

Министерство образования и науки Украины
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сборник научных трудов
Выпуск 27

БУДІВНИЦТВО ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Збірник наукових праць
Випуск 27

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»
2009

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, Бекіров Е.А., докт. техн. наук, Боровський Б.І., докт. техн. наук, Бугаєвський Г.М. докт. фіз.-мат. наук, Глухов М.Д., докт. техн. наук, Дворецкий О.Т., докт. техн. наук, Жигна В.В., канд. техн. наук, Зайцев О.М., докт. техн. наук, Закусілов М.О., канд. екон. наук., Захаров Р.Ю., канд. техн. наук (відповідальний секретар), Лінченко Ю.П., канд. техн. наук, Любомирський М.В., канд. техн. наук (зам. головного редактора), Морозов О.Д., канд. техн. наук, Ніколенко І.В., докт. техн. наук, Панюков Е.Ф., докт. техн. наук (головний редактор), Саломатін В.М., докт. геол.-мін. наук, 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, Федоркін С.І., докт. техн. наук, Ячменьова В.М., канд. екон. наук

Затверджено до друку згідно протоколу засідання
вченої ради НАПКБ № 7 від 26.03.2009 р.

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

©Национальная академия
природоохранного
та курортного будівництва,
2009

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, Бекиров Э.А., докт. техн. наук, Боровский Б.И., докт. техн. наук, Бугаевский Г.Н. докт. физ.-мат. наук, Глухов Н.Д., докт. техн. наук, Дворецкий А.Т., докт. техн. наук, Жигна В.В., канд. техн. наук, Зайцев О.Н., докт. техн. наук, Закусилов Н.А., канд. экон. наук, Захаров Р.Ю., канд. техн. наук (ответственный секретарь), Линченко Ю.П., канд. техн. наук, Любомирский Н.В., канд. техн. наук (зам. главного редактора), Морозов А.Д., канд. техн. наук, Николенко И.В., докт. техн. наук, Панюков Э.Ф., докт. техн. наук (главный редактор), Саломатин В.Н., докт. геол.-мин. наук, 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, Федоркин С.И., докт. техн. наук, Ячменева В.М., канд. экон. наук

Утвержден к печати согласно протокола заседания
ученого совета НАПКС № 7 от 26.03.2009 г.

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

© Национальная академия
природоохранного
и курортного строительства,
2009

Оглавление

Раздел 1. Строительные конструкции, здания и сооружения

Ажермачев Г.А., Дербенёв П.В. Повышение поперечной жесткости рам промышленных цехов при кранах большой грузоподъемности	5
Кириленко В.Ф., Елькина И.И. Ориентированно-стружечные плиты (OSB) и конструкции на их основе	9
Панюков Э.Ф., Алексеенко В.Н., Панюков С.Э. Усиление 6-этажного каркасного здания из монолитного железобетона, возведённого на тонкой фундаментной плите без консольных вылетов	13
Сафонов А. А. О новом направлении в формировании мобильного жилища	18
Сафонов А. А., Сафонова А. А. Открытые театры, их типология и возможности использования в условиях Крыма	22
Чемодуров В.Т., Попов А.Г. Применение пружинно-массовых схем сооружений для оценки их реакции на динамическую нагрузку	26

Раздел 2. Основания и фундаменты, механика и сейсмостойкость

Кудлай Д.А. Анализ перемещений объектов на катковой сейсмоизоляции при плоском движении	31
---	----

Раздел 3. Строительные материалы и изделия

Макарова Е.С., Федоркин С.И. Влияние температуры обжига и щелочных добавок на свойства каркаса золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры	37
---	----

Раздел 4. Технология промышленного и гражданского строительства

Морозов А.Д., Хабрат Н.И. Проектный расчет автоматического осевого многодискового тормоза с размыкающимися поверхностями	43
--	----

Раздел 5. Техногенная безопасность

Азаренко Е.В., Дивизинюк М.М., Третьякова Л.В. Акустические свойства жидких агрессивных сред	47
Муровский С.П., Левчук И.С., Ильницкий О.А. Воздействие отработанных газов автомобильного транспорта на флору Большой Ялты	50

Сухорученко С.К. Деформационно-прочностные и набухающие характеристики нижнемеловых глин Крымского предгорья (особенности изменений их под влиянием техногенных факторов)	57
---	----

Шкіца Л.Є., Палійчук М.В. Управління процесами відродження земель, порушених гірничодобувними підприємствами	66
--	----

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

Афтанюк В.В. Современные энергосберегающие технологии в системах отопления зданий	73
---	----

Бекиров Э.А., Мухопад. Анализ переходных процессов при подключении источников постоянного и переменного тока к нагрузке в системах автономного электроснабжения	76
---	----

Зайцев О. Н., Любомирский Н.В., Анисимов С.Н., Маркин А.В., Горохов М.В. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций жилых зданий как основа расчета систем ТГВ	82
---	----

Котовская Е.Е. Определение оптимальных доз коагулянта ПолиДАДМАХ при очистке природных вод в системе централизованного водоснабжения	87
--	----

Сокут Л.Д. Состояние и перспективы развития ветроэнергетики в мире и в Украине	93
--	----

<i>Анотації (на українській мові)</i>	<i>106</i>
--	-------------------

Раздел 1. Строительные конструкции, здания и сооружения

УДК 624.072.33

Ажермачев Г.А., к.т.н профессор; Дербенёв П.В., магистрант
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Повышение поперечной жесткости рам промышленных цехов при кранах большой грузоподъемности

Рассматриваются конструктивные решения колонн поперечных рам цехов, позволяющие повысить жесткость рам. Даются рекомендации для опирания подкрановых балок, обеспечивающие снижение металлоемкости колонн. Здания, каркасные, одноэтажные, стальные конструкции, рамы, колонны, жесткость, крановая нагрузка

Поперечная жесткость рам промышленных цехов, оснащенных мостовыми кранами, в основном обеспечивается жесткостью колонн, их закреплением в фундаменте и способом сопряжения колонны с ригелем.

Наиболее часто применяется схема поперечной рамы по рис. 1а. В этом случае колонны защемляются в фундаменте, а ригель и колонна соединяются шарнирно. Такое решение позволяет широко применять типовые решения колонн и ригелей, обеспечивает достаточно малое трудоемкое сопряжение ригеля с колонной при монтаже. Однако при высоких цехах, когда отметка головки рельса находится на высоте более 15 м и кранах грузоподъемностью > 80 т, горизонтальные перемещения рам могут быть более нормативных.

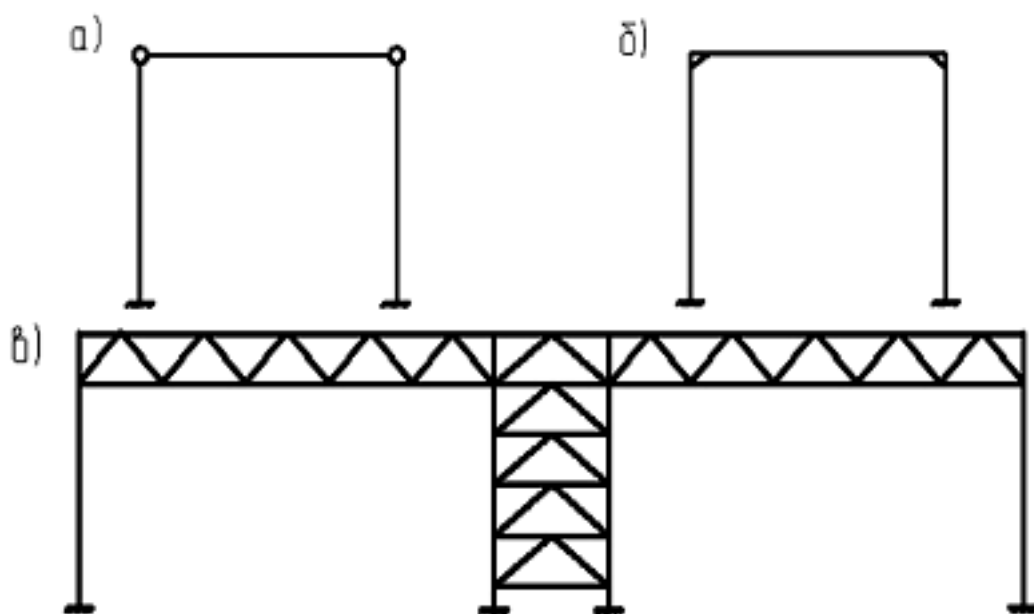


Рис. 1 Схемы поперечных рам промышленных цехов

Жесткое сопряжение ригеля с колонной (рис. 1б) повышает поперечную жесткость рам, однако увеличивает трудоемкость при монтаже, не позволяет применять типовые конструкции колонн и ригелей, усложняет проектные работы.

В многопролетных цехах для обеспечения заданной жесткости поперечных рам иногда делают вставки диафрагм (рис. 1в), которые могут иметь ширину 6-12 м и более.

Горизонтальные перемещения рам происходят от ветровой нагрузки, горизонтального воздействия мостовых кранов, изгибающих моментов в колонне в результате внецентренного приложения вертикальных сил от подкрановых балок и по другим причинам.

В практике строительства промышленных цехов чаще всего применяют колонны двух типов (рис. 2 и 3) [1,2].

Для невысоких цехов с эксплуатацией кранов небольшой грузоподъемности $Q < 5-15$ т. могут

применяться колонны постоянного сечения по высоте с опиранием подкрановых балок на консоли (рис. 2). При низком расположении кранов горизонтальные перемещения колонн от изгибающих моментов незначительные, но с увеличением высоты они резко возрастают.

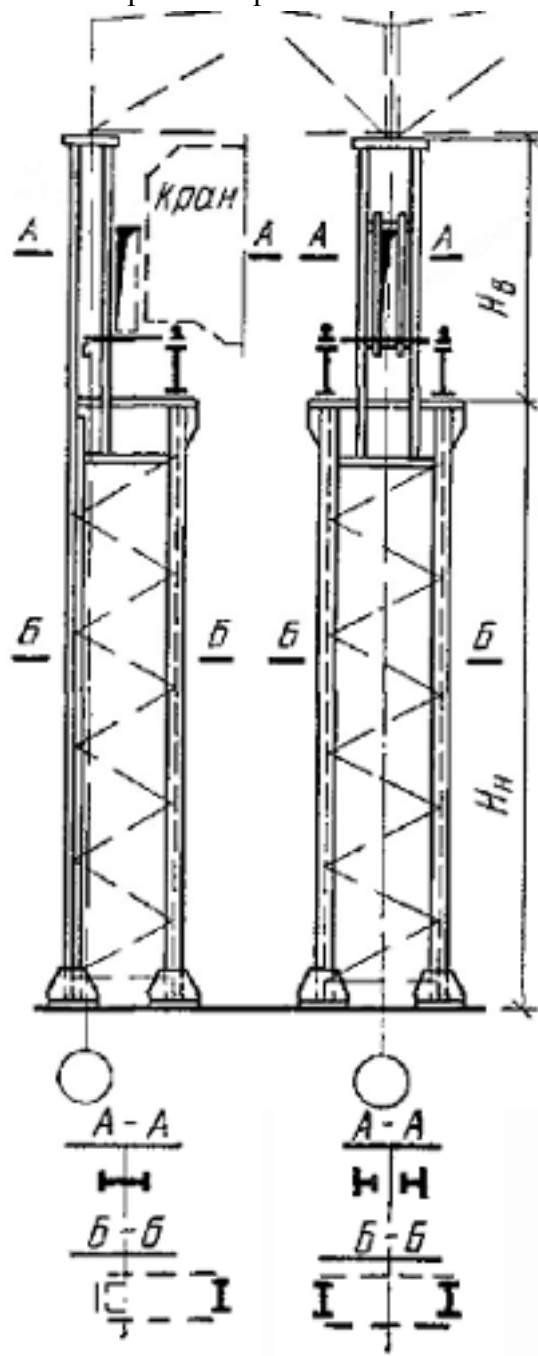
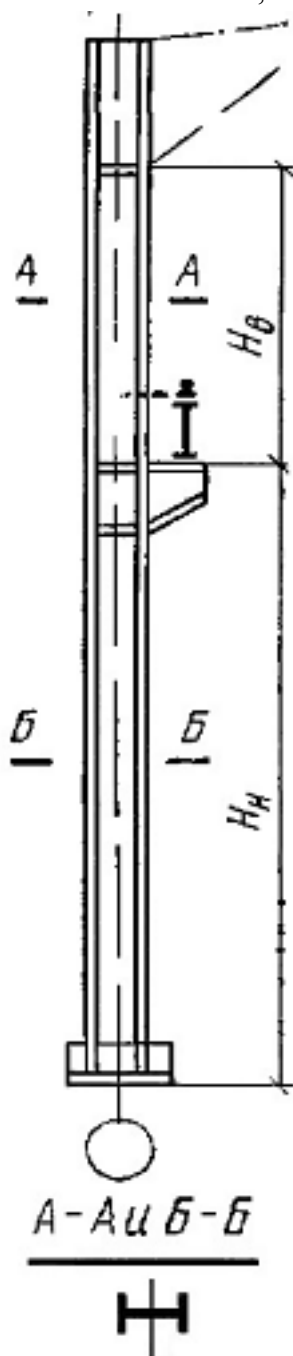


Рис. 2 Колонна постоянного по высоте сечения **Рис. 3 Колонны ступенчатого типа**

Наиболее широкое распространение при строительстве цехов любой высоты, оснащенных кранами $Q = 5-250$ т. получили колонны ступенчатого типа. Обычное конструктивное решение колонн предусматривает опирание подкрановой балки на подкрановую ветвь колонны (рис. 3). Однако, чем шире поперечное сечение колонны, тем больше эксцентриситет приложения вертикальной нагрузки от подкрановой балки, тем больше изгибающий момент.

Изгибающий момент в колонне от вертикальной крановой нагрузки можно уменьшить за счет уменьшения эксцентриситета прикладываемой нагрузки. Ермак Е.М. в работе [3] предлагает оригинальное решение передачи вертикальной нагрузки от подкрановой балки на колонну через шарнирное устройство, уменьшающее изгибающий момент (рис. 4). Эксцентриситет передачи вертикального давления уменьшается. Однако жесткость колонны не повышается, не повышается и поперечная жесткость рамы.

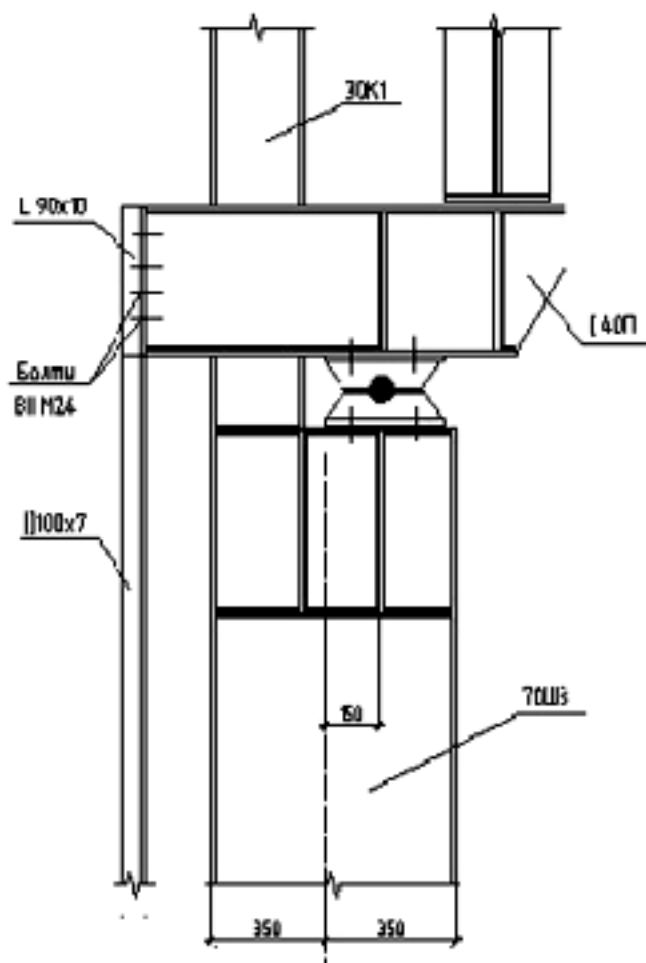


Рис. 4 Конструкция стальной колонны с передачей вертикального усилия через шарнир

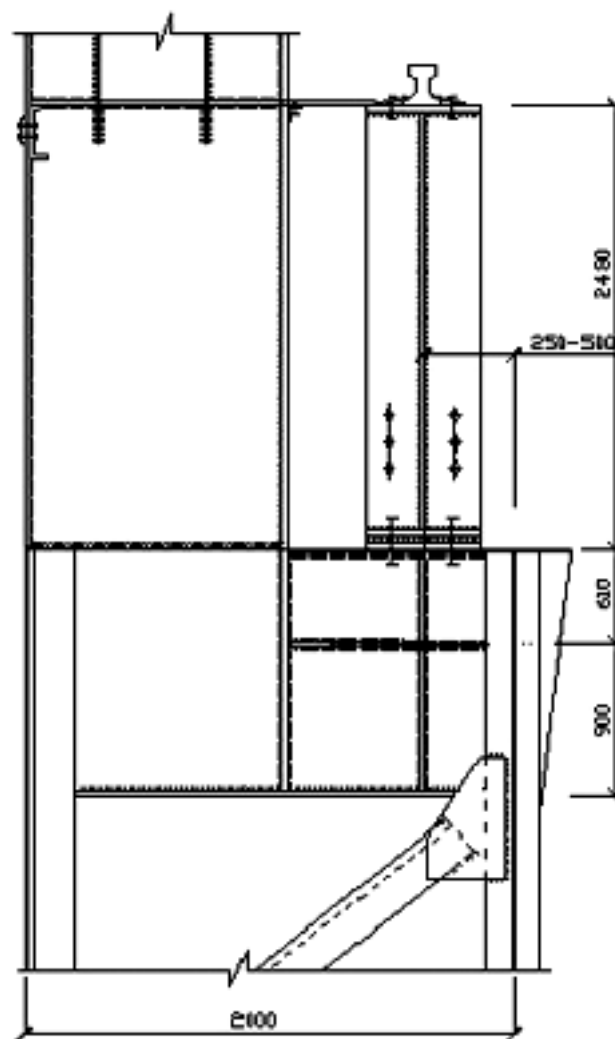


Рис. 5 Узел опирания подкрановой балки под краны грузоподъемностью 250/30+175/50/15т при смещении балки с оси ветви колонны.

Уменьшить изгибающий момент в колонне от вертикально приложенной крановой нагрузки при одновременном увеличении жесткости колонны можно следующим образом. Подкрановая часть колонны уширяется на 250-500 мм. Опирание подкрановой балки смещается в сторону надкрановой части колонны (рис.5). Эксцентриситет приложения вертикальной крановой нагрузки уменьшается, уменьшается и изгибающий момент в колонне, а учитывая, что расстояние между ветвями подкрановой части колонны увеличилось, то усилия от изгибающего момента на ветвь уменьшаются. На первый взгляд может показаться, что расход стали на колонну увеличивается. Исследования показывают, что увеличивается расход стали на решетку на 2-4%, при высоте колонны

15 м и кранах грузоподъемностью до 250т. Однако общий расход стали на колонну уменьшается на 17%. Что касается уменьшения межколонного расстояния, то это не должно помешать технологическому процессу, т.к. в цехах с колоннами высотой более 15-20 м и кранах $Q > 80$ т, шаг колонн принимается 12 м. Это позволяет нормально организовать технологический процесс в цеху.

Для определения эффективности применения уширенных колонн со смещением опирания подкрановых балок к надкрановой части колонны было проведено сравнение распределения усилий в колонне для двух случаев (рис. 6).

1. Колонны принимали по типовой серии КЭ-01-43
2. Колонны принимали уширенные на 500мм. Опирание подкрановой балки смещали на 500 мм в сторону надкрановой части.

Сравнение вариантов показало:

1. Усилия в ветвях колонны уширенного типа в отличие от колонны типовой серии уменьшаются с увеличением крановой нагрузки и с увеличением высоты колонны.
2. Расход металла на решетку в колоннах уширенного типа несколько увеличивается по сравнению с типовыми колоннами.
3. Общий расход стали на колонну уширенного типа снижается в результате уменьшения нормальных сил в ветвях колонны.

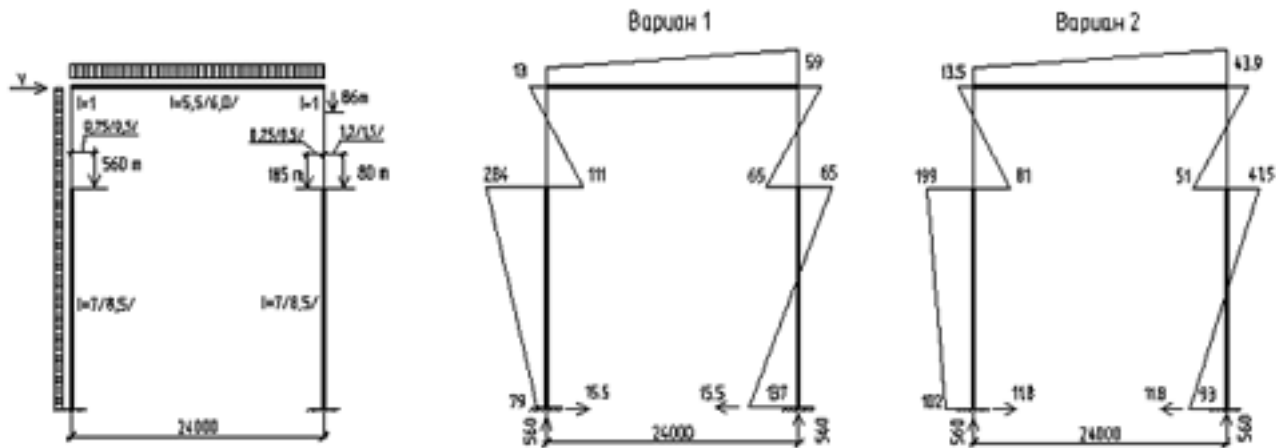


Рис. 6 Сравнение вариантов типовых колонн и уширенных

ВЫВОДЫ

1. Применение уширенных колонн в цехах с кранами грузоподъемностью 80-250т, при отметке подкрановых путей 15-20м и более позволяет повысить поперечную жесткость рам на 30-35%
2. Расход стали на уширенные колонны в отличие от типовых может быть уменьшен на 17% и более.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Металлические конструкции. Е. И. Беленя, В. А. Балдин, Г. С. Ведеников и др.; Под общ. ред. Е. И. Беленя. — 6-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1986г — 560 с,
2. Металлические конструкции. Т.2. Стальные конструкции зданий и сооружений. (Справочник проектировщика)/Под общ. ред. В.В.Кузнецова. (ЦНИИПСК им. Н.П.Мельникова). М. АСВ. 1998.-512с.
3. Ермак Е.М. Совершенствование расчетных моделей и конструкций для продления сроков эксплуатации промышленных зданий. Автореферат диссертации доктора технических наук. Макеевка. 2003г. -35с.

Кириленко В.Ф., к.т.н., доцент; Елькина И.И., инженер
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Ориентированно-стружечные плиты (OSB) и конструкции на их основе

Приведены основные характеристики плит и области их эффективного применения. На основе анализа имеющихся механических характеристик показаны возможности дальнейших исследований конструкций с учетом анизотропии и длительного действия нагрузки.

Древесные плиты OSB, конструкции на их основе, механические характеристики, анизотропия.

Основными материалами в строительстве, с которыми человечество вступило в третье тысячелетие, являются представители великой «тройки» - цемент, сталь и древесина. Хотя главным достоинством древесины, как конструкционного материала, является постоянное возобновление запасов, при постоянном увеличении объемов ее потребления необходимо уменьшать долю деловой древесины путем использования отходов лесопиления и деревообработки, в частности, изготовления плитных материалов: древесно-стружечных, древесноволокнистых, цементно-стружечных плит и др.

В последние годы в странах Северной Америки, Европы и Азии растет производство и применение относительно нового материала – ориентированно-стружечных плит (OSB), которые используют не только в строительстве, но и в других областях техники. Такие плиты самостоятельно применяют в архитектурных и инженерных строительных конструкциях, кроме того, они являются составными элементами комбинированных конструкций, включающих и другие материалы, в частности металл, древесину, пластмассы и др.

Одной из причин, сдерживающих потребление плит OSB в Украине, является недостаточная информация об их возможностях и физико-механических свойствах, что затрудняет расчет и проектирование конструкций с применением плит по методу предельных состояний. В связи с этим в предлагаемой работе на основе материалов из Internet и рекламных проспектов изложена краткая характеристика плит OSB как конструкционного материала, приведены конструкции на их основе, поставлены задачи исследования механических свойств плит и других элементов на их основе, что позволит повысить надежность, связанную с их работоспособностью с учетом анизотропных свойств применяемых материалов.

Плиты OSB. Определение продукта. Размеры. Области применения. Потребление.

OSB (Oriented Strand Board) – композитный плитный материал на основе древесины, состоящий из ориентированных длинноразмерных стружек (страндов) путем прессования при высоком давлении и температуре с использованием водостойких смол и парафиновых эмульсий. Размеры страндов: длина – 25-150 мм, ширина – 5-50 мм, толщина – 0,4-0,75 мм, а идеальное соотношение длины к ширине 5(3):1. Укладка стружек производится тремя слоями. Внешние слои образуются страндами, ориентированными параллельно длине готовой плиты, во внутреннем слое странды укладываются перпендикулярно. Для производства плит используется любая доступная древесина: тонкомер, вершинные части стволов диаметром от 6 см, низкосортная и некондиционная древесина. Основными породами древесины в производстве OSB считается сосна, осина и тополь [1].

Согласно стандартам в мире выпускают плиты следующих размеров: 1220x2440 мм; 1220x3660 мм; 915x1830 мм, толщина плит 6,0-38 мм (самая ходовая 10-18 мм), плотность плит 600-700 кг/м³.

Стандартная программа Kronopol OSB-3 включает длину плиты 5000 мм, 2800 мм, 2650 мм, 2500 мм; ширину – 2500 мм, 2070 мм, 1250 мм. Толщина плит 6, 8, 10, 12, 15, 18, 22, 25 мм.

Области применения плит:

- OSB-1 – для общего применения внутри помещений в сухой среде;
- OSB-2 – конструкционные плиты для использования в сухой среде;
- OSB-3 – конструкционные плиты для использования в сырой (влажной) среде;

- OSB-4 – конструкционные плиты с повышенными эксплуатационными характеристиками для использования в сырой (влажной) среде;

В Северной Америке OSB является одним из основных конструкционных материалов, годовой объем производства составляет 16 млн. м³, в странах Азии объем невелик, в частности, в Китае он составляет 8 тыс. м³ в год. В России объем потребления плит по разным оценкам достигает 400 тыс. м³ в год. Кроме того, разработан «пилотный» проект изготовления плит в Ханты-Мансийском автономном округе, проектная себестоимость 1м³ плит составит 100-150 евро. На российский и украинский рынки плиты экспортируются из Польши, Германии, Австрии.

Плита OSB как самостоятельный конструктивный элемент.

Достаточная прочность и жесткость, а также высокая стойкость во влажной среде позволяют эффективно использовать плиты OSB в различных частях зданий и оснастки при их возведении:

- обшивка стен с возможностью использовать различные виды облицовочных материалов;
- сплошная обрешетка кровли при использовании битумной черепицы, металлочерепицы, шифера и других кровельных материалов;
- черновые полы для создания опорных поверхностей;
- однослойные полы с покрытием линолеумом и другими видами покрытий;
- съемная, многократно используемая опалубка для бетонных работ;
- упаковка: ящики, коробка, контейнеры и др.

Кроме того, плиты OSB используют в торговом и выставочном оборудовании, в мебельной промышленности, в транспортном машиностроении для изготовления элементов внутреннего интерьера, для изготовления рекламных щитов и т.д.

Двутавровые балки и стойки.

Для изгибаемых и сжато-изгибаемых элементов композитное двутавровое и коробчатое сечение можно отнести к самым эффективным. Пояса таких элементов изготавливают из более прочного материала, в данном случае – из древесины, а стенка, работающая преимущественно на сдвиг – из плиты OSB. Двутавровые элементы применяют в строительстве во всех странах. Представляет интерес продукция, разработанная компанией ТМ «Солид», поставляемая практически по всей Украине.

Разработана двутавровая балка пролетом 4,5 м и 6 м, высотой 150-320 мм и стеновые стойки для малоэтажного строительства длиной 3 м и высотой сечения 150 мм (сечение элементов показано на рис.1).

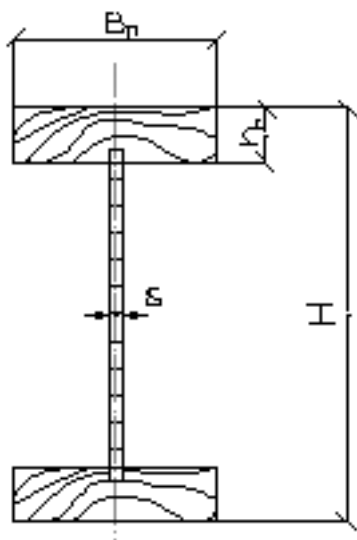


Рис.1. Сечение двутаврового элемента с деревянными поясами и стеной из плиты OSB

Для поясов применяют пиломатериалы хвойных пород шириной 55, 65, 85 мм в зависимости от высоты сечения элемента и толщиной 43 мм. Толщина стенки из плиты OSB принята равной 10 мм.

Элементы двутаврового сечения рекомендуется применять в качестве балок при устройстве чердачных и междуэтажных перекрытий жилых и общественных зданий, элементов стропильных ног при односкатной и двускатной кровле, а также в качестве стеновых стоек при каркасных стенах с наружной обшивкой из OSB и внутренней – из гипсокартонных плит с минералловатным утеплителем. Конструкции двутавровых балок и стоек, узлы их соединения, рекомендации по применению и монтажу разработаны специалистами ООО «Пол и К» совместно с кафедрой металлических, деревянных и пластмассовых кон-

струкций Одесской государственной академии строительства и архитектуры. Этими организациями разработаны технические условия ТУ У В.2.6-20.3-25040391-001:2005 «Балки та стояки дерев'яні. Технічні умови», согласованные с Министерством строительства и архитектуры Украины.

Прочностные и деформативные характеристики плит OSB.

В европейских стандартах EN указаны сопротивления плиты при различных деформациях в плоскости и из плоскости плиты в зависимости от ориентации внешних сил и направления стружки. Аналогичным образом здесь же представлены модули упругости (деформации), а также модуль сдвига в плоскости плиты. В соответствии со своей структурой плиты OSB относятся к анизотропным материалам. Что же касается ортогональной анизотропии, то имеющихся на сегодня данных без экспериментально определенных коэффициентов Пуассона для различных направлений, недостаточно для такого утверждения.

На территории стран СНГ расчет конструкций выполняют по методу предельных состояний и основной характеристикой прочности является расчетное сопротивление, а для материалов, обладающих реологическими свойствами, должны быть определены и коэффициенты, указывающие длительность действия нагрузки. Имеющиеся европейские стандарты таких характеристик не содержат.

Известно, что для упругого ортотропного тела упругие постоянные (модули упругости E_1 и E_2 , модуль сдвига G_{12} , коэффициенты Пуассона ν_{12} и ν_{21}) для различных направлений являются тензорными величинами и для различных направлений подчиняются законам преобразования тензоров четвертого ранга [2]. Исследований такого рода не проводилось. Представляет интерес и изучение анизотропии прочности ориентировано-стружечных плит, что требует трудоемких экспериментальных исследований.

В дополнение к сказанному, плита OSB должна быть отнесена к анизотропным вязко-упругим материалам, для которых кроме прочности и жесткости при кратковременных нагрузках в разных направлениях должны быть определены характеристики при длительном действии нагрузки..

Несущие и ограждающие конструкции на основе OSB.

В Украине к настоящему времени проведены экспериментальные исследования двутавровых балок высотой 320 мм, пролетом 6 м и балок высотой 240 мм пролетом 4,5 м [3, 4]. При расчете балок использовали приведенные геометрические характеристики сечений, а несущую способность определяли из условия прочности деревянных поясов, прочности стенки на срез и прочности клеевого соединения стенки с поясами. Анализ испытаний показал достаточно близкое совпадение расчетных значений величин и результатов эксперимента, как по деформативности, так и по нормальным напряжениям в поясах. В результате испытаний были также исследованы особенности характера разрушения балок и потери общей устойчивости.

Для коротких балок при значительных поперечных нагрузках эффективным будет коробчатое сечение, у которого стенки из плит OSB приклеивают по всей высоте поясов с использованием гвоздевой запрессовки. Общая устойчивость балки в этом случае значительно возрастает.

К другим конструкциям на основе OSB можно отнести ребристые панели и панели со средним слоем из пенопласта (рис.2). В первом случае продольные ребра панели выполняют из двутавровых балок со стенкой из OSB. Верхняя и нижняя обшивка панели могут быть выполнены из фанеры, плит OSB, древесноволокнистых плит и других листовых материалов при различной их комбинации. Такие панели могут быть применены как в виде плит покрытия (перекрытия), так и стеновых панелей. Соединение продольных ребер с обшивками клеевое. Для утепленных панелей в пространство между обшивками помещают минералловатные плиты.

Панели со средним слоем из пенопласта предусматривают выполнение обшивки из плит OSB, а средний слой из пенопласта припенивают или приклеивают. Такие панели имеют пониженную несущую способность, поэтому могут быть рекомендованы для стеновых панелей. В качестве продольных элементов обрамления предусматривается применение двутавровых элементов со стенками из OSB.

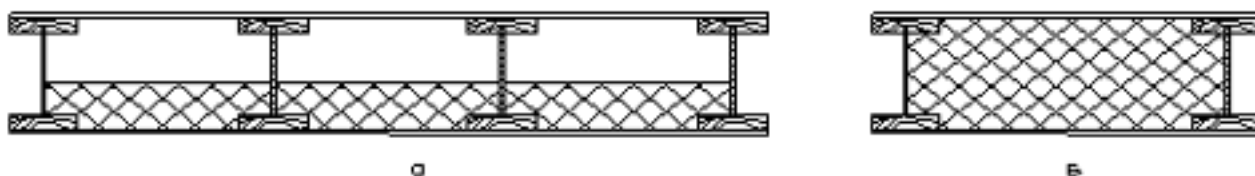


Рис.2. Сечение панелей с обшивками из плит OSB А-ребристая панель с продольными ребрами из двухтавровых балок, Б-панели со средним слоем из пенопласта

Дальнейшее определение механических характеристик плит OSB при кратковременном и длительном действии нагрузки с целью систематизации данных по анизотропии и реологии позволит создать расчетную модель материала при теоретических исследованиях напряженно-деформированного состояния и расчета. Представляют интерес и исследования, связанные с работой плиты в условиях плоского напряженного состояния, а также изгиба под действием распределенных и сосредоточенных нагрузок с различными условиями опирания сторон. В этом случае будут актуальными вопросы выработки критериев прочности плиты, как анизотропного материала, находящегося в условиях плоского напряженного состояния.

Расчетная модель плиты в виде вязко-упругого анизотропного тела позволит с большей достоверностью подойти к определению напряженно-деформированного состояния и расчета различного вида конструкций, включая и комбинированные балки и панели, состоящие из древесины, ориентировано-стружечных плит, пенопласта и других конструкционных материалов. В таких конструкциях, кроме того, возникают вопросы работы и расчета различных видов соединений плит OSB с другими материалами. Представляют интерес и вопросы изгиба балок при действии нагрузок, не расположенных в одной из главных плоскостей, вопросы устойчивости балок двухтаврового и коробчатого сечения, а также сжатых и сжато-изгибаемых деревянных стоек.

Для панельных конструкций расчетная модель материала OSB позволит более точно определить редуцированные коэффициенты обшивки для оценки напряженно-деформированного состояния при общем изгибе ребристой плиты, а также решить вопросы прочности и жесткости верхней обшивки при действии сосредоточенной (монтажной) нагрузки.

ВЫВОДЫ

1. По сравнению с другими плитными материалами ориентировано-стружечные плиты являются эффективным конструкционным материалом, применяемым как самостоятельно, так и в сочетании с другими материалами в виде балок, панелей и других конструктивных элементов.
2. Имеющихся механических характеристик плит OSB, полученных, в основном, в зарубежных странах дальнего зарубежья, недостаточно для выработки расчетной модели в виде вязкоупругого анизотропного тела.
3. Проведение обширных экспериментальных исследований механических свойств плит OSB необходимо для подтверждения теоретических исследований комбинированных конструкций, в состав которых входят ориентировано-стружечные плиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Европейский стандарт EN300. Ориентировано-стружечные плиты – определения, классификация, требования.
2. Ашкенази Е.К. Анизотропия древесины и древесных материалов. -М.:Лесная промышленность, 1978. - 224с.
3. Стоянов В.В., Слюсаренко В.Н., Дорожкин В.В. Ориентировано-стружечная плита (OSB) в элементах несущих конструкций // Современные строительные конструкции из металла и древесины: Сб. научн. тр. / ОГАСА. - Часть 2. - Одесса, 2005. - С.65-67.
4. Стоянов В.В., Масляненко Е.В., Михайлов А.А., Дорожкин В.В., Горгола О.М. Экспериментальное исследование двухтавровых деревянных балок // Современные строительные конструкции из металла и древесины: Сб. научн. тр. / ОГАСА. - Часть 1. - Одесса, 2005. - С.208-213.

Панюков Э.Ф., д.т.н. профессор; Алексеенко В.Н., к.т.н. доцент; Панюков С.Э., инж.
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Усиление 6-этажного каркасного здания из монолитного железобетона, возведённого на тонкой фундаментной плите без консольных вылетов

Выполнена оценка технического состояния конструкций и сейсмостойкости 6-этажного каркасного здания из монолитного железобетона, возведённого на тонкой фундаментной плите с размещением колонн крайних рядов по её внешнему контуру без консольных вылетов. Вскрыт дефицит несущей способности фундаментной плиты на продавливание под колоннами. Разработаны рекомендации и технические решения по усилению здания.

Здания, каркасы, фундаментная плита, продавливание, усиление, сейсмостойкость.

Общая часть. Нормами строительства в сейсмических районах в ряде регионов Украины повышена расчётная сейсмическая интенсивность [7]. Обеспечение сейсмостойкости существующих и возводимых зданий приобрело ещё большую актуальность. Авторами выполнена оценка технического состояния конструкций и сейсмостойкости здания рекреационного назначения по ул. Гагариной, 25/289 в пос. Утёс. В результате был вскрыт дефицит несущей способности фундаментной плиты на продавливание под колоннами.

Цель работы - обеспечение сейсмостойкости каркасного здания из монолитного железобетона на фундаментной плите, имеющей дефицит несущей способности на продавливание под колоннами.

В ходе работы были решены следующие задачи:

1. Определение фактических параметров несущих конструкций.
2. Инструментальное обследование несущих конструкций [1 - 5].
3. Анализ соответствия объёмно-планировочных и конструктивных решений, состояния конструкций требованиям действующих норм [6, 7];
4. Расчёт на ПК «Лира» несущей способности и устойчивости пространственной системы существующего здания и здания с различными вариантами усиления с учётом сейсмического воздействия
5. Рекомендации и технические решения по усилению конструкций

2. Методика обследования. Обследование здания выполнено в соответствии с рекомендациями нормативных документов [1]. Установлена конструктивная схемы здания, проведено обследование несущих конструкций для определения размеров сечений, прочности бетона, камня, раствора швов кладки методом пластических деформаций с использованием электронного измерителя прочности «Оникс - 2.54» [4]. Определение защитного слоя бетона, расположения и диаметра арматуры электромагнитным прибором «Поиск - 2.51» [5].

Классы бетона по прочности на осевое сжатие по результатам испытаний установлены методами математической статистики с заданной обеспеченностью 0.95. Марки камней и раствора установлены по средним значениям прочности.

Для оценки сейсмостойкости объекта выполнен анализ пространственной несущей системы здания с учетом требований норм проектирования [6, 7]. При этом учтены фактические архитектурно-планировочные и конструктивные решения, параметры конструкций и характеристики материалов.

3. Результаты обследования. Здание расположено на склоне берега моря, в связи с этим подрезанные участки склона укреплены подпорными стенами. Здание шестиэтажное (Рис. 1) без подвала прямоугольное в плане. Высота 1-го этажа 4,2 м, вышележащих этажей –3,2 м. Габариты плана – 12,34х17,86 м.

Фундаменты - сплошная плита из монолитного железобетона (Рис. 2) толщиной 380 мм, армированного сетками в двух уровнях из стержней Ø16АIII с шагом 200 – 300 мм. Бетон по прочности на осевое сжатие соответствует классу В15. Фундаменты выполнены по подготовке из армированного бетона класса В15 толщиной 200 мм. Подошва фундаментов расположена на одной отметке, что соответствует требованиям норм [6, 7].



Рис. 1. Главный фасад здания.



Рис. 2. Сопряжение колонны с фундаментной плитой.



Рис. 3. Узел «ригели – колонна».
горизонтальными сетками из 2Ø4ВрI с шагом 600мм.

Перемычки в перегородках выполнены однорядной арматурой без бетона, что не допускается нормами. Перемычки в перегородках необходимо усилить стальными обоймами из уголка.

Железобетонные конструкции 6-го этажа выполнены из бетона низкого качества с прочностью на осевое сжатие, соответствующей классу В 7,5, что не рекомендуется нормами [8]. В колоннах появились вертикальные трещины с не допустимой шириной раскрытия. Такие конструкции необходимо демонтировать.

По конструктивной схеме здание каркасно-каменное – в продольном направлении чёткий каркас из монолитного железобетона с заполнением из пильного камня-ракушки по типу связевого каркаса; в поперечном направлении здание работает как рамный каркас (Рис. 3).

Стойки рам сечением 300х300 мм армированы стержнями 4Ø20АШ в нижних этажах и стержнями 4Ø18АШ на 5-ом и 6-м этаже с хомутами Ø6АI шагом 150 - 200 мм. Класс бетона колонн нижних этажей по прочности на осевое сжатие В15. В колоннах 5-го этажа класс бетона В12,5, 6-го этажа – В 7,5, что не рекомендуется нормами [8].

Заполнение из мелкоштучного пильного камня-ракушки марки М35 толщиной 200 мм на цементном растворе М50 армировано горизонтальными сетками из Ø5ВрI через 3 ряда кладки

Монолитные железобетонные ригели сечением 300х360 мм (без учёта толщины плиты) выполнены из бетона класса В15, армированы пространственными каркасами из 4Ø16АШ с хомутами Ø6АI шагом 150 мм.

Плиты перекрытий толщиной 160 мм над 1-ым и 2-ым этажами и 200 мм над вышележащими этажами армированы нижними и верхними сетками в двух уровнях из стержней Ø10АШ с ячейкой 200 - 250 мм. Прочность бетона соответствует классу бетона по прочности на осевое сжатие В15. Несущая способность плит перекрытия, кроме перекрытия 6-го этажа достаточна. Балконные плиты с вылетом консоли 1,2 м являются продолжением перекрытий, включая продольные ригели. Балконные плиты армированы верхней арматурой Ø12АШ шагом 150 мм.

В перекрытии 6-го этажа предусмотрено устройство второго света.

Техническое состояние перекрытий 1 – 5 этажей нормальное (категория I); 6-го этажа – не пригодное к нормальной эксплуатации без усиления (категория III).

Внутренние перегородки выполнены из пильного камня-ракушки М35 или кирпича марки по прочности М75 на цементно-песчаном растворе марки по прочности М50 с армированием го-

Для окончательной оценки технического состояния конструкций был выполнен расчёт пространственной системы здания на основные и особые сочетания нагрузок и сопоставлены расчётные усилия в конструкциях с их несущей способностью.

Из анализа конструктивной схемы здания следует, что наименьшей несущей способностью обладает фундаментная плита при восприятии усилий продавливания от колонн.

По характеру работы фундаментная плита является плоским изгибаемым неразрезным элементом, опёртым на колонны, расположенные по полю плиты с сеткой 4x4,4 м, и загруженным распределённой нагрузкой от реактивного давления грунта.

При этом в плите возникают изгибающий момент и поперечная сила. При восприятии изгибающего момента плита может разрушиться только по растянутой арматуре, поскольку она армирована одинаковыми сетками, как в растянутой, так и в сжатой зоне. Подчеркнём, что при таком армировании плиты, её несущая способность от прочности бетона не зависит.

При восприятии поперечной силы в плоском изгибаемом элементе, не имеющем поперечной или отогнутой арматуры, работает только бетон, поэтому несущая способность плиты на продавливание обуславливается прочностью бетона на растяжение и геометрическими размерами пирамиды продавливания.

Проверим несущую способность фундаментной плиты на продавливание под колоннами среднего ряда, крайнего ряда и угловыми.

Нагрузка на колонну среднего ряда с грузовой площадью 17,6 м² при расчётной нагрузке на перекрытие $p = 900 \text{ кгс/м}^2$ составит для 6-ти этажей

$$N_{\text{к, ср}} = 6(pA_{\text{гр}} + G_{\text{к}} + G_{\text{р}}) = 6(15,84 + 0,68 + 2,27) = 112,7 \text{ тс.} \quad (1)$$

Нагрузка на колонну крайнего ряда с грузовой площадью 8,8 м² и с учётом нагрузки от заполнения каменной кладкой верхних 5-ти этажей

$$N_{\text{к, кр}} = n_{\text{э}}(pA_{\text{гр}} + G_{\text{к}} + G_{\text{р}}) + G_{\text{ст}} = 62,0 + 26,6 = 88,6 \text{ тс.} \quad (2)$$

Нагрузка на угловую колонну равна половине нагрузки на колонну крайнего ряда $N_{\text{к, уг}} = 44,3 \text{ тс.}$

Условие, исключающее продавливание плиты под колоннами [8, п.3.42],

$$F \leq \alpha R_{\text{bt}} u_{\text{м}} h_{\text{о}}, \quad (3)$$

где: F – продавливающая сила;

α – коэффициент, равный для тяжёлого бетона 1,0;

$u_{\text{м}}$ – среднеарифметическое значение периметров верхнего и нижнего оснований пирамиды, образующейся при продавливании в пределах рабочей высоты сечения;

$h_{\text{о}} = 0,35 \text{ м}$ – рабочая высота нормального сечения фундаментной плиты.

