти особенности — определяющие условия при решении вопроса структурного обеспечения надежности систем водоснабжения на стадии их проектирования. Так, централизация функций, характерная для НС, позволяет рассматривать минимальную структуру как систему с параллельно и последовательно соединенными элементами, а свойства массового распределения подач использовать для технического осуществления идеи подсистем обеспечения надежности.

Структурное обеспечение надежности НС представляет собой существенную часть общей системы управления надежностью системы водоснабжения. Оно осуществляется за счет целенаправленного развития или изменения структурной схемы НС на стадии ее проектирования. Подсистемы обеспечения надежности, вводимые в структуру НС, осуществляют активное воздействие на его элементы с целью поддержания требуемой надежности. Стратегия реализации и расходования ресурса агрегатов НС, т.е. технологический процесс и методы эксплуатации, также должны разрабатываться на этапе проектирования.

Основными отличительными свойствами НС систем водоснабжения являются их массовость, длительность производства базовых моделей агрегатов от 10 и более лет, а также длительность эксплуатации (до 20 лет и более). Эти особенности существенно усложняют условия обеспечения надежности таких систем. При современном уровне развития техники и технологии машиностроения очень трудно рациональным образом обеспечить надежность конструкции, создаваемой на такой длительный срок производства и эксплуатации. В связи с этим возникает проблема развития методов проектирования и эксплуатации НС, основанных на том, что структурная и конструктивная схемы устройств должны предполагать оптимальное регулирование рабочих параметров, обеспечивающих требуемые значения показателей надежности. Планирование эксплуатации НС должно производиться с учетом этих возможностей.

Управление надежностью осуществляется воздействием на параметры, определяющие надежность. Введены два подкласса структурного обеспечения надежности: активное и пассивное. Активное структурное обеспечение надежности предусматривает введение в структуру НС подсистем обеспечения надежности, осуществляющих предупреждение и устранение возможных отказов в процессе эксплуатации. Подкласс пассивного обеспечения представляют традиционные конструкционные методы: запасы по параметрам, резервирование элементов, устройств, подсистем и т.п. Эксплуатация НС с подсистемами обеспечения надежности должна предполагать рациональное управление его структурными параметрами в процессе длительного функционирования. Резервирование элементов, подсистем, а также запасы по параметрам можно использовать там, где это позволяют ограничения по мощности, стоимости, или когда любые другие варианты трудноосуществимы в данной системе.

Обеспечение надежности с помощью резервирования и запасов по параметрам в гидромеханических системах при стохастических нагрузках имеет определенные сложности. Конструктивные исполнения гидравлических, механических и гидромеханических устройств в таких условиях не позволяют в полной мере обеспечить резервирование, так как оно приводит к увеличению материало- и энергопотребления.

Применение средств и методов автоматики на основе измерительных и вычислительных устройств для управления параметрами надежности машин в процессе эксплуатации является одним из главных направлений повышения их технического уровня. Поэтому в современных машинах ввиду их сложности, энергонапряженности и высокой степени автоматизации, постановка и решение задач обеспечения качества и надежности требуют применения управляющих устройств.

Создание кибернетических систем, предотвращающих вредные последствия процессов, протекающих в машине, воплощение принципа адаптации и саморегулирования не только для рабочих функций машины, но и для сохранения показателей ее качества, является перспективным направлением для сложных систем и машин, работающих в напряженных условиях эксплуатации, какими являются НС.

Для управления надежностью машин следует широко использовать подходы и методы теории автоматического регулирования. В общем случае регулирующее воздействие формируется в зависимости от изменения регулируемой величины, а также от внешних воздействий. Закон регулирования в общем случае представляется в виде функционала:

$$R = F\left(x_i, v_i, \frac{dx_i}{dt}, \dots, \frac{dv_i}{dt}, \dots, \int x_i dt, \dots, \int v_i dt\right), \quad (1)$$

где x — регулируемый параметр; v — параметр внешних воздействий; $\frac{dx}{dt}$ и $\frac{dv}{dt}$ — производные по времени от параметров регулирования и внешних воздействий, соответственно, то есть скорости изменения параметров; $\int x dt$ и $\int v dt$ — интегралы по времени от параметров регулирования и внешних воздействий, то есть накопленные изменения параметров.

Системы автоматического управления состоят из двух основных частей: управляемого объекта и управляющей системы. Управляемым объектом в нашем случае может быть НС, отдельная ее подсистема, гидравлическое устройство или элемент (рис. 2).

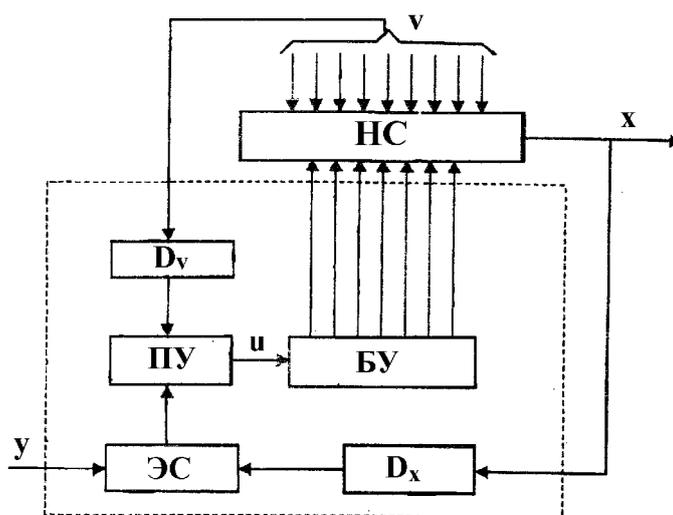


Рис. 2. Схема управления процессами, определяющими надежность НС: v - действующие возмущения; x - регулируемый выходной параметр; y - параметр оговоренный ТУ; u - управляющее воздействие; D_x - чувствительный элемент для регистрации выходного параметра; D_v - чувствительный элемент для регистрации действующих возмущений; ЭС - элемент сравнения; ПУ - преобразующее устройство; БУ - блок управления.