$R_{\text{bt}} = 7,65 \text{ кгс/см}^2$ – расчётное сопротивление тяжёлого бетона на растяжение для предельных состояний первой группы при классе бетона по прочности на осевое сжатие B15;

Схемы для расчёта фундаментной плиты на продавливание приведены на рис. 4.

Несущая способность фундаментной плиты на продавливание под колоннами средних рядов (Рис. 4а).

$$u_{\text{м}} = (4 \times 0,3 + 4 \times 1) / 2 = 2,6 \text{ м.}$$

$$F_{\text{пер}} \leq \alpha R_{\text{bt}} u_{\text{м}} h_{\text{о}} = 69,6 \text{ тс}$$

Отметим, что продавливающая сила на плиту будет меньше нагрузки на колонну

$$F = N - P_{\text{пир.осн.}} \quad (4)$$

где: N – расчётное сжимающее усилие на вертикальный элемент, передающий это усилие на фундамент;

$P_{\text{пир.осн.}}$ – усилие, воспринимаемое грунтом по подошве пирамиды продавливания.

Среднее давление грунта на подошву фундаментной плиты под колонной

$$P_{\text{гр}} = 1,2N/F_{\text{гр}} = 1,2 \times 112,7 / (4 \times 4,4) = 7,7 \text{ тс}$$

Тогда с учётом подготовки толщиной 200 мм из армированного бетона класса

B15 $P_{\text{пир.осн.}} = 7,7 \times 1,5 \times 1,5 = 17,3 \text{ тс}$, а продавливающая сила на плиту

$$F = 112,7 - 17,3 = 95,4 \text{ тс} > 69,6 \text{ тс.}$$

Несущая способность фундаментной плиты под колоннами средних рядов не достаточна. Дефицит составляет 25,8 тс или 27 %.

Необходимый периметр пирамиды продавливания $u_{\text{м}} = F / \alpha R_{\text{bt}} h_{\text{о}} = 356 \text{ см.}$

Тогда минимальное уширение корня колонны составит

Если $u_m = (b_k + b_k + 70) \times 2$, то $b_k = (u_m / 2 - 70) / 2 = (178 - 70) / 2 = 54$ см.

Примем ширину корня колонны с учётом усиления $b_{уш,к} = 0,6$ м.

Несущая способность фундаментной плиты на продавливание под колоннами крайних рядов (Рис. 4в).

$$u_m = (3 \times 0,3 + 2 \times 0,65 + 1) / 2 = 1,6 \text{ м.}$$

$$F_{\text{пер}} \leq \alpha R_{bt} u_m h_o = 42,8 \text{ тс.}$$

Среднее давление грунта на подошву фундаментной плиты под крайней колонной

$$P_{\text{гр}} = 1,2N/F_{\text{гр}} = 12,1 \text{ тс, } P_{\text{пир.осн.}} = 16,3 \text{ тс, } F = 72,3 \text{ тс} > 42,8 \text{ тс.}$$

Несущая способность фундаментной плиты под колоннами крайних рядов не достаточна. Дефицит составляет 29,5 тс или 41 %.

Несущая способность фундаментной плиты на продавливание под угловыми колоннами (Рис. 4б) при

$$u_m = 0,95 \text{ м } F_{\text{пер}} \leq \alpha R_{bt} u_m h_o = 25,4 \text{ тс.}$$

Среднее давление грунта на подошву фундаментной плиты под крайней колонной $P_{\text{гр}} = 12,1$ тс.

$$P_{\text{пир.осн.}} = 9,8 \text{ тс, } F = 34,5 \text{ тс} > 25,4 \text{ тс.}$$

Несущая способность фундаментной плиты под угловыми колоннами не достаточна. Дефицит составляет 9,1 тс или 26 %.

Если демонтировать 6-ой этаж, то нагрузки на колонны составят

$$N_{\text{к, ср}} = 93,9 \text{ тс. } N_{\text{к, кр}} = 73 \text{ тс. } N_{\text{к, уг}} = 36,5 \text{ тс.}$$

$$F_{\text{к, ср}} = 76,6 \text{ тс} > 69,6 \text{ тс. } F_{\text{к, кр}} = 56,7 \text{ тс} > 42,8 \text{ тс. } F_{\text{к, уг}} = 26,7 \text{ тс} > 25,4 \text{ тс.}$$

Дефицит несущей способности фундаментной плиты уменьшается, но не ликвидируется.

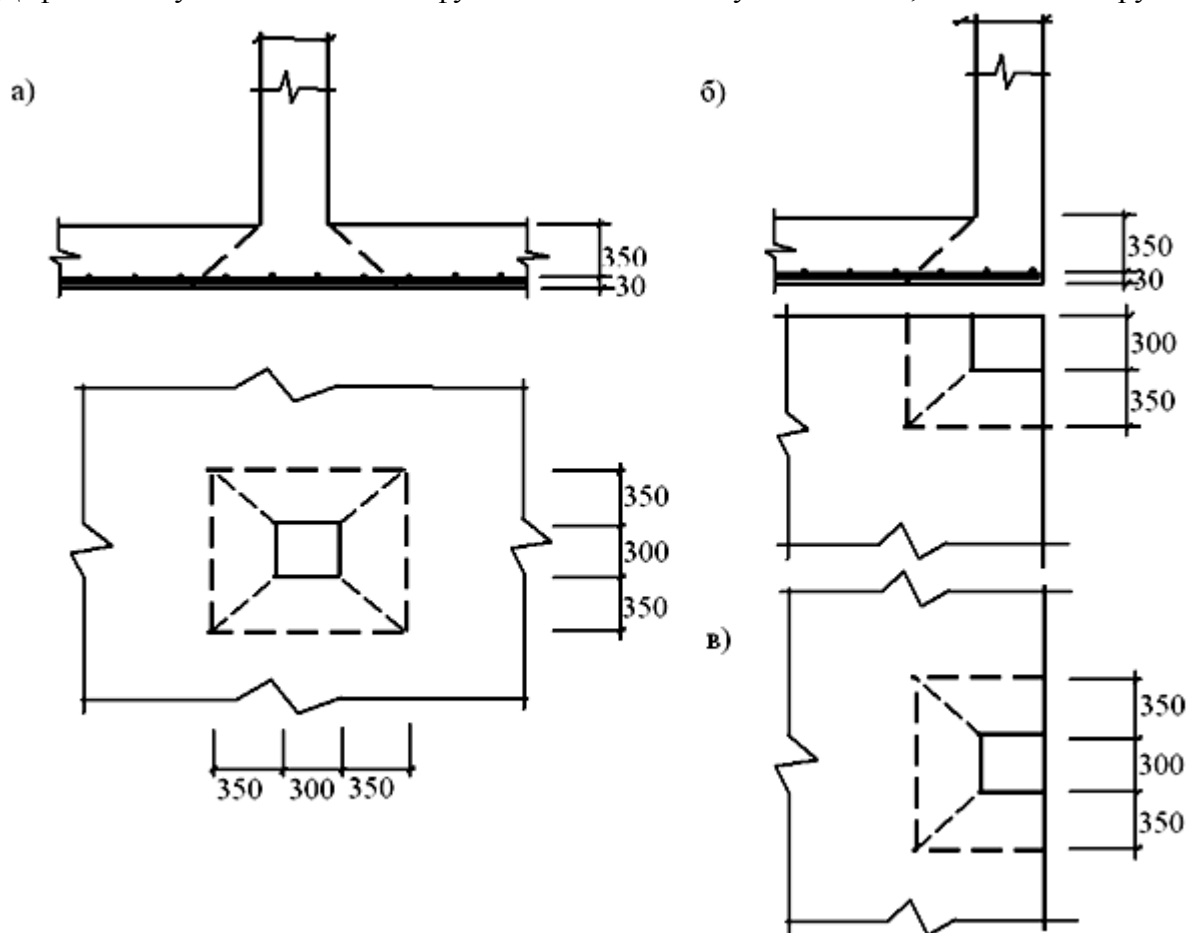


Рис. 4. Пирамиды продавливания под колоннами а) среднего ряда; б) угловыми; в) крайнего ряда.

Это подтвердил и расчёт пространственной системы «здание - фундаментная плита – грунт», выполненный на ПК «Лира-9» с учётом фактических нагрузок и сейсмичности площадки 8 баллов для вариантов:

- 1 – существующего 6-этажного здания без усиления;
- 2 – существующего 6-этажного здания с усилением стойками по крайним рядам колонн;

- 3 - существующего 6-этажного здания с усилением стойками по крайним рядам колонн и дополнительными стойками между средними рядами;
- 4 – 5-этажного здания с усилением стойками по крайним рядам колонн и установкой порталных связей по оси 3 в осях Б – В.

Для первых трёх вариантов установлен не приемлемый дефицит несущей способности фундаментной плиты на продавливание и несущей способности колонн 1-го, 2-го и 3-го этажей.

В последнем случае дефицит несущей способности фундаментной плиты на продавливание ощутимо уменьшился до 3,5%, а дефицит несущей способности колонн средних рядов 1-го, 2-го и 3-го этажей не приемлем.

Анализ результатов расчёта показал, что для обеспечения несущей способности фундаментной плиты на продавливание, несущей способности колонн нижних этажей и обеспечения пространственной жёсткости здания в поперечном направлении необходимо:

- 1 - демонтировать частично возведённые конструкции 6-го этажа, техническое состояние которых не пригодно к нормальной эксплуатации без усиления;
- 2 - концевые участки обойм усиления колонн 1-го этажа расширить до 600 мм по площади контакта с фундаментной плитой приваркой уголков №150/150/7 и ригелями перекрытия 1-го этажа приваркой уголков №100/100/7 по контуру обоймы. После чего у фундаментной плиты и ригелей забить или вдавить домкратами по контуру колонны стальные пластины в натяг, обеспечив включение в работу обоймы с усиливаемой колонной;
- 3 – установить стальные обоймы усиления из уголков 75/75/5 по колоннам 2-го этажа и по колоннам средних рядов 3-го этажа, обеспечив их совместную работу выше указанным способом;
- 4 – установить порталные связи по оси 3 в осях Б – В на всю высоту здания для обеспечения его пространственной жёсткости в поперечном направлении.
- 5 - перемычки в перегородках усилить уголковыми обоймами.

По настоящим рекомендациям разработаны технические решения по усилению конструкций.

ВЫВОДЫ

В каркасных зданиях эффективность работы фундаментной плиты лимитируется её несущей способностью на продавливание под колоннами. Для её повышения целесообразно предусматривать консольные выпуски за наружные ряды колонн по всему контуру здания. Если этого недостаточно или выпуски не возможно разместить из-за стеснённости строительной площадки, в вертикальных плоскостях разбивочной сетки колонн необходимо устраивать рёбра жёсткости. Ширину рёбер жёсткости целесообразно принимать равной ширине сечения колонн, высоту рёбер жёсткости необходимо назначать по расчёту. При заглублении здания в грунт функцию рёбер жёсткости могут удачно совмещать ограждающие и внутренние стены из монолитного железобетона.

Для каркасных зданий более 4-х этажей на фундаментных плитах толщиной 400 мм без рёбер жёсткости принимать сечение колонн нижнего этажа менее 400х400 мм экономически нецелесообразно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд: Затв. наказом від 27 листопада 1997 р. за № 32/288 і введ. до дії з 1 грудня 1997 р. Держкомбуд та Держохоронпраці.- К.: НДІБВ, 1997.
2. Рекомендации по натурным обследованиям железобетонных конструкций/ НИИЖБ.- М.: Стройиздат, 1978.
3. Рекомендации по обследованию и оценке качества с применением неразрушающих методов возводимых и эксплуатируемых конструкций./ НИИЖБ Госстоя СССР.- М.: Стройиздат, 1987.
4. ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля: - М.: Изд-во стандартов, 1988.
5. ДСТУ БВ.2.6-4-95. Конструкції будинків і споруд. Конструкції залізобетонні. Магнітний метод визначення товщини захисного шару бетону і розташування арматури. /Держкомбудархітектури та житлової політики України.-К.: Укрархбуднформ, 1996.
6. ДБН В.1.1.-1-94. Проектування і будівництво цивільних будівель із блоків і каменів пиляних вапняків Кримських родовищ в сейсмічних районах. Київ: Держком України у справах містобудування і архітектури, 1995, с.40.
7. ДБН В. 1.1-12:2006. Строительство в сейсмических районах Украины. Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины. Киев, 2006, - 84 с.
8. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования./Госстрой СССР.- М.: ЦИТП, 1985. – с. 79.

Сафонов А. А., д. арх., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

О новом направлении в формировании мобильного жилища

Названы методы выполнения работ при освоении новых территорий и производственном перепрофилировании обжитых, указаны наиболее распространенные этапы освоения территорий. Выявлены основные группы мобильных жилых построек, которые нашли применение при указанных методах выполнения работ и стадий нового освоения территорий или производственного их перепрофилирования.

Методы выполнения работ, мобильное жилище, передвижное, контейнерное, панельное, освоение территорий.

Рост производительности труда при капиталистическом способе производства позволил начать крупномасштабное освоение новых территорий, производственное перепрофилирование регионов, добычу полезных ископаемых в удаленных районах и т.п. При этом стали массово применять относительно новые методы использования трудовых ресурсов (Рис. 1). Особенности этих методов заключаются в том, что режим труда и отдыха отличается от общепринятого. Освоение новых территорий или производственное перепрофилирование обжитых, как правило, происходит поэтапно: период пионерного освоения, неустойчивого развития и относительной стабильности. Последняя стадия может отмереть в связи с добывающей промышленностью или принять характер устойчивого хозяйственного процесса. Для обустройства этой деятельности появился и динамично развивается новый тип жилой постройки, который располагается в диапазоне между жилищем кочевника и стационарной массовой жилой ячейкой с нормативно зафиксированными показателями её комфортности. Отличаются друг от друга эти типологические группы построек периодами их эксплуатации на одном месте, материалами и конструкциями, из которых они возводятся, способами возведения и перемещения, уровнем благоустройства, а следовательно, и комфортностью проживания в них. Постройки не удаётся пока унифицировать, поскольку условия их создания и эксплуатации связаны с особенностями деятельности предприятий, принадлежащих различным министерствам и ведомствам. Безграничная палитра разнообразия форм, способов перемещения и компоновки данного типа жилища обусловлена многообразием сфер деятельности, которые призваны обслуживать данная типологическая группа и различием требований, которым эти постройки должны соответствовать.

Первые опыты создания такого жилища в шестидесятых годах прошлого века были направлены на сохранение статичности жилища путем сближения времени его эксплуатации с периодом технического износа. Авторы стремились использовать местные долговечные строительные материалы (бутовый камень, глину, дерево, солому и т.п.). Требования практики показали неэффективность этого направления. В восьмидесятых годах предпочтение отдаётся поискам мобильных сооружений полной заводской готовности (Рис. 2-3). Но и это направление оказалось несостоятельным, оно требовало совершенных технологий и в подавляющем большинстве случаев сооружения были нерентабельны.

В конце прошлого века наибольшее распространение получили мобильные жилища, которые по степени их сборности и мобильности можно сгруппировать по трём направлениям (Рис. 2). Жилые постройки каждого из этих направлений имеют свои достоинства и недостатки.

Наиболее совершенны жилые ячейки, оснащенные ходовой частью. Они, как правило, имеют полную заводскую готовность, оборудованы стационарной или складной мебелью, приборами жизнеобеспечения (водопровода, отопления, электроэнергии и утилизации отходов), при наличии наружных сетей их можно подключить к функционирующим системам. Постройки ориентированы на перемещение по суше и воде. Сухопутным транспортом они могут перемещаться по железной дороге, автотранспортом - на колесах или полозьях в зимнее время и по воде на понтонах. К достоинствам этой группы мобильного жилища следует отнести довольно высокую комфортность, минимум работ на местах временного базирования и высокую мобильность. Недостатками сооружений является их высокая стоимость и сложность транспортировки на большие расстояния.

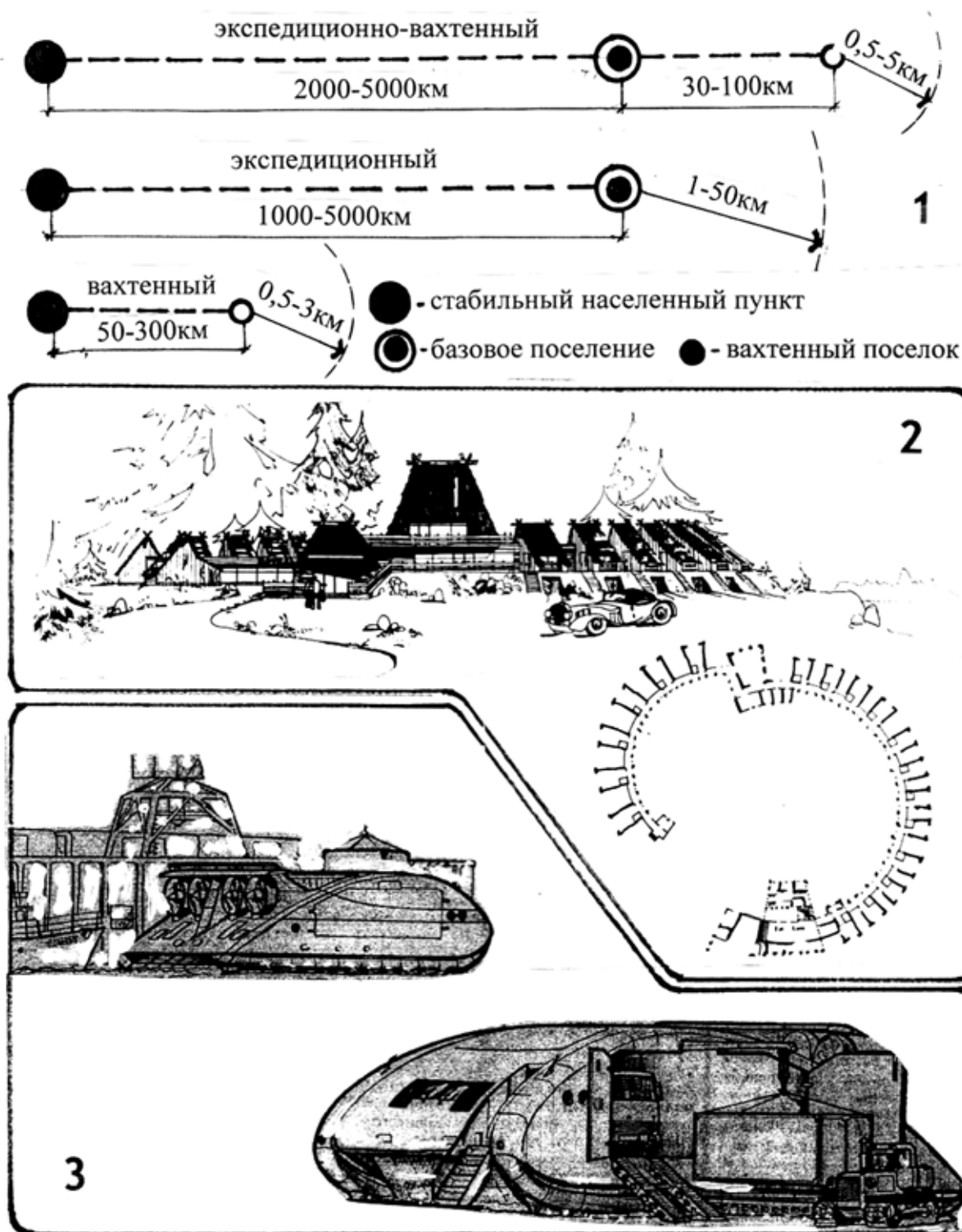


Рис. 1. 1-схема методов освоения удаленных районов; 2-мотель для автотуристов, проектные предложения МарХИ; 3-наземно-воздушная амфибия (НВА), разработана Ленинградским центром по методологии и нетрадиционных технологий

Менее совершенны контейнерные жилища, для их транспортировки требуются специальные платформы или баржи при перевозке по воде, подъемно - транспортное оборудование для погрузочно-разгрузочных работ и монтажа - демонтажа на местах базирования. Для транспортировки обычно используются крупногабаритные транспортные средства, их грузоподъемность используется недостаточно.

К достоинствам этой группы построек следует отнести их высокую заводскую готовность. Для сборки на месте не требуются высококвалифицированные рабочие. Есть возможность компактного монтажа жилых образований для сокращения эксплуатационных расходов.

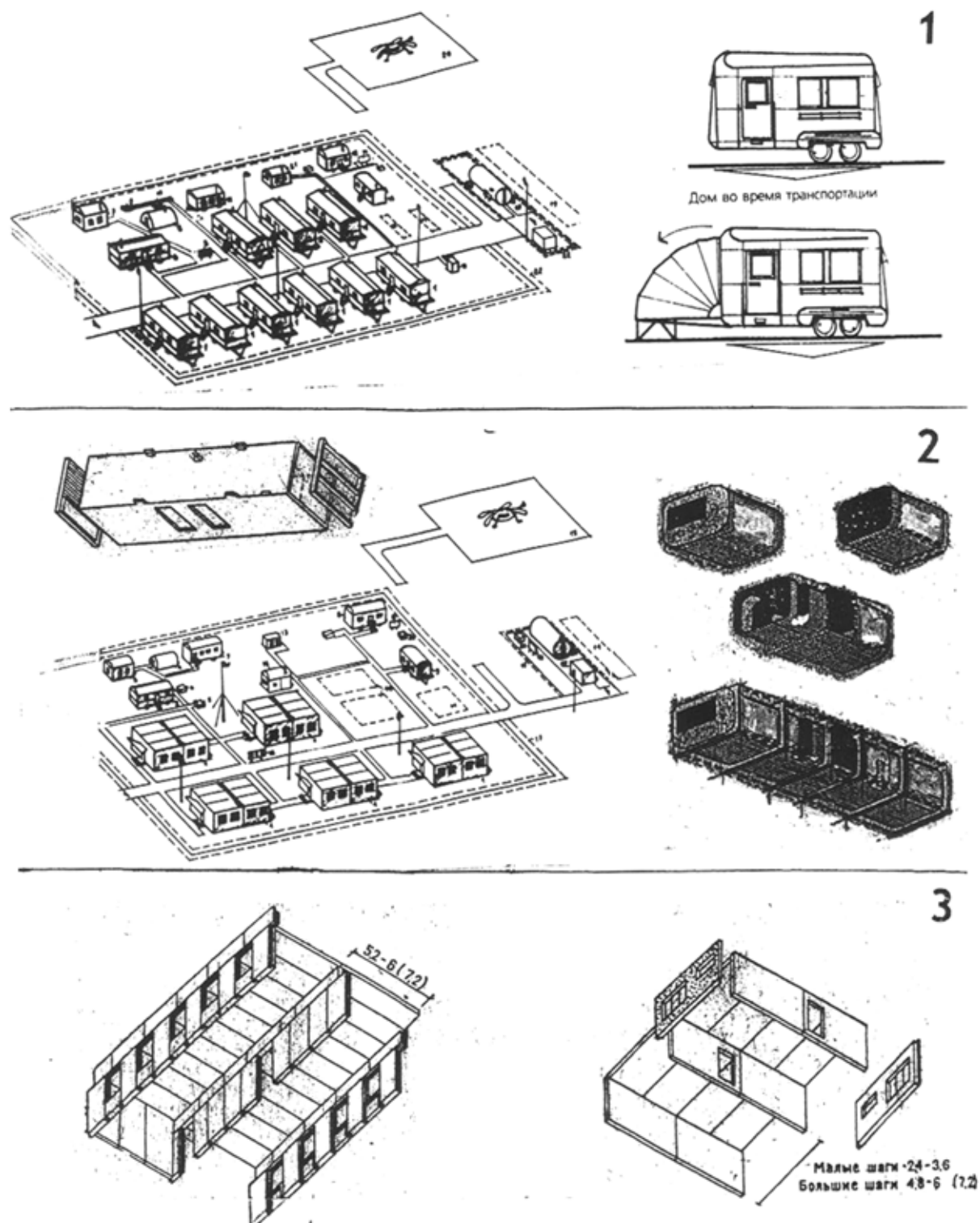


Рис.2. 1-временное поселение из мобильных жилых сооружений; 2 временное поселение из контейнерных жилых построек и контейнерных сборных блоков; 3-типы панельных сооружений для обустройства базовых и долговременных мобильных поселений

Наиболее удобными для перевозки на большие расстояния являются панельные постройки. Они обычно комплектуются в заводских условиях в компактные стационарные упаковки и зачастую рассчитаны на перевозку любым грузовым транспортом. Каркасы и обшивка панелей, выполненные из легких металлических сплавов с использованием эффективных утеплителей, позволяют обеспечить вес панелей, который даёт возможность выполнять работы по сооружению построек без использования подъёмно-транспортного оборудования, но требует высококвалифицированной рабочей силы. Число перемещений (оборачиваемость) построек существенно меньше двух вышеназванных групп.

Методы проведения работ и стадии освоения новых территорий или видов деятельности взаимосвязаны. На этапе пионерного освоения применяют вахтенный метод, поселки создают на базе мобильных домиков, оснащенных ходовой частью, или из контейнерных блоков. Экспедиционный и экспедиционно-вахтенный методы применяют на стадиях неустойчивого развития и относительной стабильности. Периоды эксплуатации поселений, а, следовательно, и построек здесь значительно продолжительнее. Базовые поселения обычно рассчитывают на длительное проживание работников с семьями, поэтому требования к комфортности жилых построек в этих поселениях более высокие. Здесь наибольшее распространение получили панельные и контейнерные постройки.

ВЫВОДЫ

1. Переход к капиталистическому способу производства позволил многократно поднять производительность труда, что стало основанием промышленного освоения ранее не эксплуатировавшихся территорий и перепрофилированием хозяйства в обжитых районах. Для расселения трудящихся, выполняющих работы на начальных стадиях этой деятельности, создаются базовые поселения и вахтенные поселки, которые застраиваются мобильными жилыми сооружениями.
2. В практике современного обустройства временных поселений наибольшее распространение получили три группы мобильных жилищ: полносборные, оснащенные ходовой частью; контейнерные цельные или сборные из отдельных блоков; панельные из плоских или плоских и линейных элементов. Они отличаются мобильностью, сборностью, кратностью перемещений и уровнем комфорта.
3. Мобильное жилище занимает промежуточное положение между современным жилым домом и жилищем кочевника. Его удобства выше укрытия кочевника, но, как правило, ниже нормативных требований к комфортности современной квартиры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кадников В.В., Миленина Э.А. Формирование расселения в северных районах Западной Сибири. – В кн.: Планировка и застройка северных городов. - Киев, «Будівельник», 1974. – С. 18-21.
2. Зимин Л.И., Лазарева В.Г. Вахтенные жилые комплексы для Севера. – Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1978. – 152 с.
3. Красоленко Г.В. Вероятностная оценка устойчивости расселения: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Л., 1968. – 19 с.
4. Методические рекомендации по структуре жилищного и культурно-бытового строительства на 1971-1980 гг. в городах и поселках, расположенных в районах Крайнего Севера Тюменской области, СибЗНИИЭП под редакцией В.Г. Терехина. - Новосибирск, 1973. - 64 с.

Сафонов А. А., арх., профессор; Сафонова А. А., инженер
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Открытые театры, их типология и возможности использования в условиях Крыма

Выявлены территориальные возможности строительства открытых театров в Крыму. Указаны направления их функционального использования в современных условиях. Приведены краткие исторические сведения о создании и функционировании открытых театров. Даны рекомендации по проектированию открытых театров в современных условиях Крыма.

Открытый театр, типология, функция, искусство, отдых, информация, проектные предложения.

Востребованность театра в современном мире возрастает. Эмоционально – чувственное восприятие зрителем происходящего на сцене, некая магия гипноза возможна лишь при непосредственном визуальном контакте «зритель – актёр». По мнению известного режиссера Марка Захарова, при переносе на экран кино или телевидения театрального представления исчезает ощущение сопричастности, и зритель превращается в пассивного наблюдателя. При этом эффективность решения задачи искусства (духовное совершенствование человека) многократно снижается, очевидно, этим и объясняется возрастающая в обществе потребность театра.

Открытые театры в силу их простоты, незначительных затрат на строительство и эксплуатацию могут использоваться в туристско- экскурсионной деятельности как место проведения инструктажа, лекций, бесед и т. п. С ростом самосознания населения и развивающейся демократии они могут оказаться полезными для неформального общения жителей поселений.

Для строительства открытых театров в Крыму имеются территориальные ресурсы, это, прежде всего, отработанные и неиспользуемые карьеры, участки со сложным рельефом и другие неудобья, неиспользуемые в настоящее время [1]. Природно-климатические условия позволяют эксплуатировать открытые сооружения от восьми до десяти месяцев в году.

Возникли открытые театры или специально оборудованные площадки в глубокой древности. На Руси такие сооружения использовали для проведения языческих обрядовых представлений. Наибольшее распространение открытые театры получили в Древней Греции. Наряду с храмами они стали обязательным элементом городской застройки, о чем свидетельствует их наличие во всех греческих городах – колониях, созданных в Крыму в I в. до н.э. – III в. н.э., рис. 1.1. В отечественной практике открытые театры массово стали сооружать в советский период. Поскольку они создавались преимущественно в зонах отдыха и отсутствовали устоявшиеся традиции использования этих театров, то терминология их названий была весьма разнообразной, «зеленые», «ландшафтные», «летние», «парковые» и т. п. В послереволюционный период их распространение объясняется желанием молодёжи вырваться из удушающего замкнутого мирка «домостроя» к новым горизонтам «свободы, равенства и братства». Местом воплощения этих устремлений и поисков новых форм общения стали открытые парковые сооружения. После предвоенного террора, трудностей и огромных жертв Великой отечественной войны у народа вновь появилась надежда на лучшее будущее. Снова раздаются звуки маршей и лирических мелодий из городских парков, и как прежде открытые театры становятся одним из основных мест общения горожан.

Археологический раскоп театра в Херсонесе, рис. 1.2. свидетельствует о том, что элементы сооружения и их местоположение принципиальных изменений не претерпели. Театрон (места для зрителей), оркестра (оркестровая яма) и просцениум (помост для представлений или сцена) лишь стали несколько разнообразнее по форме и размерам. Форма плана площадки для зрительских мест, её площадь и уклон определяют типологические разновидности современных открытых театров, рис. 1.3. Основным показателем их качества являются условия восприятия действия зрителем, громкость и разборчивость звуков, видимость поля действия. Визуально воспринимаемая человеком с нормальным зрением при неподвижном положении головы вертикальная плоскость показана на рис. 2.1. Театральное действие должно происходить в пределах данной плоскости, а зрителю ни что не должно препятствовать её восприятию. Для выполнения данного условия,

линия, соединяющая глаз зрителя и центр сцены – Р, должна проходить выше отметки верха головы впереди сидящего зрителя, чтобы выполнить это условие основание театрона, на которое устанавливаются места зрителей, должно иметь соответствующий уклон в сторону сцены. Известны два способа определения оптимального значения этого уклона. Схема графического построения профиля уклона показана на рис. 2.2. Минимальные размеры исходных величин целесообразно принять (по данным Геллинека) о – расстояние между рядами мест 80 см; С – превышение глаза зрителя и кривой видимости 12,5 см; в – превышение уровня глаз зрителей первого ряда над уровнем плоскости сцены 15 см; уровень глаз зрителей над уровнем пола 115 см.

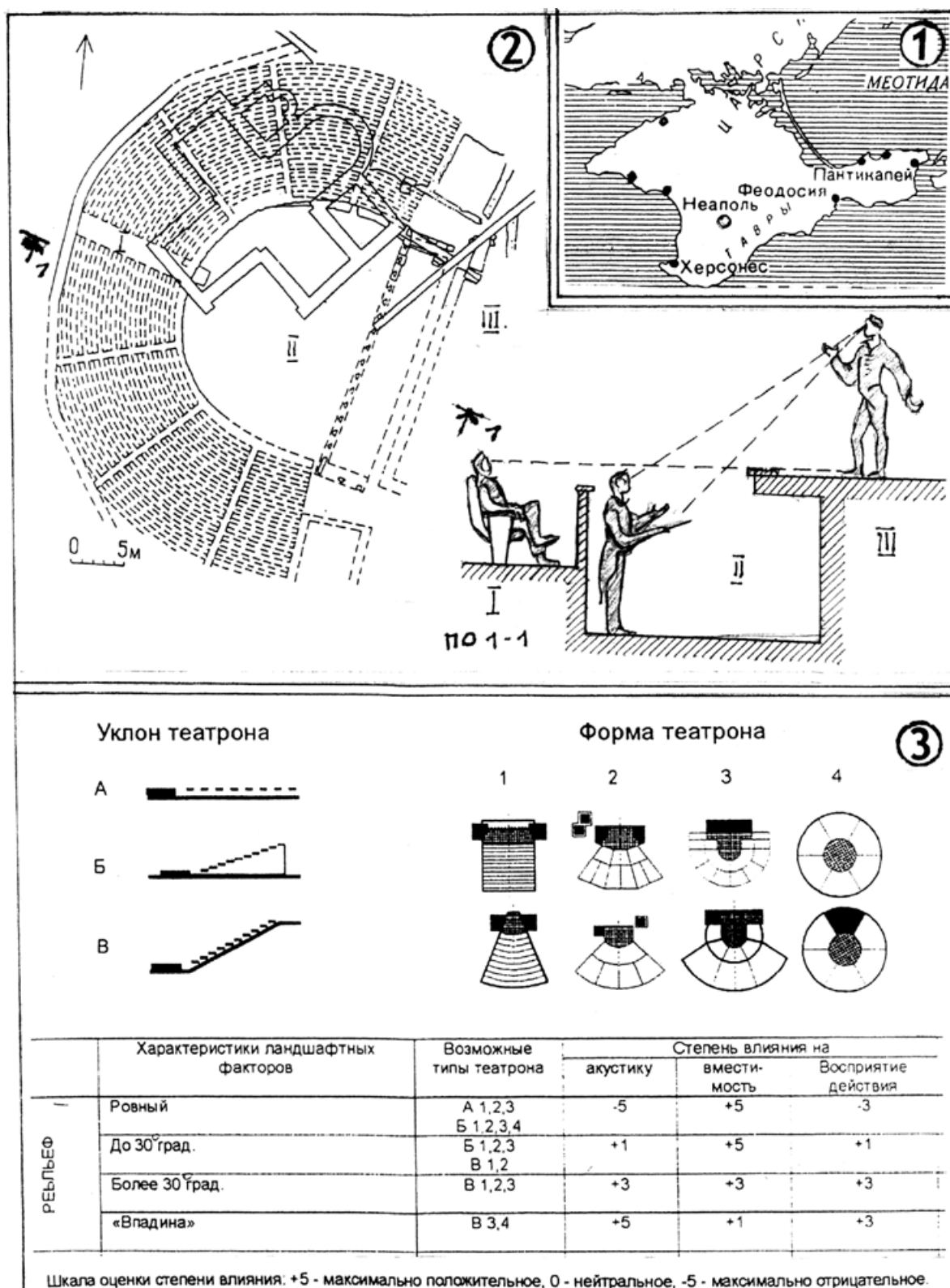


Рис. 1.1- схема греческих городов - колоний в Крыму; 2 - схема плана и разреза открытого театра в Херсонесе; 3 - типология открытых театров по Гриманову А. А.

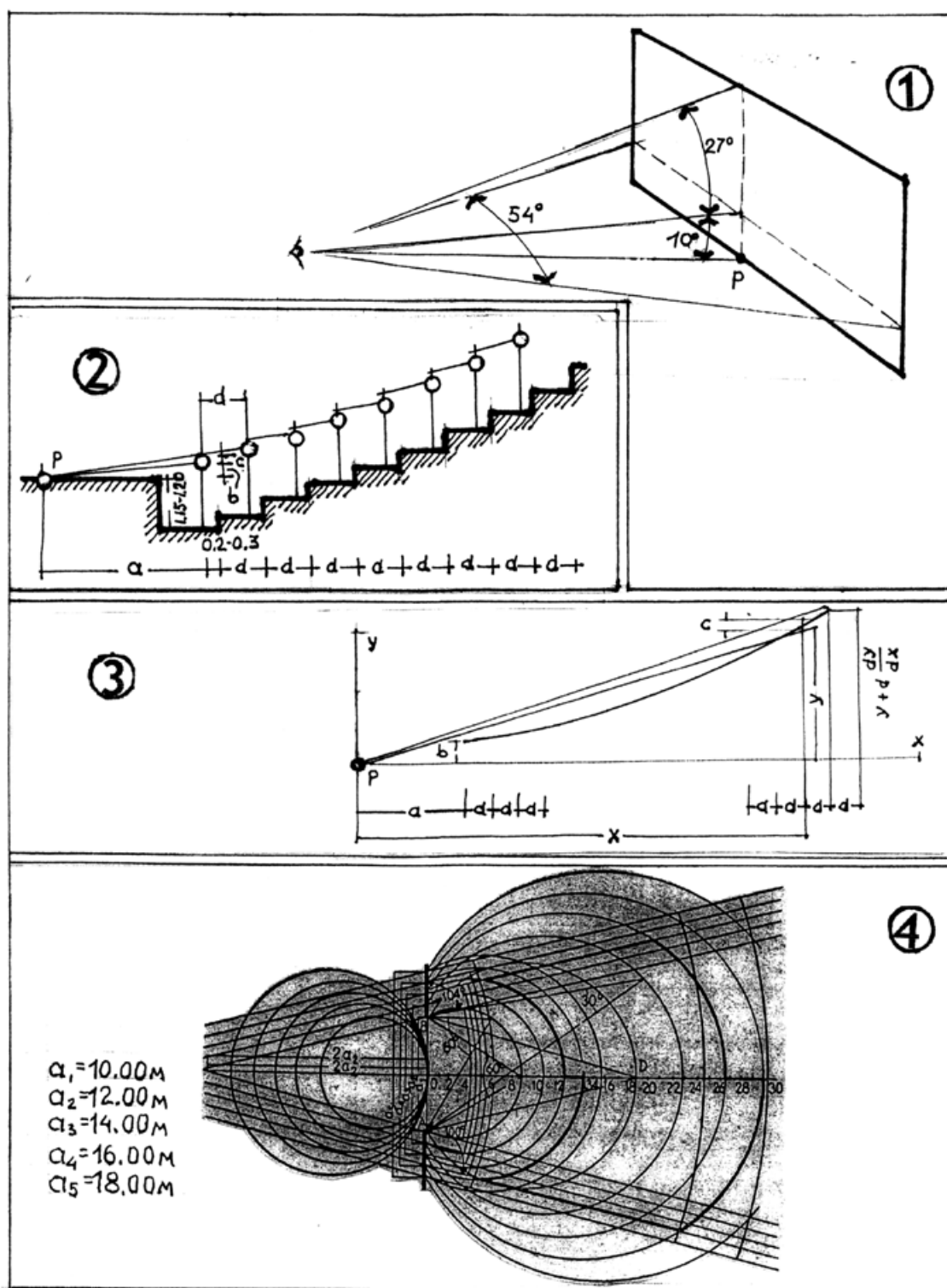


Рис. 2. 1 - поле видимости при неподвижном положении головы зрителя; 2 -графическое построение кривой видимости; 3 - аналитическое построение кривой видимости; 4 - размеры проскениума, зонирование мест по величине угла зрения и глубина видимой части проскениума для театра

Аналитический способ, рис. 2.3 позволяет сразу определить высоту расположения любого места зрительного зала над уровнем плоскости сцены – y , по формуле [2]:

$$y = -\frac{2.31}{d} Lg \times \frac{x}{a} + \frac{x}{a} - c, = -\frac{2.31}{d} Lg \times \frac{x}{a} + \frac{x}{a} - c,$$

где a – расстояние от точки сцены P до первого ряда зрителей – 5 м ;

x, y – координаты любого места в зрительном зале по отношению к точке сцены P , принятой за 0 системы координат.

В открытых театрах зритель должен различать не только жесты, но и мимику актёра. Это условие определяет удаление зрительских мест от сцены, зонирование мест по величине угла зрения, размеры и глубину сцены, рис. 2.4.

Все типологические разновидности открытых театров можно использовать на ровном рельефе, см. рис. 1.3, но при этом требуются дополнительные затраты для устройства искусственного основания театрального и акустика в таких сооружениях наихудшая.

Состав и габариты элементов открытого театра были разработаны профессором Л. Б. Лунцем [3] с незначительной корректировкой, эти предложения можно использовать в современной проектной практике, табл.

Таблица

Состав элементов открытого театра и их габариты

Наименование помещений и площадок	Кол-во	Общая вместимость (чел.)	Пропускная способность (чел.) в день	Норма площади на 1 чел. или объект м^2	Общая площадь м^2	Высота м	Объем м^3
1	2	3	4	5	6	7	8
Открытый театр Вместимость – 1000чел.							
Летние сооружения							
Эстрада	1	100	-	1,3	130	4,15	539,5
Артистические уборные	2	-	-	10,0	20	3,15	63,0
Помещение администрации	1	-	-	10,0	10	2,8	28,0
Помещение охраны	1	-	-	10,0	10	2,8	28,0
Инвентарная	1	-	-	20,0	20	3,9	78,0
Уборные	2	20	1800	1,5	30	2,8	84,0
Итого...					220		
820,5							
Сооружения	-	-	-	-	220	-	887,7
Места для зрителей	-	-	-	-	360	-	-
Общая площадь	-	-	-	-	604	-	-

ВЫВОДЫ:

1. Крым располагает благоприятными территориальными ресурсами и природно-климатическими условиями для строительства и эксплуатации открытых театров.
2. Открытые театры будут способствовать дальнейшему совершенствованию театрального искусства, рекреационной деятельности в Крыму. Что, в свою очередь, окажет положительное влияние на повышение культурного уровня и самосознания народов Крыма.
3. Методы проектирования открытых театров, приведенные в работе, могут использоваться в современной проектной практике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Сафонов А.А., Катляр А.С., Петриченко Е.А. О возможностях использования отработанных карьеров в рекреационной деятельности Крыма // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр. - Симферополь: КАПКС. 2004. - С. 66 – 73.
2. Нейферт Э. Строительное проектирование. / Пер. с нем. К. Ш. Фельцмана, Ю. М. Кузьминой; под ред. З. И. Эстрова и Е. С. Роевой. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1991. – С. 337.
3. Лунц Л. Б. Парки культуры и отдыха. Госстройиздат, М.: 1935. – С.123-126.

Чемодуров В.Т., д.т.н., профессор, Попов А.Г., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

Применение пружинно-массовых схем сооружений для оценки их реакции на динамическую нагрузку

Предложены динамические модели сооружений, предназначенные для оценки их реакций на импульсную нагрузку. Актуальность исследования связана с попыткой упрощения вычислений, производимых в настоящее время и опирающихся на законы деформации тел. В работе предлагается разбиение сооружений на абсолютно твердые элементы, соединенные упругими связями. Излагаемый подход к оценке ударостойкости сооружений является дискуссионным и требует дальнейшей разработки..

Сооружения, ударостойкость, жесткость, демпфирование, пружинно-массовая схема, механико-математическая модель.

При нагружении импульсными (сейсмическими) нагрузками сооружения получают сотрясение. Предельные нагрузки обычно лимитируются ударостойкостью сооружений, которая обеспечивается в том случае, если усилия во внутренних связях, перегрузки в ряде критических точек, ударные спектры в местах крепления внутреннего оборудования при сотрясении сооружения не превышают заранее заданных (предельных) значений. Оценка ударостойкости сооружений при его сотрясении с помощью конструктивно подобранных моделей является трудно разрешимой задачей. Вместе с этим оценку ударостойкости сооружений при сотрясении легко получить с помощью механико-математической модели его колебания. Такая модель позволяет с достаточной степенью адекватности воспроизвести реакцию сооружения на внешнее нагружение. Универсальные возможности механических математических моделей предопределили широкое их распространение при расчетах динамического нагружения сложных систем. В них использованы различные подходы к представлению рассматриваемого объекта моделирования, например, с помощью методов конечных элементов, граничных элементов, пружинно-массовых схем. В последнем случае непрерывно распределенная масса объекта воздействия заменяется дискретными массами, приведенными к его отдельным узлам. Упругие связи заменяют невесомыми пружинами, внутреннее трение учитывают при помощи декрементов затухания, определяемых экспериментально.

Наиболее полно применение пружинно-массовых схем в расчете динамики объектов рассмотрено в работе Колесникова К.С. [1,2]

Пружинно-массовая схема такого сложного объекта моделирования, каким является промышленное или гражданское сооружение, обычно может содержать от нескольких десятков до нескольких сотен дискретных масс, соединенных в общую схему. Поэтому рассматривать математическое описание происходящих в нем процессов при исследовании динамического нагружения сооружения возможно лишь с применением ЭВМ.

В механико-математической модели колебания сооружения при внешнем воздействии описывают системой дифференциальных уравнений второго порядка, определяющей состояние каждого узла пружинно-массовой схемы в последующий момент времени $(t + \Delta t)$ в зависимости от состояния данного и соседних узлов в два предыдущих момента времени (t) и $(t - \Delta t)$.

$$\ddot{m}_i x_i = c_{i-1,i} (x_{i-1} - x_i) + h_{i-1,i} (\dot{x}_{i-1} - \dot{x}_i) - c_{i,i+1} (x_i - x_{i+1}) - h_{i,i+1} (\dot{x}_i - \dot{x}_{i+1}) \quad (1)$$

Здесь: m_i - масса i -го элемента сооружения ;

$c_{i-1,i}$ - жесткость, связывающая массы с индексами $i-1$ и i ; $h_{i-1,i}$ - коэффициент демпфирования, соответствующий жесткости $c_{i-1,i}$; $x_i, \dot{x}_i, \ddot{x}_i$ - перемещение, скорость и ускорение i -ой точечной массы.

Схематично зависимость (1) представлена на рисунке 1.