Управление надежностью НС на стадии проектирования предполагает обеспечение необходимого уровня надежности путем разработки рациональных структурной и конструктивной схем, а также отдельных устройств; установление и обеспечение связей между элементами и устройствами, в том числе и внешних. При проектировании выполняется расчет комплекса параметров НС и установление соотношений между ними, обоснование рабочих режимов, стратегий эксплуатации, обеспечение возможности регулирования и управления всеми параметрами, которые определяют надежность, а также систем контроля параметров

Техническая реализация средств обеспечения и управления надежностью НС могут быть различными. Обеспечивающие подсистемы могут быть реализованы введением в систему дополнительных элементов или связей, которые могут действовать:

- постоянно при работе НС;
- включаются в работу периодически автоматически подсистемами, входящими в состав НС, которые изменяют ее структуру, корректируют, компенсируют, отключают или снимают часть нагрузки при превышении ею допустимого уровня;
- включаются в работу периодически оператором-диагностом устройствами и подсистемами, обеспечивающими управление надежностью НС с участием человека.

Структурная и временная избыточность, вводимая в элементы НС с целью обеспечения надежности, бывает двух типов:

1. Без изменения способа функционирования, структуры и характера связей составных частей;
2. С изменением способов функционирования, структуры и характера связей отдельных частей и всей системы.

Примером первого типа структурной избыточности может быть простое резервирование элементов и подсистем с их автоматическим подключением. Второй тип предполагает конструктивные и структурные изменения, вводимые в виде избыточности в системе НС с целью обеспечения требуемой надежности, то есть подключение агрегатов с избыточным запасом по подаче либо по мощности.

Применяемая система планово-предупредительных осмотров и ремонтов НС включает организационно-технические мероприятия по надзору и уходу с целью поддержания их в работоспособном состоянии, предупреждения преждевременного износа, предотвращения аварий и отказов в работе, обеспечения бесперебойной работы. Достигается это в результате выполнения периодических осмотров, профилактического обслуживания, текущего и капитального ремонтов сооружений и оборудования систем водоснабжения по заранее составленным планам. Одним из перспективных путей совершенствования системы планово-предупредительных ремонтов, позволяющим на основе учета фактического технического состояния конкретной НС сократить количество unplanned ремонтов и улучшить использование ресурса ее сборочных единиц и агрегатов, является применение методов и средств контроля технического состояния и диагностирования, которое предшествует выполнению технического обслуживания, а его результаты служат для определения перечня и объема предстоящих операций [4].

Диагностирование гидравлических систем может проводиться на различную глубину по уровням:

- I уровень - определение функциональной работоспособности системы в целом ;
- II уровень - определение параметрической работоспособности;
- III уровень - определение функциональных отказов элементов;
- IV уровень - определение параметрических отказов элементов;
- V уровень - определение причин отказа элемента;
- VI уровень - определение конкретной величины неисправности.

Количество возможных состояний от номинального до предельного значения диагностического параметра, которое можно различить с помощью прибора будет

$$N_j = \frac{X_{npj} - X_{nj}}{\Delta X}, \quad (2)$$

где N - количество возможных состояний; X_{npj} и X_{nj} - предельное и номинальное значения параметра для j -того элемента; ΔX -чувствительность прибора для измерения данного параметра.

Логарифмируя N по основанию 2 мы получим количество информации в битах о состоянии j -того элемента

$$I_j = \log_2 N_j = \log_2 \left[\frac{X_{npj} - X_{nj}}{\Delta X} \right], \quad (3)$$

Суммарную информацию по каждому уровню оценивают по формуле

$$I_i = \sum_{z=1}^l \left\{ \sum_{j=1}^m K_j \cdot \log_2 \left[\frac{(X_{npj} - X_{nj})}{\Delta X} \right] \right\}, \quad (4)$$

где I_i - количество информации по i -тому уровню; z - число параметров, измеряемых при принятом методе диагностирования; K_j - количество j -тых элементов в системе.

Полная диагностическая информация о системе будет складываться из информации по уровням

$$I_\Sigma = \sum_{i=1}^6 I_i, \quad (5)$$

Сравнение по данному критерию показало, что наибольшее количество информации для типового модуля гидравлических систем получается с помощью приборов, реализующих статопараметрический метод, который включает датчики расхода, датчики давления и температуры, и регулирующее устройство с известным гидравлическим сопротивлением. Такой тип аппаратуры на сегодняшний день является наиболее подходящим в качестве базового для создания комплексной системы диагностики гидроагрегатов НС.