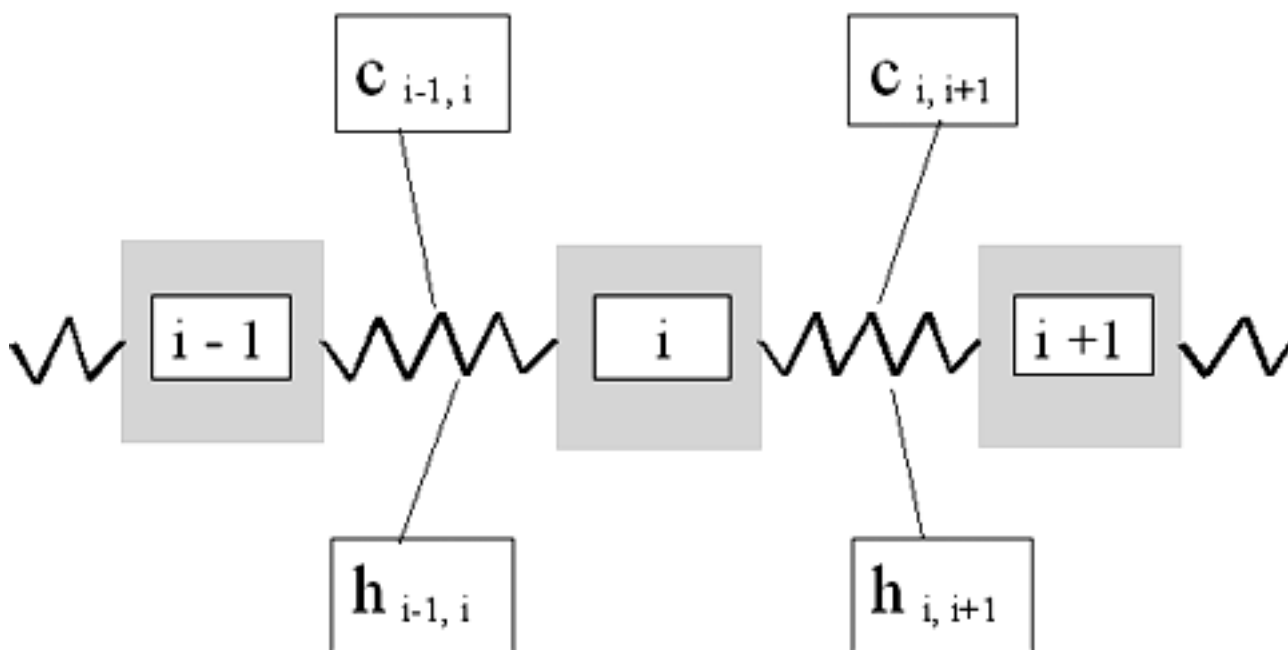


Рис.1 Механико-математическая модель сооружения

В матричном виде эта система имеет вид

$$\overline{A}x + \overline{B}x + \overline{C} = \overline{F} \quad (2)$$

Здесь $\overline{A}, \overline{B}, \overline{C}$ - соответственно квадратные матрицы инерции, затухания и восстановления (жесткости); $\overline{F}$ - вектор-столбец возмущающих функций.

При импульсном (сейсмическом) нагружении сооружения только часть элементов столбца $\overline{F}$, отличные от нуля, – элементы, соответствующие внешней силе, действующей на элементы фундамента сооружения. Выходными параметрами модели являются: ускорение в любом узле конструктивно-массовой модели, усилие в связях, спектр ускорений для любого узла системы. При проведении расчетов определяют наиболее слабое звено и по нему оценивают стойкость всего сооружения.

Первоначальную пружинно-массовую модель вполне возможно уточнить за счет учета пластических свойств ее элементов, реологии наполнителей и других физических особенностей.

Описанный подход реализован в ПК ЛИРА, в котором строительные сооружения представляют в виде суперэлементной расчетной модели. На количество неизвестных не налагается никаких ограничений. Выбор разбивки схемы на суперэлементы или только на конечные элементы остается за пользователем.

Использование суперэлементов целесообразно в следующих основных случаях:

- * предполагаемый размер объекта при конечно-элементной разбивке превосходит возможности компьютера (память, быстродействие, плохая обусловленность матрицы);
- * в объекте содержится большое количество идентичных конструктивных элементов (панели, объемные блоки и т.п.);
- * в сооружении присутствуют типовые конструктивные элементы, которые уже были сформированы для ранее рассчитанных объектов;
- * в сооружении имеет место локальное сосредоточение нелинейно деформируемых элементов.

Часто встречается ситуация, когда сооружение содержит несколько разнородных объектов, которые различаются по материалу, по набору конечных элементов, по геометрии и т.п. Это может, например, быть силосный комплекс, связанный галереями и опирающийся на плиту на упругом основании. Представление такого объекта в виде конечно-элементной схемы приводит к очень большому размеру задачи, а расчленение его на суперэлементы может существенно ее уменьшить. В этом случае расчетная модель может состоять из трех типов суперэлементов: первый - плита на

упругом основании, второй - силосная башня и третий - конструкция галереи.

При расчете панельных домов мелкая разбивка каждой панели приводит к большой размерности задачи, а применение суперэлементов позволяет существенно снизить влияние размерности подобных задач на скорость их выполнения. При этом еще следует учесть, что количество типов суперэлементов в подобных задачах, как правило, невелико.

Существенного сокращения времени счета можно достичь при решении нелинейных задач, в которых присутствуют крупные линейно деформируемые включения. Например, сложные здания (панельные или каркасные дома, силосные башни, резервуары), опирающиеся на упругое основание. Для таких зданий учет нелинейной работы основания имеет существенное значение. В этом случае надземное строение необходимо объявить суперэлементом, матрица жесткости которого на каждом шаге нелинейного расчета остается неизменной.

Применение суперэлементов требует определенного навыка, поэтому рекомендуется осваивать работу с ними только после подробного ознакомления со всеми другими возможностями ПК ЛИРА.

При использовании суперэлементной модели конструкции, основную расчетную схему расчленяют на несколько расчетных схем, которые называют схемами суперэлементов. Узлы стыковки суперэлементов с основной схемой называют суперузлами (рис. 2).

Алгоритм решения задачи с применением метода суперэлементов (МСЭ) основывается на следующей идеологии: пусть исследуемый объект расчленен на S подсхем (суперэлементов), которые объединяются в общую основную схему при помощи N_0 узлов (суперузлов).

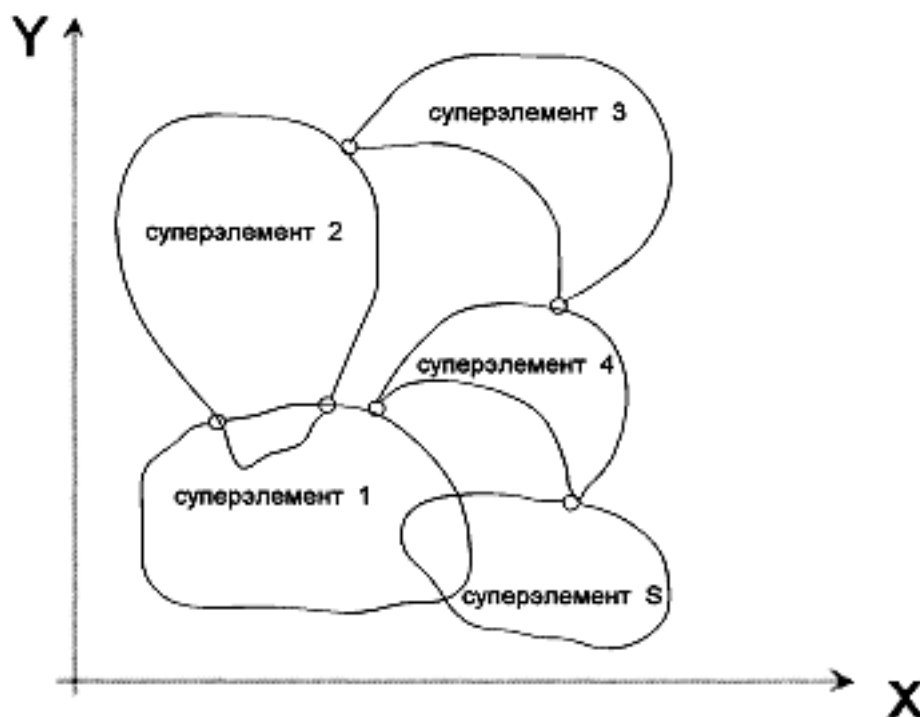


Рис. 2 Схема суперэлементной модели конструкции

Если через N_1 обозначить количество внутренних узлов первого суперэлемента, через N_2 - узлов второго и т.д., а затем пронумеровать суперузлы, то система уравнений примет вид, показанный на рис. 3:

Решение задачи в такой постановке можно провести двумя способами: либо составить систему уравнений полностью и решить ее, либо составлять и решать ее по частям. Сначала составить уравнения для первого суперэлемента, т.е. A_1, A_{10}, Q_1 и частично A_0, Q_0 , затем сделать исключение N_1 неизвестных. Далее проделать то же для остальных суперэлементов, сложить отдельные части A_0, Q_0 , решить полученные уравнения, и определив перемещения суперузлов, сделать обратный ход для всей системы.

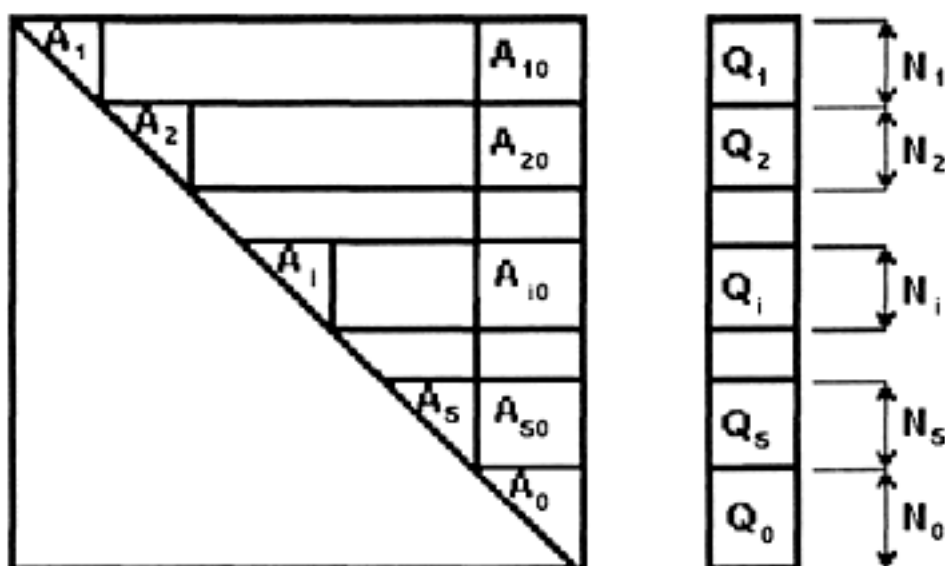


Рис.3. Схематичный вид системы уравнений для решения задачи с применением метода суперэлементов (МСЭ)

Если суперэлементы отличаются один от другого, то оба способа идентичны как в отношении количества вычислений, так и в отношении точности счета. Если же в схеме имеются одинаковые суперэлементы, то количество вычислений можно существенно сократить, если проделать все вычисления для одного из них и полученные результаты использовать для остальных суперэлементов этого же типа. Такой подход справедлив и в том случае, когда суперэлементы одного типа различно ориентированы относительно глобальной системы координат основной схемы.

Теоретически суперэлементы в свою очередь можно расчленять на подсхемы (суперэлементы 2-го ранга), развивая этот процесс и организуя своеобразную многогранговую рекурсию. Расчленение на подсхемы обычно не вызывает особых затруднений. Как правило, оно органически связано с конструктивными особенностями объекта как, например, в зданиях из объемных блоков.

В ПК ЛИРА реализован только один ранг суперэлементов. Разработчики полагают, что в подавляющем большинстве случаев этого

достаточно для описания расчетной схемы очень высокой размерности.

Рассматривая суперэлементы как конечные элементы, для которых матрица жесткости строится не аналитически, а при помощи численного расчета, можно предложить два алгоритма построения матрицы жесткости. Первый заключается в том, что на суперузлы рассматриваемого суперэлемента налагают связи, а элементы матрицы жесткости определяют как реакции в этих связях от последовательных единичных смещений по направлению этих связей.

Другой алгоритм основан на том, что в физическом смысле исключение j -того неизвестного по Гауссу соответствует освобождению от j -ой связи. Это приводит к следующей схеме построения матрицы жесткости: составляют канонические уравнения для всех узлов i -того суперэлемента; производят исключение N_1 неизвестных, соответствующих внутренним узлам; оставшаяся часть N_{10} не исключенных уравнений, соответствующих суперузлам, и будет искомым матрицей жесткости.

В ПК ЛИРА использован алгоритм второго типа. При этом суперузлы для суперэлемента следует нумеровать в последнюю очередь. Связанные с таким подходом затруднения в ПК ЛИРА преодолены следующим образом. Во-первых, нумерация степеней свободы для суперузлов (с учетом того, что они должны иметь последние номера) производится автоматически. Это позволяет не заботиться о порядке нумерации узлов суперэлемента. Во-вторых, в ПК ЛИРА реализован метод Гаусса, использующий существенную «разрыхленность» матрицы канонических уравнений. Тогда составление системы уравнений производят в компактной форме - составляют информацию только о ненулевых элементах с учетом их расположения в системе уравнений, а разворачивание

производят только в процессе исключения.

Информацией о наличии суперэлементов в схеме является их особая индексация в исходных данных. Каждый тип суперэлемента описывают и задают полным комплектом документов как для отдельной расчетной схемы, за исключением некоторых изменений.

После ввода исходных данных производят проверку на наличие в них суперэлементов.

При наличии суперэлементов организуют последовательный ввод исходных данных для каждого типа суперэлемента. Построение матрицы жесткости и определение супернагрузок (приведение нагрузки с области суперэлемента в суперузлы) реализованы как отдельный, специально построенный расчет.

Полученную систему канонических уравнений обрабатывают неполным прямым ходом по Гауссу до неизвестных, относящихся к суперузлам. Необработанная часть системы канонических уравнений является искомой матрицей жесткости рассчитываемого суперэлемента и ее записывают в соответствующие наборы данных.

Аналогичным образом производят определение супернагрузок. Если нагрузка распределена по области суперэлемента, то выполняют построение столбцов правых частей канонической системы и их обработку неполным прямым ходом Гаусса. Необработанные элементы столбцов являются супернагрузками для рассматриваемого суперэлемента и их записывают в соответствующие наборы данных.

После этого производят расчет основной схемы. В результате решения системы канонических уравнений основной схемы определяют перемещения суперузлов. Затем производят расчет каждого суперэлемента, который по сути является расчетом на заданные перемещения, а именно перемещения суперузлов, полученные из расчета основной схемы. Здесь используют уже имеющуюся систему канонических уравнений суперэлемента, обработанную неполным прямым ходом по Гауссу. Для нее выполняют несколько (по количеству загрузжений) обратных ходов. И, наконец, вычисляют перемещения внутренних узлов суперэлемента и определяют остальные компоненты напряженно-деформированного состояния.

ВЫВОД:

Не смотря на детальную разработку программного продукта ПК «Ли́ра», ориентированного на расчет строительных сооружений, данный подход основан на реализации численных математических методов не идеальной точности. Накапливаемая ошибка зависит от размера задачи и может существенно исказить результаты расчета. В связи с этим существует необходимость проводить сравнительные оценки реакции объектов на внешнее воздействие различными методами расчета. Один из таких методов и представлен в начале статьи (рис.1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесников К.С. – Продольные колебания ракеты с жидкостным ракетным двигателем. «Машиностроение», М., 1971 г.
2. Колесников К.С. – Динамика конструкций. «Машиностроение», М., 1980 г.
3. «Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций ЛИРА 9.0. Руководство пользователя. Книга 1. «Основные теоретические и расчетные положения. Некоторые рекомендации». Киев – 2002 г.

Раздел 2. Основания и фундаменты, механика и сейсмостойкость

УДК 000.000

Кудлай Д.А., аспирант

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Анализ перемещений объектов на катковой сейсмоизоляции при плоском движении

Предлагается аналитическое решение задачи плоского движения центра масс здания на сейсмоизоляции каткового типа с использованием уравнений Лагранжа. Описывается ряд экспериментов, подтверждающих полученные выводы.

Землетрясения, здания, сейсмоизоляция, уравнение Лагранжа, кинематические опоры.

После утверждения с февраля 2007 года новых норм, касающихся сейсмостойкого строительства, сейсмическая опасность многих территорий Украины выросла в среднем на один балл, что привело к увеличению затрат материальных ресурсов на возведение зданий в этих районах. Все это делает актуальным вопросы, касающиеся развития и совершенствования современных систем активной сейсмозащиты, прежде всего сейсмоизоляции. Сейсмоизоляцией называется существенное снижение сейсмического воздействия на часть сооружения, расположенную выше фундамента, путем установки каких-либо систем или элементов между этой частью сооружения и фундаментом.

Еще в древности в некоторых случаях строители с целью ослабить действие землетрясений на сооружения пытались изолировать здания от их основания путем устройства мягких прокладок на уровне верха фундаментов. Так, в III-VII вв. некоторые монументальные сооружения Средней Азии строили на песчаных подушках, в X-XVII вв. – на подушках из чистой глины, в цокольной части стен прокладывали мягкие камышовые прослойки. Однако, будучи спрессованными тяжелой кладкой стен и старея со временем, эти слои вряд ли надежно служили своей цели.

В начале XX в. после крупных землетрясений, потрясших разные точки земного шара, интерес к вопросам сейсмоизоляции поднялся на новый уровень. В 1925 году было опубликовано предложение М. Вискордини по устройству в подвальной части зданий катковых опор или колонн со сферическими верхними и нижними опорами. И с этого момента начинается усиленное развитие систем, которые можно отнести к активной сейсмозащите.

Наиболее перспективной с точки зрения физического процесса гашения колебаний здания в сейсмической волне являются опоры в виде эллипсоидов вращения или стоек со сферическими поверхностями торцов. Кроме того, к преимуществам таких систем можно отнести также наличие некоторых предпосылок аналитического описания этих систем. Но несмотря на достаточно большое количество подобных устройств, они не нашли широкого применения в сейсмостойком строительстве. Одной из главных причин, которая не позволила широко применять эти опоры, является недостаточная изученность поведения такого рода систем при сейсмических воздействиях с доминантными периодами больше 1 с. При таких землетрясениях здание с кинематическими опорами способно получить значительные смещения, при которых может произойти потеря устойчивости всего сооружения и его полное обрушение. Решить эту проблему может строгая математическая модель, позволяющая описать движение здания при различных вариантах изолирующих опор и сейсмических воздействий.

Наиболее полно систему кинематических опор описывает в своих работах В.В. Назин [2]. Рассматривая предпосылки, которые использовал В.В. Назин, можно обнаружить ошибку, которая могла привести к неточному конечному результату. Для расчетов размеров зерна (Зерном мы называем единичное устройство изоляции, которое В.В. Назин называл двойным шаровым сегментом) изоляции он рассматривал исключительно движение самого зерна, при

этом, для нахождения кинетической и потенциальной энергии движения системы, он использовал массу двойного шарового сегмента и его момент инерции, не учитывая при этом массу самого здания, которая во много раз превосходит массу зерна и тем самым оказывает влияние на движение в целом. Данная система рассматривает зерно изоляции только лишь как кинематическую систему, которая заставляет двигаться центр масс здания по определенной траектории. Для нахождения уравнения траектории движения центра масс здания, учитывая симметричность системы, использовали плоскую модель движения с одной степенью свободы - углом поворота зерна изоляции. Все движение описывали в неподвижной системе координат, связанной с фундаментом здания. Центр системы координат находится в месте соприкосновения зерна изоляции с фундаментом, когда вся система находится в положении равновесия. Также в выводе траектории использовали параметры зерна изоляции, число которых представляет собой наименьшее необходимое количество геометрических величин, однозначно определяющих форму зерна. (см. рис. 1.)

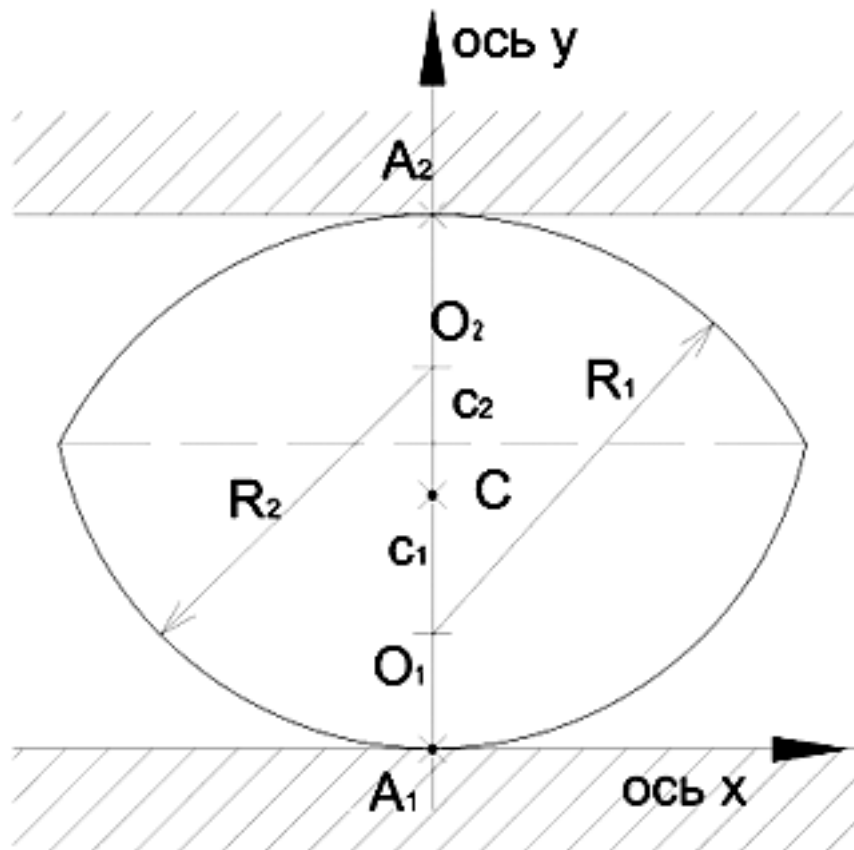


Рис. 1. Зерно изоляции в положении равновесия

Принятые обозначения:

C – центр масс зерна изоляции.

R_1 – верхний радиус кривизны зерна.

R_2 – нижний радиус кривизны зерна.

O_1 и O_2 – соответственно центры кривизны.

c_1 и c_2 – расстояния от центров кривизны до центра масс соответственно.

φ – угол наклона оси симметрии зерна изоляции, который далее принят в качестве обобщенной координаты.

Рассмотрим подробно зерно изоляции в момент, когда его ось, под действием горизонтальных сил наклонилась на угол φ (см. рис. 2.).

Поскольку неповрежденное здание можно принять за абсолютно твердое тело, точка A_2 (точка контакта изоляции со зданием в условиях равновесия) будет двигаться так же как и центр масс здания.

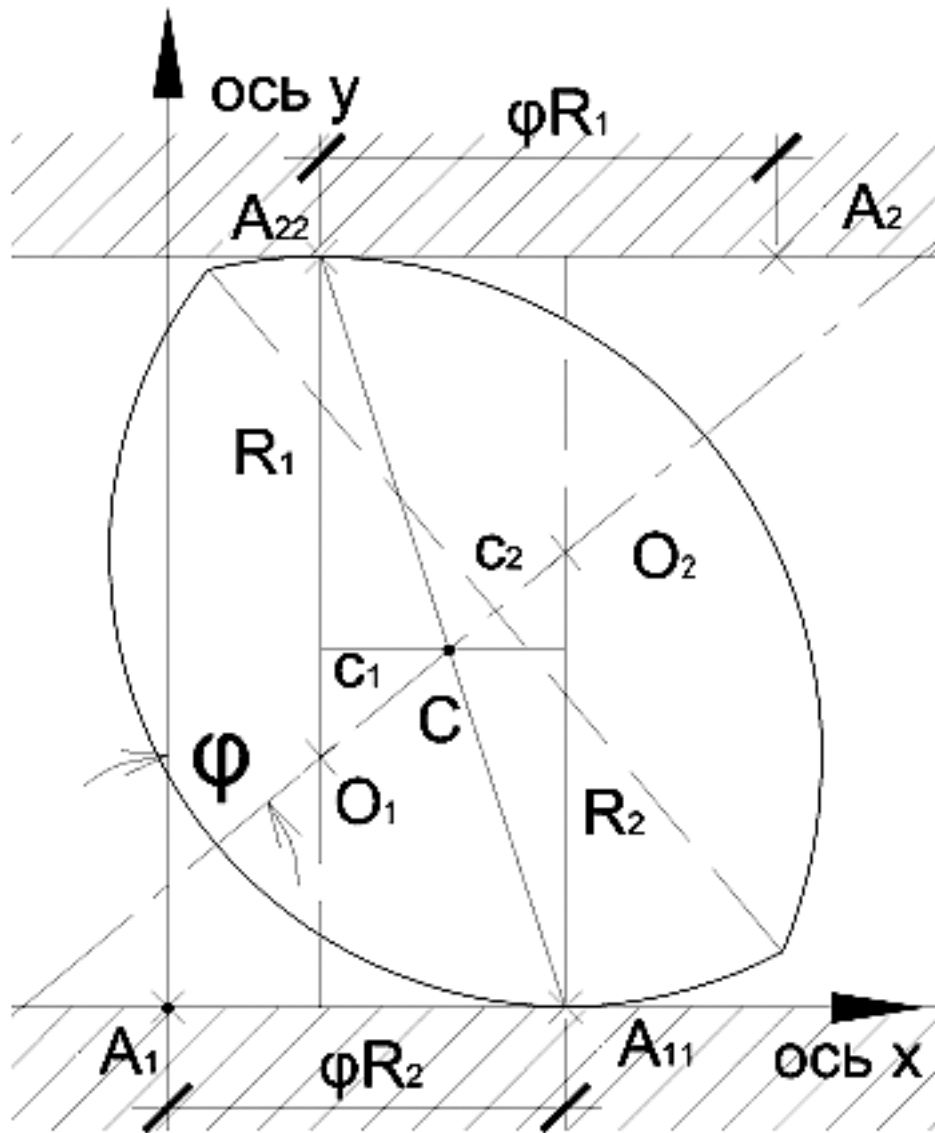


Рис. 2 Зерно изоляции под углом φ

Путем проекции на соответствующие оси, найдем смещения по горизонтали (1) и вертикали (2), выраженные через обобщенную координату:

$$x = \varphi R_1 + \varphi R_2 - c_1 \sin \varphi - c_2 \sin \varphi = \varphi(R_1 + R_2) - \sin \varphi(c_1 + c_2), \quad (1)$$

$$y = R_1 + R_2 - c_1 \cos \varphi + c_2 \cos \varphi = R_1 + R_2 - (c_1 + c_2) \cos \varphi. \quad (2)$$

Таким образом, получаем уравнение траектории в параметрической форме в виде системы двух уравнений:

$$\begin{cases} y = R_1 + R_2 - (c_1 + c_2) \cos \varphi \\ x = \varphi(R_1 + R_2) - \sin \varphi(c_1 + c_2) \end{cases} \quad (3)$$

Для получения дифференциального уравнения движения центра масс здания найдем выражения потенциальной и кинетической энергии системы с массой m :

$$V = mg(y - y_0) = mg(c_1 + c_2)(1 - \cos \varphi), \quad (4)$$

$$T = \frac{m}{2}(\dot{x}^2 + \dot{y}^2) = \frac{m}{2}\dot{\varphi}^2((R_1 + R_2)^2 - 2(R_1 + R_2)(c_1 + c_2)\cos \varphi + (c_1 + c_2)^2). \quad (5)$$

Частные и полные производные из выражений (4) и (5), необходимые для записи уравнения Лагранжа имеют вид:

$$\frac{\partial V}{\partial \varphi} = mg(c_1 + c_2)\sin \varphi = -Q_\varphi, \quad (6)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = m\dot{\varphi}^2(R_1 + R_2)(c_1 + c_2)\sin \varphi, \quad (7)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = m\dot{\varphi}[(R_1 + R_2)^2 - 2(R_1 + R_2)(c_1 + c_2)\cos \varphi + (c_1 + c_2)^2], \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} &= m\ddot{\varphi}[(R_1 + R_2)^2 - 2(R_1 + R_2)(c_1 + c_2)\cos \varphi + (c_1 + c_2)^2] + \\ &+ 2m\dot{\varphi}^2(R_1 + R_2)(c_1 + c_2)\sin \varphi \end{aligned} \quad (9)$$

Уравнение движения (по Лагранжу):

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = Q_\varphi. \quad (10)$$

Подставим все найденные величины в уравнение (10):

$$\begin{aligned} m\ddot{\varphi}[(R_1 + R_2)^2 - 2(R_1 + R_2)(c_1 + c_2)\cos \varphi + (c_1 + c_2)^2] + \\ + m\dot{\varphi}^2(R_1 + R_2)(c_1 + c_2)\sin \varphi + mg(c_1 + c_2)\sin \varphi = 0 \end{aligned} \quad (11)$$

После преобразования имеем:

$$\ddot{\varphi} + \frac{\dot{\varphi}^2(R_1 + R_2) + g}{(R_1 + R_2)^2 - 2(R_1 + R_2)(c_1 + c_2)\cos \varphi + (c_1 + c_2)^2}(c_1 + c_2)\sin \varphi = 0. \quad (12)$$

Откуда при малых углах поворота квадрат частоты собственных колебаний получаем в виде:

$$k^2 = \frac{\dot{\varphi}^2(R_1 + R_2) + g}{(R_1 + R_2)^2 - 2(R_1 + R_2)(c_1 + c_2)\cos \varphi + (c_1 + c_2)^2}(c_1 + c_2). \quad (13)$$

Если принять зерно изоляции симметричным, т.е. $R_1 = R_2 = R$ и $c_1 = c_2 = c$, как было предложено В.В. Назиным, то полученные выражения значительно упрощаются и приобретают следующий вид:

$$\ddot{\varphi} + \frac{2\dot{\varphi}^2 R + g}{2(R^2 - 2Rc \cos \varphi + c^2)}c \sin \varphi = 0, \quad (14)$$

$$k^2 = \frac{2\dot{\varphi}^2 R + g}{2(R^2 - 2Rc \cos \varphi + c^2)}c = 0. \quad (15)$$

Отсюда следует, что без учета сил трения качения частота собственных колебаний не зависит от массы здания. Для проверки предложенного алгоритма был проведен эксперимент, в ходе которого при постоянной частоте вынуждающих колебаний в 5 Гц, задаваемой генератором калибровочного стенда, постепенно увеличивали нагрузку на систему из трех опорных единиц сейсмоизоляции. Результаты эксперимента показали, что при увеличении нагрузки на изоляцию в 2 раза, частота колебаний системы не меняется. На рис. 3 и 4 показаны результаты спектрального анализа, полученные при минимальной и максимальной нагрузке на систему.

По результатам второго эксперимента, который позволил экспериментально определить истинное движение объекта на изоляции с одной степенью свободы, была осуществлена проверка точности численной оценки частоты по формуле (15). Экспериментальная частота оказалась равной 1,3 Гц, а численная оценка (при малых углах поворота) составила 13,02 Гц, т.е. погрешность оценки частоты составляет всего 1,5%. Неточность в результатах возникает из-за того, что при выводе формулы не учитывались силы трения качения, а так же присутствовали упрощения связанные с малыми углами поворота.

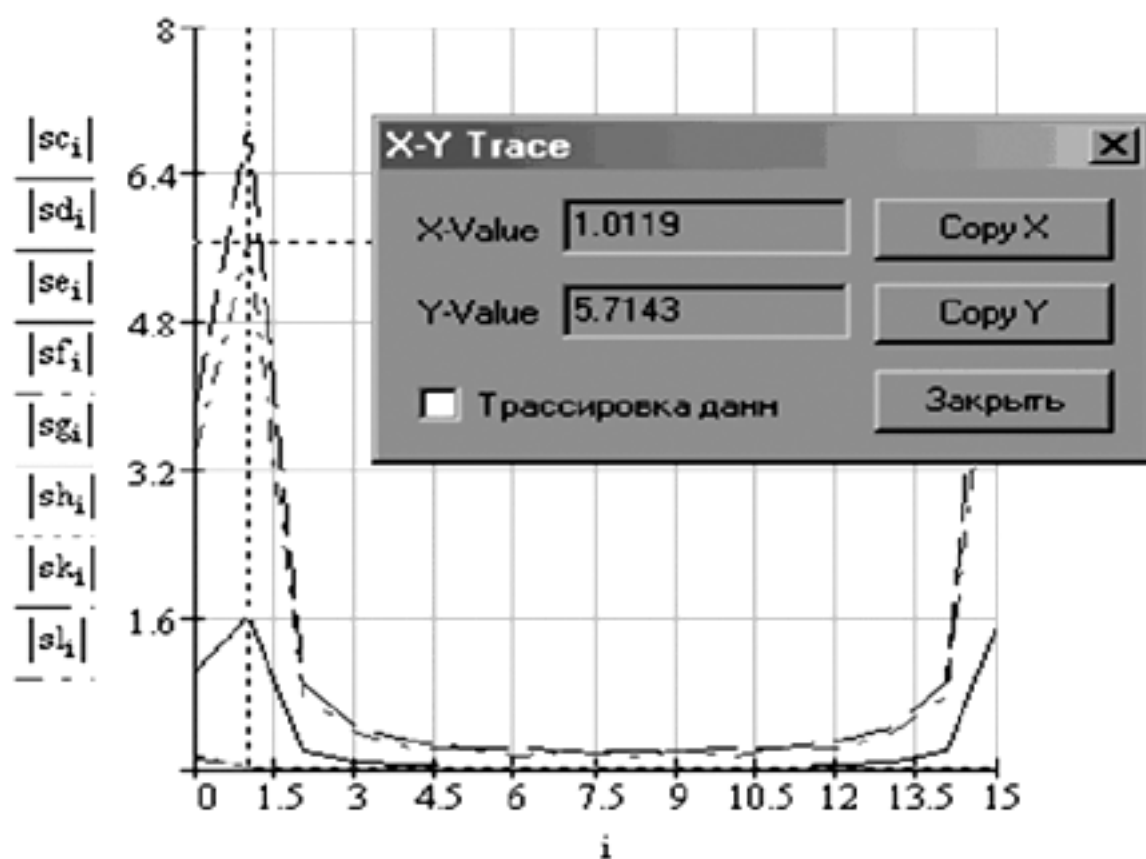


Рис. 3. Спектр при минимальной нагрузке.

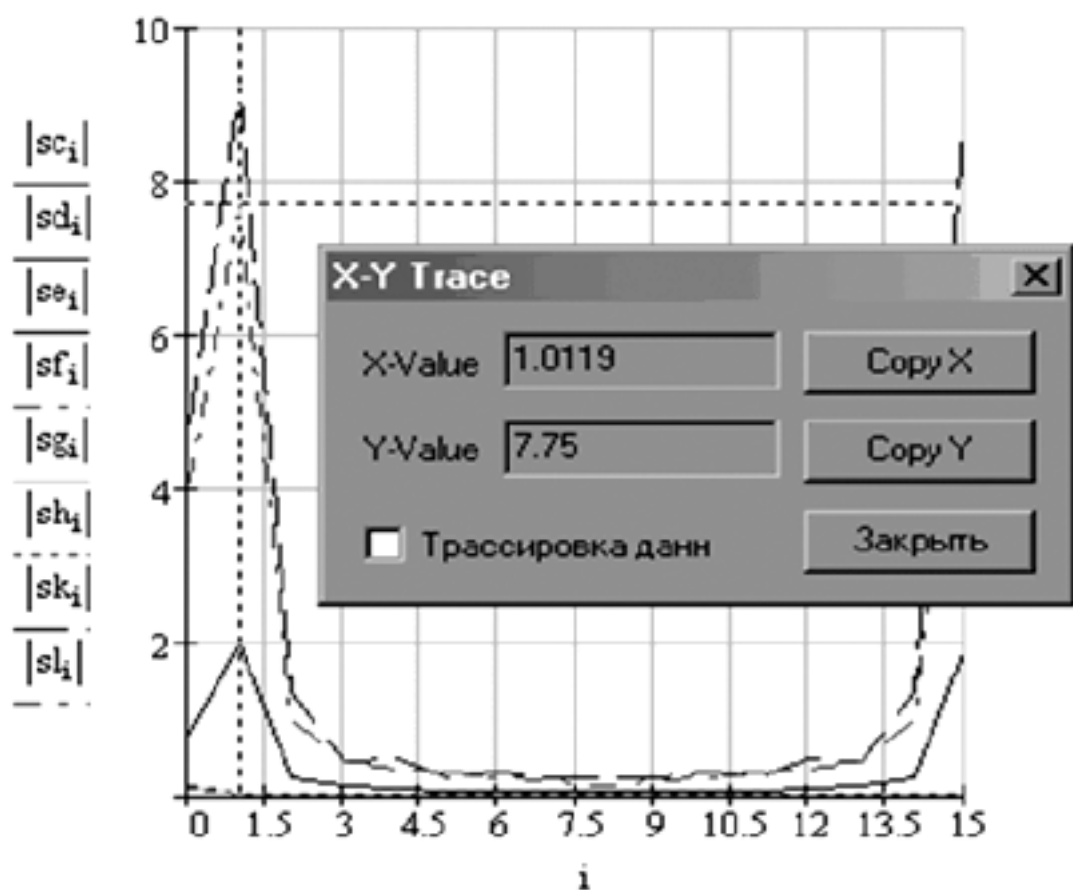


Рис. 4. Спектр при максимальной нагрузке.

ВЫВОДЫ

Полученные выражения, позволяют описать характер движения здания на сейсмической изоляции, состоящей из двойных шаровых сегментов, при различных параметрах изоляции, что дает предпосылки для расчета изоляции с учетом спектров местных для территории строительства землетрясений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поляков В.С., Килимник Л.Ш., Черкашин А.В. Современные методы сейсмозащиты зданий. Стройиздат, М., 1988.
2. Назин В.В. «Некоторые конструктивные мероприятия, уменьшающие сейсмическое воздействие на здания.», Сейсмичность, сейсмическая опасность Крыма и сейсмостойкость строительства, материалы Всесоюзной конференции. Академия наук СССР, Институт геофизики. Киев, Наукова думка 1972, с 147-159.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Москва «Наука», 1988.
4. ДБН В.1.1-12:2006. Строительство в сейсмических районах Украины. Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины. Киев, 2006.

Раздел 3. Строительные материалы и изделия

УДК 666.3.046

Макарова Е.С., инженер; Федоркин С.И., д.т.н., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

Влияние температуры обжига и щелочных добавок на свойства каркаса золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры

Изучено влияние температуры обжига и добавки стеклобой на свойства каркаса золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры. Оптимизированы технологические параметры изготовления материалов этой структуры.

Керамический каркас, золокерамические материалы, температура обжига, стеклобой, каркасно-сотовая структура, физико - механические свойства.

В настоящее время, в условиях энергетического кризиса, многие тепловые электростанции Украины используют в качестве топлива каменный уголь. Это приводит к образованию и накоплению в отвалах значительного количества зол и шлаков, которые по своему составу и свойствам являются полноценным вторичным сырьем [1]. Наиболее эффективна утилизация зол и шлаков ТЭС в многотоннажном производстве строительных материалов. Повышенная химическая активность зол и наличие в них остатков топлива широко используется при изготовлении обжиговых золокерамических стеновых материалов [1].

Авторами разработана оригинальная технология утилизации золы ТЭС в производстве золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры [2]. Технология позволяет получить золокерамический материал, состоящий из керамического каркаса, образующего соты, которые заполнены золой.

Известно, что температура обжига керамических материалов на основе глин может быть снижена путем ввода в сырьевую шихту щелочесодержащих добавок [1 - 4].

Целью настоящей работы является исследование влияния температуры обжига и щелочной добавки (стеклобой) на свойства керамического каркаса золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры.

Результаты исследований по влиянию температуры обжига и количества стеклобоя на физико-механические характеристики керамического каркаса приведены в табл. 1. В качестве сырьевых компонентов использована глина Зеленогорского месторождения (Крым) и стеклобой Симферопольского стеклотарного завода. Прочность при сжатии, среднюю плотность, водопоглощение и общую усадку при обжиге определяли на образцах размером 5х5 см, изготовленных полусухим прессованием при удельном давлении 20 МПа. Образцы обжигали в муфельной печи при температуре 900°C, 950°C и 1000°C.

Как свидетельствуют данные табл. 1, с ростом температуры обжига и увеличением содержания стеклобоя предел прочности при сжатии, средняя плотность образцов и общая усадка при обжиге увеличиваются, а водопоглощение снижается.

Результаты исследований (табл. 1) были обработаны статистически с использованием методик [5, 6]. Для изучения одновременного влияния температуры обжига и количества стеклобоя на физико-механические свойства материала керамического каркаса был принят рототабельный центральный композиционный план (РЦКП). Исходные данные для статистической обработки результатов исследований приведены в табл. 2, план эксперимента в табл. 3.

Стандартная методика обработки рототабельного плана позволила вывести уравнения регрессии, описывающие аналитическую функцию изменения физико-механических свойств от исследуемых факторов.

Влияние температуры обжига и количества стеклобоя на физико-механические характеристики образцов керамического каркаса.

Температура обжига, °С	Содержание стеклобоя в глине каркаса, %	Предел прочности при сжатии, МПа	Средняя плотность, кг/м ³	Водопоглощение, %	Общая усадка при обжиге, %
900	0	21,5	1250	25,0	8,60
	2,5	23,5	1300	21,1	8,62
	5,0	25,1	1370	15,2	8,82
	7,5	26,0	1440	14,1	10,70
	10,0	36,1	1555	10,8	11,10
	15,0	36,9	1560	10,3	19,3
950	0	27,7	1374	18,4	8,96
	2,5	28,0	1380	16,3	9,00
	5,0	31,3	1400	14,0	9,70
	7,5	31,6	1510	13,3	11,00
	10,0	37,4	1578	9,1	11,70
	15,0	38,0	1580	7,0	20,90
1000	0	30,4	1390	16,1	9,25
	2,5	31,0	1398	16,0	9,31
	5,0	33,6	1426	12,3	11,30
	7,5	35,5	1530	11,4	12,40
	10,0	37,9	1580	7,3	13,90
	15,0	38,1	1600	5,3	26,50

Таблица 2

Исходные данные

Исходные данные								
Наименование фактора	Ед. изм.	Код	Уровни варьирования					Интервал варьиров.
			-1,414	-1	0	1	1,414	
Количество стеклобоя	%	X1	3,965	5	7,5	10	11,035	2,5
Температура обжига	°С	X2	879,3	900	950	1000	1020,7	50
Количество опытов	m=	3						
Количество опытов	n =	2						
Количество точек	N =	13						

Алгебраические полиномы второго порядка, описывающие зависимость прочности, плотности, водопоглощения и усадки от температуры обжига и количества стеклобоя, имеют следующий вид:

прочность, МПа

$$Y1 = 30,6 + 3,16X_1 + 3,72X_2 + 1,75X_1^2 + 0,3X_2^2 - 1,51X_1X_2 \quad (1);$$

плотность, кг/м³

$$Y2 = 1510 + 74,9X_1 + 32,4X_2 - 12,2X_1^2 - 16,7X_2^2 \quad (2);$$

водопоглощение, %

$$Y3 = 13,2 - 2,27X_1 - 1,47X_2 - 0,91X_1^2 - 0,56X_2^2 \quad (3);$$

усадка, %

$$Y4 = 11 + 1,34X_1 + 1,07X_2 + 0,14X_1^2 + 0,29X_2^2 \quad (4).$$

План эксперимента

	№ опы та	Матрица планировани я		Натуральные значения переменных		Квадраты переменных		Взамоде йствие	Экспериментальны е данные				S ² y
Групп ы точек	g	X1	X2	%	°C	X1 ²	X2 ²	X1X2	Yi1	Yi2	Yi3	Yu	
Nф	1	1,0	1,0	10,0	1000,0	1	1	1	13,90	13,40	14,40	13,90	0,250
	2	-1,0	1,0	5,0	1000,0	1	1	-1	11,30	10,80	11,80	11,30	0,250
	3	1,0	-1,0	10,0	900,0	1	1	-1	11,10	10,60	11,60	11,10	0,250
	4	-1,0	-1,0	5,0	900,0	1	1	1	8,80	8,30	9,30	8,80	0,250
Nα	5	1,414	0,0	11,035	950,0	1,999396	0	0	13,50	13,00	14,00	13,50	0,250
	6	-1,414	0,0	3,965	950,0	1,999396	0	0	9,40	8,90	9,90	9,40	0,250
	7	0,0	1,414	7,5	1020,7	0	1,999396	0	12,90	12,40	13,40	12,90	0,250
	8	0,0	-1,414	7,5	879,3	0	1,999396	0	10,60	10,10	11,10	10,60	0,250
N ₀	9	0,0	0,0	7,5	950,0	0	0	0	11,00	10,50	11,50	11,00	0,250
	10	0,0	0,0	7,5	950,0	0	0	0	11,10	10,60	11,60	11,10	0,250
	11	0,0	0,0	7,5	950,0	0	0	0	10,90	10,40	11,40	10,90	0,250
	12	0,0	0,0	7,5	950,0	0	0	0	11,00	10,50	11,50	11,00	0,250
	13	0,0	0,0	7,5	950,0	0	0	0	11,00	10,50	11,50	11,00	0,250

Представленные уравнения регрессии позволяют количественно оценить влияние варьирования каждого из изучаемых технологических факторов (температуры обжига и содержания стеклобоя в шихте) на физико-механические свойства образцов (прочность, среднюю плотность, водопоглощение, усадку).

Обработка полученных уравнений регрессий с помощью программы MathCAD позволила представить полученные данные графически – получить поверхности отклика изменения исследуемых параметров от переменных факторов при их совместном влиянии в различном сочетании (рис.1-4).

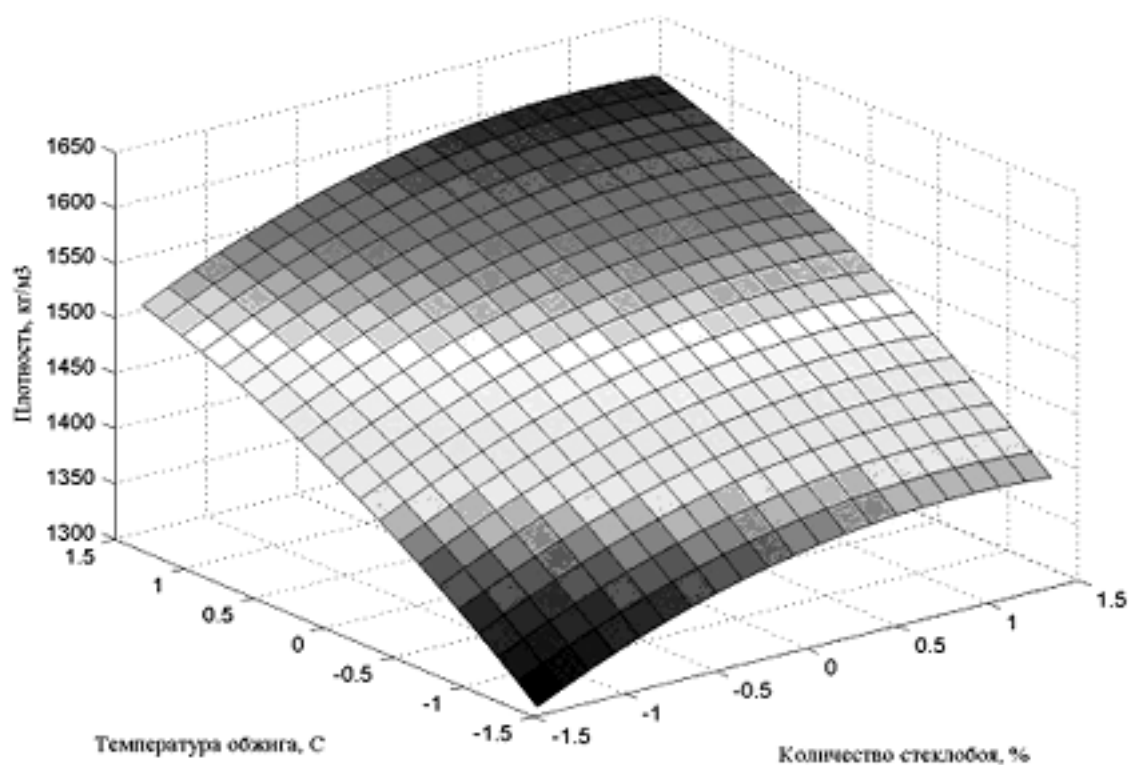


Рис. 1. Изменение средней плотности образцов в зависимости от совместного влияния температуры обжига и количества стеклобоя в шихте.

Графическая обработка математических полиномов позволяет определить оптимальные температуру обжига и содержание стеклобоя для получения керамического каркаса, обладающего требуемыми свойствами.

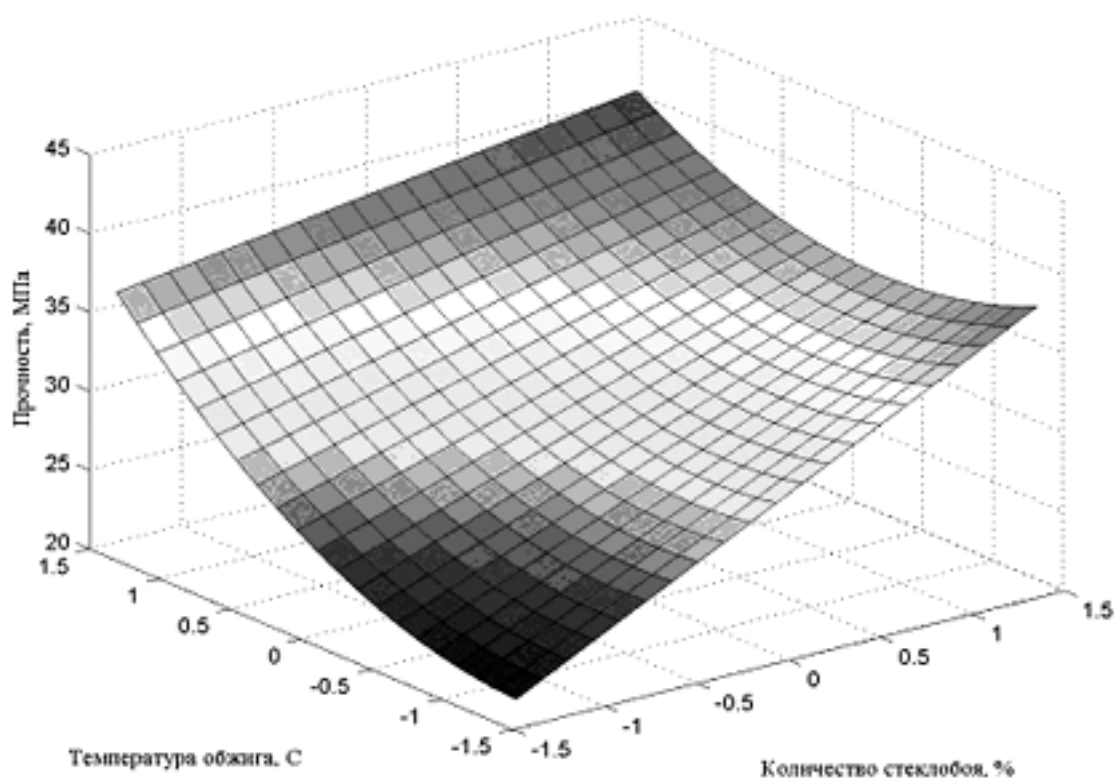


Рис. 2. Изменение предела прочности при сжатии образцов в зависимости от совместного влияния температуры обжига и количества стеклобоя в шихте.

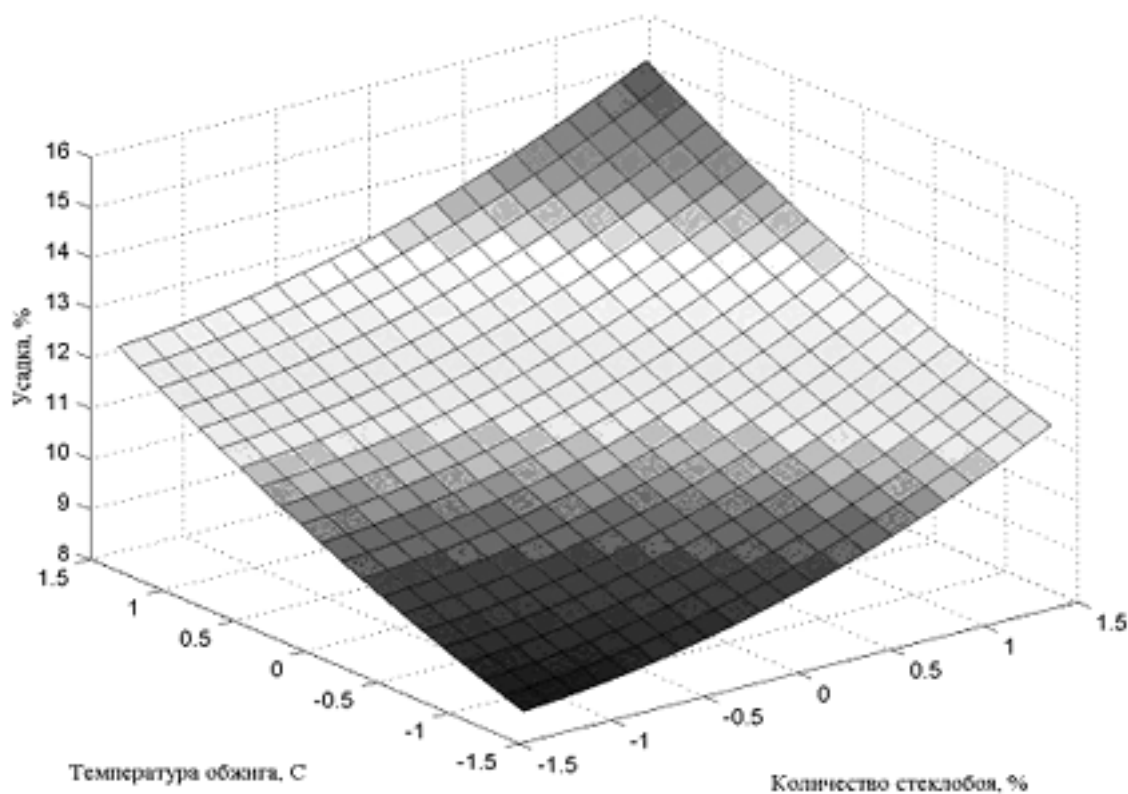


Рис. 3. Изменение общей усадки образцов при обжиге в зависимости от совместного влияния температуры обжига и количества стеклобоя в шихте.

Анализ уравнений регрессии (1) – (4) и поверхностей отклика физико-механических свойств образцов в зависимости от совместного влияния температуры обжига и количества стеклобоя в

шихте (см. рис. 1 – 4) свидетельствуют о положительном влиянии роста температуры обжига и содержания стеклобоя в шихте на увеличение прочности образцов и снижение их водопоглощения. Однако, рост температуры и содержания стеклобоя в шихте приводит к увеличению средней плотности и росту общей усадки при обжиге. Следует отметить, что при росте температуры обжига от 900°C до 1000°C и увеличении содержания стеклобоя в шихте до 10-15% прочность образцов практически одинакова. Это связано с увеличением количества стеклофазы при обжиге, вызываемого повышением содержания щелочных оксидов стеклобоя в шихте. Совместный рост температуры обжига более 950°C и увеличение содержания стеклобоя в глине каркаса более 10% приводит к резкому росту общей усадки образцов при обжиге. Поэтому, при получении керамического каркаса в золокерамических материалах наполненной каркасно-сотовой структуры из используемого сырья, оптимальная температура обжига не должна превышать 900-950°C, а оптимальное содержание стеклобоя в шихте должно быть равно 10% (масс.).

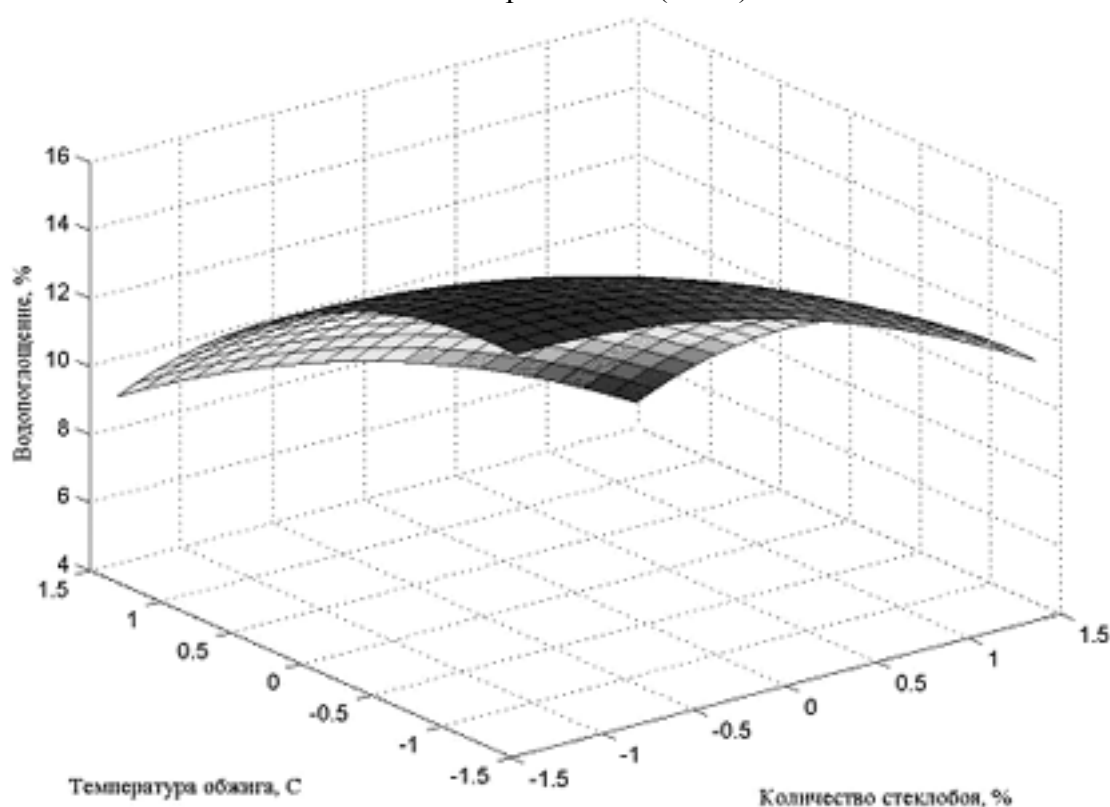


Рис. 4. Изменение водопоглощения образцов в зависимости от совместного влияния температуры обжига и количества стеклобоя в шихте.

Изготовление золокерамических образцов наполненной каркасно-сотовой структуры с каркасом, содержащим 10% стеклобоя, и обожженных при температуре 900-950°C позволило получить изделия марки М250. При этом температура обжига изделий может быть снижена на 50-100°C.

ВЫВОДЫ.

1. Изучено влияние температуры обжига и добавки стеклобоя в шихту на прочность, среднюю плотность, водопоглощение и усадку при обжиге на свойства керамического каркаса золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры.
2. С использованием рототабельного композиционного плана проведена статистическая обработка экспериментальных данных, получены уравнения регрессии и построены поверхности отклика физико-механических свойств образцов в зависимости от совместного влияния температуры обжига и количества стеклобоя в шихте. Установлено, что при снижении температуры обжига керамического каркаса с 1000⁰С до 900⁰С практически не снижается его прочность при содержании в сырьевой шихте стеклобоя в количестве 10-15%.
3. Показано, что оптимальная температура обжига золокерамических образцов наполненной каркасно-сотовой структуры может быть снижена на 50-100⁰С при оптимальном содержании стеклобоя в глине каркаса 10%. При этом получены изделия марки М 250.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Панченко М.В. Ресурсозберігаюча технологія виробництва золокерамічної цегли з використанням лугомістких відходів промисловості: Автореферат дисертації канд. техн. наук: 05.23.05/КАПКБ МОН України. - Симферополь, 2003. - 18 с.
2. Макарова Е.С., Федоркин С.И. Технология производства золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры//Строительство и техногенная безопасность. Сб. научных трудов КАПКС. Вып. 9. Симферополь: КАПКС, 2004. — С.76-77.
3. Дё И. Интенсификация физико-химических процессов при обжиге керамических стеновых материалов на основе зол ТЭС: Автореферат диссертации канд. технич. наук: 50.17.11/Алма-Атинский НИПИСМ МПСМ СССР.- Алма-Ата, 1987. – 20 с.
4. Макарова Е.С., Федоркин С.И., Панченко Н.В. Влияние щелочесодержащих добавок на свойства золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры//Стр. матер. и изделия. – 2005. - №4. – С.16-17.
5. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.:Наука, 1976. – 279 с.
6. Ермиков С.М., Жиглявский А.А. Математическая теория оптимального эксперимента. - М.:Наука, 1987. – 318 с.

Раздел 4. Технология промышленного и гражданского строительства

УДК 621.86.59

Морозов А.Д., к. т. н. профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Хабрат Н.И., инж., доцент

РВУЗ Крымский инженерно-педагогический университет

Проектный расчет автоматического осевого многодискового тормоза с размыкающимися поверхностями

Приведено обоснование и описание конструкции автоматического осевого тормоза с размыкающимися поверхностями. Из условия допускаемой осевой нагрузки для винтовой пары определено требуемое число поверхностей трения, а из условия устойчивого затормаживания диаметральные размеры рабочих поверхностей трения и их количество.

Грузоподъемные машины, тормоза, осевые тормоза, автоматические тормоза, грузоупорные тормоза, безопасная рукоятка.

Грузоподъемные машины, используемые для перемещения различных изделий и материалов в межоперационных технологических процессах, нашли применение во всех отраслях производства [1-4, 6-10]. При этом тормоза входят во все механизмы подъема грузоподъемных машин составным элементом, обеспечивая удержание груза в поднятом положении.

Надежность работы тормозных устройств в значительной степени обеспечивается их конструкцией. Наиболее рациональны те тормозные устройства, в которых тормозной момент создается автоматически в зависимости от поднимаемого груза. К таким тормозным устройствам в первую очередь следует отнести автоматический осевой многодисковый тормоз с размыкающимися поверхностями в дальнейшем именуемый тормозом.

Тормоз такой конструкции (рис. 1) содержит приводной вал 1, установленный в подшипниковых опорах 2, 9 на котором неподвижно установлен упорный диск 4 и диски трения 6 кинематически соединенные с ним шлицом по валу 1. В пространстве между дисками 4 и 6 установлены диски трения 5, кинематически соединенные с обоймой муфты 3 шлицами. На наружной поверхности обоймы муфты 3 размещен зубчатый храповик 11, входящий в зацепление с защелкой 12. На резьбовой части приводного вала 1 установлен нажимной диск 7, взаимодействующий торцевой поверхностью с диском 5 кинематически связанного с обоймой муфты 3. На поверхности нажимного диска 7 установлен зубчатый венец 8, входящий в зацепление с приводом механизма подъема. Упор 9 ограничивает осевое смещение нажимного диска 7 в осевом направлении по приводному валу 1.

Работает тормоз следующим образом. При вращении приводного вала 1 в сторону навинчивания нажимного диска 7 по резьбе вала, движение от него передается через винтовую пару на нажимной диск 7, зубчатый венец 8 и далее на привод механизма подъема. При этом под действием статического крутящего момента сил M нажимной диск 7 завинчивается по винтовой паре на некоторый угол, создавая осевую силу F на диски трения 5, 6 и упорный 3, обеспечивая их совместное вращение. Защелка 12, проскакивая через зубья храпового колеса 11, не препятствует их вращению.

При отсутствии привода на вал 1, последний под действием статического крутящего момента вращается в обратную сторону до тех пор пока защелка 12 не войдет в зацепление с зубчатым храповиком 11, обеспечивая удержание груза в поднятом положении механизмом подъема.

При опускании поднятого груза механизмом подъема приводной вал 1 вращается в сторону отвинчивания нажимного диска 7. При этом осевая сила сжатия дисков 4, 5, 6, 7 уменьшается при неподвижных дисках 5 и обоймы 3, удерживаемой защелкой 12, а диски 6, 7 проворачиваются, обеспечивая приводу механизма подъема опускание груза при крутящем моменте меньшем M .

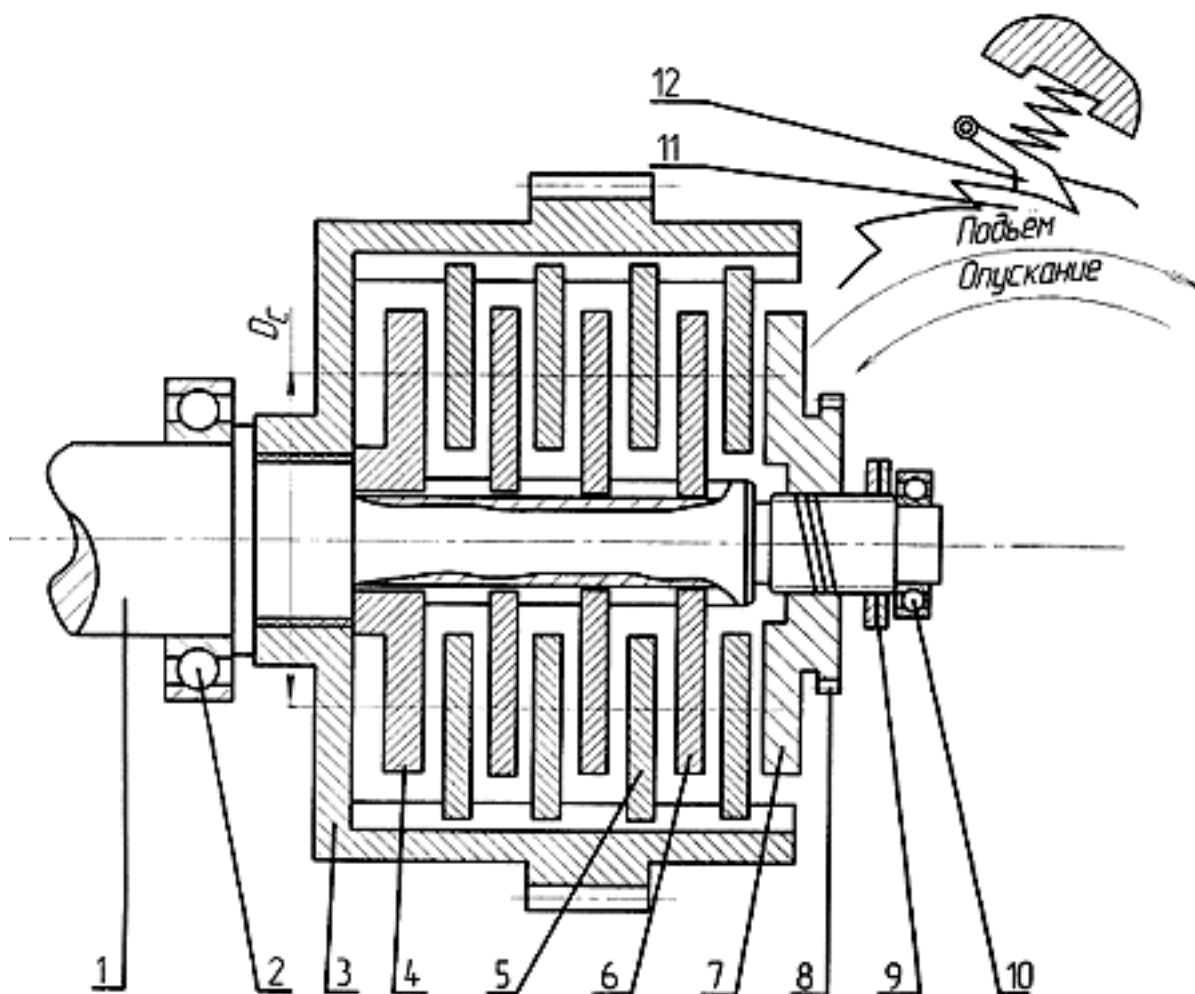


Рис. 1 Схема автоматического многодискового тормоза с размыкающимися поверхностями.

В источниках информации [1-4, 6-10] приводятся испытания конструкций, работы и рекомендации по проверочному расчету и технической эксплуатации однодисковых осевых грузоупорных тормозов с размыкающимися поверхностями. И только в работе [2] приводится конструкция многодискового осевого грузоупорного тормоза с размыкающимися поверхностями электротали фирмы Shepard (США) без расчетных зависимостей и рекомендаций по их проектированию. При этом отмечается, что это тормозное устройство отличается повышенной несущей способностью.

Отметим, при этом, что в отечественном машиностроении нашли применение многодисковые тормоза в подъемниках соломы, шахтных подъемниках и др.

Недостаточная информация в справочной научно-технической литературе о методах проведения проектных расчетов основных конструктивных элементов автоматических осевых многодисковых тормозов с размыкающимися поверхностями в значительной степени затрудняет их широкое использование как при проектировании приводов механизмов подъема грузоподъемных машин в производственных целях, так и в учебном процессе при выполнении курсовых проектов по соответствующим дисциплинам. Это последнее обстоятельство уменьшает знание будущего специалиста и не способствует широкому их использованию в производстве.

Цель работы разработка аналитических зависимостей и методики, позволяющих производить расчеты основных параметров тормозов рассматриваемой конструкции.

Для решения поставленной задачи рассмотрим поочередно находящиеся в заторможенном состоянии и сжаты в осевом направлении силой F комплекты кинематически связанных между собой дисков нажимного 7, трения 6, упорного 4 и трения 5, нагруженных внешним статическим моментом M .

Составив уравнение моментов сил относительно оси приводного вала для комплекта дисков нажимного 7 трения 6 и упорного 4, преобразовав которое получим

$$M = 0,5F[d_2 \operatorname{tg}(\alpha + \rho) + D_c f i], \quad (1)$$

Где α и ρ – углы соответственно подъема резьбы и трения по ее среднему диаметру $d_2 d_2$;

$D_c D_c$ – средний диаметр поверхностей трения дисков нажимного 7, упорного 4 и трения 5, 6;
 f – коэффициент трения между поверхностями трения дисков 4, 5, 6, 7;

i – количество поверхностей трения между дисками в тормозе.

Составив условие равновесия моментов сил для комплекта кинематически соединенных между собой в тангенциальном направлении дисков трения 5 получим

$$M_T = 0,5FD_c f i \quad (2)$$

где M_T - момент сил трения на ведомых дисках 5, уравновешиваемый моментом сил трения на ведущих дисках 4, 6, 7 по поверхностям трения. Исследуем уравнения (1) и (2). С этой целью разделим почленно уравнение (1) на (2) и преобразовав это отношение получим

$$\frac{M}{M_T} = \frac{d_2 \operatorname{tg}(\alpha + \rho)}{D_c f i} + 1 > 1, \quad (3)$$

из которого следует, что комплект кинематически соединенных между собой ведущих дисков 4, 6, 7 больший момент трения, чем комплект ведомых 5 в $1 + [d_2 \operatorname{tg}(\alpha + \rho)] / (D_c f i)$ раз, а следовательно за расчетный момент создаваемый тормозом следует принимать момент создаваемый ведомыми дисками тормоза на его обойме.

Для обеспечения надежной работы тормоза рассматриваемой конструкции вводим в рассматриваемую зависимость уравнения (2) коэффициент запаса торможения K_T по изложенным выше причинам, как произведению действующего статического момента M на K_T тогда расчетное уравнение (2) примет вид

$$K_T M = 0,5FD_c f i. \quad (4)$$

При проведении расчетов многодисковых тормозов рассматриваемой конструкции параметрами резьбовой пары нажимного диска задаются конструктивно, а следовательно и допускаемой осевой силой F в резьбе, которую выразим в виде

$$F = \pi d_2 h [q] z, \quad (5)$$

где h – рабочая высота витка резьбы; $[q]$ — допускаемые напряжения смятия в резьбе; z — рабочее число витков резьбы [5].

Так как многодисковые тормоза рассматриваемой конструкции отличаются повышенной несущей способностью, то их применяют при ограниченных габаритах в радиальном направлении. Предварительно задавшие внутренними $D_{\text{в}}$ и наружными $D_{\text{н}}$ диаметрными размерами поверхностей трения дисков тормоза и параметрами резьбовой пары нажимного диска, определим расчетное количество поверхностей трения, используя преобразованную зависимость (4).

$$i = 2K_T M / FD_c f, \quad (6)$$

которое округляется до ближайшего большего четного. В уравнении (6) средний диаметр поверхностей трения принят как полусумма конструктивно принятых размеров $D_{\text{в}}$ и $D_{\text{н}}$. После уточнения количества поверхностей трения i с учетом условий работы тормозных дисков (со смазкой или без нее), а также с учетом установки между тормозными дисками фрикционных накладок или без них, уточняется средний диаметр D_c поверхностей трения дисков 4, 5, 6, 7 по зависимости

$$D_c = 2K_T M / F f i \quad (7)$$

Количество ведомых дисков n_5 трения 5 принимаются равным $n_5 = i/2$, ведущих n_6

$$n_6 = (i - 2)/2 \quad (8)$$

Диаметральную ширину δ поверхностей трения дисков найдем из условия допускаемых напряжений смятия $[p]$ [2]

$$v \geq F / (\pi D_c [p]) \quad (9)$$

и уточненные размеры $D_{\text{в}}$ и $D_{\text{н}}$ поверхностей трения

$$D_{\text{в}} = D_c - v, \quad (10)$$

$$D_{\text{н}} = D_c + v. \quad (11)$$

В конструкции тормоза электротали, изготавливаемого фирмой Shepard (США) [2, с. 290-291], упорный диск выполнен совместно с обоймой, упирающегося в уступ вала. Такое конструктивное решение снижает надежность и точность срабатывания тормоза из-за дополнительного трения и возможных задиров по месту контакта упорного диска с уступом на валу.

Полученные аналитические зависимости позволяют провести расчеты по определению основных параметров тормоза рассмотренной выше конструкции имея исходные данные: M — статический момент сил на тормозе от силы тяжести удерживаемого груза; $d_{\text{в}}$ диаметр вала тормоза, полученного из его ранее проведенного прочностного расчета и условия работы (со смазкой в масляной ванне или без смазки) в следующей последовательности:

1. Принимается резьба предпочтительно прямоугольной или трапецевидной диаметром внутренним $d_1 > d_{\text{в}}$ [5, 9], наружным d_0 , средним d_2 , шагом $p \approx 0,2 d_1$, рабочей высотой витка резьбы h , числом заходов $n = 2-4$ и рабочим количеством витков z ;
2. Материал гайки в нажимном диске предпочтительно бронза с углом трения по резьбовой части вала $\rho = 6^\circ$ и допускаемым напряжением смятия $[q]$ [2, 4, 9];
3. Определяется угол подъема резьбы по среднему диаметру по зависимости $\alpha = \arctg\left(\frac{np}{\pi d_2}\right)$, который должен быть в пределах $(6-18)^\circ$ [2, 4, 9];
4. Исходя из конструктивных требований задают диаметральные размеры поверхностей трения на дисках $D_{\text{н}}$ и $D_{\text{в}}$, и определяют среднее значение $D_c = 0,5(D_{\text{н}} + D_{\text{в}})$;
5. Задают значение коэффициента трения f по поверхностям дисков 4, 5, 6, 7 по справочным материалам [2, с. 356] и допускаемые напряжения смятия $[p]$ что [2, с. 357] с учетом условий работы. Сила трения по поверхностям дисков трения 4, 5, 6, 7 может быть увеличена за счет установки между ними фрикционных специальных элементов [2];
6. Определяют осевую силу F , сжимающую диски тормоза в осевом направлении по зависимости (5);
7. Определяют количество поверхностей трения по зависимости (6);
8. Уточняют средний диаметр поверхностей трения тормозных дисков 3 по зависимости (7);
9. Определяют количество дисков трения по зависимости (8);
10. Определяют диаметральную ширину поверхностей трения по зависимости (10);
11. Уточняют рабочие диаметральные размеры поверхностей трения $D_{\text{н}}$ и $D_{\text{в}}$.

ВЫВОДЫ

1. Получены аналитические зависимости, отображающие работу автоматических осевых многодисковых тормозов с размыкающимися поверхностями, и намечены пути их совершенствования.
2. Аналитическими исследованиями установлено, что для повышения надежности работы тормозов рассматриваемой конструкции тормоза, расчеты его основных элементов следует вести по значению статического крутящего момента, увеличенному в K_T раз на ведомых дисках.
3. Предложена последовательность расчета тормозов с использованием полученных аналитических зависимостей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины. - М.: высшая школа, 1972. - 504 с.
2. Александров М.П. Тормоза подъемно-транспортных машин. - М.: Машиностроение, 1976. - 383с.
3. Бондаровский Ф.П., Корнеев Г.В. Детали машин и подъемно-транспортные машины - М.: Машгиз, 1962. - 552с.
4. Грузоподъемные машины. Александров М.П., Колобов Н.А., Лобов и др. - М.: Машиностроение, 1986. - 400с.
5. Дьяченко С.К., Столбовой С.З. Расчет и проектирование деталей машин. - К.: Техника, 1964. - 316с.
6. Иванченко Ф.К. Конструкция и расчет подъемно-транспортных машин. - К.: Вища школа, 1983 - 383с.
7. Красников В.В. Подъемно-транспортные машины в сельском хозяйстве. - М.: Колос, 1973 - 464с.
8. Справочник по кранам. В 2т. Т.2 / М.П. Александров, М.М. Гохберг, А.А. Ковин и др. - Л.: Машиностроение, - 1988 - 559с.
9. Справочник по кранам. В 3т. Т.2 / А.А. Ананьев, А.Г. Лонг, А.С. Мазовер и др. - М.: Машгиз, 1962 - 351с.
10. Справочник конструктора машиностроителя. В 3-х т. Т.1 / Под ред. И.Н. Жестковой. - М.: - Машиностроение, 2006г.
11. Федосеев В.П. Приборы и устройства безопасности грузоподъемных машин. Справочник. - М.: Машиностроение, 1990-330с.
12. Фиделев А.С. Подъемно-транспортные машины. - К.: Вища школа. 1976-220с.

Раздел 5. Техногенная безопасность

УДК 519.95:504.4.054

Азаренко Е.В., д. ф.-м. н., профессор, Дивизинюк М.М., д. ф.-м. н., профессор,
Третьякова Л.В., к.т.н.

Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности

Акустические свойства жидких агрессивных сред

Систематизированы свойства агрессивных жидкостей. Показано, что, изучая скорость звука, коэффициент затухания и характеристики рассеянного сигнала в точке приема излучения, можно контролировать параметры агрессивной среды.

Агрессивные жидкие среды; агрессивная жидкость; акустические свойства; термохалинные характеристики; скорость распространения.

Введение

Под агрессивными жидкими средами понимают жидкости технологического назначения (щелочи, кислоты, спирты и др.), горюче-смазочные материалы (бензин, керосин, мазут и др.), растворы и т.д. [1]. Контроль за состоянием жидких сред следует осуществлять в двух принципиально различных направлениях.

Во-первых, в случае, когда агрессивная жидкость используется как средство, обеспечивающее работу определенных технических устройств, например, масло как рабочая жидкость гидравлических систем, бензин – для работы двигателей внутреннего сгорания, спирт – для охлаждения специальных термодинамических установок [2]. Здесь необходимо обеспечить четкое соответствие параметров агрессивной жидкости, так как при их отклонениях возможен выход из строя, как отдельного механизма, так и технологической системы в целом.

Второе – экологическое направление, когда в результате нарушения правил эксплуатации или технологической аварии происходит утечка агрессивных жидкостей в окружающую среду, вызывая антропогенное загрязнение последней. Если это происходит на земле, например, разлив масла из емкости, то локализовать и ликвидировать получившееся загрязнение относительно проще, чем подобное загрязнение на реке или в море в силу того, что агрессивная жидкость будет растекаться по поверхности, переходить в эмульгированное состояние, растворяться и т.д. [3]. В этом случае, чтобы осуществлять контроль за распространением загрязнения, необходимо знание свойств агрессивных сред.

Известно, что одним из средств неразрушающего контроля ряда технических средств является ультразвуковая диагностика [4]. В то же время, звук используется с целью обнаружения антропогенных загрязнений в морской водной среде, которую также можно считать агрессивной жидкостью.

Систематизируя акустические свойства агрессивных сред, можно на их основе разработать новые методы и способы технологического контроля рабочих жидкостей для осуществления экологического контроля антропогенных загрязнений окружающей среды.

Постановка цели и задач научного исследования

Задача данной работы состоит в систематизации и обобщении существующих понятий под термином «акустические свойства водной среды» с целью разработки средств акустического контроля параметров агрессивных жидких сред, для чего могут быть исследованы такие ее характеристики как скорость распространения звука в водной среде, затухание (поглощение) акустических волн, рассеяние звука в жидкой среде. В связи с этим далее будем считать, что под агрессивной жидкостью и агрессивной средой понимается одно и то же. Разница здесь состоит в стилистическом использовании этих терминов. Например, теплоноситель 1-го контура – это радиоактивная жидкость, а в отстойниках пруда-охладителя АЭС – радиоактивная водная среда, или в бутылке

Скорость распространения звука

В сплошных упругих средах, какой и является агрессивная жидкость, упругие и инерционные силы обусловлены, соответственно, упругим взаимодействием частиц среды и инерцией их массы. В такой среде с распределенными параметрами можно возбудить колебания сжатия и разрежения, которые распространяются с определенной скоростью. Последовательный процесс передачи этих колебаний от одной локальной части среды к другой принято считать акустической или звуковой волной. Скорость колебания частиц упругой среды около положений их равновесия называется колебательной скоростью, а скорость передачи колебательного состояния в среде – скоростью распространения звука.

В жидкой среде могут возникать и распространяться продольные акустические волны. В них направление колебаний частиц среды совпадает с направлением распределения волны. Расстояние в направлении распространения волны между двумя ближайшими точками максимального сжатия или разрежения или между ближайшими точками с одной фазой колебаний равняется длине волны. Скорость распространения акустической волны равна произведению частоты упругих колебаний f на длину их волны λ , то есть

$$c = f \cdot \lambda.$$

Скорость распространения звука – это определенная характеристика, не зависящая от частоты упругих колебаний. Она определяется плотностью воды ρ , модулем объемной упругости χ и адиабатической сжимаемости K_p :

$$c = \sqrt{\frac{\chi}{\rho}} = \sqrt{\frac{1}{K_p \rho}}.$$

Скорость звука в морской воде зависит от температуры, солености и гидростатического давления. Поскольку параметры K_p и ρ по-разному зависят от термохалинных характеристик воды, то для расчетов скорости звука используют эмпирические формулы.

Зная эталонные характеристики и соответствующие им значения скорости звука, можно контролировать состояние агрессивной среды. В зависимости от величин разницы между измеренными значениями скорости звука и эталонными можно судить о степени соответствия состояния агрессивной жидкости заданным параметрам.

Затухание (поглощение) акустических волн

Известно, что жидкости, в том числе и агрессивные, обладают свойствами вязкости и теплопроводности, что объясняет механизм поглощения звука в воде. Вязкость вызывает сдвиговое напряжение при движении слоев воды друг относительно друга, которое пропорционально градиенту скорости и коэффициенту вязкости μ_l . Величину $\left(\frac{\mu_l}{\rho} = \chi_v\right)$ называют кинематической вязкостью.

Поглощение звука происходит также вследствие релаксационных явлений, которые обусловлены сменой фаз сжатия и разрежения акустической волны в каждом элементе водной среды, вызывающей изменение структуры молекулы воды. В результате перестройки молекулярной структуры нарушается термодинамическое равновесие, при этом внутренние силы стремятся восстановить это равновесие, что вызывает затраты акустической энергии. Эти процессы определяются коэффициентом объемной вязкости μ_2 , который также называют коэффициентом второй вязкости.

Поглощение звука происходит также вследствие релаксационных явлений, которые обусловлены сменой фаз сжатия и разрежения акустической волны в каждом элементе водной среды, вызывающей изменение структуры молекулы воды. В результате перестройки молекулярной структуры нарушается термодинамическое равновесие, при этом внутренние силы стремятся восстановить это равновесие, что вызывает затраты акустической энергии. Эти процессы определяются коэффициентом объемной вязкости μ_2 , который также называют коэффициентом второй вязкости.

Общие потери при распространении акустической энергии описываются коэффициентом поглощения β , который рассчитывается по эмпирическим формулам, наиболее распространенной из которых является приближенная формула

$$\beta = 0,036 \cdot f^{\frac{3}{2}},$$

позволяющая рассчитать ослабление акустической энергии в децибелах на километр.

Соответственно, зная первоначальные значения вязкости и соответствующий им коэффициент затухания акустических волн, можно также осуществлять контроль за состоянием агрессивной жидкости. Аналогичным образом, производя измерение коэффициента затухания и сравнивая его с эталонным, можно судить об изменении параметров агрессивной жидкости.

Рассеяние звука агрессивной средой

При распространении акустической волны происходит ее отражение от различных объектов – неоднородностей жидкой среды. Это могут быть измельченные примеси, воздушные пузырьки, эмульгированные смеси с другой плотностью и т.д. Отражаясь от неоднородностей, звуковая волна распространяется во всех направлениях, в том числе и на источник звука. В случае, когда излучение звука производится приемно-излучающим акустическим элементом, то принимаемый рассеянный сигнал является функцией излученного сигнала и времени. Подобная регистрация рассеянного сигнала позволяет контролировать увеличение или уменьшение примесей, так как это в свою очередь вызывает изменение интенсивности рассеянного сигнала.

Следовательно, имея экспериментально полученные эталонные характеристики рассеяния акустического сигнала определенной агрессивной жидкости, можно контролировать количество примесей в ней путем сравнения полученных в точке приема излучения рассеянных сигналов с эталонными.

ВЫВОДЫ

1. Зная эталонные характеристики и соответствующие им значения скорости звука, можно контролировать состояние агрессивной среды. В зависимости от разности между измеренными значениями скорости звука и эталонными, можно судить о степени соответствия состояния агрессивной жидкости заданным параметрам.
2. При наличии известных первоначальных значений вязкости и соответствующих им коэффициентов затухания акустических волн можно осуществлять контроль за состоянием агрессивной жидкости. Производя измерение коэффициента затухания и сравнивая его с эталонным, можно судить об изменении параметров агрессивной жидкости.
3. Имея экспериментально полученные эталонные характеристики рассеяния акустического сигнала определенной агрессивной жидкости, можно контролировать количество примесей в ней путем сравнения полученных в точке приема излучения рассеянных сигналов с эталонными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества, свойства и применение. Л.: Химия, 1974. – 304 с.
2. Аэров М.Э. Гидравлические и тепловые основы работы аппаратов со стационарным и кипящим зернистым слоем. Л.: Химия, 1968. – 510 с.
3. Данилішин Б.М. Природно-техногенні катастрофи Київ: УІНСіР, 2002. – 153 с.
4. Азаренко Е.В., Дивизинюк М.М., Третьякова Л.В. Акустические свойства водной среды // Сб. науч. тр. СНУЯЭиП. – Вып. 1(29). – Севастополь, СНУЯЭиП, 2009. – С. 226 – 229.

Муровский С.П., к.т.н.; Левчук И.С., студент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Ильницкий О.А., д.б.н., ст. ведущий сотрудник

Государственный Никитский ботанический сад

Воздействие отработанных газов автомобильного транспорта на флору Большой Ялты

Проанализировано техногенное воздействие отработанных газов от автотранспорта на флору Большой Ялты. Проведены исследования по подбору растений-индикаторов для эффективного контроля загрязнения воздушного бассейна выбросами техногенного характера.

Окружающая среда, флора, отработанные газы, оксиды серы, растения-индикаторы, Большая Ялта.

Введение. Автомобильный парк, являющийся одним из основных источников загрязнения окружающей природной среды (ОПС), сосредоточен в основном в городах. Транспортные потоки растут вместе с ростом городов стихийно, не подчиняясь рациональному планированию размещения жилых и промышленных зон.

Одиночный автомобиль выделяет сравнительно небольшое количество загрязнителей, которое быстро рассеивается в атмосфере и не вызывают неблагоприятных последствий. Увеличение количества автотранспорта в городах и на автомобильных трассах привело к глобальному загрязнению приземного слоя атмосферы. Опасность техногенного загрязнения увеличивается с ростом уровня моторизации страны. Влияние автотранспорта на ОПС выражается, в основном, в выбросах в атмосферу токсикантов с отработанными газами двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Особенно увеличение выбросов проявляется в больших городах, где на его долю приходится более половины от объема выбросов вредных веществ в ОПС [1]. Основные загрязняющие вещества, поступающие в атмосферный воздух, которые регламентируются ПДК_{с.с.} и ПДК_{м.р.} - оксид углерода (CO), диоксиды серы (SO₂) и азота (NO₂), углеводороды (C_nH_m) и др. Наряду с углеводородами в нефтепродуктах присутствуют такие гетероатомы, как сера, которая составляет 0,02-14%, что отвечает содержанию сернистых соединений 0,2-70%. В отличие от других элементов, содержащихся преимущественно в смолистых частях нефти, сера присутствует в значительных количествах в дистиллятных фракциях (бензинах) [2].

Город Ялта расположен в горной части Крымских гор - на склоне Первой Гряды. Формы рельефа и их пространственная ориентировка оказывает большое воздействие на климат, создавая достаточно контрастные микроклиматические зоны по температуре (суточные колебания), направлению и скорости ветра. Черное Море и горный рельеф создает специфичные условия для движения воздушных масс (бризы), что способствует образованию зон с разными температурами, скоростью ветра, влажностью и др., которые меняются в течение суток.

Анализ выбросов антропогенной серы. Для экологической оценки атмосферного воздуха вдоль автомобильных дорог был проведен анализ количественного и качественного состава транспортных потоков на дорогах с различным функциональным назначением.

Качественный состав транспортного потока по основным магистралям города в 2008 г представлен на рис. 1.

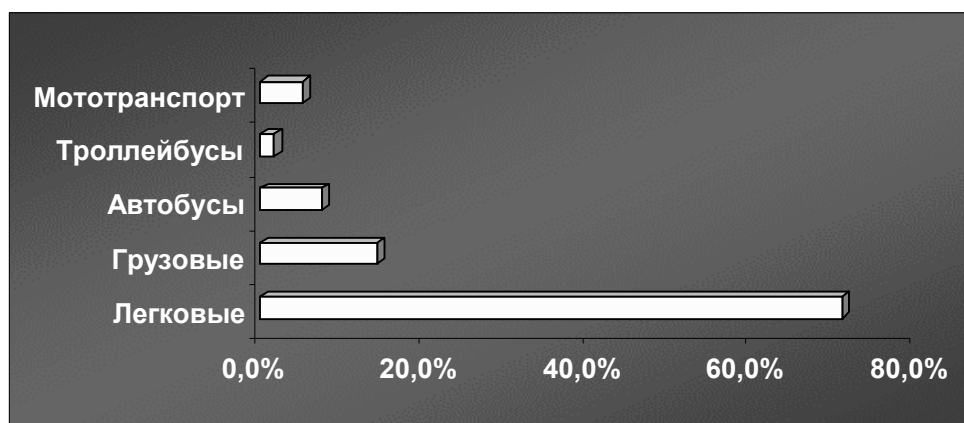


Рис. 1. Состав транспортного потока по основным магистралям г. Ялта в 2008 г

Интенсивность движения на городских автомагистралях увеличивалась с каждым годом, и на 2008 год в час «пик» составляла более 2300-2500 авт./час. Динамика загрязнения приземного слоя атмосферы газообразными загрязнителями, в частности диоксидом серы в период с 1999 по 2008 гг. представлена на рис. 2 [3].