Эффективным методом выявления мест неисправностей в гидромеханических системах является локальное диагностирование с делением системы на подсистемы [5], для которых находится диагностическая информация по зависимостям (2) – (5). При локальном диагностировании возможно проверка агрегатов системы без их разборки и снятия. При подготовке проведения локального диагностирования:

- определяется перечень агрегатов системы, которые будут диагностироваться;
- устанавливается последовательности диагностирования агрегатов из перечня;
- разрабатывается методика и выбираются средства диагностирования агрегатов.

Перечень агрегатов диагностирования определяется по результатам анализа эксплуатационных отказов и неисправностей НС, а также в зависимости от их схем и конструктивных особенностей. Оптимальная последовательность диагностирования агрегатов НС определяется из условия:

$$\bar{T}_1 \cdot P_1 \leq \bar{T}_2 \cdot P_2 \leq \dots \leq \bar{T}_i \cdot P_i, \quad (6)$$

где \bar{T}_i - относительная трудоемкость диагностирования агрегата; \bar{P}_i - относительный ресурс агрегата.

Относительная трудоемкость диагностирования i -того агрегата определяется по отношению

$$\bar{T}_i = \frac{T_i}{T_{\max}}, \quad (7)$$

где T_i - трудоемкость диагностирования i -того агрегата; T_{\max} - максимальная трудоемкость диагностирования агрегата из принятого перечня.

Относительный ресурс i -того агрегата определяется по отношению

$$\bar{P}_i = \frac{P_i}{P_{\max}}, \quad (8)$$

где P_i - $\gamma\%$ ресурс i -того агрегата; P_{\max} - максимальный $\gamma\%$ ресурс агрегата из принятого перечня.

Оценка относительной трудоемкости диагностирования определяется для каждой НС в зависимости от доступа к агрегатам, а также видов проверки. Приблизительно можно считать, что проверка агрегатов без разборки трубопроводов - $T = 0,1$; подключение приборов диагностирования - $T = 0,5$; проверка с разборкой трубопроводов $T = 0,6 \dots 1,0$. Относительный ресурс агрегатов НС определяется по их паспортным данным.

После определения последовательности проведения диагностирования и выбора методов и средств диагностирования выполняют локальное диагностирование. При обнаружении первого неисправного агрегата либо производят его замену или ремонт. Затем выполняют его диагностирование. В случае если НС работает исправно, то диагностирование заканчивают.

ВЫВОДЫ

В зависимости от наличия и характера исходных данных управление надежностью НС может быть детерминированным, стохастическим и адаптивным. Два первых типа управления предполагают наличие уравнений объектов управления и возмущающих воздействий или управляющих программ различного вида. В случае, когда указанные предпосылки неизвестны, применяют адаптивное управление. Возможный путь решения такой задачи связан с наблюдением реализаций и их обработкой. При этом используется вероятностный подход итеративных методов. При решении задач управления надежностью могут быть использованы известные методы исследования операций, теории игр, автоматического, адаптивного, иерархического управления.

Предложен алгоритм поиска неисправностей агрегатов НС при локальном диагностировании, который позволяет снизить трудоемкость работ по их обнаружению, а также время обнаружения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Асоціація водопровідно-каналізаційного господарства України. Щодо стану та проблем функціонування водопровідно-каналізаційного господарства України за підсумками роботи у 2006-2007 роках: Вісник Академії будівництва України. – К.: АБУ.- 2008, № 18. – С. 183 – 189.
2. Н.В. Богдан, П.Н. Кишкевич, В.С. Шевченко. Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Эксплуатация и надежность гидропневмосистем. — Мн.: Ураджай, 2001. — 396 с.
3. Шевченко В.С. О принципах обеспечения надежности гидравлических приводов машин// Промислова гідроліка і пневматика. – 2004, №1(3). – С. 3 – 8.
4. Биргер И.А. Техническая диагностика. - М.: Машиностроение, 1978. – 278 с.
5. Николенко И.В. Пути повышения эксплуатационной надежности агрегатов гидропривода//Совершенствование и повышение эффективности использования средств механизации: Сб. науч. тр. - Одесса: ОСХИ. 1995. – С.65 –69.

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

Анализ и оценка риска возникновения ЧС, обусловленных химическими авариями и катастрофами

Проведены анализ и оценка риска возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с аварийным выбросом опасных химических веществ. Оценен количественно и показан графически индивидуальный риск смертности населения Украины при химических авариях. Указан основной способ защиты населения и персонала предприятий в случае наступления таких ЧС.

Авария, опасные химические вещества, зона заражения, ущерб, управление риском, индивидуальный риск, шкала рисков смертности, защитные сооружения, регенерационные установки.

Сегодня в мире происходят тысячи аварий при производстве, хранении, транспортировке опасных химических веществ (ОХВ). Наибольшее число аварий в мире и на Украине происходит на предприятиях, производящих или хранящих хлор, аммиак, минеральные удобрения, гербициды, продукты органического и нефтеорганического синтеза.

Среди основных угроз возникновения ЧС техногенного и природного характера в Украине по экспертным оценкам [1] наибольший приоритет имеют угрозы гидрометеорологического характера (весовой коэффициент 0,150), радиационного (0,140), химического (0,130), пожаровзрывоопасного (0,110), аварии на транспорте (0,102), а также медико-биологические ЧС (0,129) (рис. 1).