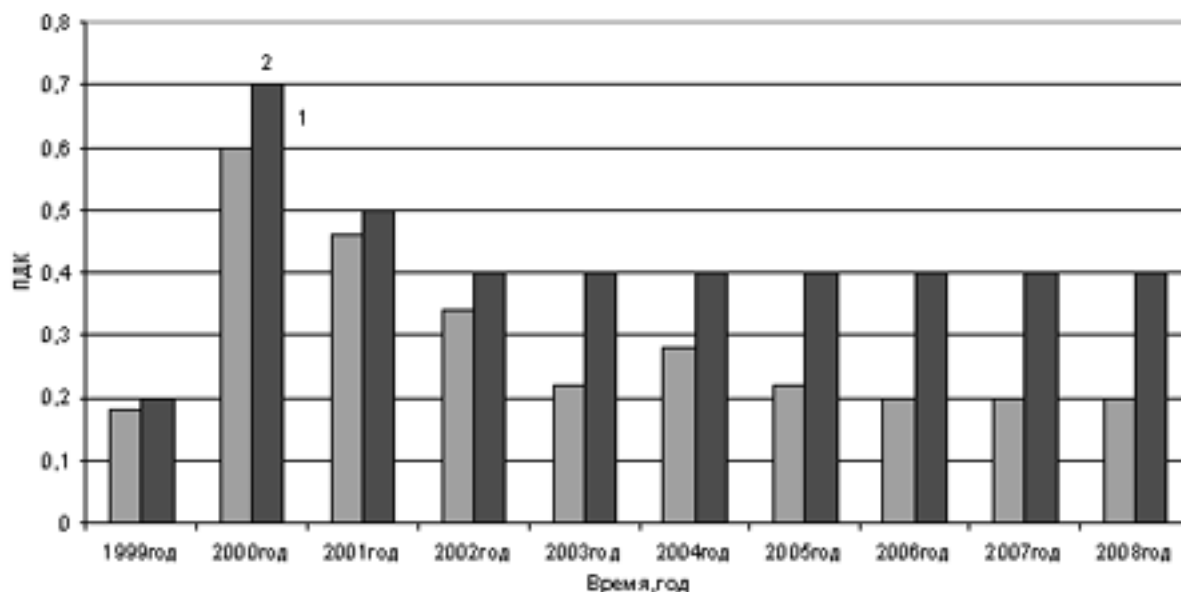


Рис. 2. Динамика загрязнения атмосферного воздуха по SO_2 в период с 1999 по 2008 гг. [3].

Анализируя полученные результаты можно объяснить причину спада содержания оксидов серы в атмосферном воздухе переводом объектов теплоэнергетики города на газовое топливо. Поступление оксидов серы в приземные слои атмосферы уменьшилось и на протяжении последних шести лет практически не изменяется, но в абсолютном значении поступление общей серы в атмосферу остается значительным и одним из основных поставщиков остается автотранспорт. С целью определения влияния транспорта на ОПС на пяти различных АЗС Большой Ялты были отобраны пробы различных марок топлив для определения процентного содержания серы и соответствия требованиям ТУ. Исследования проводились на рентгеноспектральном флуоресцентном анализаторе с применением метода энергетической дисперсии. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1

Содержание серы в пробах автомобильных топлив на АЗС Большой Ялты

	А-80	А-92	А-95	А-95+	ДТ
Содержание серы, %					
ДСТУ-4063-2001 (Бензин)	0,015		0,015	0,015	0,10
ДСТУ3868-99 (ДТ)		0,015			
Результаты исследований	0,026	0,029	0,009	0,009	0,157

Полученные данные по содержанию серы в различных видах топлив показали, что все пробы низкооктановых марок бензина и дизельного топлива (ДТ) содержат серу в концентрациях превышающие нормативы согласно ДСТУ. Следовательно, автотранспорт использующий данные марки топлив является потенциальным загрязнителем атмосферы по оксидам серы.

При анализе качественного состава транспортных потоков прослеживается динамика, что низкооктановые марки бензинов и дизельного топлива используют 35-45% автомобилей. Однако в сложившейся экономической ситуации с низкой платежеспособностью населения возможно увеличение использования вышеуказанных видов топлив до 60%, что может повлечь к увеличению выбросов оксидов серы в 2,5-3 раза.

Воздействие отработанных газов на флору Большой Ялты. Биоиндикация техногенного

загрязнения атмосферного воздуха - один из общепризнанных современных способов контроля состояния окружающей среды (Беспаятов, Кротов, 1985; Смит, 1985; Крючков, 1987; Туовинен, 1989; Щербатюк, 1987, 1988, 1998, 2002). Постоянное совершенствование биоиндикационных методов вывело их в разряд весьма точных и надежных аналитических приемов, обладающих такими важными преимуществами перед инструментальными методами, как возможность длительной экспозиции, измеряемой месяцами и годами, а также наблюдений на обширных природных территориях.

В дальнейшем благодаря работам зарубежных и отечественных ученых метод фитоиндикации получил свое развитие и признание (Jenson et al., 1981; Annuka et al., 1982; Latoha, 1983; Linson, 1983; Stefan, 1983; Fluckiger et al., 1984; Wong, 1990).

В хвое сосны обыкновенной вне зоны техногенного воздействия содержание серы колеблется в пределах - 0,05-0,07%, а в зоне сильного задымления повышается до 0,3%, при этом наблюдается отмирание хвои к концу первого - началу второго года жизни деревьев.

Обнаруженная особенность ассимиляционного аппарата растений (хвои и листьев - у высоких, таллома - у низших) накапливать серу в процессе газообмена с воздушной средой может в последствии использоваться для индикации загрязнения воздуха сернистыми соединениями, а также для индикации и прогноза повреждения самих растений (табл. 2) [4].

Таблица 2

Степень повреждения ели *Picea abies* в зависимости от концентрации SO_2 в воздухе и содержания серы в хвое (по Materna, 1972) [4]

Средняя концентрация SO_2 , мкг/м ³			Среднее содержание серы в хвое, %	Степень повреждения древостоев
за год	за вегетационный период	за зимний период		
15	5	30	0,1	Видимые повреждения отсутствуют
25-35	10-20	50-60	0,135	Слабое повреждение
30-40	20-30	50-70	0,165	Среднее повреждение
50-70	20-50	70-90	0,240	Сильное повреждение, изреживание древостоя вследствие гибели деревьев
70-90	40-70	100-200	0,320	Гибель деревьев всех возрастных групп

Для целей фитоиндикации в основном используются немногие виды хвойных растений – ель, сосна, пихта. Данные по растениям-индикаторам приведены в табл. 3 [5]. В ней совмещены в одной шкале данные разных авторов по накоплению общей серы в хвое как со степенью повреждения растений, так и с уровнем загрязнения воздуха SO_2 .

На Южном берегу Крыма ель европейская и сосна обыкновенная практически отсутствуют, поэтому были отобраны в качестве видов-индикаторов сосна крымская (лесные и лесопарковые насаждения) и кедр гималайский (парковые насаждения). Разработанная шкала индикации по названным видам хвойных включает 4 уровня загрязнения атмосферного воздуха с учетом конкретных условий региона: *фоновый* (среднегодовая концентрация $SO_2 < 10$ мкг/м³), *низкий* (10-20 мкг/м³), *повышенный* (30-40 мкг/м³), *высокий* (50-60 мкг/м³). Очень высокий уровень загрязнения не выделялся. Каждому из уровней загрязнения воздуха отвечают интервалы значений содержания общей серы в 2-летней хвое (рассчитанного на абсолютно сухую массу). Для удобства в практическом использовании шкалы уровни загрязнения воздуха оценены в баллах: *фон* - 0 баллов, *низкий* - 1 балл, *повышенный* - 2 балла и *высокий* - 3 балла (табл. 4) [5].

Таблица 3

Унифицированная шкала фитоиндикации, составленная на основе литературных данных (содержание общей серы в % от сухой массы хвои) [5]

Породы-индикаторы	Среднегодовой уровень концентрации SO ₂ в атмосферном воздухе, мг/м ³					
	фоновый	низкий	повышен-ный	высокий	очень высокий	Автор
	Степень повреждения хвои (деревьев)					
	нет	слабая	средняя	сильная	гибель деревьев	
Ель европейская (Picea abies)	0,1	0,135	0,165	0,240	0,320	Materna (1983)
	—	0,129	0,171	0,234	—	Olszowski et al. (1983)
	0,09	0,12	0,135	0,215	—	Николаевский (1987)
	0,05-0,10	—	—	—	0,34	Сыроед
Сосна обыкновенная (Pinus Sylvestris)	0,05-0,07	—	—	—	0,24	Кулагин((1974)
	0,07	—	0,11	—	—	Molski et al. (1981)
	>0,09	>0,11	0,112-0,135	0,157	<0,157	Karhu et ai. (1987)
	0,045	—	—	—	0,208	Supuka (1990)
Пихта сибирская (Abies sibirica)	0,02 —	0,12	0,12	0,22	—	Батраева (1990)

Таблица 4

Шкала индикации загрязнения воздуха сернистыми соединениями по содержанию общей серы в 2-летней хвое сосны крымской и кедра гималайского [5]

Виды-индикаторы	Уровни загрязнения атмосферного воздуха			
	0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла
	Среднегодовая концентрация SO ₂ , мкг /м ³			
	<10	10 - 20	30-40	50-60
	Содержание общей серы в хвое, %			
Сосна крымская	0,02-0,06	0,07-0,10	0,11-0,14	
Кедр гималайский	0,03-0,06	0,07-0,14	0,15-0,22	

Измерения в пределах территории Южного берега Крыма показали, что содержание общей серы в 2-летней хвое сосны крымской колебалось от 0,02 до 0,20 %, а у кедра гималайского - от 0,03 до 0,30 %.

Для главной гряды Крымских гор выделено 3 пояса: *нижний* - от побережья до высоты 300 м, *средний* - от 300 до 900 м и *верхний* - выше 900 м над уровнем моря.

Наиболее низкое содержание общей серы в хвое сосны крымской найдено в пределах верхнего пояса. Средние баллы загрязнения по Бабуган - яйле и району перевала Гурзуфское седло составили 0-0,2. Более высокие значения загрязнения получены для среднего пояса. Здесь на протяжении от лесного массива над селом Запрудное до лесных участков над Форосом получены средние баллы загрязнения 0,2-0,9. И, наконец, для нижнего пояса средние баллы загрязнения оказались наиболее высокими: 0,5-1,5.

В пределах селитебных территорий наиболее высокие значения накопления серы в хвое сосны крымской (средний балл загрязнения: 2,0-2,2), были отмечены для промышленной зоны Ялты, расположенной выше обводной дороги, и для Поликуровского холма, где расположены корпуса и парк института им. Сеченова. На южной границе леса вблизи от места нахождения водочистой станции Ялтинского «Водоканала» уровень загрязнения воздуха составил 1,4, а в районе горбольницы в Ливадии - 0,8. Для основной южнобережной автотрассы – Севастопольского шоссе значения загрязнения воздуха сернистыми соединениями составили 1,4 -1,5 балла (табл. 5).

Таблица 5

Результаты индикации загрязнения атмосферного воздуха на Южном берегу Крыма по содержанию общей серы в хвое сосны крымской

Места отбора проб	Количеств	Распределение проб по уровням				Средний балл
		0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла	
<u>А, Горно-лесная территория</u>						
Верхний пояс макросклона (> 900 м над уровнем моря)						
Бабуган-яйла	10	8	2	-	-	0,2
Гурзуфское седло	3	3	-	-	-	0,0
Средний пояс макросклона (300 - 900 м над уровнем моря)						
Поляна сказок - Подножие Ставрикая (300-400 м н.у.м.)	11	2	8	1	-	0,9
Нижний пояс макросклона (< 300 м над уровнем моря)						
У пгт. Никита	11		8	3	—	1,3
Мыс Мартыан	11		6	5	—	1,5
«Нижний Сосняк»	4		4	—	—	0,7
<u>Б. Селитебные территории . Ялта</u>						
Промзона города	9	-	2	3	4	2,2
Поликуровский холм	6	-	1	3	2	2,2
Район станции очистки питьевой воды	8	1	3	4	—	1,4
<u>Южнобережное шоссе (обочина до 30 м)</u>						
Участок: Ай-Да-ниль - Джемиет	8	-	5	3	—	1,4
Участок: Ливадия - Алупка	8	-	5	2	1	1,5

Выпадение с осадками техногенной серы ($0,92 \text{ г/м}^2$ в год) достигло порогового уровня для хвойных насаждений, превысив в 2-3 раза уровни, указанные в литературе как критические для наиболее чувствительных экосистем, подтверждением негативных изменений стала гибель хвойных деревьев в районе Южнобережного шоссе, в остаточной хвое которых отмечалось высокое содержание общей серы (0,19-0,25%) (рис. 3).



Рис. 3. Гибель хвойных деревьев в районе Южнобережного шоссе под воздействием повышенной концентрации оксидов серы в атмосферном воздухе (2007 г)

В ходе проведенных исследований были сопоставлены данные по химическому составу атмосферных осадков в условиях центрально-восточной части ЮБК [6] с допустимыми уровнями загрязнения наземных и водных экосистем (табл. 6).

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что загрязнение осадков техногенными серой и азотом имеет критические значения для чувствительных экосистем, отмечается критическое содержание железа. Его средняя концентрация в дождевых водах составляла 0,053 мг/л.

Для цинка предельно допустимая концентрация для пресноводных водорослей определена в 0,030 мг/л. Но такой уровень некоторые авторы считают завышенным и рекомендуют снизить до 0,010 мг/л.

Таблица 6

Сопоставление данных по химическому составу атмосферных осадков в условиях центрально-восточной части ЮБК с допустимыми уровнями загрязнения наземных и водных экосистем [6]

Компоненты загрязнения осадков	Наблюдавшиеся уровни загрязнения		Допустимые уровни загрязнения		Примечание
	<i>Выпадение с осадками на подстилающую поверхность, г/м²·год</i>	<i>Средние концентрации в осадках, мг/л</i>	<i>Выпадение с осадками на подстилающую поверхность, г/м²·год</i>	<i>ПДК в воде, мг/л</i>	
S (техногенная сера)	0,92	—	03-0,5	—	"Критические значения" для наиболее чувствительных экосистем
N (общий техногенный азот)	0,50	—	1-2	—	"Критические значения" для наиболее чувствительных экосистем
Fe	—	0,053	—	0,050	ПДК
Zn	—	0,040	—	0,010	ПДК рекомендуемая для пресноводных водорослей
Pb	—	0,008	—	0,030	ПДК
Cd	—	0.0004	—	0.0010	ПДК

ВЫВОДЫ

1. Автомобильный транспорт на сегодняшний день является основным загрязнителем атмосферного воздуха оксидами серы. С целью снижения негативного влияния отработанных газов на ОПС необходимо усилить контроль за качеством реализуемого в розничной сети автомобильного топлива.
2. Проведенные исследования позволяют подобрать виды растений, устойчивых к загрязнению воздушного бассейна выбросами техногенного характера для данного региона, что может быть использовано в перспективных планах озеленения улиц, парков, скверов, бульваров и набережных.
3. Местные растения-индикаторы могут быть использованы для эффективного контроля загрязнения воздушного бассейна выбросами техногенного характера от объектов автотранспортного комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муровский С.П. Особенности загрязнения атмосферы выбросами автотранспорта в условиях горного рельефа / С.П. Муровский // Строительство и техногенная безопасность. - 2005. - № 11. - С. 149-156.
2. Химия нефти и газа / [Богомолов А.И., А.А. Гайле, В.В. Громова и др.]; под ред. А.И. Богомолова – [2-е изд.]. - Л.: Химия, 1989. - 424 с.
3. Влияние автотранспорта на экологическую ситуацию АРК: [стат. сборник]. - Симферополь: Госкомстат Украины, 2007. - 12 с.
4. Materna J. Beziehungen zwischen der SO_2 Konzentration und der Reaktion der Fichterbestände // Aquilo, ser. bot. 19. Onlu Finland, 1983.
5. Методические рекомендации по биоиндикации загрязнения атмосферного воздуха соединениями серы / [сост. Щербатюк Л.К.]. - Ялта: ГНБС УААН, 1998. - 20 с.
5. Щербатюк Л.К. Определение уровня загрязнения атмосферы диоксидом серы с целью прогноза повреждений лесных экосистем // Бюлл. ГНБС УААН Ялта, 1987. - Вып. 62. - С. 14-18.
6. Ильницкий О.А. Основы фитомониторинга / Ильницкий О.А., Бойко М.Ф., Федорчук М.И. и др. - Херсон. - 2007. - 345 с.

Сухорученко С.К., инженер-геолог
Институт «КрымГИИНТИЗ»

Деформационно-прочностные и набухающие характеристики нижнемеловых глин Крымского предгорья (особенности изменений их под влиянием техногенных факторов)

Приведены регрессионные уравнения деформационно-прочностных характеристик для природных и природно-технических комплексов нижнемеловых глин Крымского Предгорья под возрастающим влиянием хозяйственной деятельности человека. На основе регрессионных уравнений составлены региональные таблицы деформационно-прочностных характеристик для природных и природно-технических комплексов.

Грунты, свойства, регрессионные уравнения, региональные таблицы.

Актуальность создания регрессионных уравнений деформационно-прочностных характеристик нижнемеловых глин Крымского Предгорья для природных и природно-технических комплексов заключается в оперативном прогнозировании возможных изменений состояния глин при взаимном влиянии массива глин и инженерных объектов. Это позволяет повысить эффективность при эколого-геологических и проектно-изыскательских работах. Необходимость составления двух различных таблиц деформационно-прочностных характеристик для природных и природно-технических комплексов заключается в участившихся разрушениях сооружений и зданий, после их 10-20-летней эксплуатации, которые объяснить, заложенными при проектировании характеристиками невозможно [1].

Опыт составления подобных таблиц существует и приведён в [2-6], где обосновываются различные регрессионные уравнения, которые имеют как линейную, так и нелинейную зависимость деформационно-прочностных характеристик от их физических свойств. При составлении регрессионных уравнений для взаимосвязи деформационно-прочностных характеристик с физическими характеристиками наиболее часто используют следующие физические характеристики: коэффициент пористости, естественная влажность, влажность на границе раскатывания, число пластичности и показатель текучести глинистых отложений [2-6].

В большинстве случаев выбор прогнозируемого уравнения для механического показателя сводится к линейной зависимости, чем к нелинейной. Это связано с тем, что линейные модели являются более простыми и удобными и только тогда, когда линейная модель не даёт ожидаемого результата применяют более сложные нелинейные модели [4, 5].

Цель, задачи, объект, предмет и методика исследований

Цель работы – создание математического аппарата для экспрессных оценок состояния нижнемеловых глин Крымского Предгорья.

Задачи исследования:

- составление регрессионных уравнений значений модуля деформации, удельного сцепления, угла внутреннего трения, давления набухания и относительного набухания от физических характеристик нижнемеловых глин для природных и природно-технических комплексов;
- на базе регрессионных уравнений создание региональных таблиц значений модуля деформации, удельного сцепления, угла внутреннего трения, давления набухания и относительного набухания от физических характеристик для природных и природно-технических комплексов.

Объектом исследования являются нижнемеловые глины Крымского Предгорья, а предметом изменение деформационно-прочностных свойств нижнемеловых глин от их физических характеристик под влиянием хозяйственной деятельности.

Основными методами исследования были лабораторные геотехнические исследования согласно ДСТУ Б В.2.1-3-96 [7], ГОСТ 5180-84 [8], ДСТУ Б В.2.1-4-96 [9], систематизация лабораторных данных и методы регрессионного анализа.

Для создания уравнений регрессии применялся математический метод, предложенный ПНИ-

ИИС [2], по которому уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$X = X_{cp} - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{cp}) \times X_i}{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{cp})^2} \times (y - y_{cp})$$

где X – искомое значение характеристики (модуля деформации, или удельного сцепления, или угла внутреннего трения, или давления набухания, или относительного набухания); X_{cp} – среднее значение характеристики; X_i – параллельное определение при данном значении физической характеристики X ; y_i – параллельное определение физической характеристики при данном значении X ; y_{cp} – среднее значение физической характеристики; y – переменное значение физической характеристики.

Отбор образцов глин осуществляли при инженерно-геологических и гидрогеологических изысканиях по всей территории распространения нижнемеловых глин Крымского Предгорья.

Для определения граничных значений коэффициента пористости и показателя текучести глин было проанализировано более 1300 определений физических свойств отобранных в природных комплексах и более 1750 определений физических свойств отобранных в природно-технических комплексах.

Для составления регрессионных уравнений было использовано 654 определения модуля деформации и 128 определений удельного сцепления и угла внутреннего трения, отобранных в природных комплексах и соответственно 541 и 259 определений этих характеристик из природно-технических комплексов.

Результаты исследований

Составление региональных таблиц деформационно-прочностных характеристик нижнемеловых глин Крымского Предгорья для природных комплексов и с учётом техногенного изменения ранее не проводили. Впервые изучена зависимость деформационно-прочностных характеристик от их физических характеристик и показателя текучести отдельно для природных и для природно-технических комплексов с учётом 30-50 летнего техногенного изменения.

Таблицы деформационно-прочностных свойств нижнемеловых глин являются региональными таблицами, которые могут быть использованы при оперативной и предварительной оценке состояния нижнемеловых глин при решении эколого-геологических и проектно-исследовательских задач.

Достоверность тесноты связей между деформационно-прочностными и набухающими свойствами от их физических характеристик определяли при помощи коэффициента корреляции. По результатам исследований достоверные связи между деформационно-прочностными и физическими характеристиками наблюдались между природною влажностью, плотностью скелета грунта и коэффициентом пористости. Достоверные связи между набухающими и физическими характеристиками наблюдались между плотностью грунта и коэффициентом пористости.

По результатам анализа в природных комплексах встречены твёрдые, полутвёрдые и тугопластичные глины (показатель текучести изменялся от -0,97 до 0,49). Из-за возрастающего техногенного воздействия в природно-технических комплексах, кроме выше перечисленных глин, распространены мягкопластичные и текучепластичные глины (показатель текучести изменялся от -0,95 до 0,86), что говорит об ухудшении состоянии и несущих способностей глин на отдельных участках.

Для различных по показателю текучести глин был установлен диапазон значений природной влажности, плотности скелета грунта и коэффициента пористости в природных и природно-технических комплексах (табл.1). В табл. 2 и 3 приведены регрессионные уравнения деформационно-прочностных свойств от физических характеристик для природных и природно-технических комплексов.

Таблица.1.

Диапазон значений природной влажности, плотности скелета грунта и коэффициента пористости нижнемеловых глин Крымского Предгорья

Комплексы	Показатель текучести	Граничные значения					
		Природная влажность		плотность скелета грунта		коэффициент пористости	
		нижнее	верхнее	нижнее	верхнее	нижнее	верхнее
Природные	$I_L < 0$	0,072	0,456	1,03	1,93	0,396	1,357
	$0 \leq I_L \leq 0,25$	0,163	0,461	1,04	1,72	0,534	1,367
	$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	0,221	0,477	1,11	1,58	0,696	1,395
Природно-технические	$I_L < 0$	0,104	0,472	1,07	2,13	0,411	1,384
	$0 \leq I_L \leq 0,25$	0,166	0,486	1,09	1,79	0,434	1,395
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	0,183	0,488	1,12	1,68	0,493	1,454
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	0,190	0,491	1,14	1,66	0,593	1,502

Таблица.2.

Регрессионные уравнения механических свойств нижнемеловых глин Крымского Предгорья для природных комплексов

Показатель текучести	Деформационно-прочностные характеристики		
	Модуль деформации, E (Мпа)	Удельное сцепление, C (кПа)	Угол внутреннего трения, φ (градусы)
$I_L < 0$	$E = 53,3 - 28,83e$	$C = 71,8 - 30,5e$	$\varphi = 31 - 9e$
	$E = 47,6 - 75,5W$	$C = 66,9 - 86,1W$	$\varphi = 30 - 29W$
	$E = 31,3 \rho_{ск} - 17,9$	$C = 34,4 \rho_{ск} - 5,3$	$\varphi = 15,3 \rho_{ск} - 2,1$
$0 \leq I_L \leq 0,25$	$E = 43,61 - 24,19e$	$C = 62,4 - 25,6e$	$\varphi = 29 - 10e$
	$E = 44,5 - 76,3W$	$C = 57,3 - 67,2W$	$\varphi = 27 - 26W$
	$E = 33,7 \rho_{ск} - 25,0$	$C = 32,9 \rho_{ск} - 9,5$	$\varphi = 19,5 \rho_{ск} - 8,9$
$0,25 < I_L \leq 0,5$	$E = 30,73 - 17,33e$	$C = 42,9 - 15,8e$	$\varphi = 28 - 12e$
	$E = 27,1 - 43,0W$	$C = 41,8 - 42,3W$	$\varphi = 27 - 32W$
	$E = 26,6 \rho_{ск} - 23,5$	$C = 22,0 \rho_{ск} - 3,2$	$\varphi = 19,1 \rho_{ск} - 10,5$

Примечание. e-коэффициент пористости, W-природная влажность, $\rho_{ск}$ –плотность скелета грунта

В табл. 4 и 5 приведены значения деформационно-прочностных характеристик нижнемеловых глин от природной влажности, в табл. 6 и 7 от плотности скелета грунта и в табл. 8 и 9 от коэффициента пористости для природных и природно-технических комплексов.

**Регрессионные уравнения механических свойств нижнемеловых глин Крымского
Предгорья для природно-технических комплексов**

Показатель текучести	Деформационно-прочностные характеристики		
	Модуль деформации, E (МПа)	Удельное сцепление, C (кПа)	Угол внутреннего трения, φ (градусы)
$I_L < 0$	$E = 52,18 - 32,36e$	$C = 55,4 - 22,6e$	$\varphi = 30 - 12e$
	$E = 48,1 - 86,5W$	$C = 52,0 - 57,9W$	$\varphi = 30 - 38W$
	$E = 33,3 \rho_{ск} - 30,5$	$C = 24,0 \rho_{ск} - 1,2$	$\varphi = 13,5 \rho_{ск} - 1,7$
$0 \leq I_L \leq 0,25$	$E = 37,19 - 22,32e$	$C = 52,0 - 21,4e$	$\varphi = 27 - 9e$
	$E = 37,8 - 66,0W$	$C = 50,9 - 62,5W$	$\varphi = 29 - 38W$
	$E = 28,7 \rho_{ск} - 26,6$	$C = 28,6 \rho_{ск} - 10,5$	$\varphi = 16,8 \rho_{ск} - 8,1$
$0,25 < I_L \leq 0,5$	$E = 22,78 - 12,79e$	$C = 47,3 - 26,5e$	$\varphi = 23 - 10e$
	$E = 22,9 - 37,0W$	$C = 48,4 - 81,3W$	$\varphi = 22 - 28W$
	$E = 17,3 \rho_{ск} - 13,6$	$C = 37,5 \rho_{ск} - 32,1$	$\varphi = 14,2 \rho_{ск} - 7,5$
$0,5 < I_L \leq 0,75$	$E = 22,32 - 13,76e$	$C = 33,1 - 17,6e$	$\varphi = 22 - 11e$
	$E = 20,4 - 36,0W$	$C = 36,0 - 58,1W$	$\varphi = 20 - 26W$
	$E = 21,8 \rho_{ск} - 22,7$	$C = 26,6 \rho_{ск} - 22,4$	$\varphi = 15,7 \rho_{ск} - 11,7$

Примечание. e-коэффициент пористости, W-природная влажность, $\rho_{ск}$ –плотность скелета грунта

Таблица.4.

**Значения деформационно-прочностных характеристик нижнемеловых глин от природной
влажности для природных комплексов**

Показатель текучести	Деформационно- прочностные характеристики	Природная влажность, W										
		0,080	0,120	0,160	0,200	0,240	0,280	0,320	0,360	0,400	0,440	0,480
$I_L < 0$	E, МПа	42	39	36	33	29	26	23	20	17	14	
	C, кПа	60	57	53	50	46	43	39	36	32	29	
	φ , град.	28	27	25	24	23	22	21	20	18	17	
$0 \leq I_L \leq 0,25$	E, МПа			32	29	26	23	20	17	14	11	
	C, кПа			47	44	41	38	36	33	30	28	
	φ , град.			23	22	21	20	19	18	17	16	
$0,25 < I_L \leq 0,50$	E, МПа					17	15	13	12	10	8	6
	C, кПа					32	30	28	27	25	23	21
	φ , град.					19	18	17	15	14	13	12

Таблица.5.

Значения деформационно-прочностных характеристик нижнемеловых глин от природной влажности для природно-технических комплексов

Показатель текучести	Деформационно-прочностные характеристики	Природная влажность, W									
		0,120	0,160	0,200	0,240	0,280	0,320	0,360	0,400	0,440	0,480
$I_L < 0$	E , МПа	38	34	31	27	24	20	17	14	10	7
	C , кПа	45	43	40	38	36	33	31	29	27	24
	φ , град.	25	24	22	21	19	18	16	15	13	12
$0 \leq I_L \leq 0,25$	E , МПа		27	25	22	19	17	14	11	9	6
	C , кПа		41	38	36	33	31	28	26	23	21
	φ , град.		23	22	20	18	17	15	14	12	11
$0,25 < I_L \leq 0,50$	E , МПа			16	15	13	11	10	8	7	5
	C , кПа			32	29	26	22	19	16	13	9
	φ , град.			16	15	14	13	12	11	10	9
$0,50 < I_L \leq 0,75$	E , МПа			14	12	10	9	7	6	5	3
	C , кПа			24	22	20	17	15	13	10	8
	φ , град.			15	14	13	12	11	10	9	8

Таблица.6.

Значения деформационно-прочностных характеристик нижнемеловых глин от плотности скелета грунта для природных комплексов

Показатель текучести	Деформационно-прочностные характеристики	Плотность скелета грунта, $\rho_{ск}$									
		1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
$I_L < 0$	E , МПа	42	38	35	32	29	26	23	20	17	13
	C , кПа	60	57	53	50	46	43	39	36	33	29
	φ , град.	27	25	24	22	21	19	18	16	15	13
$0 \leq I_L \leq 0,25$	E , МПа			32	29	26	22	19	15	12	9
	C , кПа			46	43	40	37	33	30	27	23
	φ , град.			24	22	20	18	16	15	13	11
$0,25 < I_L \leq 0,50$	E , МПа				19	16	14	11	8	6	
	C , кПа				32	30	28	25	23	21	
	φ , град.				20	18	16	14	12	11	

Таблица.7.

Значения деформационно-прочностных характеристик нижнемеловых глин от плотности скелета грунта для природно-технических комплексов

Показатель текучести	Деформационно-прочностные характеристики	Плотность скелета грунта, $\rho_{ск}$										
		2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
$I_L < 0$	$E, \text{МПа}$	39	36	33	29	26	23	19	16	13	9	6
	$C, \text{кПа}$	49	47	44	42	40	37	35	32	30	28	25
	$\varphi, \text{град.}$	27	25	24	23	21	20	19	17	16	15	13
$0 \leq I_L \leq 0,25$	$E, \text{МПа}$				25	22	19	16	14	11	8	5
	$C, \text{кПа}$				41	38	35	32	30	27	24	21
	$\varphi, \text{град.}$				22	20	19	17	15	14	12	10
$0,25 < I_L \leq 0,50$	$E, \text{МПа}$					16	14	12	11	9	7	5
	$C, \text{кПа}$					32	28	24	20	17	13	9
	$\varphi, \text{град.}$					17	15	14	12	11	10	8
$0,50 < I_L \leq 0,75$	$E, \text{МПа}$					14	12	10	8	6	3	1
	$C, \text{кПа}$					23	20	18	15	12	10	7
	$\varphi, \text{град.}$					15	13	12	10	9	7	6

Таблица.8.

Значения деформационно-прочностных характеристик нижнемеловых глин от коэффициента пористости для природных комплексов

Показатель текучести	Деформационно-прочностные характеристики	Коэффициент пористости, e										
		0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400
$I_L < 0$	$E, \text{МПа}$	42	39	36	33	30	27	24	22	19	16	13
	$C, \text{кПа}$	60	57	54	51	48	44	41	38	35	32	29
	$\varphi, \text{град.}$	27	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18
$0 \leq I_L \leq 0,25$	$E, \text{МПа}$		32	29	27	24	22	19	17	15	12	10
	$C, \text{кПа}$		50	47	45	42	39	37	34	32	29	27
	$\varphi, \text{град.}$		24	23	22	21	20	19	18	17	16	15
$0,25 < I_L \leq 0,50$	$E, \text{МПа}$				19	17	15	13	12	10	8	6
	$C, \text{кПа}$				32	30	29	27	26	24	22	21
	$\varphi, \text{град.}$				20	18	17	16	15	14	12	11

Таблица.9.

Значения деформационно-прочностных характеристик нижнемеловых глин от коэффициента пористости для природно-технических комплексов

Показатель текучести	Деформационно-прочностные характеристики	Коэффициент пористости, e											
		0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400	1,500
$I_L < 0$	E , МПа	39	36	33	30	26	23	20	17	13	10	7	
	C , кПа	46	44	42	40	37	35	33	31	28	26	24	
	φ , град.	25	24	23	22	20	19	18	17	16	14	13	
$0 \leq I_L \leq 0,25$	E , МПа	28	26	24	22	19	17	15	13	10	8	6	
	C , кПа	43	41	39	37	35	33	31	29	26	24	22	
	φ , град.	23	22	21	20	18	17	16	15	14	12	11	
$0,25 < I_L \leq 0,50$	E , МПа		16	15	14	13	11	10	9	7	6	5	4
	C , кПа		34	31	29	26	24	21	18	16	13	10	8
	φ , град.		18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
$0,50 < I_L \leq 0,75$	E , МПа			14	13	11	10	9	7	6	4	3	2
	C , кПа			23	21	19	17	16	14	12	10	9	7
	φ , град.			15	14	13	12	11	10	9	8	7	6

По результатам исследований значения модуля деформации в природно-технических комплексах, по сравнению с природными комплексами уменьшились на 7-46%, удельного сцепления на 9-52% и угла внутреннего трения на 7-28%, что необходимо учитывать при эколого-геологических и проектно-исследовательских работах.

В табл. 10 приведены регрессионные уравнения набухающих характеристик от плотности грунта и коэффициента пористости, а в табл. 11 и 12 показаны их значения от коэффициента пористости и плотности грунта для природных и природно-технических комплексов.

Таблица.10.

Регрессионные уравнения набухающих свойств нижнемеловых глин Крымского Предгорья для природных и природно-технических комплексов

Комплексы	Характеристики набухания	
	Давление набухания, P_H (МПа)	Относительное набухание, ε_{sw} (%)
Природные	$P_H = 0,16\rho - 0,209$	$\varepsilon_{sw} = 6,58\rho - 1,63$
	$P_H = 0,184 - 0,015e$	$\varepsilon_{sw} = 16,96 - 8,26e$
Природно-технические	$P_H = 0,183\rho - 0,057$	$\varepsilon_{sw} = 12,8\rho - 2,06$
	$P_H = 0,37 - 0,097e$	$\varepsilon_{sw} = 27,78 - 7,02e$

Таблица.11.

Значения набухающих характеристик нижнемеловых глин от коэффициента пористости для природных и природно-технических комплексов

Комплексы	Характеристики набухания	Коефіцієнт пористості, e											
		0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400	1,500
Природные	P_n , МПа	0,14	0,13	0,12	0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,03	0,02	
	ϵ_{sw} , %	13,7	12,8	12,0	11,2	10,4	9,5	8,7	7,9	7,1	6,2	5,4	
Природно-технические	P_n , МПа	0,33	0,32	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23	0,22
	ϵ_{sw} , %	25,0	24,3	23,6	22,9	22,2	21,5	20,8	20,1	19,4	18,7	18,0	17,3

Таблица.12.

Значения набухающих характеристик нижнемеловых глин от плотности грунта для природных и природно-технических комплексов

Комплексы	Характеристик набухания	Плотность грунта, ρ									
		2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	
Природные	P_n , МПа	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,08	0,06	0,05		
	ϵ_{sw} , %	13,5	12,8	12,2	11,5	10,9	10,2	9,6	8,9		
Природно-технические	P_n , МПа	0,36	0,35	0,33	0,31	0,29	0,27	0,25	0,24	0,22	
	ϵ_{sw} , %	27,4	26,1	24,8	23,5	22,3	21,0	19,7	18,4	17,1	

Показатели давления набухания увеличились в 2-12 раза и относительного набухания в 1,8-3,3 раза в природно-технических комплексах по сравнению с природными комплексами, что надо учитывать при прогнозировании возможных изменений свойств глин.

ВЫВОДЫ

- достоверные связи между деформационно-прочностными и физическими характеристиками наблюдались между природною влажностью, плотностью скелета грунта и коэффициентом пористости;
- достоверные связи между набухающими и физическими характеристиками наблюдались между плотностью грунта и коэффициентом пористости;
- значения модуля деформации в природно-технических комплексах, по сравнению с природными комплексами, уменьшились на 7-46%, удельного сцепления на 9-52% и угла внутреннего трения на 7-28%;
- показатели давления набухания увеличились в 2-12 раза и относительного набухания в 1,8-3,3 раза в природно-технических комплексах по сравнению с природными комплексами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сухорученко С.К. Влияние изменения физических и набухающих свойств набухающих глин на экологическую безопасность при хозяйственном освоении территории (на примере Предгорного Крыма) // Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь, Национальная академия природоохранного и курортного строительства, 2005, выпуск 12. – С.89-91.
2. Пособие по расчётам опробования грунтов при инженерных изысканиях для строительства / [Сост. М.Т. Ойзерман, Б.Г. Слепцов, М.В. Рац]. – М.: Стройиздат, 1976. – 39с.
3. Ткачук Э.И. Логические ошибки интерпретации инженерно-геологической информации // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2008 – №2. – С. 168-182.
4. Руководство по составлению региональных таблиц нормативных и расчётных показателей свойств грунтов / [Сост. Б.Г. Слепцов, И.Г. Игнатьева, М.Т. Ойзерман и др]. – М.: Стройиздат, 1981. – 55с.
5. Комаров И.С., Хайме Н.М., Бабенышев А.П. Многомерный статистический анализ в инженерной геологии. – М.: Недра, 1976. – 199с.
6. Теоретические основы инженерной геологии. Механико-математические основы / [ред. Е.М. Сергеева]. – М.: Недра, 1986. – 254с.
7. ДСТУ Б В.2.1-3-96 (ГОСТ 30416-96). Ґрунти. Лабораторні випробування. Загальні положення. – Введ. вперше; Введ. 01.01.1997. – К.: ГП «Укрархбудинформ», 1997. – 19с.
8. ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – Взамен ГОСТ 5180-75, ГОСТ 5181-78, ГОСТ 5182-78, ГОСТ 5183-77; Введ. 01.07.85. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 24с.
9. ДСТУ Б В.2.1-4-96 (ГОСТ 12248-96). Ґрунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і деформованості. – Взамін ГОСТ 12248-78, ГОСТ 17245-79, ГОСТ 23908-79, ГОСТ 24586-90, ГОСТ 25585-83, ГОСТ 26518-85; Введ. 01.01.1997. – К.: ГП «Укрархбудинформ», 1997. – 85с.

Шкіца Л.Є., д.т.н.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Палійчук М.В.

Івано-Франківська обласна державна адміністрація

Управління процесами відродження земель, порушених гірничодобувними підприємствами

Проведен анализ мирового опыта возобновления территорий нарушенных горнодобывающим производством. Предложена программа ликвидации горных предприятий с учетом риск-анализа.

Горное предприятие, рекультивация, ликвидация, риск.

Процес видобутку корисних копалин приводить до негативних змін навколишнього середовища, а території впливу гірничопромислових комплексів потребують відновлення. З кожним роком збільшується кількість гірничих підприємств, які завершують експлуатацію родовищ і надалі залишаються зонами підвищеного екологічного ризику. Актуальність вказаної проблеми підтверджується Загальнодержавною програмою розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2010 року, яка передбачає проведення спеціалізованих робіт та досліджень, пов'язаних із закриттям гірничодобувних підприємств та розробленням рекомендацій щодо безпечної консервації гірничого простору (Донбас, Кривбас, Прикарпаття, Дніпробас).

В Івано-Франківській області розвідано 160 родовищ 24-х видів корисних копалин, які можна віднести до таких груп: паливно-енергетичні (нафта, газ, буре вугілля, торф); хімічні (кам'яна та калійна солі, сірка, фосфити); будівельні матеріали (гіпс, мергелі, мармури, пісковики, піски скляні та будівельні, глини); бальнеологічні (озокерит, мінеральні води) [1]. Інтенсивний розвиток хімічної, енергетичної галузей промисловості призвели до погіршення екологічної ситуації в Карпатському регіоні.

Розробка калійних родовищ нашої області здійснювалась підземним способом на рудниках Калуш, Голинь, Ново-Голинь. Відкрита розробка родовищ калійних солей вперше у світовій практиці здійснювалась на Прикарпатті Домбровським кар'єром. Підземна розробка викликає перерозподіл напружень над підземними гірничими виробками; проходять деформування і переміщення всієї маси порід і земної поверхні. Внаслідок осідання земної поверхні трансформується рельєф, змінюються інженерно-геологічні властивості порід та режим підземних вод [2].

В процесі збагачування та переробки руд на калійних заводах утворилось десятки мільйонів м³ промислових розсолів, глинисто-солевих і твердих галітових відходів. Щорічно утворюються мільйони кубічних метрів високомінералізованих розсолів, які в результаті фільтрації витоків призводять до засолення ґрунтів, поверхневих і підземних вод, створюють ареали засолення цілих територій.

Таким чином, при розробці калійних родовищ, зміни природного стану геологічного середовища завжди погіршуються, і забезпечення рівноваги вимагає природоохоронних заходів. Оскільки, вичерпаний ресурс більшої частини соляних родовищ, то постає питання реабілітації великих територій, які знаходились в зонах впливу гірничопромислових комплексів. Важливим завданням є розробка методики трансформації порушеного ландшафту із забезпеченням екологічної безпеки території для наступного її використання.

Відповідно до вимог діючого природоохоронного законодавства, всі землі порушені в результаті добування та переробки корисних копалин, підлягають відновленню [3]. Відновлений ландшафт виникає як результат взаємодії комплексу ліквідаційних, відновлювальних і рекультивацийних робіт після завершення експлуатації родовища з процесами природного самовідновлення. Ступінь участі цих факторів може бути різним. Мінімальне завдання постмайнінгу – це створення безпечних умов для людей і господарських споруд, екологічна безпека. Максималь-

не завдання – створення елементів для конкретного господарського використання території, порушеної гірничодобувною діяльністю.

Основні напрямки рекультивації [4]:

- сільськогосподарський – створення на порушених землях сільськогосподарських угідь (ріллі, сінокошу, садових насаджень);
- лісогосподарський – утворення лісонасаджень різного типу;
- рибогосподарський – утворення в пониженнях техногенного рельєфу водойм різного призначення;
- рекреаційний – утворення на порушених землях об'єктів відпочинку (парки та лісопарки, туристичні бази, мисливські угіддя);
- природоохоронний та санітарно-гігієнічний;
- будівельний – приведення порушених земель до стану, придатного для промислового та цивільного будівництва.

Вибір раціональних напрямків рекультивації виконуються з врахуванням таких факторів: природно-кліматичних, рельєфу місцевості, ґрунтового покриття, рослинності, геологічних, гідрогеологічних і гідрологічних особливостей; господарських і санітарно-гігієнічних умов; технології комплексної механізації гірничих природних засобів; економічних і соціальних вимог освоєння природних ресурсів району. Найбільш ефективно застосування комплексного вирішення при одночасному використанні декількох напрямків рекультивації і створення на землях, що рекультивуються, багатoproфільних господарств [5].

Рекультивація порушених земель здійснюється в два етапи: технічний етап та біологічний. Технічний етап включає підготовку порушених земель для наступного цільового використання в народному господарстві. При цьому виконуються: плантаж, формування відкосів, зняття, транспортування та нанесення родючого шару ґрунтів на землі, які рекультивуються, будівництво шляхів та інших споруд. Роботи цього етапу виконуються гірничими підприємствами або іншими організаціями. Біологічний етап включає виконання заходів щодо відновлення родючості земель. До них належать агротехнічні заходи, направлені на відновлення флори та фауни. Роботи цього етапу виконуються сільськогосподарськими, лісогосподарськими та іншими організаціями.

В питаннях ліквідації гірничих підприємств країни Західної Європи є добрим прикладом для переймання досвіду, так як вони пройшли різні стадії розвитку та функціонування гірничодобувної галузі та на власному досвіді навчилася усувати негативні явища від гірничої діяльності [6,7]. Такі держави, як Франція, Німеччина, Великобританія володіють науково-методичною та правовою базою для забезпечення екологічної безпеки закритих гірничопромислових підприємств [8,9] та практичним досвідом по відновленню деградованих гірничою діяльністю територій, а також вмінням надавати новий подих життя зруйнованим територіям.

Серед 1861 зареєстрованих гірничих підприємств понад половина з них закрита [10]. Значна частина ліквідованих гірничих комплексів служать для захоронення комунальних та промислових відходів, наприклад, найбільше звалище промислових відходів у Франції в Бельфасті. Звалище комунальних відходів міста Кракова (Польща) з 1973р. функціонує на місці виробленого кар'єру кам'яної солі «Вагуч» [11]. Інколи зруйновані території повертаються в історичні природні умови [12] або набувають нових природних краєвидів. Рекультиований кар'єр уранових руд гірничопромислового комплексу Бондонс знаходиться в горах Севенах на півдні Франції і розміщений на віддалі 2,5 км від Західного національного парку та 1 км від найближчого населеного пункту Флогас. Географічне розміщення копальні зобов'язувало проведення рекультиваційних робіт в напрямку повернення привабливості краєвидам туристичного регіону, забезпечення стабільності крутим схилам та уникнення радіоактивного забруднення території. Більш як десятилітній період стабільного стану території після завершення відновлювальних робіт вказує на правильний шлях реалізованого проекту. Виположування стабільних відкосів та їх терасування потребувало переміщення біля 575 000 тонн породи, радіоактивна стабільність регіону забезпечувалась очисними станціями вод, що акумулювались на території комплексу.

На сьогоднішній день всі гірничі підприємства Західної Європи по видобутку уранових руд, кам'яного вугілля, золота на стадії ліквідації, рекультивації або на стадії переобладнання і підготовки території для іншого типу діяльності. Тільки видобуток будівельної мінеральної сировини знаходиться на різних стадіях функціонування, який представлений понад 700 підприємствами.

Великий вплив на формування сучасного підходу до вирішення ліквідаційних питань мали інциденти і катастрофічні явища, пов'язані із старими закритими шахтами та кар'єрами, які закінчили свою діяльність до другої світової війни або і раніше. Наприклад, закрита шахта по видобутку вапняку в Паризькому регіоні спровокувала провал житлового будинку, дороги, також загибель людей [13] і такі випадки були не поодинокі. Прикрі інциденти заставили науковців, гірників задуматись над питаннями забезпечення довготривалої стабілізації території після закриття шахти.

Зсуви на крутих схилах зовнішніх відвалів та бортів кар'єрів спровокували розвиток методики розрахунку довготривалої надійності таких споруд з практичним забезпеченням стійкого кута. Після забруднення підземних вод, під час прориву хвостосховища, детально вивчалась геологічна структура території на якій планувалось зберігати відходи збагачувального виробництва. Забруднення річкових вод важкими металами, після проходження атмосферних вод через відвали в складі яких містились ці хімічні елементи, заставили робити детальний хімічний аналіз відходів, а при необхідності і очищення. Ліквідаційні та стабілізаційні роботи вимагали значних матеріальних затрат і, як наслідок, сьогодні проводиться детальний прорахунок і передбачення негативного впливу на навколишнє середовище на стадії проектування з обов'язковою процедурою оцінки впливу на навколишнє середовище. Розроблені рекомендації по формуванню відвалів, териконів, хвостосховищ [14, 15] та правила поводження з небезпечними відходами.

Прикрі інциденти підтвердили необхідність серйозного наукового підходу в гірничій справі і в інших галузях матеріального виробництва до екологічної безпеки довкілля [16]. У 70-х роках почав свій розвиток новий науковий напрямок – гірничо-екологія. На сьогодні проводиться політика запобігання розвитку нещасних випадків шляхом підготовки спеціального рапорту безпеки і реалізації «системи забезпечення безпеки», оцінки ризику.

Період експлуатації мінерально-сировинних запасів залежить від геологічних умов, технічного стану підприємства, а також економічних та політичних чинників. Програма ліквідації гірничого підприємства розробляється і починає реалізовуватись в період оптимального функціонування. При такому підході вдається зменшити негативні наслідки діяльності та економити кошти в майбутньому.

В світовому масштабі, найбільший доробок в напрямку розробки проектів рекультивації сіркодобувних комплексів та їх реалізації належить польським науковцям. Варто відмітити їх беззаперечне лідерство, тому досягнення польських колег можуть бути використані для ліквідації екологічних наслідків сіркодобувної промисловості в інших державах.

В проекті, розробленому державним гірничим підприємством „Сяркополь” (OBR PS „Siarkopol”) спільно з гірничо-металургійною Академією м. Кракова та Варшавської спілки „Гідропроект”, щодо відновлення території де велась кар'єрна експлуатація сірки в районі П'ясечно і Махув поблизу міста Тарнобжег прийняті наступні основні рішення [17]:

- на місці кар'єру створюється озеро для рекреації;
- на дні кар'єру вкладається гідроізоляційний шар глини потужністю 25м;
- ділянки борту кар'єру зі сторони р.Вісли та шосе викладають до кута 5°, а для попередження абразії облаштовується пляж, частина берега укріплюється бетонними плитами;
- на дні кар'єру під гідроізоляційним шаром захоронили відходи сірчаного виробництва;

При складанні проекту ліквідації ставились завдання не допустити викиду мінералізованих підземних вод, запобігти деформації бортів, з врахуванням того, що між кар'єром та річкою Вісла проходить шосе державного значення, а також розміщені житлові будівлі та промислові споруди.

Після такої підготовки майбутнє озеро з'єднають каналом з р. Віслою, що забезпечить високу проточність озерної води. Заповнення виїмки об'ємом 150 млн.м³ продовжиться від 3 місяців до 1 року в залежності від гідрометеорологічних фактів. Весь цей час функціонуватиме система осушення, що дозволить попередити випирання водоутримуючого екрану. Роботи рекультивації проводить державне підприємство, створене на базі колишнього рудника. Держава виділила на цю роботу суму, еквівалентну 200 млн. доларів США.

Реалізовані проекти ліквідації гірничих виробок разом з рекультивацією деградованих територій та знешкодженням відходів виробництва дозволили створити привабливий та безпечний ландшафт для подальшого рекреаційного використання. Варто відмітити, що паралельно з виконанням ліквідаційних робіт проводились роботи, які стосуються майбутнього використання теренів, наприклад, проведення каналізаційних труб навколо майбутнього озера, вирівнювання пляжних ділянок, озеленення території. Така організація робіт дозволить зекономити кошти і час в майбутньому та прискорить термін віддачі вкладених коштів.

Розрізняють два варіанти припинення гірничодобувної діяльності [5]. Перший варіант стосується випадку повного вичерпування мінеральних запасів, тобто кінцева ліквідація підприємства. Другий випадок – це не вироблені запаси запроектованого родовища, тобто тимчасова консервація або ж вимушена ліквідація. При опрацюванні програми ліквідації ці моменти враховуються.

Програма ліквідації гірничопромислового підприємства повинна забезпечувати фізичну і хімічну стабільність порушених територій, регулювати гідрогеологічні та гідрологічні стосунки, пропонувати систему моніторингу зведену до необхідного мінімуму. Майбутній власник території повинен знаходити інформацію по опису небезпек і умов використання території. Програма ліквідації підприємства є системним опрацюванням, що містить відношення до прав власності на наявні споруди, залишкові запаси; оцінку ризику для середовища; технологію ліквідації; методи і засоби моніторингу; умови використання після ліквідації. Програма ліквідації є підставою для розробки плану дій гірничодобувного підприємства, що ліквідується. План дій містить поетапне регулювання поставлених завдань з метою гарантії безпеки і узгоджується з фінансовими можливостями. Він може корегуватися при виникненні загрози порушення безпеки, змінами фінансування, не планованими змінами в діяльності.

Існує три можливі варіанти ліквідації гірничодобувного підприємства:

1. Планова ліквідація підприємства, згідно з планом розвитку підприємства у випадку завершення запасів родовища, що експлуатується.
2. Аварійна ліквідація, яка виникає в результаті раптових рішень про ліквідацію пов'язаних із катастрофою, економічним занепадом або іншими причинами.
3. Тимчасове закриття шахт, кар'єрів, пов'язане із економічними, технологічними проблемами, що не дозволяють продовжувати видобуток мінеральної сировини. При проведенні часткових ліквідаційних робіт потрібно враховувати можливість повторної експлуатації родовища.

Гірниче підприємство після припинення діяльності разом з накопиченими відходами не може служити загрозою для населення, земної поверхні, поверхневих та підземних вод, атмосферного повітря. Процес ліквідації окремого гірничопромислового району містить кілька принципових етапів [18]:

- Фаза підготовча, яка включає обґрунтування вибраного напрямку відновлення з дотриманням існуючих норм, вимог, розпоряджень; погодження з громадськістю; стратегію відновлення території.
- Підготовка програми відновлення території. Даний етап складається із кількох складових, таких як визначення складових діяльності; оцінка початкових умов території і їх розвиток (картографічна база даних: топографія, геологія, гідрографія, схема експлуатації, існуючі забруднення); оцінка реальної ситуації на території гірничопромислового комплексу (детальна картографічна база даних з об'єктами комплексу, схеми циркуляції води і їх забруднення, виділення прогнозованих небезпечних ділянок по стійкості та забрудненню).
- Формування кінцевої технічної програми відновлення території, яка базується на спеціально проведених дослідженнях по оцінці стабільності нахилів, відкосів, проведеному аналізі

ризиків території, гідрогеологічному аналізу якості вод та оцінці відповідності запропонованого нового ландшафту.

- Реалізація програми відновлення з обов'язковим контролем кожного запропонованого етапу.
- Проведення системного моніторингу території.

Проходження всіх вказаних етапів є обов'язковою умовою при ліквідації гірничопромислового комплексу в країнах Європейського Союзу. Важливим моментом, який присутній на всіх етапах підготовки і реалізації проекту є майбутнє господарське використання території до вимог якого коректується ліквідаційний процес. Обов'язково проводиться оцінка можливого застосування наявного гірничого обладнання та змінених ландшафтів в майбутньому. Приклади часткового використання гірничого обладнання, змінених техногенних ландшафтів при новому господарському використанні території застосовуються досить часто. На місцях ліквідованих гірничих підприємств інколи створюються музеї гірничої техніки, старі будівлі реставруються. Вказані приклади підтверджують високу ступінь відповідальності перед довіллям та майбутніми поколіннями.

Гірничі підприємства, які ліквідуються в переважній більшості є об'єктами підвищеної небезпеки, що регламентує Закон України "Про об'єкти підвищеної небезпеки" [19]. На території Івано-Франківської області до таких об'єктів належить Калійний завод в Калуші [20]. Відповідно до закону [19] здійснюється державний нагляд та контроль у сфері діяльності, пов'язаної з об'єктами підвищеної небезпеки. Виділимо окремі повноваження обласних державних адміністрацій, а саме: здійснення необхідних заходів, спрямованих на запобігання виникненню аварій та надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, обмеження та ліквідацію їх наслідків, організація робіт по ліквідації наслідків аварій на об'єктах підвищеної небезпеки, залучення до цих робіт підприємств, установ, організацій, незалежно від форм власності, та громадян; вжиття заходів для відшкодування шкоди, заподіяної внаслідок аварій та надзвичайних ситуацій.

Виходячи з повноважень державних органів управління, зокрема обласних державних адміністрацій пріоритетним завданням держави є визначення рівня існуючих загроз від надзвичайних ситуацій техногенного характеру для населення і довкілля, що відображене в Постанові Кабінету Міністрів від 7 лютого 2001р. №122. Тут відзначається необхідність „розробки та впровадження науково-практичних методів і рекомендацій щодо переходу на систему аналізу та управління ризиками як основу регулювання безпеки населення і територій”. В економічно розвинених країнах через впровадження нової нормативної бази експлуатація потенційно небезпечних підприємств отримала нову науково-обґрунтовану методологічну основу, що базується на концепції допустимого ризику. Термін "ризик" є цілком конкретною кількісною мірою безпеки і визначається як добуток ймовірності виникнення аварії на її наслідки, що впроваджуються в економічних, екологічних і людських втратах. Методологія кількісного ризик-аналізу є основою прийняття оптимальних проектних і управлінських рішень до проблем безпеки людини і навколишнього середовища. У відповідності з цим новим баченням пануюча раніше концепція безпеки, що базувалась на принципі "реагувати і виправляти", повністю себе вичерпала. Їй на зміну прийшла концепція допустимого техногенного ризику, в основі якої знаходиться принцип "передбачати і випереджувати" [21].

Схема кількісного ризик-аналізу приведена на рис. 1. Тут приведено три принципові складові – інтегральний ризик-аналіз, що поєднує можливість аварій з їх наслідками; оцінка ризику, що порівнює оптимальний ризик з існуючими критеріями його допустимості; управління ризиком, що передбачає заходи по його зменшенню.

Аналіз повноважень обласних державних адміністрацій при здійсненні контролю у сфері діяльності об'єктів підвищеної небезпеки показує відповідність кількісному ризик-аналізу цих об'єктів. Таким чином діяльність обласної державної адміністрації в питаннях попередження і ліквідації техногенних аварій і катастроф може бути регламентована кількісним ризик-аналізом діяльності окремих небезпечних підприємства різних природних техногенних явищ (повені,

зсуви, тощо). В нормативній базі управління цими процесами спостерігається і певний прогрес, який пов'язаний з гармонізацією вимог українського законодавства з європейським. Закон [19] є аналогом Директиви „Севезо II” [22] і визначає складання Декларації безпеки. Для об'єктів підвищеної небезпеки, які ліквідовуються декларація безпеки є складовою частиною відповідної проектної документації. Проте технічне наповнення цих декларацій не до кінця визначене. Так не визначені методи оцінки, навіть в уточнюючій методиці Міністерства праці та соціальної політики [23], де, зокрема, відзначається, що для визначення рівня ризику на всіх етапах його аналізу допускається застосування будь-яких відомих у науково-технічній, довідковій, нормативній і методичній літературі методів розрахунку й оцінок небезпек, наслідків, і ризику.” Отже, ризи-аналіз не є запереченням минулого досвіду, а при його впровадженні важливо, щоб використовувались відомі корисні методики вітчизняного і світового досвіду.

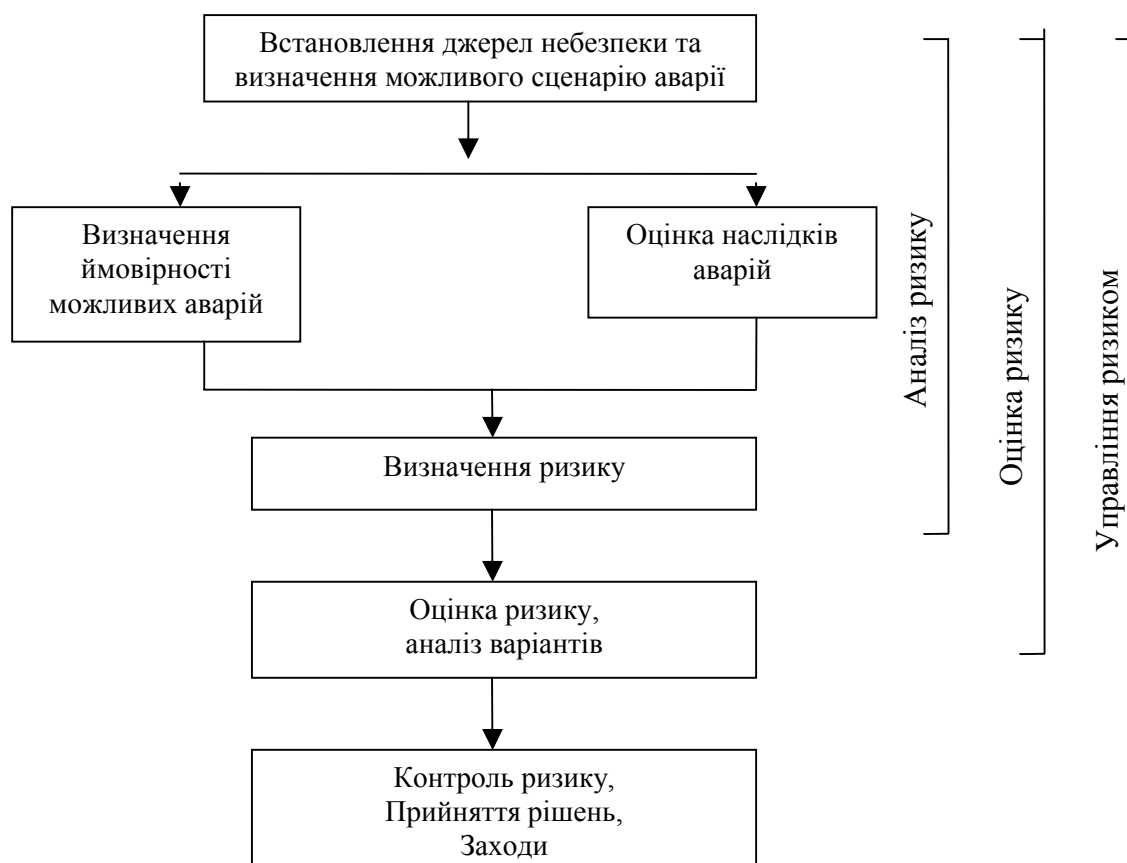


Рис.1. Схема управління ризиком.

ВИСНОВКИ:

- 1) Виходячи з досвіду країн Європейського Союзу процес відродження земель порушених гірничодобувними виробництвами повинен плануватись протягом всього життєвого циклу підприємства.
- 2) Проектна документація на ліквідацію гірничого підприємства повинна розроблятись з врахуванням майбутнього використання порушених земель і шляхів їх рекультивації.
- 3) Складовою частиною проекційної документації на ліквідацію гірничих підприємств підвищеної небезпеки є кількісний ризик-аналіз з обов'язковим складанням Декларації безпеки.
- 4) Декларація безпеки складається на основі відомих науково-довідникових джерел вітчизняних і зарубіжних методик розрахунку й оцінки небезпек, наслідків і ризиків.
- 5) Державний контроль процесів ліквідації гірничих підприємств підвищеної небезпеки і відродження порушених земель здійснюється органами державного управління, зокрема обласними державними адміністраціями на основі кількісного ризик-аналізу.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. www.gov.if.ua
2. Семчук Я.М., Шкіца Л.Є. Екологічні проблеми при відкритій розробці калійних родовищ на Прикарпатті // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – №2. – С.52-55.
3. Кириченко М.Т., Кузьменко О.Х. Основи гірничого виробництва: Навч. посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2003. – 110с.
4. Бересневич П.В., Вілкун Ю.Г., Голишев О.М. та ін. Екологія гірничого виробництва: Навчальний посібник. – Кривий Ріг: Мінерал, 1998. – 152с.
5. Ostrowski J. Uwagi na temat nazewnictwa i metodyki zagadnien ochrony terenow gornicznych // Miesiecznik WUG. – 2002. – N2. – S.32-35.
6. Schults D. Recultivation of mining waste dumps in the Ruhn Area, Germany // Water, air and soil pollution. – 1996. – Vol.91, №1/2. – P.89-98.
7. Devillers D. Code minier reglementations l'apres mine // Responsabilite & environnement. – 1999. – N8. – P.44-50.
8. Reamenagement des sites miniers en France // Les cahiers de COGEMAGAZINE. – fevrier 1998. – 31p.
9. Blachere A., Lefebvre O. Les etudes d'impact hydrogeologique d'anciens travaux miniers // Memento des Mines et Carrieres. – 1999. – N5. – P.245-258.
10. Ваксманська М. Работа Европейской комиссии над проектом директивы о горных отходах // Вѣдомости гурничѣ. – 2002. – №6. – С.237-244.
11. Nieluowicz B. Mozliwosci sklawowania szkodliwych odpadow dla srodowiska w zlozach soli w Polsce // Niekonwencjonalne wykorzystanie zloz soli. – Zakopane, 1992. – S.39-48.
12. Des homes & leur terre. Les sites miniers de la Compagnie Francaise de Mokta en Lozere // COGEMA . Branche Mines , octobre 1992. – 26p.
13. Toulemon M. Evolution actuelle des massifs gypseux par lessivage. Cas des gypses lutetiens de la region parisienne, France // Bull.liaison Labo. P. et Ch. – 1981. – N10. – P.35-46.
14. Tailings Dams – Design of drainage, Bulletin 97, International Commission on Large Dams, 1994. – 120p.
15. Tailings Dams and Seismicity: Review and Recommendations, Bulletin 98, International Commission on Large Dams, 1995. – 60p.
16. Иванов И.П., Кирюхин В.А., Норватов Ю.А. Развитие и современные проблемы горнопромышленной гидрогеологии и инженерной геологии // Горный журнал. – 1998. – №10. – С.18-20.
17. Гайдин А.М., Зозуля І.І. Яворівське озеро – перлина Львівщини. Концепція освоєння берегової смуги майбутнього Яворівського озера. – Львів: ЕКСІТЕП, 2003. – 20с.
18. Kruger B., Kadler A., Fischer M. The creation of post-mining landscapes of lignite mining in the new federal states (Germany). – 2002. – Vol.54, N2. – P.161-169.
19. Закон України про об'єкти підвищеної небезпеки // Вѣдомості Верховної Ради. – 2001. – №15. – с. 73.
20. Крижанівський С.І., Кузьменко Е.Д., Палійчук М.В., Бараненко Б.Т. Техногенна ситуація в районі Калуського промислового вузла // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2008. – №2(18). – С.5-11.
21. Анализ аварийного риска и обеспечение безопасности химически опасных объектов / В.Г.Горский, Т.Н.Швецова-Шиковская, В.Н.Карсанов, Г.Ф.Терещенко // Хим. про-тъ. – 2002. – №4. – С.1-14.
22. Council Directive 96/82/EC on the control of major-accident hazards involving dangerous substances. Commission of the European Communities, 1997. – P.13-33/
23. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки: Наказ №637 Міністерства праці та соціальної політики від 4 грудня 2002. – Київ: Основа, 2003. – 192с.

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

УДК 662.6.004.183

Афтанюк В.В., к.т.н. доцент

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Современные энергосберегающие технологии в системах отопления зданий

Выполнен анализ тепловой защиты ограждающих конструкций зданий. На основании расчетов теплотерь через ограждающие конструкции рассмотрены направления повышения эффективности тепловой защиты, снижения потерь тепла.

Энергосбережение, теплотерь, система отопления, тепловая защита.

Проводимая в Украине в прошлом политика «дешевых» энергоносителей привела к строительству зданий с невысоким уровнем теплозащиты, а отсутствие средств регулирования и учета расхода тепловой энергии, горячей и холодной воды, природного газа создало условия для их нерационального использования. В связи с переходом на рыночные цены на энергоносители стал актуальным вопрос экономии тепловой энергии, а комплексное энергосбережение при строительстве и реконструкции зданий является одной из важнейших задач в Украине.

Теплоту можно экономить в различных технических устройствах, участвующих в отоплении зданий: в источниках теплоты, тепловых сетях и системах отопления. Кроме того, значительный резерв экономии энергоресурсов заключается в совершенствовании нормирования параметров микроклимата в обслуживаемых и рабочих зонах помещений, в выборе ограждающих конструкций с оптимальными сопротивлениями теплопередаче, в изыскании оптимальных схем и режимов работы технических систем, внедрении автоматизации и программного управления системами, а также в совершенствовании оборудования [1].

Экономия теплоты в тепловых сетях достигается главным образом путем совершенствования теплоизоляции теплопроводов. Натурные исследования показали, что вместо планируемых потерь теплоты в тепловых сетях до 10-15 % фактические их значения нередко превышают 25 %. Теплоизоляция может быть усовершенствована, прежде всего путем улучшения качества тепло- и гидроизоляционных материалов, а также качества строительных работ, устройства дренажных систем, защищающих теплоизоляцию от увлажнения, и повышения культуры эксплуатации.

В системах горячего водоснабжения теплота может экономиться благодаря снижению потребления горячей воды вследствие более рационального ее использования.

Необходимо стремиться к экономии теплоты при отоплении зданий, так как на это ежегодно расходуется около четверти всего добываемого в стране топлива. Согласно СНиП 2.04.05-91*, системы отопления должны компенсировать потери тепла, связанные с теплопередачей через ограждающие конструкции зданий Q_a и с инфильтрацией наружного воздуха Q_b , в отапливаемые помещения. Кроме того, системы отопления производственных помещений должны доставлять теплоту Q_n , необходимую для нагрева поступающих извне материалов, оборудования и транспортных средств [2].

Частично теплотерь зданий компенсируются теплотой $Q_{вн}$, выделяемой внутренними источниками (светильниками, людьми, технологическим оборудованием и др.), расположенными внутри отапливаемых помещений. По возможности нужно стремиться также к возврату теплоты, уходящей вместе с вытяжным воздухом и нагретыми жидкостями, удаляемыми из зданий путем применения установок для утилизации теплоты [2].

Изложенные выше положения можно выразить уравнением

$$\sum Q = Q_a + Q_b + Q_n - Q_{вн}, \quad (1)$$

где $\sum Q$ — суммарный расход теплоты на нужды отопления.

Теплотерь, обусловленные теплопередачей,

$$Q = (F / [R_0 \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})]), \quad (2)$$

где F — площадь поверхности, через которую передается теплота, м^2 ;

R_0 — сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$;

$t_{\text{в}}$ — температура внутреннего воздуха, $^\circ\text{C}$;

$t_{\text{н}}$ — температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$.

Анализируя (2) применительно к ограждающим конструкциям отапливаемых помещений, можно предложить следующие принципиальные энергосберегающие мероприятия:

- уменьшение площади поверхности теплообмена F , м^2 ;
- увеличение общего сопротивления теплопередаче R_0 , $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$;
- уменьшение разности температур $t_{\text{в}} - t_{\text{н}}$, $^\circ\text{C}$;
- уменьшение потерь тепла через окна.

При практической реализации предложенных энергосберегающих мероприятий могут быть приняты следующие конструктивные решения:

- уменьшение отношения площади наружных (теплопередающих) ограждающих конструкций к отапливаемому объему зданий;
- увеличение сопротивления теплопередаче R_0 (стен и перекрытий), за счет сокращения площадей поверхностей более теплопроводных ограждающих конструкций (избыточного остекления световых проемов: окон, балконных дверей, световых и светоаэрационных фонарей) и их утепления в отопительный период;
- снижением температуры воздуха внутри отапливаемых помещений $t_{\text{в}}$ ночью в жилых зданиях, а в нерабочее время - в общественных и промышленных зданиях, применением панельно-лучистого отопления при котором необходимо поддерживать меньшую внутреннюю температуру;
- повышением температуры наружного воздуха $t_{\text{н}}$ над перекрытием верхнего этажа в зданиях с чердаками путем выпуска туда вытяжного вентиляционного воздуха из отапливаемых помещений, т.е. устройства теплых чердаков, и удаления этого воздуха через общую вытяжную шахту;
- сокращение потерь тепла через заполнения световых проемов может быть осуществлена за счет сокращения поступления наружного воздуха за счет инфильтрации.

Улучшение тепловой изоляции стен, потолков и чердаков могут привести к сокращению потерь тепла здания на 15-25%.

Поступление наружного воздуха в отапливаемые помещения происходит через неплотности в заполнениях световых проемов и стыках строительных ограждающих конструкций, а также через пористую структуру этих конструкций.

Увеличение инфильтрации наблюдается при увеличении разности давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций Δp , которая обуславливается гравиационным и ветровым давлениями.

Из приведенных данных следует, что для уменьшения расходов теплоты на инфильтрацию необходимо увеличивать плотность заполнения световых проемов, т.е. повышать значения сопротивлений воздухопроницанию окон.

С этой целью нужно уплотнять на зиму притворы окон и балконных дверей, разрабатывать и внедрять наиболее рациональные их конструкции с уменьшенной воздухопроницаемостью, надежно герметизировать стыки конструкций в наружных стенах, прокладывать защитно-отделочные слои в строительных ограждающих конструкциях. Потери тепла окнами различной конструкции на 1 м^2 площади остекления в течение отопительного периода представлена на рис. 1.

Однако такой подход имеет определенные недостатки, связанные с организацией воздухообмена в помещениях. Противоречие между герметичностью окон и притоком свежего воздуха показывают, что обычное периодическое проветривание путем открывания створок окна не решает проблему полностью, поскольку это крайне не удобно и не эффективно в плане энергосбережения. Таким образом, в современных герметичных теплых зданиях потери тепла на подогрев приточного воздуха становятся определяющими.

Поэтому необходимы технологии экономного расходования приточного воздуха, адаптированные к реальным, постоянно изменяющимся во времени потребностям в свежем воздухе в помещениях.

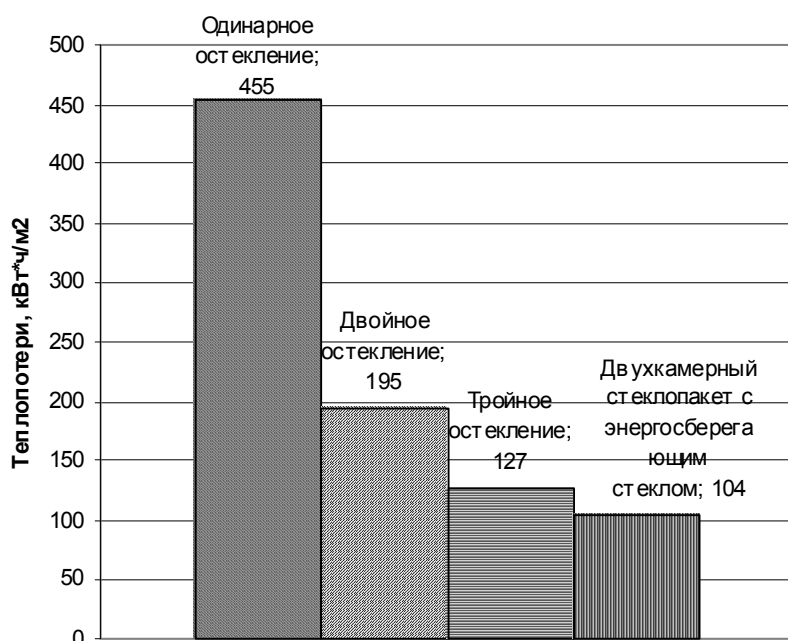


Рис.1 Теплопотери через окна.

Количественно снижение теплопотерь через оконные световые проемы (при реконструкции или сравнении различных проектных решений) могут быть определены по формуле:

$$Q = \frac{0,95 \cdot S \cdot (t_{вн} - t_{н}) \cdot a \cdot 24}{1000000} \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (3)$$

S – площадь остекления здания, м²,

$t_{вн}, t_{н}$ – средняя температура внутреннего и наружного воздуха за отопительный период, °С.

R_1, R_2 – приведенное сопротивление теплопередачи заполнения световых проемов до и после реконструкции м²х°С/Вт.

Сокращение потерь тепла за счет замены остекления, утепления неплотностей позволяет уменьшить общий расход на отопление на 15-30%.

ВЫВОДЫ

Снижение теплопотерь здания через ограждающие конструкции являются важным элементом при разработке энергосберегающих мероприятий.

Правильный выбор ограждающих конструкций позволяет уменьшить до 50% расходы тепла на отопление здания.

Приведенные мероприятия по энергосбережению и экономии тепла наиболее эффективны только при комплексном подходе к энергосбережению зданий.

Комплексный подход должен включать на базе всестороннего энергоаудита - технические, экономические, организационные и правовые мероприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богуславский Л.Д. Снижение расхода энергии при работе систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: Стройиздат, 1985. – 336 с.
2. Системы отопления. Проектирование и эксплуатация /А.Я. Ткачук, Е.С. Задченко, В.А.Потапов, А.П. Цепелев. – К.: Будівельник, 1985. – 136с.
3. Хрилев Л.С., Смирнов И.А. Оптимизация систем централизованного теплоснабжения и теплофикации. – М.: Энергия, 1978. – 262с.
4. Левин А.М., Родин А.К. Проектирование лучистого отопления с газовыми инфракрасными излучателями. – Саратов: Изд-во Саратовского политехнического ин-та, 1969. – 40 с.
5. Виноградов Ю.И., Векштейн Л.М., Соболев И.Д. Промышленное теплоснабжение. – Киев.: Техника, 1975. – 325с.

Бекиров Э.А., д. т.н.; Мухопад А.А., студент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Анализ переходных процессов при подключении источников постоянного и переменного тока к нагрузке в системах автономного электроснабжения

Описаны фотоэлектрические преобразователи, которые находят в настоящее время широкое применение для электропитания различных объектов. Подключение фотоэлектрических систем приводят к переходным процессам, изменяющим энергетические параметры; оценены процессы, происходящие в системе.

Ток, источник Э.Д.С., фотоэлектрический преобразователь, коммутирующее устройство, контроллер заряда-разряда, переходные процессы.

Постановка задачи. В настоящее время, ввиду ограниченности запасов традиционных источников энергии, большое внимание уделяют возобновляемым источникам энергии. Одним из наиболее перспективных является преобразование солнечной энергии в электрическую энергию. Фотоэлектрический преобразователь (ФЭП) представляет собой нелинейный генератор постоянного тока, вырабатывающий электрическую энергию, под воздействием солнечного излучения. При подключении ФЭП через инверторы к нагрузкам, потребляющим переменный ток в моменты коммутации возникают переходные процессы. Для анализа сложных нелинейных цепей с источниками тока, каковыми являются фотоэлектрические преобразователи, можно применить один из методов исследования переходных процессов - классический метод.

Метод исследования и анализ результатов. При расчете постоянного режима до коммутации, предположим, что к моменту коммутации в цепи закончился предыдущий переходный процесс. Хотя иногда приходится анализировать переходные процессы, которые возникают в цепи, когда предыдущий переходный процесс, вызванный прежней коммутацией, еще не закончился. Но это не изменяет теоретическую постановку задачи. Эквивалентная схема системы автономного электроснабжения (рис. 1) поясняет работу фотоэлектрического преобразователя с инвертором на нагрузку.

Система автономного электроснабжения на фотоэлектрических преобразователях (ФЭП) состоит из следующих элементов: ФЭП - фотоэлектрический преобразователь, АБ - аккумуляторная батарея, КЗР - контролер заряда-разряда аккумуляторной батареи.

ФЭП и АБ является источниками Э.Д.С. постоянного тока, поэтому для анализа электрических параметров в момент коммутации их можно объединить в единый источник Э.Д.С. с напряжением $U_{\text{ЭДС}}$ и током i .

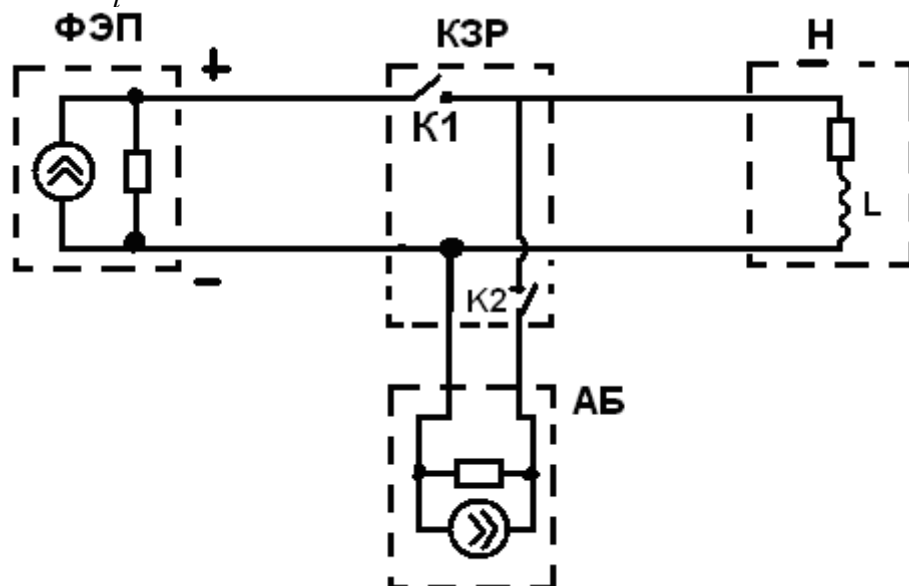


Рис. 1. Эквивалентная схема системы автономного электроснабжения.

Представим инвертор и нагрузку в виде индуктивной нелинейной нагрузки, а КЗР - коммутирующим устройством с ключами К1 и К2. Для анализа переходных процессов в системе автономного электроснабжения ключи К1 и К2 можно заменить одним ключом К. Таким образом, эквивалентную схему системы автономного электроснабжения (рис. 1), можно упростить к схеме, которая представлена на рис. 2.

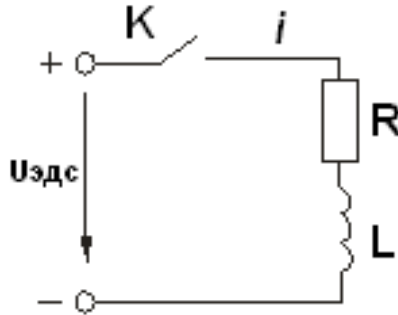


Рис. 2. Упрощенная эквивалентная схема системы.

Данная система является случаем включения цепи с резистором и катушкой на постоянное напряжение. При начальном токе, равном i_0 , найдем зависимость тока i от времени t .

В частности, рассмотрим случай, когда $u = u_0 = \text{const}$.

Поскольку ток i в цепи меняется, то в следствие наличия индуктивности L возникает ЭДС

самоиндукции $e_L = -L \frac{di}{dt}$. Падение напряжения в цепи равняется сумме ЭДС и самоиндукции $-L \frac{di}{dt}$ [1].

Таким образом,

$$u - L \frac{di}{dt} = Ri \quad (1)$$

$$L \frac{di}{dt} + Ri = u \quad (2)$$

Выражение (2) - линейное дифференциальное уравнение первого порядка [1]. Заменяя значение u в правой части уравнения (2) через $f(t)$ и разделив обе части уравнения на L , получим уравнение, имеющее вид:

$$\frac{di}{dt} + \frac{R}{L}i = \frac{f(t)}{L} \quad (3)$$

Частным решением этого линейного уравнения, которое удовлетворяет начальному условию $i = i_0$ при $t = 0$ [2], будет функция:

$$i = e^{-\frac{R}{L}t} \left[i_0 + \frac{1}{L} \int_0^t f(\tau) e^{\frac{R}{L}\tau} d\tau \right] \quad (4)$$

При $f(t) = u_0 = \text{const}$ получаем:

$$i = e^{-\frac{R}{L}t} \left[i_0 + \frac{u_0}{L} \int_0^t e^{\frac{R}{L}\tau} d\tau \right] \quad (5)$$

поскольку:

$$\int_0^t e^{-\frac{R}{L}\tau} d\tau = \frac{L}{R} \left(e^{\frac{R}{L}t} - 1 \right),$$

то:

$$i = \frac{u_0}{R} + \left(i_0 - \frac{u_0}{R} \right) e^{-\frac{R}{L}t} \quad (6)$$

При увеличении t множитель $e^{-\frac{R}{L}t}$ убывает, и через некоторый промежуток времени процесс можно практически считать постоянным.

Если предположить, что $i_0=0$, то получим формулу для тока при замыкании цепи:

$$i = \frac{u_0}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L}t}) \quad (7)$$

Из равенства видно, что ток и после включения батареи возрастает

до значения $\frac{u_0}{R}$, определяемого законом Ома, так как можно считать, ток $\frac{u_0}{R} e^{-\frac{R}{L}t}$, называемый экстратоком замыкания, равным нулю.

Если предположить, что $u_0=0$, то получим формулу затухающего тока при размыкании цепи:

$$i = i_0 e^{-\frac{R}{L}t} \quad (8)$$

Этот ток, проходящий в цепи, когда в ней снято напряжение, под действием одной лишь ЭДС самоиндукции, называется экстратоком размыкания. С ростом t он стремится к нулю. Постоянная

времени цепи $\tau = \frac{L}{R}$, где L - эквивалентная индуктивность, R - эквивалентное сопротивление.

Кривые изменения токов i , i_y , i_{cs} и напряжение на катушке u_L показанны на рис. 3.

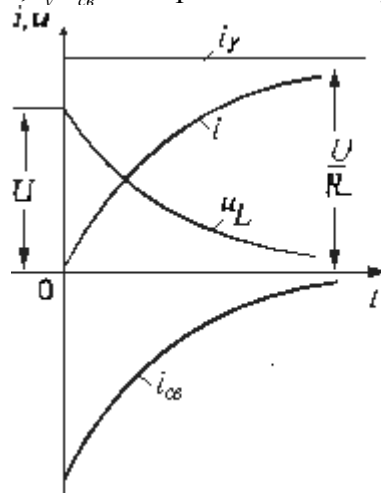


Рис. 3. Кривые изменения токов i , i_y , i_{cs} и напряжение на катушке u_L .

При включении данного контура на постоянное напряжение, ток в нем нарастает от нуля до постоянного значения.

Скорость нарастания тока изменяется по экспоненте:

$$\frac{di}{dt} = \frac{U}{R\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{U}{L} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (9)$$

В момент $t = 0$ эта скорость максимальна и равна U/L , со временем она падает практически до нуля, процесс выходит на постоянный режим. В первый после коммутации момент $t = 0_+$, ток в цепи остаётся равным нулю; напряжение на катушке остается максимальным $u_L = U$, по истече-

ние времени оно экспоненциально снижается до нуля.

Основными энергетическими параметрами является: ток коммутации i и напряжение на катушке инвертора u_L .

Чрезмерный скачок напряжения при коммутации может вывести из строя силовые транзисторы в силовой части инвертора, а высокий ток - приведет к их перегреву. Поэтому следуют учитывать значение параметров t и τ так, чтобы переходные токи напряжения не поступали на инвертор во время коммутации.

Следовательно, при понижении τ и увеличении времени t , напряжение будет уменьшаться, а ток - увеличиваться. Таким образом, параметры t и τ зависят от экстремальных значений тока и напряжения, который может выдержать инвертор

Рассмотрим систему инвертор – потребитель, представленную на рис. 4.

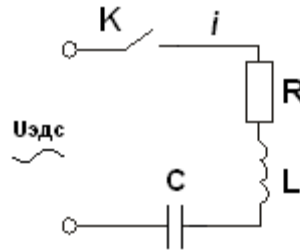


Рис. 4 .Схема замещение инвертор-потребитель.

В схеме замещения инвертор включенный на нагрузку. Предположим, что нагрузкой последовательно включены эквивалентные значения R, L, C на переменное напряжение.

По закону Кирхгофа ЭДС в цепи равняется сумме падений напряжений на индуктивности, сопротивлении и емкости [1]

$$U_{\text{ЭДС}} = u_L + u_R + u_C, \quad (10)$$

здесь

$$u_L = L \frac{di}{dt}, \quad u_R = Ri, \quad u_C = \frac{1}{C} \int_0^t i(\tau) d\tau. \quad (11)$$

$$U_{\text{ЭДС}} = L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{1}{C} \int_0^t i(\tau) d\tau = U \sin(\omega \cdot t) \quad (12)$$

После дифференцирования по времени t получим линейное неоднородное дифференциальное уравнение второго порядка

$$L \frac{d^2 i}{dt^2} + R \cdot \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \cdot i = U \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad (13)$$

Решением уравнения является сумма вынужденной и свободной составляющих [2]:

$$i = i_{np} + i_{св} \quad (14)$$

Свободная составляющая является общим решением уравнения, а вынуждена составляющая - частным решением.

Найдем свободную составляющую, решив линейное однородное дифференциальное уравнение второго порядка

$$L \frac{d^2 i_{св}}{dt^2} + R \cdot \frac{di_{св}}{dt} + \frac{1}{C} \cdot i_{св} = 0 \quad (15)$$

Разделив на L , получим:

$$\frac{d^2 i_{св}}{dt^2} + \frac{R}{L} \cdot \frac{di_{св}}{dt} + \frac{1}{LC} \cdot i_{св} = 0 \quad (16)$$

Характеристическое уравнение будет иметь вид:

$$r^2 + \frac{R}{L}r + \frac{1}{LC} = 0 \quad (17)$$

Корень уравнения:

$$r_{1,2} = -\frac{R}{2L} \pm \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}} = -\frac{R}{2L} \pm \sqrt{\frac{R^2C - 4L}{4L^2C}} \quad (18)$$

Если $R^2C - 4L \geq 0$, то оба корня характеристического уравнения действительные и общее решение будет функцией неперiodической. Соответственно ток будет аперiodическим. Никаких электрических колебаний в цепи не будет так же, как и при $R^2C - 4L = 0$. Если же $R^2C - 4L < 0$, то общее решение:

$$i_{св} = e^{-\alpha t} (C_1 \cos \omega_1 t + C_2 \sin \omega_1 t),$$

где $\alpha = \frac{R}{2L}$, $\omega_1^2 = \frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}$ определяют электрические колебания.

Заметим, что $L \frac{di_{св}}{dt} \Big|_{t=0} = U_{ЭДС}$, откуда $\frac{di_{св}}{dt} \Big|_{t=0} = \frac{U_{ЭДС}}{L}$ и таким образом, начальные условия

запишутся в виде: $i_{св} \Big|_{t=0} = 0, \frac{di_{св}}{dt} \Big|_{t=0} = \frac{U_{ЭДС}}{L}$.

Дифференцируя i по t , получим

$$\frac{di_{св}}{dt} = e^{-\alpha t} [-\alpha(C_1 \cos \omega_1 t + C_2 \sin \omega_1 t) + \omega_1(-C_1 \sin \omega_1 t + C_2 \cos \omega_1 t)] \quad (19)$$

Подставив $t=0$ в выражение для $i_{св}$ и $\frac{di_{св}}{dt}$, будем иметь:

$$\frac{U_{ЭДС}}{L} = -\alpha C_1 + \omega_1 C_2 \quad (20)$$

Если $C_1 = 0$, то $C_2 = \frac{U_{ЭДС}}{L\omega_1}$, тогда решение уравнения (20) принимает вид:

$$i_{св} = \frac{U_{ЭДС}}{L\omega_1} e^{-\alpha t} \sin \omega_1 t \quad (21)$$

Вынужденная составляющая определяется из выражения

$$L \frac{d^2 i_{np}}{dt^2} + R \frac{di_{np}}{dt} + \frac{1}{C} \cdot i_{np} = U \omega \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad (22)$$

При допущении, что $\omega \neq \omega_1$, то решение уравнения (22) следует искать в виде:

$$i_{np} = A \cos \omega t + B \sin \omega t \quad (23)$$

Для нахождения неопределенных коэффициентов рассмотрим соотношения:

$$\begin{aligned}\frac{1}{C} i_{np} &= A \cos \omega t + B \sin \omega t, \\ R i_{np}' &= -A \omega \sin \omega t + B \omega \cos \omega t, \\ L i_{np}'' &= -A \omega^2 \cos \omega t - B \omega^2 \sin \omega t.\end{aligned}\quad (24)$$

и получим систему алгебраических уравнений относительно А и В:

$$\left(\frac{1}{C} - L \omega^2\right) A + \omega R B = U_{\text{эдс}} \cdot \omega - \omega R A + \left(\frac{1}{C} - L \omega^2\right) B = 0 \quad (25)$$

Решение системы уравнений позволяет определить величины А и В

$$A = \frac{U_{\text{эдс}} \cdot \omega \left(\frac{1}{C} - L \omega^2\right)}{\left(\frac{1}{C} - L \omega^2\right)^2 + \omega^2 R^2}, \quad B = \frac{U_{\text{эдс}} \cdot \omega^2 R}{\left(\frac{1}{C} - L \omega^2\right)^2 + \omega^2 R^2} \quad (26)$$

При полученных значениях коэффициентов А и В искомое частное решение принимает вид:

$$i_{np} = \frac{U_{\text{эдс}} \cdot \omega}{\left(\frac{1}{C} - L \omega^2\right)^2 + \omega^2 R^2} \left[\left(\frac{1}{C} - L \omega^2\right) \cos \omega t + \omega R \sin \omega t \right] \quad (27)$$

Таким образом, мгновенный переходный ток i в цепи определяется формулой:

$$i = i_{\text{св}} + i_{np} = \frac{U_{\text{эдс}}}{L \cdot \omega_1} \cdot e^{-\alpha t} \cdot \sin \omega_1 t + \frac{U_{\text{эдс}} \cdot \omega}{\left(\frac{1}{C} - L \omega^2\right)^2 + \omega^2 R^2} \left[\left(\frac{1}{C} - L \omega^2\right) \cos \omega t + \omega R \sin \omega t \right] \quad (28)$$

при условии что $\omega \neq \omega_1$.