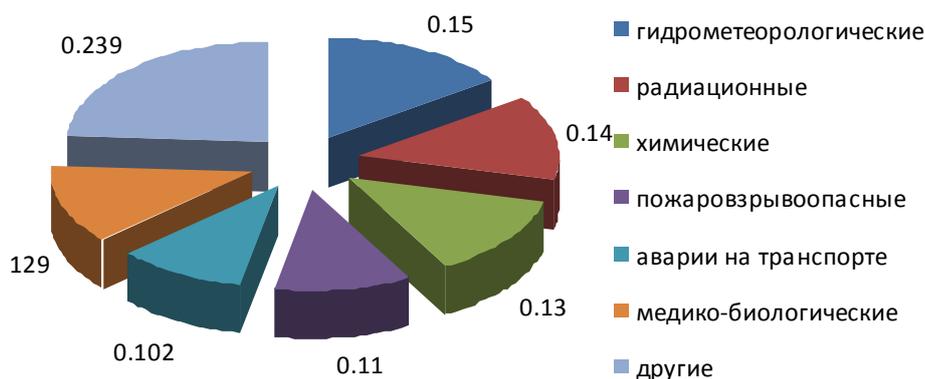


Рис. 1. Экспертная оценка распределения основных угроз возникновения ЧС

На 2007 год [2, 2006] в Украине функционирует около 1,5 тыс. объектов, на которых хранится или используется в производственном процессе свыше 300 тыс. ОХВ. Всего в зонах возможного химического заражения (ЗВХЗ) проживает более 11,6 млн. человек. Статистические данные по чрезвычайным ситуациям, связанным с выбросом ОХВ на промышленных объектах за последние пять лет и причиненный ими ущерб представлен в табл.1. [2], а динамика гибели людей от ЧС химического характера – на рис. 2.

Таблица 1.

Статистика ЧС, вызванных авариями с выбросом ОХВ за 2003-2007 гг.

Год	Численность населения в ЗВХЗ, млн. чел.	Кол-во ЧС	Кол-во пострадавших, чел.	Количество погибших, чел.	Материальный ущерб, млн. грн.
2003	17	7	-*	0	1,00
2004	16	8	3	4	0,882
2005	14	14	4	28	70,2
2006	12	10	-*	20	0,648
2007	11,6	13	300	28	1,5
Среднее значение	14,12	10,4	61,4	16	14,846

- данные отсутствуют.

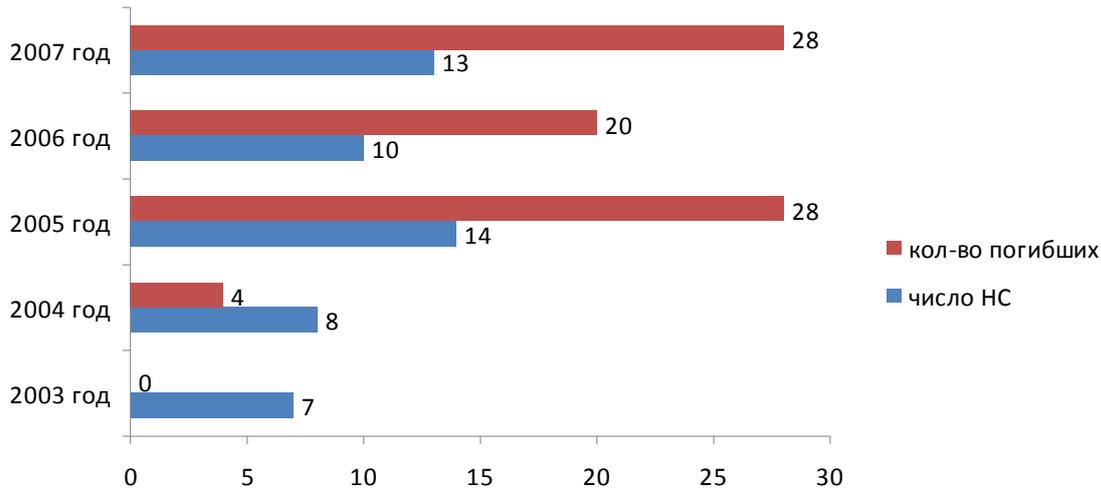


Рис. 2. Динамика гибели людей от ЧС химического характера

Среди наиболее крупных аварий с выбросом ОХВ последних лет в Украине можно отметить следующие:

1. В мае 2007 г. на гидрометаллургическом заводе ГП «Восход ГЗК» в г. Желтые Воды Днепропетровской области вследствие нарушения требований технологического процесса в окружающую среду было выброшено 0,317 т серной кислоты. В результате распространения облака были загрязнены воздух и почва в трех поселках, 100 жителей которых обратились в больничные учреждения с жалобами на плохое самочувствие [2, 2007].

2. В июле 2007 г. во Львовской области на железнодорожном перегоне Ожидов – Красное с рельс сошло 15 цистерн (емкостью 50 т.) с желтым фосфором. В результате аварии вследствие разгерметизации емкостей при контакте фосфора с воздухом загорелось 6 цистерн и образовалось облако из продуктов горения. В зону заражения попало 14 населенных пунктов общей численностью 11 тыс. чел., 815 чел. было эвакуировано. У 177 пострадавших было установлено острое ингаляционное отравление [2, 2007].

3. В июне 2005 г. на химическом заводе ГП «Смоль» в г. Днепродзержинске в одном из корпусов по производству ионообменных смол произошел выброс около 200 кг высокотоксичного вещества. Вследствие аварии 1 человек погиб, а 4 были госпитализированы [2, 2005].