В том случае, когда $\omega = \omega_1$ частное решение следует искать в виде :

$$i_{np} = t(A \cos \omega t + B \sin \omega t). \quad (29)$$

Наличие множителя t показывает, что амплитуда колебаний неограниченно растет; случай $\omega = \omega_1$ является случаем резонанса.

ВЫВОДЫ

1. Для обеспечения устойчивой работы системы автономного электроснабжения целесообразнее использовать электронные коммутирующие устройства с необходимыми параметрами τ и t , значение которых зависит от параметров коммутирующих устройств и от режима работы всей системы.
2. Для обеспечения эффективного отбора энергии источника в нагрузку необходимо осуществлять согласование параметров источника и нагрузки, которая может быть реализована использованием регулируемого первичного источника, либо применением промежуточных преобразователей между источником и нагрузкой. Такими являются коммутаторы и электронные контролеры с минимальным временем срабатывания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи. Учебник для студентов электротехнических, энергетических и приборостроительных специальностей вузов. -7-ое изд., перераб. и доп. -М.: Высш. школа, 1978. -528 с., ил.
2. Дифференциальные уравнения. / Р.С. Густер, А.Р. Янпольский. – М. изматгиз, 1962. -247с., ил.

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

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

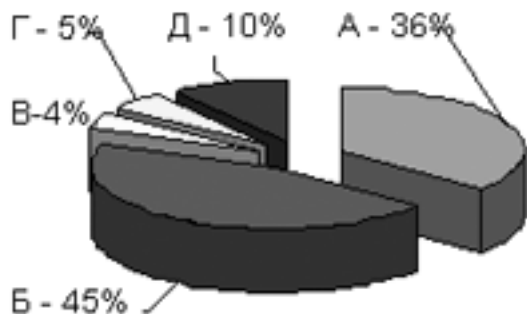
Теплотехнический расчет ограждающих конструкций жилых зданий как основа расчета систем ТГВ

*Оценено влияние различных факторов на тепловую мощность системы отопления многоэтажных жилых зданий по действующим нормативам теплосащиты. Проведено сравнение показателей требуемого термического сопротивления по положениям СНиП II-3-79** и действующего в настоящее время ДБН В.2.6-31, предложена последовательность теплотехнического расчета ограждающих конструкций. Представлены сведения о нормах теплоизоляции зданий в западноевропейских странах. Проанализировано изменение контрольных показателей термического сопротивления основных ограждающих конструкций в зависимости от класса энергоиндексации. Показана динамика изменения нормативных значений сопротивлений теплопередаче по годам для стеновой ограждающей конструкции первой температурной зоны Украины.*

Здания, тепловая мощность, теплоизоляционная оболочка, теплопотери, ограждающие конструкции, сопротивление теплопередаче, класс энергоиндексации, энергетический паспорт.

В настоящее время системы обеспечения микроклимата – крупнейшие энергопотребители в стране (до 40 -50 % всех видов сжигаемого топлива), и снижение этих огромных показателей является актуальной общегосударственной задачей. Основная доля тепловой энергии потребляется системой отопления здания, и уровень этого потребления зависит от многих факторов [1].

Влияние различных факторов на величину тепловой мощности системы отопления для многоэтажных жилых зданий проектируемых согласно действующим нормам теплоизоляции иллюстрирует диаграмма (рис. 1)



А- трансмиссионные теплопотери;
Б- потери с вентиляционным воздухом;
В- надбавка на неэффективность тепловой изоляции трубопроводов;
Г- надбавка на дискретность отопительных приборов;
Д- надбавка на применение радиаторных термостатов.

Рис.1. Оценка влияния различных факторов на тепловую мощность многоэтажного жилого здания, построенного по действующим нормативам теплосащиты.

Из диаграммы видно, что весомый вклад в тепловую мощность системы отопления вносят теплопотери здания через ограждающие конструкции (фактор А), которые напрямую зависят от их термического сопротивления.

Постоянный рост цен на энергоносители побуждает к усилению требований к теплоизоляционным свойствам ограждений зданий. Повышение требований к теплотехническим показателям ограждающих конструкций побуждают к реформированию строительных норм и правил. В 2006г. в Украине был введен в действие ДБН В. 2.6-31:2006 «Тепловая изоляция зданий»[2] (взамен СНиП II -3-79)[3]. С 1 января 2008 вступили в действие все пункты новых норм. Эти нормы устанавливают требования к теплотехническим показателям ограждающих конструкций (теплоизоляционной оболочки) зданий и сооружений, порядок их расчета с целью обеспечения рационального использования энергоресурсов на отопление, обеспечения нормативных санитарно-гигиенических параметров микроклимата помещений, долговечности ограждающих конструкций во время эксплуатации зданий и сооружений.

Сопротивление теплопередаче R_0^{mp} , $\text{м}^2\text{К/Вт}$, по требованиям СНиП II-3-79 определяли в соответствии с санитарно-гигиеническими условиями по формуле:

$$R_0^{mp} = \frac{n(t_e - t_n)}{\Delta t_n \cdot \alpha_e}, \quad (1)$$

где: n – коэффициент, учитывающий положение ограждения по отношению к наружному воздуху; t_e – расчетное значение температуры воздуха в помещении, $^{\circ}\text{C}$; t_n – расчетное значение зимней температуры наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$; Δt_n – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, $^{\circ}\text{C}$; α_e – коэффициент теплоотдачи на внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт/м}^2\text{К}$.

Расчетная зимняя температура наружного воздуха t_n принимается в зависимости от величины тепловой инерции ограждающей конструкции, D , определяемой по формуле:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i S_i, \quad (2)$$

где: R_i и S_i – сопротивление теплопередаче i -го и расчетный коэффициент теплоусвоения материала i -го слоя ограждающей конструкции, $\text{Вт/м}^2\text{К}$.

В формулу (2), как слагаемое суммы, входит в том числе и термическое сопротивление слоя утеплителя, R_{yt} , которое проектировщик не мог рассчитать не зная, R_0^{tp} . Приходилось проводить расчет методом приближений, т.е. принимать тепловую инерцию ограждающей конструкции в интервале $4 \leq D \leq 7$, соответствующую ей зимнюю расчетную температуру наружного воздуха, t_n , по формуле (1) определять требуемое сопротивление теплопередаче, R_0^{tp} . После определения R_0^{tp} рассчитывать толщину слоя утеплителя d_{yt} , далее действительное сопротивление теплопередаче утепляющего слоя R_{yt} , ограждающей конструкции $R_{сп}$ и действительное значение тепловой инерции D . Сравнивать принятый в начале расчета интервал тепловой инерции с рассчитанным значением D , если они совпадали расчет считали законченным, если нет, то делали новое приближение.

С повышением требований к термическому сопротивлению ограждающих конструкций и санитарно-гигиеническим условиям приведенным в ДБН В.2.6-31 намного увеличилась термоизоляция зданий, предлагается сравнить значения, R_0^{tp} , рассчитанные по формуле (1) со значениями, $R_{q\ min}$ для жилых зданий представленными в ДБН В.2.6-31. Данные сравнения представлены в табл. 1.

Таблица.1

Сравнение показателей требуемого термического сопротивления основных ограждающих конструкции по требованиям СНиП II-3-79 и ДБН В.2.6-31: 2006 для жилых зданий всех температурных зон Украины.

Температурная зона	Количество град. Сут., Dd	Внешние стены		Перекрытие чердачное		Перекрытие подвальное	
		R_0^{tp}	$R_{q\ min}$	R_0^{tp}	$R_{q\ min}$	R_0^{tp}	$R_{q\ min}$
I	>3501	1.3	2.8	1.7	3.3	1.6	2.8
II	от 3001 до 3500	1.2	2.5	1.6	3.0	1.5	2.6
III	от 2501 до 3000	1.1	2.2	1.5	2.6	1.4	2.2
IV	<2500	1.0	2.0	1.4	2.2	1.2	2.0

Примечание: расчетная температура зимнего периода $t_{н5}$ принята самая низкая для данной температурной зоны СНиП 2.01.01 [4].

Анализируя данные, приведенные в таблице, можно сделать вывод, что R_{0}^{tp} , рассчитанное на основе санитарно-гигиенических требований всегда ниже $R_{q\min}$, приведенных в ДБН В.2.6-31: 2006 для всех ограждающих конструкций и температурных зон Украины, т.е.:

$$R_{0}^{tp} < R_{q\min};$$

Исходя из этого, используют следующий алгоритм расчета термического сопротивления ограждающих конструкций:

- определяют термическое сопротивление внутренней и наружной поверхности ограждающей конструкции, R_b и R_n , $m^2K/Вт$:

$$R_b = \frac{1}{\alpha_b}, \quad R_n = \frac{1}{\alpha_n};$$

- определяют термическое сопротивление всех слоёв ограждающей конструкции кроме утепляющего, $S R_p$, $m^2K/Вт$:

$$\sum R_i = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i},$$

где: δ_i – толщина отдельного слоя, м; λ_i – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, $Вт/м^2K$.

- определяют термическое сопротивление утепляющего слоя, исходя из условия $R_{\text{Sup}} \leq R_{q\min}$:

$$R_{\text{ут}} = R_{q\min} - (R_b + S R_p + R_n),$$

где $R_{q\min}$ – минимально допустимое значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, $m^2K/Вт$ [3].

- определяют толщину утепляющего слоя $\delta_{\text{ут}}$, м:

$$\delta_{\text{ут}} = R_{\text{ут}} \cdot \lambda_{\text{ут}};$$

- округляя расчетное значение толщины слоя утеплителя до ближайшего большего нормативного типоразмера теплоизоляционных изделий d , определяют действительное значение термического сопротивления утепляющего слоя $R_{\text{ут}}$, $m^2K/Вт$:

$$R_{\text{ут}} = \frac{\delta_{\text{ym}}}{\lambda_{\text{ym}}};$$

- определяют действительное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R , $m^2K/Вт$:

$$R = R_b + S R_p + R_{\text{ут}} + R_n;$$

Новые нормативные требования нашей страны повысили теплозащиту зданий (табл. 1), но все еще уступают нормативам аналогичных в климатическом отношении стран Скандинавии (Норвегии, Финляндии, Швеции) и других стран Европы с более теплым климатом. В основном это обусловлено объективными факторами, в частности, невозможностью быстрой перенастройки строительной отрасли нашей страны без привлечения существенных инвестиций в период глубокого экономического кризиса. Сравнение нормируемых значений сопротивления теплопередаче приведено в табл. 2.

С целью приближения к европейским нормативам центром энергосбережения КиевЗНИИЭП подготовлен проект государственного стандарта Украины (ДСТУ) «Энергетическая эффективность зданий», в котором приведены требования к составлению энергетического паспорта здания. По положениям этого стандарта энергетический паспорт должен отражать уровень потребления тепловой энергии с учетом возможностей современных технологий тепловой защиты [6].

Предполагается, что обязательное составление энергетического паспорта в соответствии с ДСТУ будет введено через 1-2 года после того, как войдут в силу требования о составлении энергетического паспорта согласно ДБН В. 2.6-31:2006 «Тепловая изоляция зданий».

Согласно проекту ДСТУ каждое проектируемое здание должно быть отнесено к одному из классов энергоиндексации. Всего в европейской методике энергоиндексации существует семь клас-

сов, которые обозначаются буквами А, В, С, D, E, F, G. Каждому классу соответствуют нормируемые контрольные показатели энергетической эффективности один из которых - обобщенное термическое сопротивление ограждающих конструкций.

Таблица. 2

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций ($\text{м}^2\text{К/Вт}$) некоторых стран Европы в сравнении с нормативами Украины (данные за 2003 год [5]).

Страны (город)	Зимняя расчетная температура $t_{\text{вн}}$, °C	Сопротивление теплопередачи ($\text{м}^2\text{К/Вт}$)		
		Стены	Чердачные перекрытия	Подвальные перекрытия
Украина (Симферополь) D_d от 2500 до 3000	-16	2.2	2.6	2.2
Россия (Краснодар) D_d от 2000 до 4000	-19	2.1	2.8	2.8
Польша (Варшава)	-20	1.4	2.0	1.7
Великобритания (Лондон)	-5.6	2.2	4.0	2.2
Франция (Париж)	-7.8	1.8	2.9	1.0
Германия (Берлин)	-14	0.8	3.3	1.8
Нидерланды (Амстердам)	-7	2.7	2.6	1.4
Норвегия (Осло)	-	3.3	5.0	3.3
Финляндия (Хельсинки)	-	3.6	4.5	4.5
Швеция (Стокгольм)	-	3.3	5.0	3.3

В табл.3 приведены контрольные показатели термического сопротивления основных ограждающих конструкций многоэтажных жилых зданий (для первой температурной зоны), отнесенных к различным классам энергоиндексации.

Таблица. 3

Контрольные показатели термического сопротивления основных ограждающих конструкции многоквартирных жилых зданий для первой температурной зоны Украины.

Проектные контрольные показатели		Ед. изм.	Классы энергоиндексации						
			G	F	E	D	C	B	A
Термическое сопротивление основных ограждающих конструкций	Стены	$\text{м}^2\text{К/Вт}$	2.8	НЕ НОРМИРУЕТСЯ					
	Окна		0.6						
	Покрытия		2.3						
	Обобщенное		2	2.1	2.3	2.6	2.8	3.0	3.2

Анализируя таблицу можно сделать выводы:

- термическое сопротивление ограждающих конструкций самого низкого класса энергоиндексации G соответствует минимальным значениям действующих нормативов;
- при повышении класса энергоиндексации увеличивается значение обобщенного термического сопротивления основных ограждающих конструкций, достигая превышения на 70% для самого энергоэффективного класса А.

На диаграмме (рис.2) приведена динамика изменения нормативных значений сопротивления теплопередаче, $R_{\text{норм}}$, $\text{м}^2\text{К/Вт}$, стеновых ограждающих конструкций жилых многоэтажных зданий для первой температурной зоны Украины.

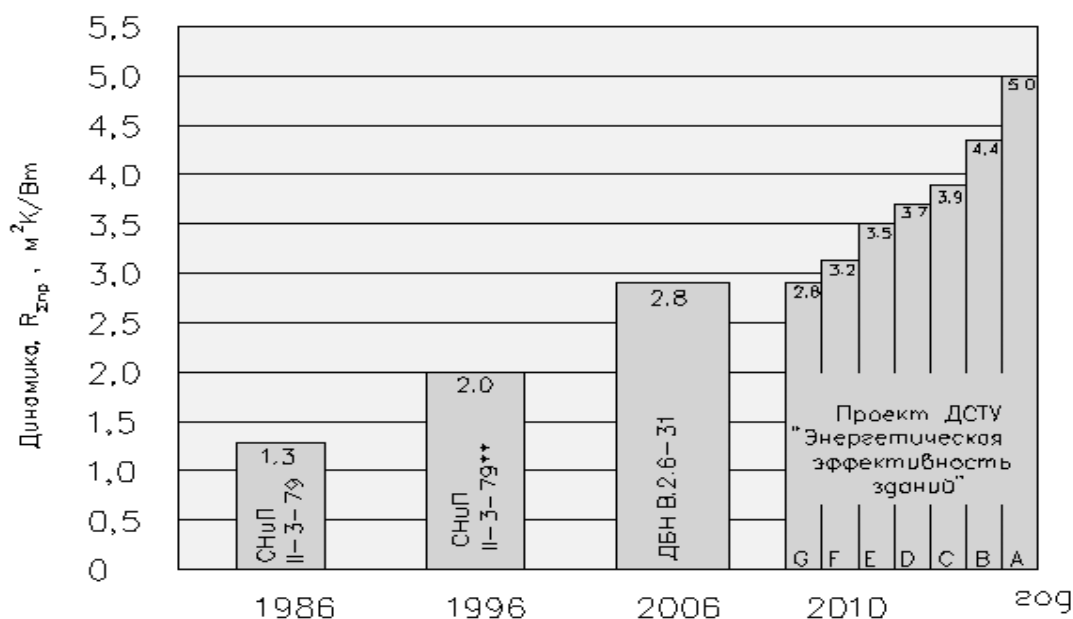


Рис.2. Диаграмма роста нормируемого значения сопротивления теплопередаче в Украине (для стеновой конструкции первой температурной зоны Украины)

ВЫВОДЫ

1. Увеличение термического сопротивления ограждающих конструкций жилых зданий при новом строительстве и термомодернизации - необходимая и эффективная мера по сбережению энергоресурсов.
2. С учётом требований ДБН В.2.6-31 к термоизоляции жилых зданий, расчет сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций существенно упрощается.
3. На стадии принятия технического решения при проектировании ограждающих конструкций, учитывая срок эксплуатации здания и динамику роста цен на энергоносители, следует стремиться к повышению класса энергоэффективности здания, увеличивая обобщенное термическое сопротивление основных ограждающих конструкций до $3 m^2K/W$, для уменьшения эксплуатационных затрат на отопление зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гершкович В.Ф. Энергосберегающие системы жилых зданий // С.О.К.-2007-№10-с.42-47.
2. СНиП II.3-79**. Строительная теплотехника. Госстрой СССР.-М.: ЦИТП Госстрой СССР, 1986.
3. ДБН В.2.6-31: 2006. Теплова ізоляція будівель. МБАЗКГ України - К; 2006.
4. СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика. Госстрой СССР.-М.: Стройиздат, 1983
5. Щекин И.Р. повышение энергетической эффективности вентиляционно-отопительных систем. – Харьков: Форт, 2003.
6. Гершкович В. Ф. Каким должен быть энергетический паспорт здания // С.О.К. – 2007-№12-с.44-47.

Котовская Е.Е., аспирант

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Определение оптимальных доз коагулянта ПолиДАДМАХ при очистке природных вод в системе централизованного водоснабжения

Представлена математическая модель реагентного фильтрования для коагулянта ПолиДАДМАХ. При помощи полученной математической модели выбраны оптимальные дозы коагулянта и минимальное время фильтрования при различной заданной степени очистки.

Доза коагулянта, математическая модель, реагентное фильтрование, экспериментальная установка, степень очистки.

Многолетние наблюдения показали, что качественные показатели воды в водохранилищах в течение года изменяются неоднократно. Колебания по показателю «взвешенные вещества» происходят непрерывно, по показателю «цветность» наблюдается большая повторяемость в течение года, большие отклонение от средних значений происходят по содержанию органических веществ и некоторым другим ингредиентам; амплитуда колебаний «взвешенных веществ» может отличаться в разные годы в несколько раз [1].

Чаще всего выбор решения по реагентной обработке природной водохранилищной воды и по скоростным параметрам проводится интуитивно или по опыту предыдущих лет. В отдельных случаях ведутся опыты по технологическому моделированию процесса очистки природной воды. В работах Найдено В.В., Журбы М.Г., Говоровой Ж.М. и Гордина И.В. предложены методики оперативного управления сложными водоочистными процессами и их оптимизации для поверхностных вод центральной части России и традиционных коагулянтов [2, 3, 4, 5].

В данной работе представлена модель оптимизации дозы коагулянта и минимального времени фильтрования при подготовке питьевой воды (на примере воды водохранилища «Межгорное»), которая получена на основании результатов математического моделирования процесса реагентного фильтрования.

Исследования проводили на экспериментальной установке, схема которой приведена на рис.1.

В установке исходная вода после добавления коагулянта фильтруется снизу вверх через слой плавающей загрузки с расчетной скоростью, при этом взвешенные вещества задерживаются в порах загрузки. Очищенная вода скапливается в надфильтровом объеме и отводится.

В качестве реагента использован современный коагулянт марки ПолиДАДМАХ (FLOBEADS DB 45 SSH фирмы SNF FLOERGER). При эксперименте изменяли продолжительность фильтрования t , дозу коагулянта d , скорость фильтрования v , концентрацию взвешенных веществ в исходной воде C_0 и фиксировали концентрации взвешенных веществ в очищенной воде C . На основании теории размерностей [6] получим безразмерные комплексы для процесса реагентного фильтрования, которые при геометрическом подобии фильтров становятся критериями подобия процесса фильтрования. Для этого выделим характерные параметры и их размерности:

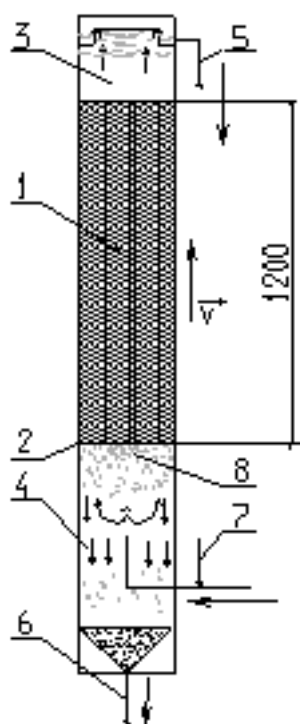


Рис.1. Схема экспериментальной установки:
 1 - слой плавающей фильтрующей загрузки;
 2 - корпус фильтра; 3 - надфильтровый объем;
 4 - подфильтровый объем; 5 - трубопровод отвода очищенной воды; 6 - трубопровод выпуска осадка; 7 - трубопровод подачи коагулянта в исходную воду; 8 - слой взвешенного осадка

C_0 , кг/м³ – начальная концентрация взвеси в воде на входе в фильтр;

C , кг/м³ – конечная концентрация взвеси на выходе из фильтра;

v , м/ч – скорость движения воды в фильтре;

t , ч – продолжительность фильтрования;

l , м – высота слоя загрузки фильтра;

d , кг/м³ – доза реагента.

Тогда из шести параметров получим три безразмерных комплекса:

$$\frac{C}{C_0}; \frac{d}{C_0}; \frac{l}{v \cdot t}.$$

Комплекс $\frac{d}{C_0}$ представляет собой дозу реагента, приходящуюся на единицу начальной концентрации взвеси. Этот комплекс используется в практике фильтрования. Обозначим:

$$R = \frac{d}{C_0}. \quad (1)$$

В литературе комплекс $\frac{l}{v \cdot t}$ не нашел физической трактовки. В книге Шехтмана Ю.М. этот комплекс назван U– критерием подобия процесса фильтрования [7]. Журба М.Г. продолжительность фильтрования t заменил продолжительностью фильтроцикла t_ϕ и получил комплекс $\frac{l}{v \cdot t_\phi}$, названный критерием подобия работы зернистых фильтров [8].

Рассмотрим физический смысл комплекса $\frac{l}{v \cdot t}$. Умножим и разделим комплекс на площадь поперечного сечения фильтра, $\frac{\pi D^2}{4}$ (D – диаметр фильтра) и получим:

$$\frac{l}{vt} = \frac{\frac{l \cdot \pi D^2}{4}}{v \cdot t \cdot \frac{\pi D^2}{4}} = \frac{W_\phi}{Q_t}, \quad (2)$$

где W_ϕ – объем фильтра, м³; Q_t – суммарный расход воды за время фильтрования.

Выражение (2) показывает, что комплекс $\frac{l}{v \cdot t}$ представляет собой объем фильтра, приходящийся на единицу суммарного расхода воды за время фильтрования. Если рассматривать суммарный расход воды Q_t как водяную нагрузку на фильтр, то комплекс $\frac{l}{v \cdot t}$ можно назвать комплексом нагрузки на фильтр:

$$\Phi = \frac{l}{v \cdot t}. \quad (3)$$

Тогда функциональную связь можно записать в виде:

$$\frac{C}{C_0} = f\left(\frac{d}{C_0}, \frac{l}{v \cdot t}\right); \quad (4)$$

$$\frac{C}{C_0} = f(R, \Phi). \quad (5)$$

Результаты многофакторного эксперимента приведены в табл. 1.

Таблица 1

Критериальные соотношения параметров работы установки

N, п/п	C/C_0	d/C_0	l/vt
1	1	0,0001	0,0003
2	0,7	0,0002	0,0005
3	0,6	0,0003	0,005
4	0,1200	0,0067	0,0160
5	0,0875	0,0063	0,0156
6	0,1071	0,0064	0,0144
7	0,0833	0,0050	0,0126
8	0,1077	0,0062	0,0121
9	0,0778	0,0044	0,0112
10	0,0765	0,0047	0,0105
11	0,0706	0,0047	0,0103
12	0,0350	0,0020	0,0237
13	0,0450	0,0025	0,0238
14	0,0667	0,0044	0,0199
15	0,0733	0,0053	0,0174
16	0,0550	0,0045	0,0159
17	0,0588	0,0047	0,0146
18	0,0556	0,0044	0,0130
19	0,0600	0,0047	0,0120
20	0,0882	0,0006	0,0176
21	0,0833	0,0050	0,0147
22	0,0824	0,0053	0,0128
23	0,0632	0,0053	0,0114
24	0,0778	0,0044	0,0098
25	0,0706	0,0053	0,0088
26	0,1333	0,0089	0,0079
27	0,3824	0,0129	0,0123
28	0,3056	0,0144	0,0113
29	0,4891	0,0120	0,0100
30	0,3158	0,0105	0,0085
31	0,2500	0,0122	0,0076

Результаты обобщений данных табл. 1 приведены на рис. 2-4.

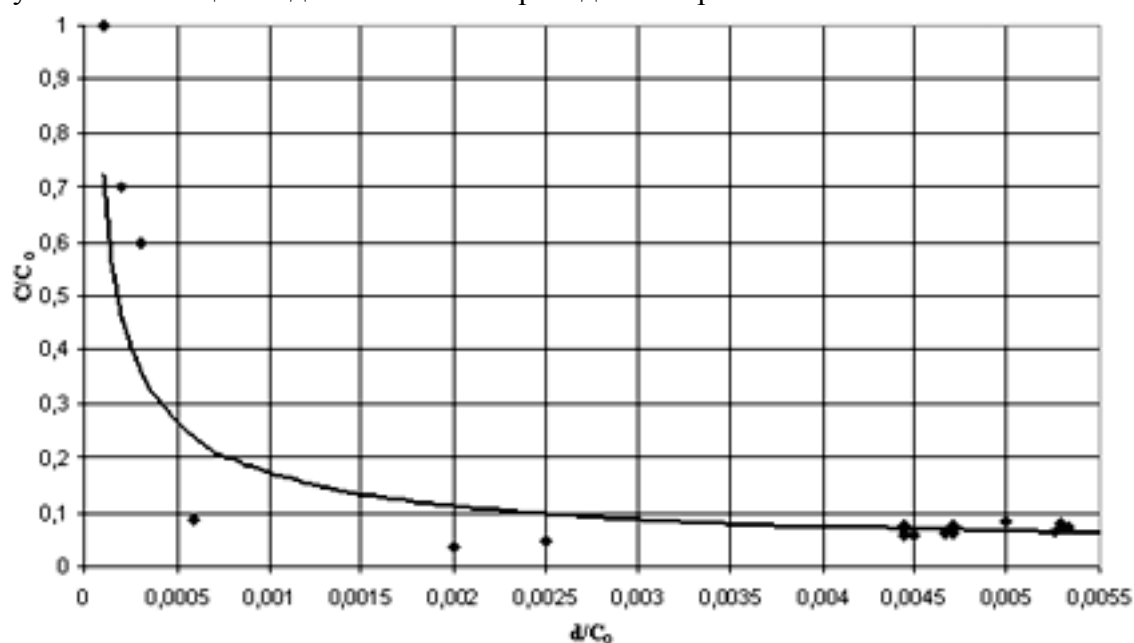


Рис. 2. Зависимость C/C_0 от критерия d/C_0 в диапазоне от 0,0001 до 0,0055

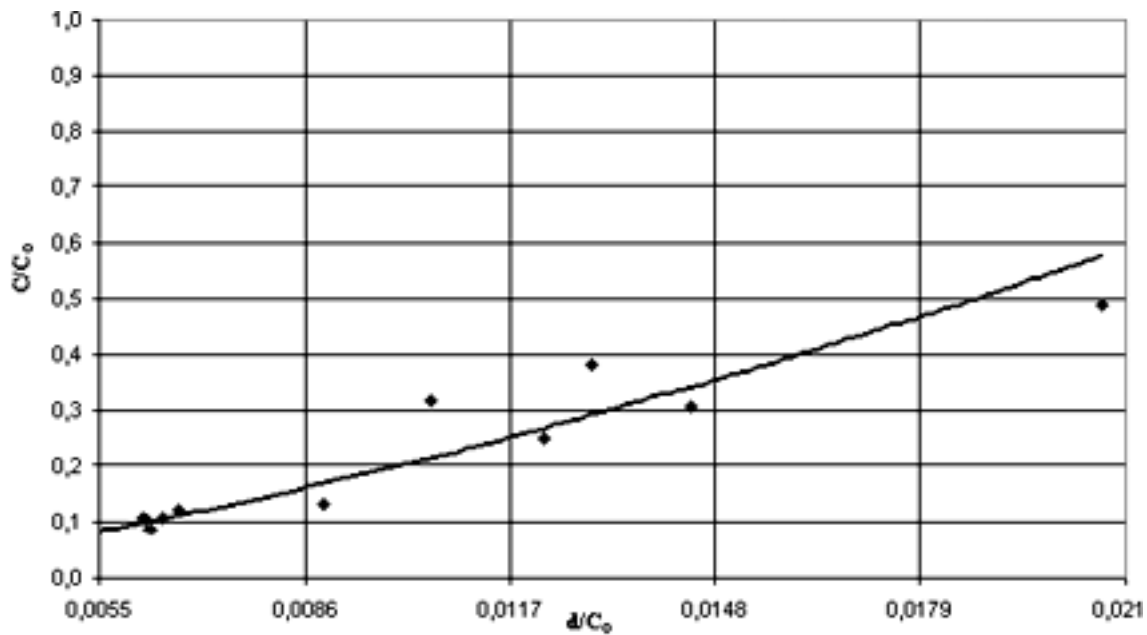


Рис. 3. Зависимость C/C_0 от критерия d/C_0 в диапазоне от 0,0055 до 0,021.

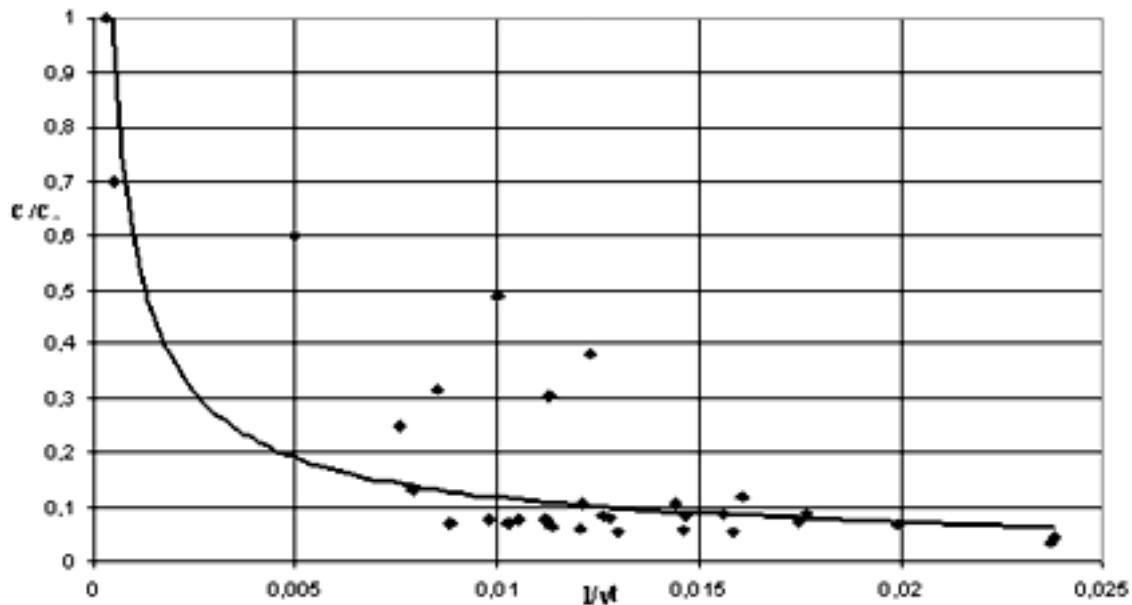


Рис. 4. Зависимость C/C_0 от критерия l/vt .

В интервале от 0,0001 до 0,0055 экспериментальные точки на рис. 2 обобщены следующим соотношением при индексе корреляции 0,855

$$\frac{C}{C_0} = 0,0023 \left[\frac{d}{C_0} \right]^{-0,623}. \quad (6)$$

В интервале от 0,0055 до 0,021 экспериментальные точки на рис. 3 обобщены зависимостью при индексе корреляции 0,949

$$\frac{C}{C_0} = 135,91 \left[\frac{d}{C_0} \right]^{1,413}. \quad (7)$$

Экспериментальные точки на рис. 4 обобщены соотношением, при индексе корреляции 0,756

$$\frac{C}{C_0} = 0,0041 \left[\frac{l}{vt} \right]^{-0,731}. \quad (8)$$

Соотношения 6-7 и рис. 2-3 показывают, что с увеличением относительной дозы коагулянта происходит улучшение очистки, однако по мере увеличения относительной дозы коагулянта, он сам по себе становится загрязнителем и происходит ухудшение качества очистки. При этом относительная доза коагулянта при которой достигается наилучшая степень очистки $\frac{d}{C_0} = 0,0055$.

В соответствии с формулой 2 увеличение l/vt соответствует уменьшению суммарного расхода воды за время фильтрования, что соответственно улучшает степень очистки.

Для выбора оптимальной дозы коагулянта и продолжительности фильтрования зададимся допустимой конечной концентрацией C после фильтрования $C=1,5$ мг/л, тогда при разных значениях C_0 получим необходимое соотношение $\frac{C}{C_0}$, по которому с использованием формул 6-8 определяем комплексы $\frac{d}{C_0}$ и $\frac{l}{v \cdot t}$, а затем определяем оптимальную дозу коагулянта d и продолжительность фильтроцикла t (при $v=6$ м/ч). Эти данные приведены в табл. 2. По этим данным построены зависимости d и t от C_0 , (рис. 5).

Таблица 2

Таблица соотношений между исходной концентрацией и дозой реагента, временем фильтрования

C_0 , мг/л	5	12	20
C/C_0	0,3	0,125	0,075
d/C_0	0,0004	0,002	0,004
d , мг/л	0,002	0,020	0,074
l/vt	0,003	0,009	0,019
t , час	71,027	21,444	10,661

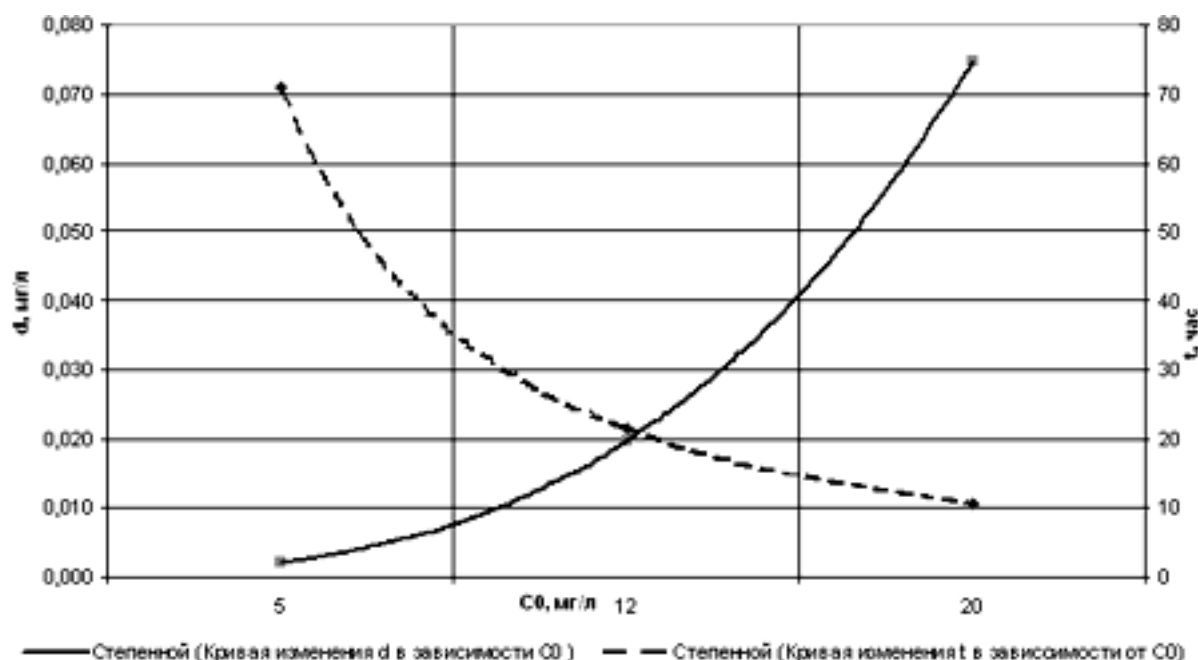


Рис. 5. Соотношения между исходной концентрацией взвеси и дозой реагента, временем фильтрования.

Из рис. 5 следует, что при увеличении степени загрязнения (C_0) увеличивается необходимая доза реагента и уменьшается время фильтрования, в связи с его более быстрым засорением.

Данные в табл. 2 и на рис. 5 позволяют получить аналитическое выражение для оптимальной дозы коагулянта в зависимости от C_0 и минимальное время фильтроцикла.

Оптимальную дозу коагулянта можно определить по следующему соотношению (при индексе корреляции 1,0):

$$d_{opt} = 0,002(C_0)^{3,288}; \quad (9)$$

а минимальное время фильтрования по соотношению (при индексе корреляции 1,0):

$$t_{min} = 71,008(C_0)^{-1,726}; \quad (10)$$

Соотношения 9 и 10 позволяют оптимизировать процесс очистки поверхностных вод в системе централизованного водоснабжения при использовании коагулянта ПолиДАДМАХ.

ВЫВОДЫ:

1. Приведены критерии подобия реагентного фильтрования природных вод и выявлен физический

смысл критерия $\frac{l}{v \cdot t}$.

2. Получена математическая модель зависимости степени очистки от критерия относительной дозы и комплекса нагрузки на фильтр.
3. При помощи указанной математической модели получены соотношения для выбора оптимальной дозы и минимальной продолжительности фильтрования в зависимости от исходных загрязнений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Котовская Е.Е. Гидрохимическая оценка качества воды водохранилища «Межгорное» и оптимизация технологии водоподготовки. - Сборник научных трудов НАПКС выпуск № 13-14, Симферополь, 2006. - 186-188 с.
2. Найдено В.В., Кулакова А.П., Шеренков И.А. Оптимизация процессов очистки природных и сточных вод. - М.: Энергия, 1979. - 271 с.
3. Говорова Ж.М. Выбор и оптимизация водоочистных технологий: Монография. - Вологда-Москва: ВоГТУ, 2003. - 111 с.
4. Журба М.Г. Применение критериальных уравнений процесса осветления воды в зернистом слое для оптимизации работы водоочистных фильтров // Химия и технология воды. - 1986. Т.8., №3.
5. Гордин И.В. Технологические системы водообработки: Динамическая оптимизация. - Л.: Химия, 1987. - 264 с.
6. Кичигин В.И. Моделирование процессов очистки воды: Учебное пособие. - М: Изд-во АСВ, 2003. - 230 с.
7. Шехтман Ю.М. Фильтрация малоконцентрированных суспензий. М., Изд-во АН СССР, 1961.
8. Журба М.Г., Мошко В.Г. Некоторые закономерности фильтрования воды через зернистую загрузку. М., Изд-во АН СССР, 1980.

Сокут Л.Д., к. т. н. доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Состояние и перспективы развития ветроэнергетики в мире и в Украине

Рассматриваются состояние и перспективы развития ветроэнергетики для получения электрической энергии в мире и в Украине. Приводятся данные по установленной мощности ветроэлектростанций в мире в 2007 году, оцениваются темпы роста мощности за год, приводятся основные параметры современных ветроустановок в составе ветроэлектростанций и рассматриваются тенденции в их развитии, характеризуется развитие ветроэнергетики в Украине.

Возобновляемые источники энергии, ветроэлектростанция, ветроэлектроустановка, установленная электрическая мощность, ветротурбина, башня ветротурбины, лопасть ветротурбины, скорость ветра, преобразование электрической энергии, коэффициент использования установленной мощности.

Ветроэнергетический сектор в развитии возобновляемых источников энергии (ВИЭ) за последние пятнадцать лет является самым динамичным и высокотехнологическим сектором [1...3]. Ветроэлектростанции (ВЭС) входят в объединенные системы электроснабжения во всех странах мира наряду с традиционными электростанциями - тепловыми, атомными и мощными гидроэлектростанциями. Значительный технический прогресс за прошедшие 10...15 лет в создании электрогенераторов и преобразователей параметров электроэнергии в составе ветроэлектроустановок (ВЭУ) позволяет ВЭУ генерировать электроэнергию с высоким КПД и стандартными параметрами по напряжению и частоте в широком диапазоне изменения скорости ветра от 2 до 25 м/с .

В мировом производстве электроэнергии в 2007 году доля ВЭС составила 1,3 %, суммарная установленная мощность ВЭС достигла 93849 МВт, причем прирост мощности за год по сравнению с 2006 г. составил 19696 МВт или 21 %. В отрасли ветроэнергетики в мире в 2007 г. было занято 350 тысяч человек/

На рис.1 показан рост мощности ВЭС с 1997 по 2007 гг. с прогнозом до 2010 года, на рис. 2 указан ежегодный прирост мощности ВЭС с 1997 по 2007 гг. в %, а на рис. 3 – ежегодное увеличение мощности ВЭС в МВт.

Снижение темпов роста мощности в год в период с 2001 по 2004 гг. связано с насыщением рынка ВЭС в Европе (Германия, Дания), а дальнейший рост мощности с 2005 г. объясняется вступлением в эту отрасль новых стран мира, в первую очередь Индии и Китая, а также Испании, Италии, Турции.

Рис. 4 характеризует темп роста ветроэнергетики в 2007 г. в % для 20 стран мира, где достигнут за это время наибольший рост мощности (свыше 100 МВт).

Современное состояние ветроэнергетики Украины определяется итогами выполнения Комплексной программы строительства ВЭС за период с 1997 по 2007 год. Всего за это время было построено четыре промышленных ВЭС суммарной мощностью около 85 МВт на базе лицензионных ВЭУ USW56-100 мощностью 107,5 кВт и Т600-48 мощностью 600 кВт. На рис. 5 и 6 приведены данные по установленной мощности каждой станции и по количеству ВЭУ в составе ВЭС в Украине.

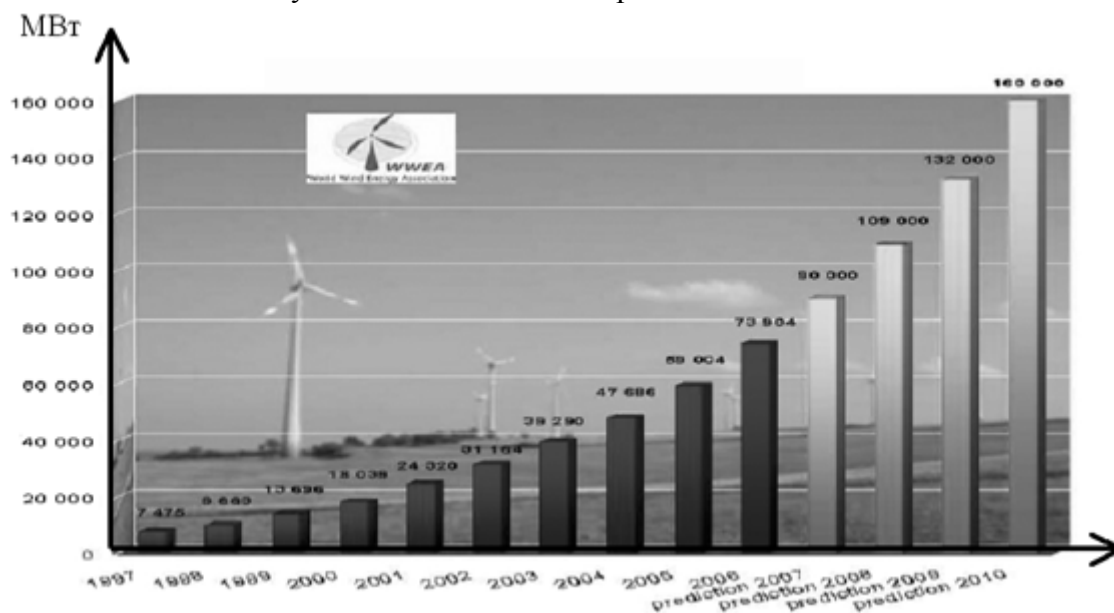


Рис. 1 – рост мощности ВЭС с 1997 по 2007 гг. и прогноз до 2010 г.