Даже единичные приведенные примеры дают представление о масштабности возможных последствий аварий, что дает основание говорить об актуальности проблем их предупреждения и ликвидации, защиты персонала и населения.

Прогностические оценки на ближайшую перспективу показывают, что тенденция повышения вероятности аварий в ближайшем будущем будет сохраняться. Для этого есть целый ряд предпосылок:

- рост сложных производств с применением новых технологий, которые требуют высокую концентрацию энергии и опасных веществ;
- высокий прогрессирующий износ основных производственных фондов, достигающих на ряде предприятий 80-100%;
- накопление отходов производства, опасных для окружающей среды;
- высокая концентрация населения, проживающего вблизи потенциально опасных промышленных объектов;
- отсутствие или недостаточный уровень предупреждающих мероприятий, способных уменьшить масштабы последствий аварий и снизить риск их возникновения;
- недостаточная законодательная и нормативная база;
- стремление иностранных государств и фирм к инвестированию вредных производств на территории Украины;

- возрастание вероятности терроризма на химически опасных производствах.

По расчетам экспертов затраты на предупреждение аварий во много раз меньше по сравнению с величиной ущерба, к которому они приводят в случае возникновения. Поэтому во всем мире вопросам безопасности химических производств придается очень большое значение.

Одним из главных требований обеспечения и управления безопасностью является управление риском.

Риск определяется статистическим, либо вероятностным (с помощью математических моделей) методами [3]. Так как по жертвам в ЧС имеется обширная статистика, то воспользуемся статистическим методом, в соответствии с которым риск оценивается по формуле:

$$R_{инд} = n/N, (чел.: год), \quad (1)$$

где: n - число смертей в год по рассматриваемой причине;

N - численность населения на рассматриваемой территории в оцениваемом году.

Для снижения статистической погрешности оценки индивидуального риска следует увеличивать объем наблюдений N . Объем наблюдений может быть увеличен за счет увеличения интервала наблюдения, т.е. путем объединения статистик за ряд лет. С увеличением периода наблюдения объем статистических данных возрастает, а точность оценки повышается. При расчете индивидуального риска – вероятности смерти за год в результате ЧС каждого человека, проживающего на рассматриваемой территории, в качестве ущерба рассматривается число n погибших.

Для сравнения уровня безопасности населения Украины от ЧС с мировыми стандартами по формуле (1) был подсчитан индивидуальный риск вероятности гибели людей, попадающих в ЗВХЗ, от крупных ЧС, связанных с выбросом ОХВ на промышленных объектах, за период времени с 2003 г. по 2007 г. Результаты расчетов графически представлены на рис. 3.

Методику определения рисков и их приемлемых уровней для жизни человека неприемлемым социальным риском является риск больше, чем $1 \cdot 10^{-5}$ (табл. 2) [1].

Из полученных данных следует, что опасность гибели людей Украины от ЧС, связанных с выбросами ОХВ, лежит в среднем диапазоне по шкале рисков смертности выше (10^{-6}), и, как следует из рис. 3, за последние годы наблюдается тенденция роста ее уровня.

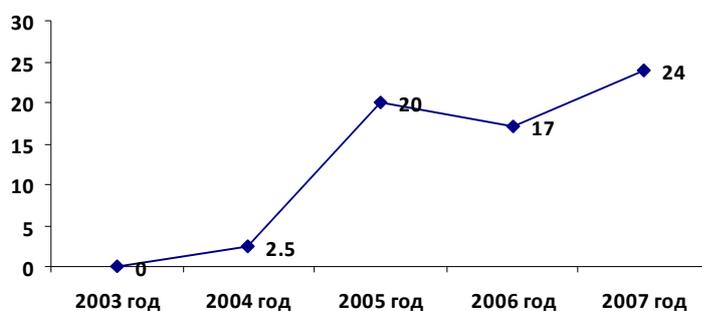


Рис. 3. Индивидуальный риск населения Украины при химических авариях

Таблица 2.

Шкала рисков смертности

Высокий	10^{-2}	Чрезвычайный
	10^{-3}	Очень высокий
	10^{-4}	Высокий
Средний	10^{-5}	Относительно средний
	10^{-6}	Средний
Низкий	10^{-7}	Относительно низкий
	10^{-8}	Низкий
	$<10^{-8}$	Незначительный

Результаты анализа риска могут использоваться при оценке допустимости риска, выборе между потенциальными мерами по снижению или устранению риска; при экспертизе промышленной безопасности, а также при оценке воздействия хозяйственной деятельности на окружающую природную среду и при других процедурах, связанных с анализом безопасности [4].

Знание уровня риска и вероятности возникновения аварий на том или ином потенциально опасном объекте позволит своевременно разработать комплекс мероприятий по защите людей и окружающей среды, попадающих в ЗВХЗ.

В мировой практике для коллективной защиты населения могут быть использованы два способа: эвакуация и укрытие людей в специальных убежищах.

В качестве примера использования указанных мероприятий можно привести недавние события, произошедшие в августе 2008 года в США, штат Флорида, когда из-за тропического шторма Фэй было эвакуировано и укрыто в специальных убежищах более 25 тысяч человек [5].

Однако, эвакуация может оказаться эффективной при длительных крупномасштабных авариях, когда возникает угроза распространения зоны химического заражения. Решающим условием успешного осуществления вывода и эвакуации промышленного персонала и населения из зон химического заражения является проведение этого мероприятия в короткие сроки, что возможно лишь при заблаговременном планировании, четком осуществлении оповещения и сбора эвакуируемых, организации транспортного и медицинского обеспечения, службы охраны общественного порядка и управления выводом и эвакуацией.

Переход к новым формам хозяйствования в Украине усложнил организацию размещения эвакуированных и их всестороннее обеспечение.

Таким образом, для защиты рабочих, служащих и населения, которые не могут покинуть зону заражения (ликвидаторы аварий и их последствий, ответственный персонал стратегически важных объектов и др.), наиболее надежным средством от ОХВ являются защитные сооружения, технические системы жизнеобеспечения которых отвечают определенным требованиям.

Установленные в убежищах фильтры-поглотители защищают людей от радиоактивных, отравляющих и некоторых сильнодействующих ядовитых веществ, таких как хлор, синильная кислота и другие. Однако рассматриваемые фильтры по ряду веществ имеют ограниченную защитную мощность и практически не защищают от таких ОХВ как, например, аммиак или окислы азота, которые являются наиболее распространенными на предприятиях отраслей [6].

Герметизация убежища с одновременной регенерацией внутреннего воздуха помещения позволит обеспечить защиту от любых ОХВ в режиме полной изоляции от наружной атмосферы.

Однако существующее оборудование для регенерации воздуха в защитных сооружениях требует замены и модернизации. Проведенный в работе [7] анализ указанных систем выявил ряд значительных недостатков, таких как неэффективное использование защитного ресурса регенеративного патрона; выделение большого количества тепла, приводящего к повышению температуры газо-дыхательной смеси; потребление значительных энергозатрат для рециркуляции и охлаждения регенерируемого воздуха и т. д.

Для решения данной проблемы необходимо разработать новые системы регенерации воздуха, которые кроме поддержания допустимых параметров воздушной среды, удовлетворяли бы целому ряду технических требований: малое энергопотребление, высокая надежность и прочность, ограниченный вес и габариты, эффективное использование регенеративного продукта и автоматическая работа, невысокая стоимость и небольшое тепловыделение от установок во внешнюю среду. [7].

ВЫВОДЫ

Произведенный анализ химических аварий на Украине за последние пять лет показал, что:

1. возникновение химических ЧС в сегодняшних условиях вполне реально и в последние годы их вероятность постоянно растет;
2. наиболее приемлемым в случае наступления таких ЧС является укрытие населения в защитных сооружениях, для реализации чего необходимо создание новых систем регенерации, отвечающих определенных техническим требованиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Осипенко С. І., Іванов А. В. Організація функціонального навчання у сфері цивільного захисту// Навчальний посібник. – Київ, 2007.
2. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 році.
3. Разанов М. Р., Тетерин И. М., Артюшин Ю. И. Анализ и оценка риска промышленных регионов Российской Федерации // Технологии техносферной безопасности.-2007. - № 2.
4. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов.
5. <http://novostey.com/other/news83221.html>
6. Защита производственного персонала и населения от сильнодействующих ядовитых веществ на химически опасных объектах// Учебное пособие. – Москва, 1991.
7. Стоянов В. У., Ревякина Ю. Н. Проблема регенерации воздуха в герметизированных помещениях защитных сооружений/ / научно-технический сборник «Строительство и техногенная безопасность». – 2008. – Вып. 24-25, с. 71-74.11.

Третьяков О.В., к. т. н., доцент; Андронов В.А., д. т. н., доцент
Університет цивільного захисту України

Запобігання водопостачання неякісної питної води з поверхневих джерел в сучасних умовах

Визначені основні причини погіршення якості питної води при використанні води поверхневих джерел як вихідної в системах з традиційною схемою водопідготовки. Розроблені рекомендації по усуненню цих недоліків, покращенню якості питної води без суттєвих змін в існуючих системах підготовки питної води.

Питна вода, поверхневі джерела, водопідготовка, біопланктон, біологічне споживання кисню.

Постановка проблеми. Основа життя на Землі є вода. Тому переоцінити значення питної води у житті людини дуже і дуже складно. Фактично можна впевнено казати, що якість питної води обумовлює стан здоров'я людей, які її вживають. Якість питної води залежить від складу домішок і якості вихідної води природного джерела, що використовується для приготування питної води і технології її обробки, яка застосовується на станціях водопідготовки. Питне водопостачання в Україні здійснюється за рахунок як поверхневих (70%), так і підземних джерел (30%). Більшість поверхневих вод, які використовуються для питних потреб, за гідрохімічними показниками в основному належать до II – III класу, значна їх частина взагалі належить до IV класу якості і є проблемною для використання [1].

Головним поверхневим джерелом природної води для виготовлення питної в Україні є річка Дніпро – головна водна артерія країни, що протягом 1 205 км тече по її території і має площу басейну на цій території 291,4 тис. кв. км., тобто 48,2% площини країни. Більше ніж 53% населення України вживають питну воду, що готується з дніпровської води. Спорудження дніпровського каскаду гідроелектростанцій і водосховищ стали причиною значних змін стану як самої дніпровської води, так і природи на значній території. Ці зміни мають відповідні відбитки в атмосфері, гідросфері, літосфері і біосфері в цілому. Внаслідок підняття ґрунтових вод має розвиток заболоченість і підтоплення берегових зон. Бурхливий розвиток біопланктону синє-зелених водоростей провокує цвітіння води на мілководді водосховищ, які складають понад 20% їх території. В умовах пересичення дніпровської води органічними і біогенними речовинами посилюються процеси відмирання, гниття, розкладу водоростей і тварин, що обумовлює погіршення кисневого режиму, зниження рН води у придонному шарі і, як наслідок, підвищується концентрація іону мангану у вигляді Mn^{2+} у дніпровській воді, яка подається на станції водопідготовки питної води у населених пунктах. Концентрація мангану в період липень – серпень збільшується у порівнянні з зимовим періодом у 3 – 10 разів і складає 1,9 - 7,0 мг/л [2, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні часи аналогічні тенденції спостерігаються і на інших водосховищах, води яких також використовуються для приготування питної води. Так аналіз стану води Карачунівського водосховища (м. Кривий Ріг), яке утворено на злитті рік Інгулець, Бічна і Боковенька і має проектний об'єм – 308,5 млн. м³, показав, що між концентрацією іону-мангану та біологічним споживанням кисню (БПК) існує досить чітка кореляція (рис.1). Тенденцію взаємозв'язку між розвитком і життєдіяльністю водоростей і концентрацією іону мангану у воді цього водоймища підтверджується також залежністю концентрації іону-мангану від кількості фітопланктону в 1 см³ вихідної води (рис.2).

Це становить дуже складну проблему для забезпечення якісної питної води, тому що вимоги державного стандарту саме по вмісту мангану Mn^{2+} у питній воді – $\leq 0,1$ мг/л [4].

Більшість існуючих станцій водопостачання питної води працюють за спрощеною технологією обробки води: механічні фільтри грубої очистки – механічні фільтри тонкої очистки (насіпні або барабанні) – обеззараження (частіше за все хлорування). Неважко побачити, що жодна з цих стадій водопідготовки непристосована до виділення мангану зі складу вихідної води. Слід також зазначити, що в літній період, коли зростає загроза різноманітних інфекційних захворювань внаслідок розвитку інфекцій у воді, виробники питної води переходять до суперхлорування із забезпеченням

концентрації залишкового хлору на самому віддаленій ділянці постачання питної води на рівні $1,0 \text{ ? } 10,0 \text{ мг/л}$ [5]. Саме поєднання таких причин як погіршення якості вихідної води поверхневих джерел (збільшення вмісту мангану) і застосування хлорування як основного процесу бактерицидної обробки призводить до суттєвого погіршення якості питної води у літній період, що спостерігається навіть органолептичними методами. Змінюється колір питної води на світло-бурий, утворюється бурий осад після відстоювання, що викликає численні нарікання населення, а в деяких місцях навіть приводить до соціальних конфліктів.

Постанова задачі та її розв'язання. Головним завданням цих досліджень було – розібратися в механізмі вище наведених негараздів і виявити можливість їх усунення без суттєвих змін технології водопідготовки на існуючих станціях, які, як правило, не мають суттєвих коштів для переоснащення і переходу на новітні технології підготовки питної води, спрямовані на забезпечення виділення іонів важких металів і уникнення хлорування, як основної стадії бактерицидної обробки води.

Перш за все слід зазначити, що іон мангану Mn^{2+} відноситься до складу досить сильних відновників. Реакція $MnO_2 + 4H^+ + 2e^- = Mn^{2+} + 2H_2O$ характеризується значенням Red-Ox потенціалу $E^0 = 1,23 \text{ В}$. Але в умовах літнього періоду, коли концентрація кисню у воді поверхневих джерел значно зменшується, природного окислювача (кисню) у воді не вистачає для того, щоб перевести добре розчинний у воді іон мангану Mn^{2+} до важко розчинної сполуки MnO_2 , яка б мала змогу бути затримана на механічних фільтрах тонкої очистки на станції водопідготовки.

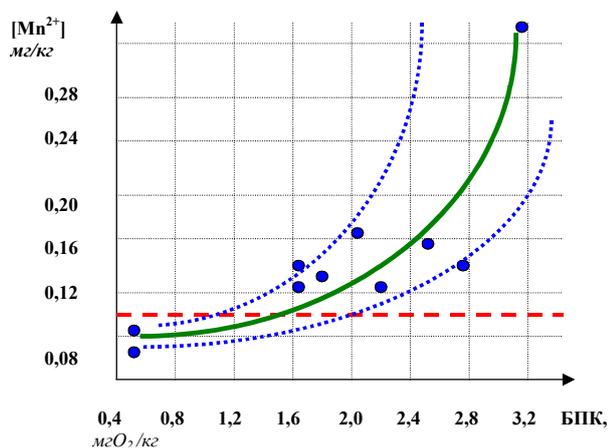


Рис. 1. Залежність концентрації іону мангану у воді Карачунівського водосховища від біологічного споживання кисню.

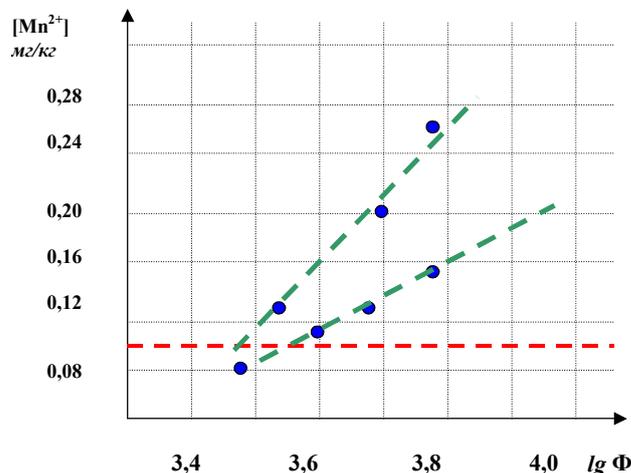
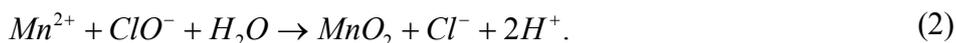


Рис. 2. Залежність концентрації іону мангану у воді Карачунівського водосховища від вмісту фітопланктону.

Таким чином, практично весь манган у вигляді іону Mn^{2+} проходить усі стадії процесу підготовки питної води і тільки на останній стадії – хлоруванні починаються його перетворення. Саме активний хлор, що застосовується на цій стадії і виконує функцію окислювача, який забезпечує перетворення іону Mn^{2+} у MnO_2 незалежно від того який саме реагент використовується рідкий хлор, або гіпохлорит:



Утворений на цій стадії двооксид мангану вже не може бути затриманий ніякими фільтрами, а прямує по системі водопостачання питної води до споживача, обумовлюючи при цьому колір питної води, наявність осаду і, відповідно, обурення населення.

Яким чином можна було б позбавитися цих проблем? Досконалий аналіз причин цих недоліків існуючої системи підготовки питної води дозволяє визначити основні шляхи їх позбавлення. Основне завдання – виведення мангану з вихідної води поверхневого джерела до стадій фільтрування у вигляді важкорозчинної сполуки бажано без застосування додаткових реагентів. Для досягнення цієї мети в системі не вистачає окислювача, який забезпечував би цей перехід. Основний природний окислювач це кисень, якого недостатньо у воді природного джерела влітку, але достатня

кількість у навколишньому повітрі. Нажаль поверхневого контакту дзеркала води водосховищ з повітрям недостатньо для забезпечення необхідної концентрації кисню для повного окислення мангану до двооксиду у воді. Тому для ефективного використання повітряного кисню у якості окислювача мангану у воді треба забезпечити підвищення його концентрації у воді влітку. Це можна забезпечити шляхом аерації повітрям вихідної води будь-яким способом. Як показали попередні дослідження найпростішим способом аерації води в умовах станцій водопідготовки можуть бути: роздрібнення потоку води у вигляді дрібних крапель над поверхнею прийомного водоймища станції за допомогою будь-яких технічних засобів. Головна умова – кількість води поверхневого джерела, що подається на стадію фільтрування, обов'язково повинна пройти стадію аерації. За цих умов до стадії фільтрації буде відбуватися окислення іону мангану



При цьому забезпечуються умови повного формування твердої фази двооксиду мангану ще до стадії тонкого фільтрування, внаслідок чого, весь двооксид осідає на механічних фільтрах тонкої очистки незалежно від їх конструкції (насипних чи барабанних). Саме ці дві стадії (попередня аерація води і фільтрація) гарантують, що манган у вигляді іону Mn^{2+} практично буде відсутній у воді на стадії хлорування і, таким чином, питна вода буде повністю позбавлена усіх негараздів, пов'язаних з присутністю мангану в ній. Крім цього, при використанні запропонованої стадії аерації вихідної води і осадженні двооксиду мангану на механічних фільтрах тонкої очистки, буде досягнуто додаткового ефекту по виведенню з води різноманітних органічних сполук (фенолів, хлорорганічних сполук тощо) і деяких важких металів за рахунок високої сорбційної ємності свіжоутвореного двооксиду мангану по відношенню до них. Таким чином, стадія тонкої механічної очистки питної води додатково стає ще стадією сорбції різноманітних сполук, що відповідно покращує якість виробленої питної води.

ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень визначені основні причини погіршення якості питної води при використанні води поверхневих джерел як вихідної в системах з традиційною схемою водопідготовки. Запропоновано рекомендації по усуненню цих недоліків, покращенню якості питної води без суттєвих змін у існуючих системах підготовки питної води.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 році. – К.: 2007. – 236 с.
2. Хвесик М.А., Файфура В.В. Актуальные проблемы охраны и воспроизводства водных ресурсов Украины // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы охраны окружающей среды от антропогенного воздействия» 18-20 мая 1994 г. г. Кременчуг, с. 85–93.
3. Верниченко А.А., Васенко А.А., Колдоба И.В. Экологический мониторинг поверхностных вод Украины // Там же с. 54–59.
4. ДСТУ 878–93. Вимоги до якості питної води.
5. Кульський Л.А., Гороновский И.Т., Когановский А.М., Шевченко М.А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды. В 2 частях. – К.: Наукова думка, 1980. – 1206 с.

Збірник наукових праць
«Будівництво та техногенна безпека»
26/2008

Сборник научных трудов
«Строительство и техногенная безопасность»
26/2008

Под общей редакцией докт. техн. наук Э.Ф. Панюкова
Технический редактор Т.И. Пчелинцева

Компьютерная верстка К.А.Янушковский
В.А.Белавский

Компьютерный набор авторский

Подписано в печать 18.12.2008. Формат 60x84 1/8. Гарнитура Times
Усл. п. л. 10 . 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