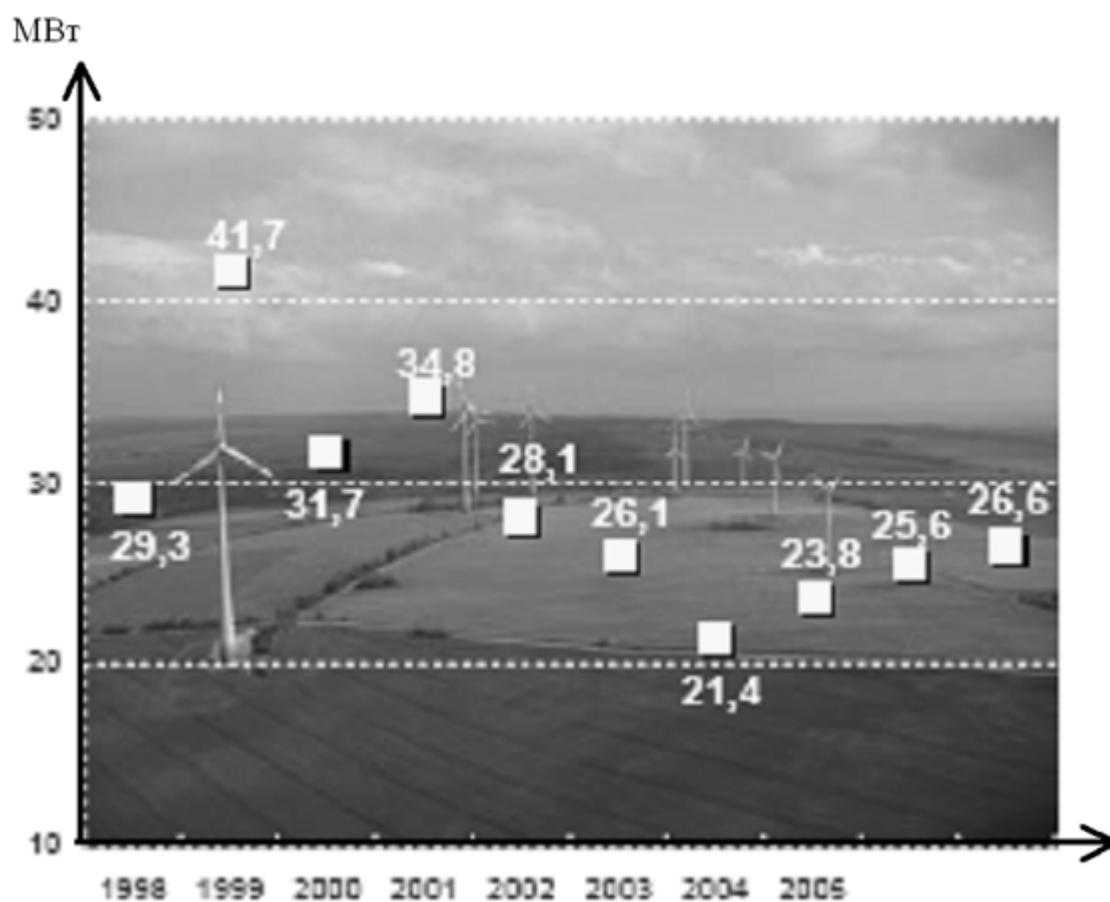


Рис. 2 - Ежегодный прирост мощности ВЭС в мире с 1997 по 2007 гг. в %

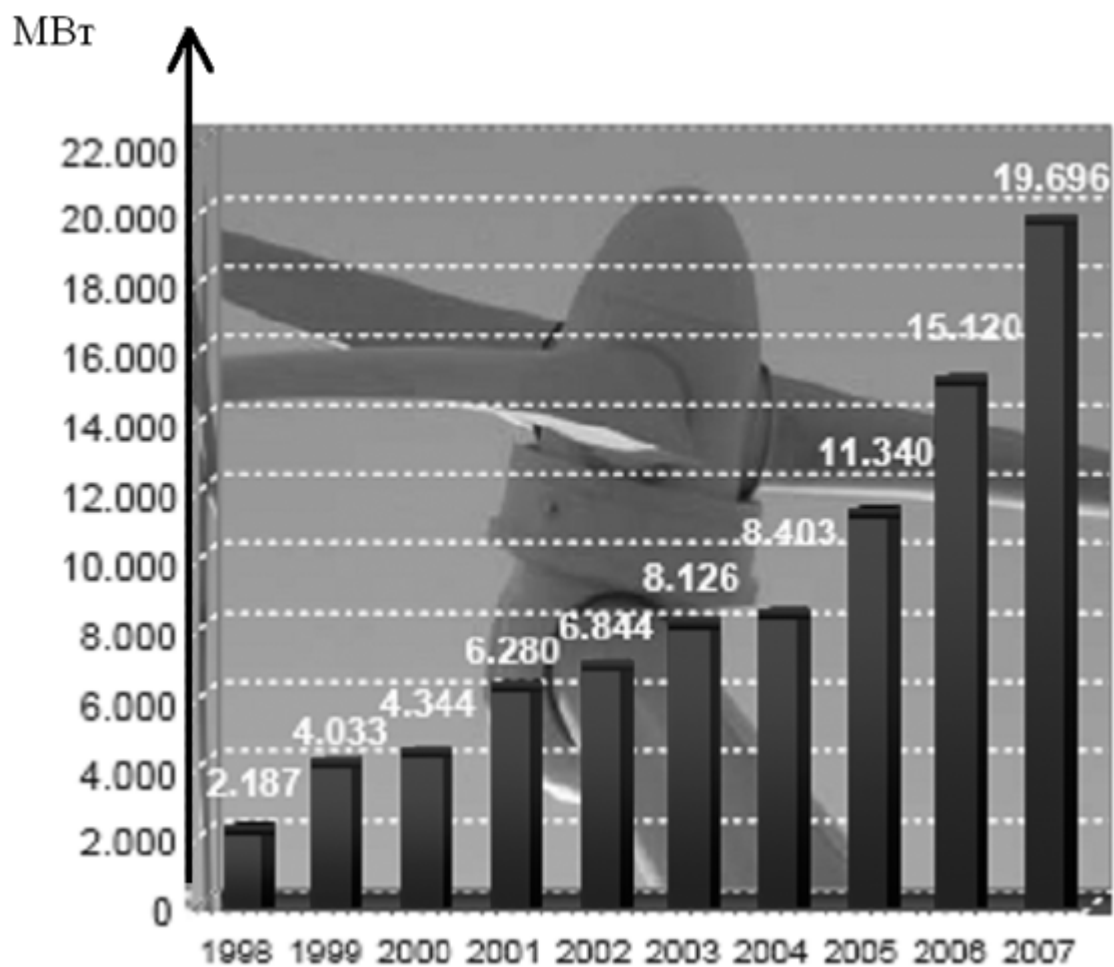


Рис. 3 - Ежегодный прирост мощности ВЭС в мире с 1997 по 2007 гг. в МВт

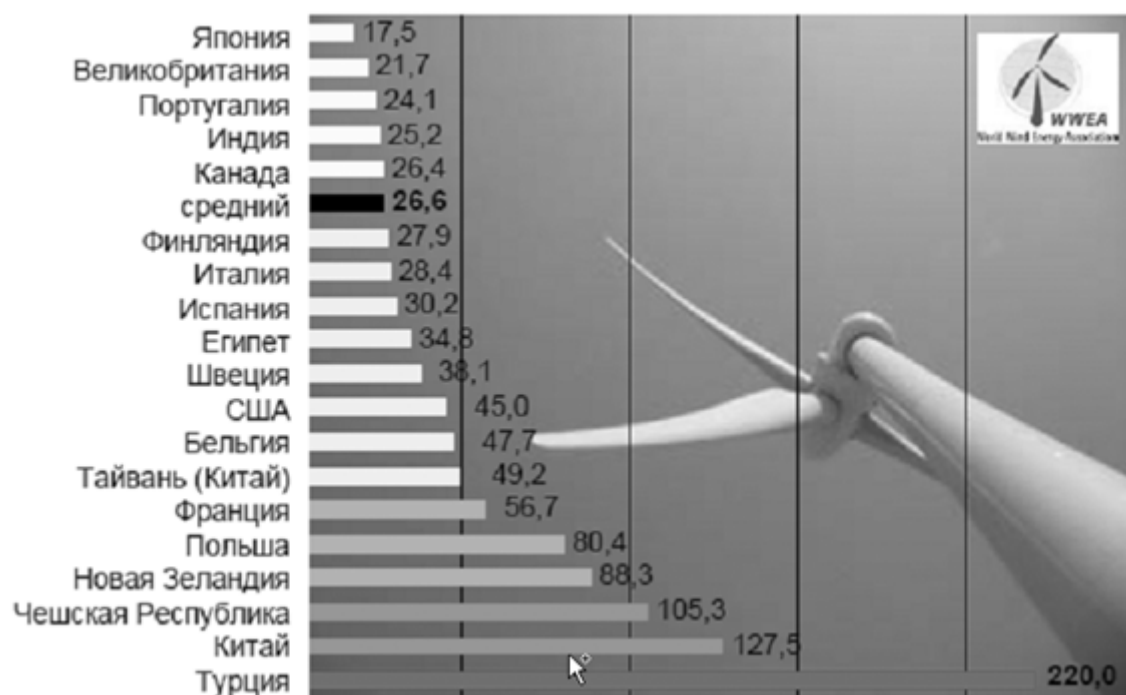


Рис. 4 – Годовой прирост мощности ВЭС в % по двадцати странам мира в 2007 г.

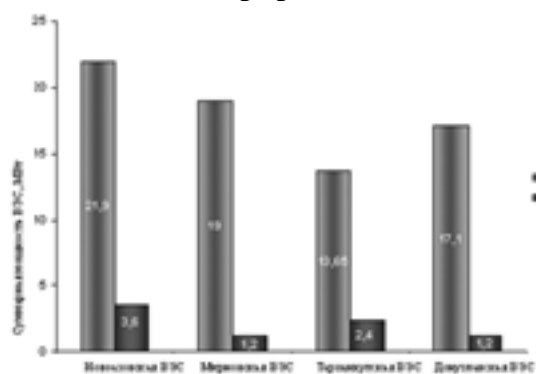


Рис. 5 – Установленная мощность ВЭС Украины в 2007 г.

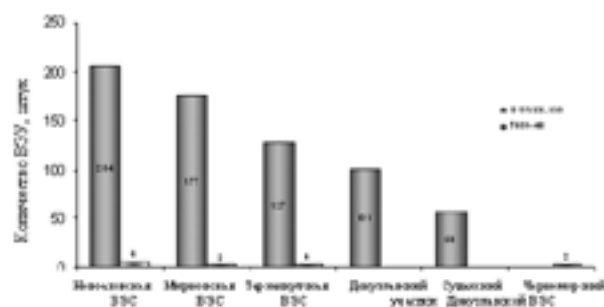


Рис. 6 – Количество ВЭУ в составе ВЭС Украины

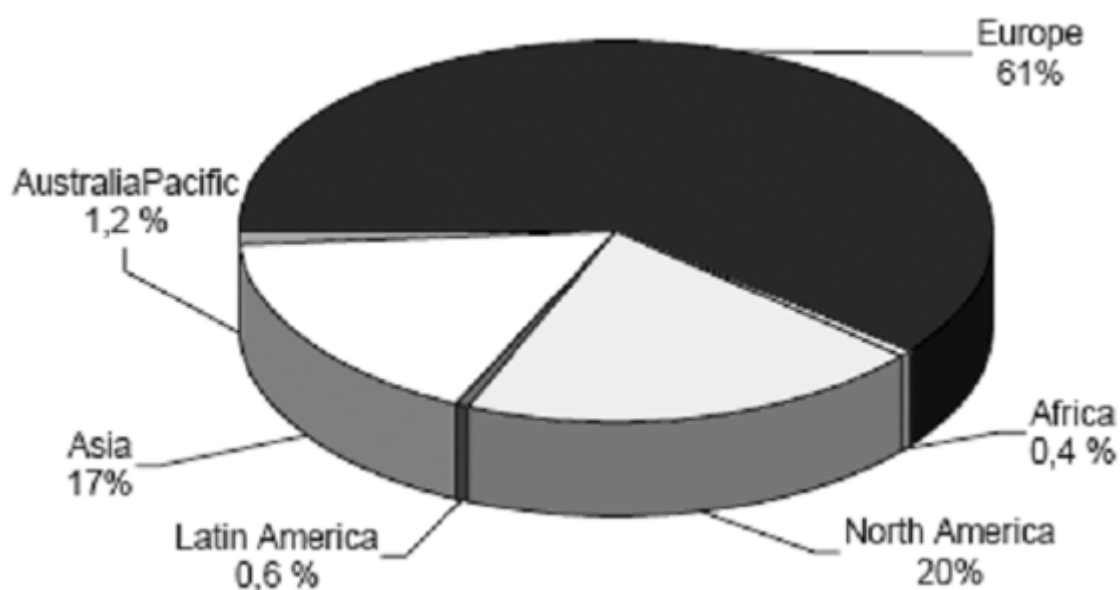


Рис. 7 - Распределение мощности ВЭС по странам мира в 2007 г. и прогноз до 2010 г. в %

На диаграмме рис. 7 показано распределение мощности ВЭС по странам мира в 2007 г. и прогноз до 2010 г.

Наибольший объем ветроэнергетики реализуется на сегодня в странах Европы (61%) по двум основным причинам – дефицит традиционных невозобновляемых энергоресурсов в Европе и высокий технический потенциал стран Европы, в первую очередь Германии, что позволило за очень короткий срок создать новую, технически и технологически сложную отрасль промышленной энергетики.

В табл. 1 приведены итоговые данные, характеризующие развитие ветроэнергетики на конец 2007 года.

Значительный интерес представляет рост мощности ветротурбины и электрогенератора в составе одной ВЭУ за период с 1985 по 2007 гг., а также развитие устройств генерирования электрической энергии ВЭС и передачи ее в единую энергетическую сеть.

Диаграммы на рис. 8 наглядно показывают рост единичной мощности ВЭУ от 30 кВт до 5...7 МВт и соответствующее увеличение высоты башни ВЭУ от 20 до 120 м.

Наиболее известными производителями мощных ВЭУ в Европе являются фирмы Bonus, Enercon, Lagerway, NEG Mikon, Nordex, Sudwind, Tacke, Vestas, Zond, Gamesa Wind GmbH, Gamesa Wind Engineering.

Таблица 1

Итоговые данные по развитию ветроэнергетики на конец 2007 года.

Место страны в ветро-энергетическом секторе 2007	Страна/регион	Общая установленная мощность, конец 2007	Новые мощности, 2007 (Разница 2007-2006)	Темп роста 2007	Общая установленная мощность, конец 2006
		[МВт]	[МВт]	[%]	[МВт]
1	Германия	22.247,4	1.625,4	7,9	20.622,0
2	США	16.818,8	5.215,8	45,0	11.603,0
3	Испания	15.145,1	3.515,1	30,2	11.630,0
4	Индия	7.580,0	1.580,0	25,2	6.270,0
5	Китай	5.912,0	3.313,0	127,5	2.599,0
6	Дания	3.125,0	- 11,0	- 0,4	3136,0
7	Италия	2.726,1	602,7	28,4	2.123,4
8	Франция	2.455,0	888,0	56,7	1.567,0
9	Соединенное Королевство	2.389,0	426,2	21,7	1.962,9
10	Португалия	2.130,0	414,0	24,1	1.716,0
11	Канада	1.846,0	59,0	26,4	1.460,0
12	Нидерланды	1.747,0	188,5	12,1	1.309,0
13	Япония	1.538,0	229,0	17,5	325,0
14	Австрия	981,5	17,0	1,8	964,5
24	Польша	276,0	123,0	80,4	153,0
26	Турция	206,8	142,2	220,0	64,6
28	Чешская Республика	116,0	59,5	105,3	56,5
30	Украина	89,0	3,4	4,0	85,6
	Всего	93.849,10	19.695,80	26,6	74.153,30

Высота башни, м

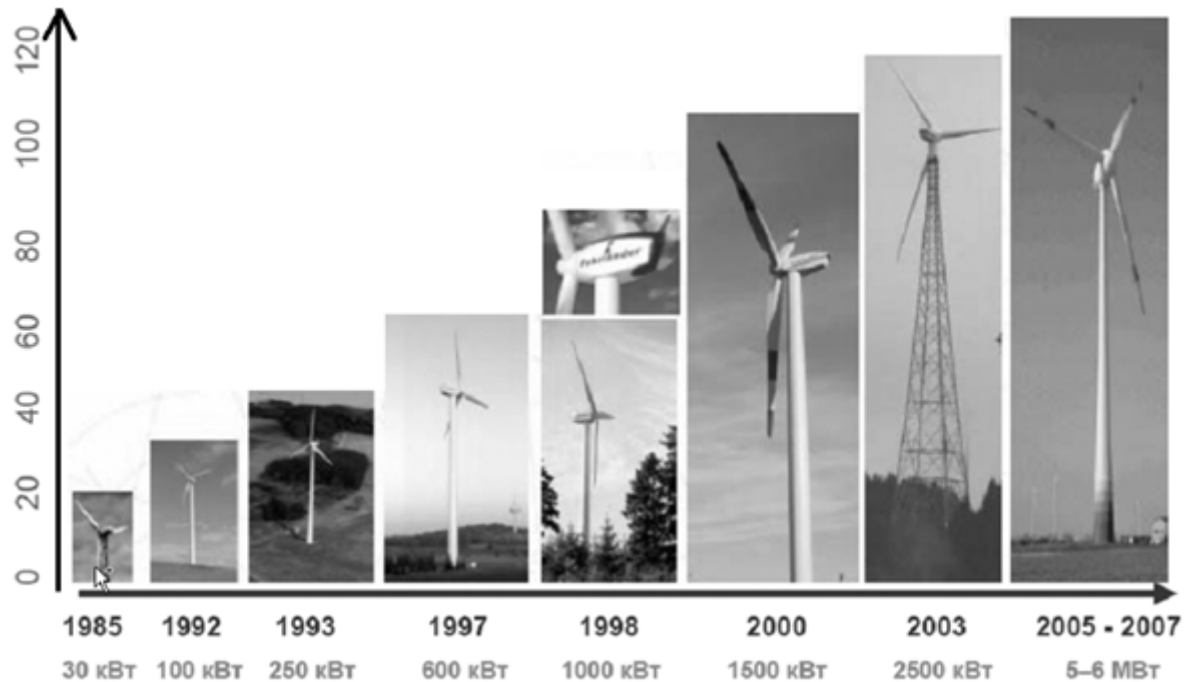


Рис.8. Рост единичной мощности ВЭУ и увеличение высоты башни

Чтобы далее характеризовать тенденции в развитии ВЭУ, укажем, что выходная электрическая мощность $P_{эл}$ ВЭУ определяется формулой

$$P_{эл} = C_p \rho A V^3 \eta_{BT} \eta_p \eta_{ЭГ}, \quad (1)$$

где C_p - коэффициент, ρ – плотность воздуха, A – площадь круга, ометаемого лопастями ветротурбины (ВТ) при вращении, V - скорость ветра, η_{BT} – КПД ветротурбины, η_p – КПД редуктора, $\eta_{ЭГ}$ - КПД электрогенератора (ЭГ).

Из приведенной формулы (1) следует, что для увеличения $P_{эл}$ имеется несколько возможностей, причем в последнее десятилетие наблюдается реализация почти всех из них.

1. Увеличения площади A , равной

$$A = \pi L^2, \quad (2)$$

где L - длина лопасти ВТ; реализация этой возможности привела к росту длины лопасти за 20 лет от 3 м до 65 м и соответствующему росту площади от 28 м² до 13270 м².

2. Увеличение рабочей скорости ветра V , как в результате правильного выбора района сооружения ВЭС, так и за счет увеличения высоты башни ВЭУ, поскольку величина V растет с высотой по соотношению

$$V_h = V_{10} \left[\frac{H}{10} \right]^K, \quad (3)$$

где V_h - скорость ветра на высоте башни, V_{10} - скорость ветра на высоте 10 м над поверхностью земли, принятая для метеоизмерений, H – высота башни ВЭУ; (высота башни естественно увеличивается с ростом длины лопасти); K - коэффициент, учитывающий изменение скорости ветра от высоты в приземном слое атмосферы; рост высоты башни – рис. 8 - составил от 20 до 120 м. Особо следует заметить, что расширяется диапазон рабочих скоростей ветра. Начальная скорость снизилась от 5 м/с до 2,5 - 3 м/с. Максимальная скорость возросла от 15 м/с до 25 м/с.

3. Повышения всех значений КПД в формуле (1) и, в первую очередь, за счет исключения редуктора между ВТ и ЭГ; исключение редуктора дало толчок к развитию схем ЭГ и преобразования электрической энергии ВЭУ.

В настоящее время все выпускаемые ВЭУ имеют ВТ с трехлопастным ротором с горизон-

тальной осью вращения, но отличаются схемными решениями системы преобразования и генерирования электрической энергии.

Все ВЭУ имеют типовую характеристику регулирования выходной электрической мощности $P_{эл}$ от скорости ветра V – рис. 9. На участке 1 ВТ работает с постоянным углом поворота лопастей по отношению к направлению скорости ветра, на участке 2 угол поворота лопастей регулируется с целью поддержания постоянной мощности $P_{эл}$ при росте скорости ветра. Поворот всех трех лопастей производится синхронно с помощью весьма сложного механизма с электро- или гидроприводом.

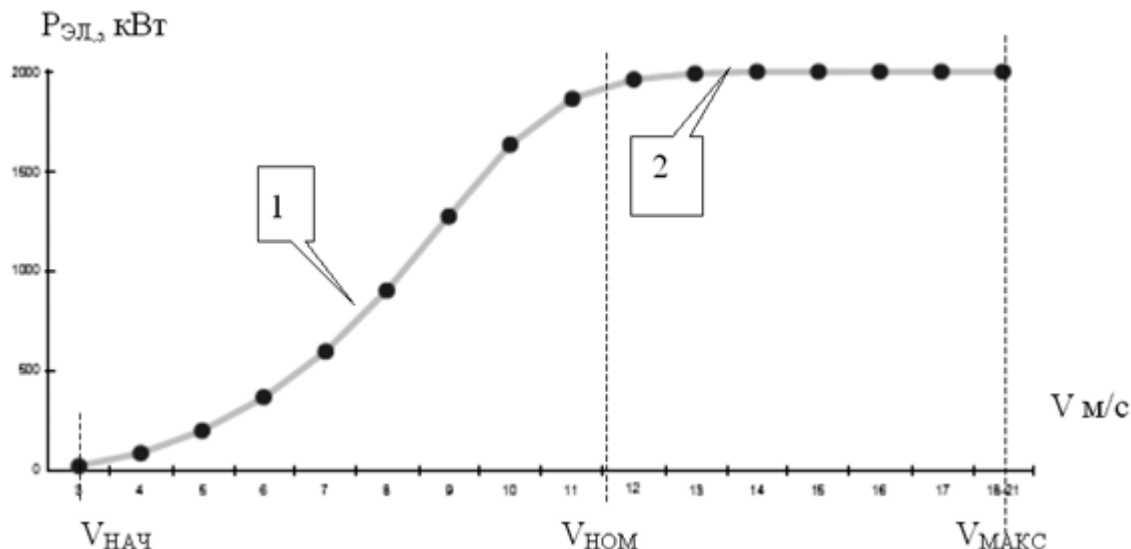


Рис. 9 – Типовая характеристика регулирования мощности ВЭУ при изменении скорости ветра

В развитии конструкций ВЭУ наблюдается снижение начальной скорости ветра $V_{нач}$, при которой начинается выработка электроэнергии – от 5 м/с в девяностые годы до 2,5 м/с к 2005 году, что способствует повышению эффективности ВЭС в районах с относительно небольшими скоростями ветров.

Особое внимание в настоящее время уделяется тщательному измерению средней многолетней скорости ветра в районе сооружения ВЭС и выбору ВЭУ с соответствующей этому району номинальной скоростью $V_{ном}$ (рис. 9), при которой ВЭУ выходит на номинальную установленную мощность.

Дело в том, что эффективность ВЭС, как и всех других электростанций, характеризуется, в первую очередь, коэффициентом использования установленной мощности (КИУМ). Например, для тепловых и атомных станций КИУМ имеет значение не меньше 0,67...0,9. Для ВЭС при неправильном выборе ВЭУ по величине $V_{нач}$ и $V_{ном}$, значение КИУМ может не превысить 0,1...0,2. Так, в Украине при использовании ВЭУ типа USW 56-100 ($V_{нач} = 5$ м/с, $V_{ном} = 12$ м/с) среднегодовые значения КИУМ равны 0,15...0,18.

С 2005...2007 гг. европейские фирмы-изготовители ВЭУ требуют для предполагаемого района сооружения ВЭС проводить измерения скорости ветра в течение 2...3 лет на высоте башни выбранной ВЭУ во многих точках площадки ВЭС. При наличии таких данных фирма-изготовитель ВЭУ гарантирует значения КИУМ не менее 0,3...0,4.

В начале развития ветроэнергетики первые ВЭУ мощностью до 20 кВт выполняли с ЭГ постоянного тока напряжением 12 В или 24 В для автономного использования. В дальнейшем, при сооружении ВЭС, основное развитие получили ВЭУ для работы в стандартной сети электроснабжения переменного тока частотой 50 Гц.

Особенностью ВЭУ является то, что в данном случае использование стандартных ЭГ тепловых электростанций различной мощности затруднено, поскольку ВТ, в отличие от паровой турбины или двигателей внутреннего сгорания, является тихоходной и имеет частоту вращения в пределах 8...80 об/мин., тогда как стандартные быстроходные синхронные и асинхронные ЭГ с чис-

лом пар полюсов 1...2, рассчитаны на частоту вращения 3000 об/мин. или 1500 об/мин. при частоте электрического тока 50 Гц. На гидроэлектростанциях при тихоходных гидротурбинах применяются специальные тихоходные ЭГ с большим числом пар полюсов, но они неприемлемы для ВТ из-за большого диаметра.

По этой причине на первом этапе развития ВЭУ содержали повышающий редуктор (мультиплексор) между валом ВТ и валом ЭГ. При этом частота вращения вала ротора ЭГ повышается по сравнению с частотой вращения вала ВТ в число раз, равное передаточному числу редуктора (обычно 20 и более). Такая схема дает возможность использовать серийные ЭГ обычных электростанций с синхронной частотой вращения (например, 750, 1000, 1500 об/мин.) при малой скорости вращения вала ротора ВТ, что характерно для ВТ. Схема «ВТ + редуктор + ЭГ» сохраняется до настоящего времени при мощности ВЭУ до 2...3 МВт. В качестве ЭГ чаще всего в этом случае используют асинхронный генератор, частота тока которого не зависит от частоты вращения в диапазоне рабочих величин скольжения.

Многие ВЭУ имеют в своем составе системы стабилизации скорости вращения вала ВТ при изменении скорости ветра – рис. 9.

По мере развития ветроэнергетики за последние десять лет были разработаны новые схемы ВЭУ с использованием ЭГ, работающих с переменной частотой тока и имеющих на выходе полупроводниковые преобразователи для получения электроэнергии стандартной частоты и напряжения.

Например, установки фирмы Enercon выполнены без редуктора между валом ВТ и ЭГ. В такой схеме вращающий момент с вала ВТ передается непосредственно на вал ротора тихоходного синхронного генератора с электромагнитным возбуждением, а частота вращения этих валов одинакова.

В нагрузочном режиме работы частота вращения вала ротора ВТ и соответственно вала ротора ЭГ изменяется либо в определенном диапазоне (например, 8 – 22 об/мин), либо непрерывно в достаточно широком диапазоне, что зависит от способа регулирования скорости вращения вала ротора ВТ при изменении скорости ветра. Более широкий диапазон изменения скорости вращения вала ротора ВТ при изменении скорости ветра упрощает устройства поворота лопастей ВЭУ.

При этом частота тока ЭГ, а также значение напряжения, отличаются от соответствующих стандартных параметров внешней электросети. Для согласования параметров электроэнергии ВЭУ и сети используется полупроводниковый преобразователь, выполненный в первом случае на полную номинальную мощность.

В последние пять лет получили распространение ВЭУ мощностью 2000 – 2500 кВт с трехфазными асинхронными генераторами с фазным ротором с полупроводниковым преобразователем в цепи ротора. Мощность преобразователя в этом случае составляет 30% – 35% от номинальной мощности ЭГ.

Отличительной особенностью новых схем ВЭУ является встраивание полупроводниковых преобразователей напряжения и частоты тока внутри ВТ, конструктивно последовательно с корпусом ЭГ – рис. 10.

Часть ВЭУ имеют две рабочих скорости вращения, меньшее значение соответствует меньшим скоростям ветра. Реализация двухскоростного режима вращения для ЭГ достигают применением трехфазного асинхронного генератора с переключением числа пар полюсов статорной обмотки и с короткозамкнутой обмоткой ротора. По такой схеме регулирования в Украине выполнена ВТ типа Т 600-48.

Значительное распространение в странах Европы в 2004...2007 гг. получило сооружение ВЭС на прибрежном шельфе незамерзающих морей (Германия, Дания). Такие ВЭС принято называть «оффшорными». Предполагается, что к 2020 году мощность оффшорных ВЭС достигнет 20 000 МВт.

Практически произошло разделение ВЭУ по мощности – до 2...2,5 МВт для наземных ВЭС и от 3 до 7 МВт – для оффшорных ВЭС.

К 2007 году мощность оффшорных ВЭС в пяти странах Европы – Англии, Шотландии, Швеции, Дании, Нидерландах составила 770 МВт.

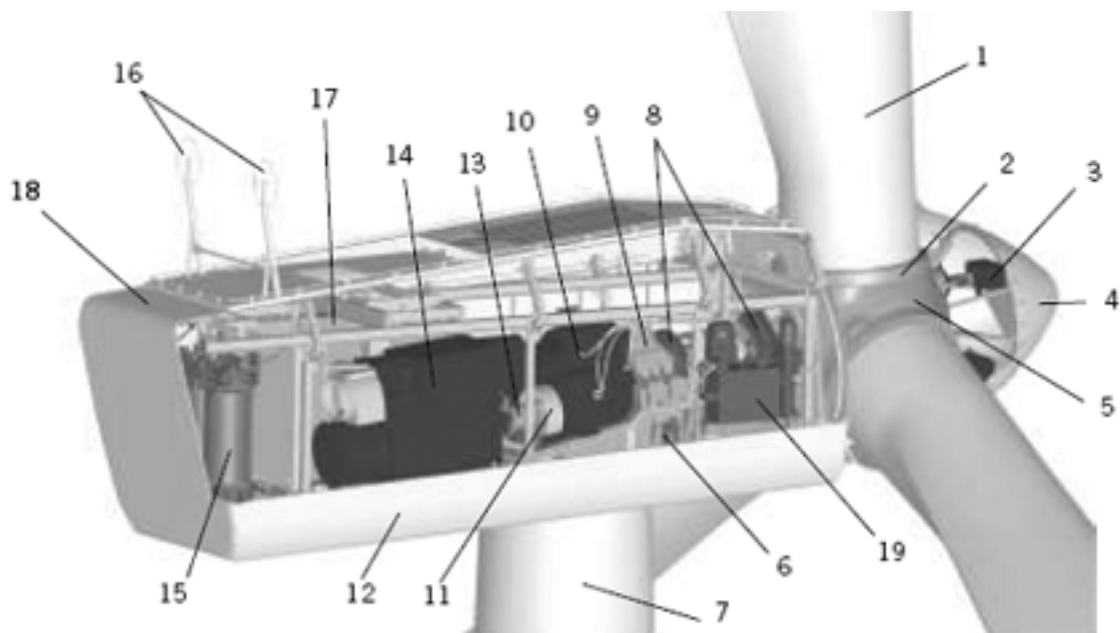


Рис. 10 – Схема устройства ВЭУ типа G-83-2,0 1- лопасть, 2- узел крепления лопастей, 3 – гидравлическое устройство поворота лопастей, 4 - крышка ступицы, 5 - ступица, 6 - контроллер, 7 – башня, 8 – главный вал, 9 - амортизатор, 10 - привод, 11 – основной дисковый тормоз, 12 – корпус, 13 – редуктор, 14 – электрогенератор, 15 – полупроводниковый преобразователь, 16 – датчики скорости и направления ветра, 17 – центральный процессор, 18 – кожух, 19 – гидравлический бак.

На рис. 11 приведены для примера лопасти ВЭУ длиной 36 м и 65 м.

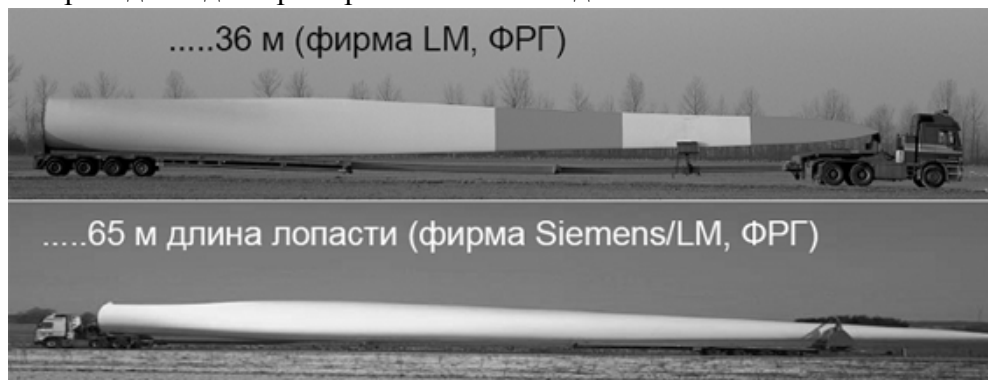


Рис.11 – Лопасти современных ВЭУ

В табл. 2 приведены основные параметры современных ВЭУ производства стран Европы, а на рис. 12 дан вид трех мощных ВЭУ.

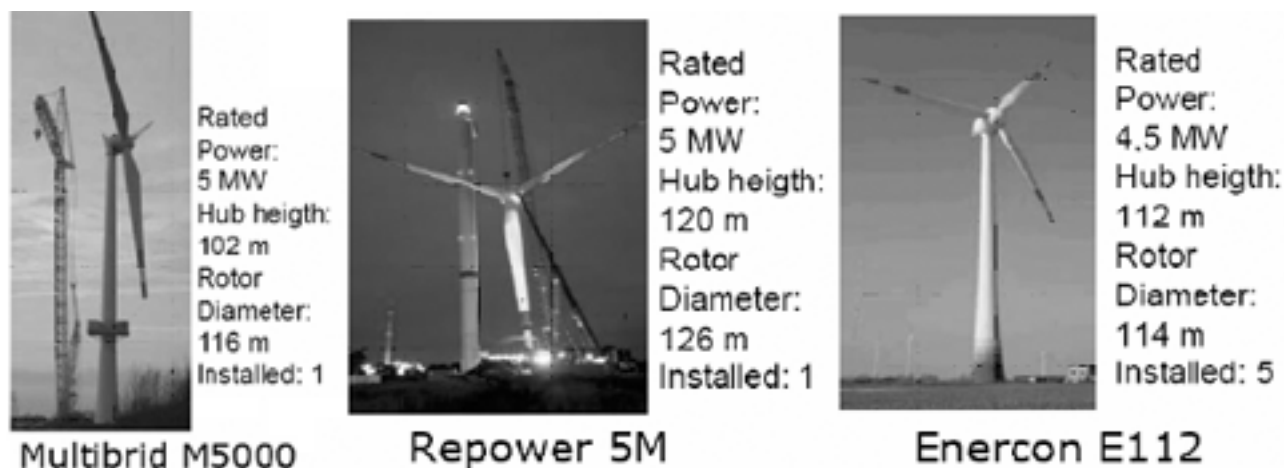


Рис. 12 – Группа ВЭУ мощностью 4,5 – 5,0 МВт

Основные показатели мощных ВЭУ

Фирма, Тип ВЭУ	$P_{ном},$ кВт	$D,$ м	$H,$ м	$n,$ об/мин	N 2000г.шт.	Дата испытаний	Стоимость, ДМ
Enercon							
E – 40/5.40	500	40	65	18 – 38	1532	12 / 94	915 000
E – 66/15.66	1500	66	85	8 – 22	261	6 / 97	3 205 000
E – 66/18.70	1800	70	98	8 – 22	19	1 / 99	3 650 000
E - 112	4500	114	112	8 - 22			
NEG Micon							
NM 600/48	600	48	60	21 / 14	31	2 / 98	1 130 000
NM 1000/60	1000	60	80	18 / 12	49	2 / 99	1 970 000
NM 1500/64	1500	64	80	17,3 / 11,5	14	10 / 99	2 450 000
NM 2000/72	2000	72	80	17,3 / 11,5	2	н/д	3 580 000
Nordex							
N – 43	600	43	60	27 / 18	260	10 / 96	1 000 000
N – 54	1000	54	70	22 / 14	155	12 / 97	1 750 000
N – 60	1300	60	85	19 / 12,7	215	5 / 98	2 250 000
N – 80	2500	80	100	10 – 19	1	н/д	4 050 000
Tacke							
TW 600a	600	46	60	25 / 17	60	10 / 98	1 090 000
TW 1.5S	1500	70,5	85	11 – 20	106	11 / 98	3 420 000
Vestas							
V 47/660	660	47	60	26 / 18	н/д	12 / 97	1 128 000
V 66/1.65	1650	66	78	20 / 15	н/д	н/д	3 098 000
Gamesa							
G-58-850	850	57	71	9 - 19			
G-83-2,0	2000	82	78	9 - 19			
G-87-2,0	2000	86	100	9 - 19			
G-90-2,0	2000	88	100	9 - 19			
Украина							
USW 56-100	107	17	18/24	72	550		
T 600-48	600	48	60	15/23	10		

Обозначения: $P_{ном}$ - номинальная мощность, D - диаметр ротора, H - высота расположения центра ротора над земной поверхностью, n - частота вращения ротора, N - количество изготовленных и сооруженных установок на 2000 год, н/д – нет данных.

На рис. 13 приведены виды ВЭС на морском шельфе

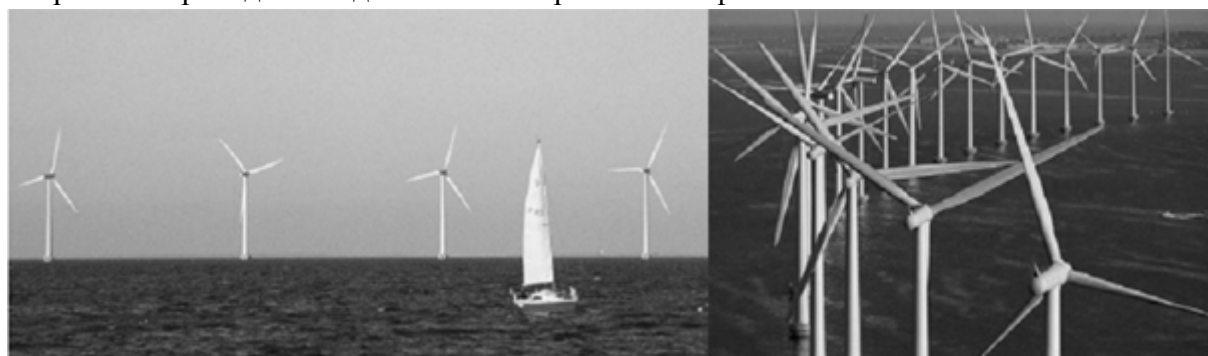


Рис. 13 – Оффшорные ВЭС в Европе

В связи с развитием ветроэнергетики были проведены большие исследования влияния ВЭС

на окружающую среду и, в частности, были измерены шумовые помехи ВЭС, влияние на поведение птиц и т.п. [12]/ Существенного экологического вреда ВЭС не обнаружено. В табл. 3 даны сравнительные показатели уровня шума ВЭС и других объектов. На рис. 14 приведено фото ВЭС, на котором видны многочисленные группы птиц на земле и в воздухе [12].



Рис. 14. ВЭУ с присутствием многочисленной стаи птиц

Таблица 3

Сравнительный уровень шума ВЭС и других объектов

Источник шума	Уровень шума, дБ
Белевой порог человеческого слуха	140
Шум турбин реактивного двигателя на расстоянии 250 м	105
Шум от отбойного молотка на расстоянии 7 м	95
Шум от грузовой машины при скорости движения 48 км/час на расстоянии 100 м от нее	65
Общий шумовой фон в офисе	60
Шум от легковой машины при скорости 64 км/час	55
Шум от ветростанции на расстоянии 350 м	30-45
Шумовой фон ночью в селе	20-40
Порог восприимчивости человеческого слуха	0

В настоящее время стоимость 1 кВт установленной мощности ВЭС достигает 2,0...2,5 тысячи долларов США, что немного выше, чем для тепловых станций, но существенно ниже, чем для атомных. Для сокращения сроков окупаемости затрат на сооружение ВЭС и особенно для повышения инвестиционной привлекательности строительства ВЭУ и сооружения ВЭС во многих странах продажа электроэнергии ВЭС стимулируется государством за счет введения повышенных «зеленых» тарифов или «зеленых» сертификатов. В табл. 4, 5 указаны страны, в которых в 2006 году приняты льготные и «зеленые» тарифы и «зеленые сертификаты» на электроэнергию ВЭС [12].

Таблица 4

– Страны, в которых введены льготные «зеленые» тарифы на электроэнергию ВЭС

Страна	Механизм	ННЭ, установленный государством (срок действия тарифа)	ННЭ, установленный государством (срок действия тарифа)	Гарантированный срок
Австрия	Пользовательский тариф	7,8 евроцент/кВт*ч	Дань на продукт	13
Бельгия	Пользовательский тариф	9,2 евроцент/кВт*ч	9,2 евроцент/кВт*ч	10
Болгария	Пользовательский тариф	6,14 евроцент/кВт*ч	6,14 евроцент/кВт*ч	1
Кипр	Пользовательский тариф	9,5 евроцент/кВт*ч	9,5 евроцент/кВт*ч	16
Чешская Республика – фиксировано	Пользовательский тариф или зеленый сертификат	6,5 евроцент/кВт*ч	Дань на продукт	15
Дания	Пользовательский тариф + рынок цен	6,2 евроцент/кВт*ч	6,2 евроцент/кВт*ч	12
Франция	Фиксированная покупная цена	6,2 евроцент/кВт*ч	10 евроцент/кВт*ч	16
Германия	Пользовательский тариф	6,4 евроцент/кВт*ч	9,1 евроцент/кВт*ч	20
Греция	Пользовательский тариф	7,0 - 9,5 евроцент/кВт*ч	9,0 евроцент/кВт*ч	12
Угандия	Пользовательский тариф	9,4 евроцент/кВт*ч	Без обременения	Без обременения
Ирландия	Фиксированная покупная цена	5,7 - 6,9 евроцент/кВт*ч	5,7 - 6,9 евроцент/кВт*ч	16
Литва	Пользовательский тариф	6,4 евроцент/кВт*ч	6,4 евроцент/кВт*ч	10
Люксембург	Пользовательский тариф	7,9 - 10,3 евроцент/кВт*ч	Дань на продукт	10
Нидерланды	Откуп с фиксированной процентной ставкой	12,7 евроцент/кВт*ч	14,7 евроцент/кВт*ч	10
Португалия	Пользовательский тариф	7,4 евроцент/кВт*ч	7,4 евроцент/кВт*ч	16
Румыния	Пользовательский тариф	12 евроцент/кВт*ч	12 евроцент/кВт*ч	7
Словакия	Пользовательский тариф	7,4 евроцент/кВт*ч	Дань на продукт	1
Словения – фиксировано	Пользовательский тариф	5,0 - 6,1 евроцент/кВт*ч	Дань на продукт	16
Испания – фиксировано	Пользовательский тариф или надбавка	6,9 евроцент/кВт*ч	6,9 евроцент/кВт*ч	Без обременения
Турция	Пользовательский тариф	5,9 евроцент/кВт*ч	5,9 евроцент/кВт*ч	7

Таблица 5

Страны, в которых введены «зеленые» сертификаты на электроэнергию ВЭС

Страна	Механизм	Механизм, позволяющий избежать тарифа на электроэнергию, при производстве ВЭС (срок действия тарифа, гарантии, срок)	Базовая цена на электроэнергию	Субсидия/Средства поддержки	Ограничение по количеству тарифов
Чешская Республика (вариант надбавки)	Рыночная цена плюс зеленый сертификат	Рыночная цена плюс зеленый сертификат. В Чешской Республике вводятся дополнительные гарантии, что по структуре пользовательский тариф, чем по производству электроэнергии на рынке.	5,00 евроцент/кВт*ч ¹	6,94 евроцент/кВт*ч	12,6 евроцент/кВт*ч
Польша	Зеленый сертификат + гарантированная покупная цена	Зеленый сертификат + гарантированная покупная цена	3,00 евроцент/кВт*ч	10,66 евроцент/кВт*ч	16,00 евроцент/кВт*ч
Польша	Зеленый сертификат	Структура аналогична по структуре, принятой в Польше 140 квт*ч/кВт*ч, за которую электроэнергия, то есть 220 квт*ч/кВт*ч, за которую зеленый сертификат.	6,00 евроцент/кВт*ч	5,64 евроцент/кВт*ч	11,24 евроцент/кВт*ч
Словакия (вариант надбавки)	Рыночная цена плюс фиксированная надбавка	Рыночная цена плюс фиксированная надбавка. В Словакии вводятся дополнительные гарантии, что по структуре пользовательский тариф, чем по производству электроэнергии на рынке.	5,00 евроцент/кВт*ч	2,64 евроцент/кВт*ч	8,08 евроцент/кВт*ч
Испания (вариант надбавки)	Рыночная цена плюс фиксированная надбавка	Рыночная цена плюс фиксированная надбавка. В Испании вводятся дополнительные гарантии, что по структуре пользовательский тариф, чем по производству электроэнергии на рынке.	5,00 евроцент/кВт*ч	3,64 евроцент/кВт*ч	9,04 евроцент/кВт*ч
Великобритания	Зеленый сертификат	Рыночная цена на электроэнергию + специальный рынок – рынок стоимости сертификата по производству электроэнергии за установленный период.	5,43 евроцент/кВт*ч ⁴	6,76 евроцент/кВт*ч	12,30 евроцент/кВт*ч

В Украине Закон о «зеленом» тарифе для покупки электроэнергии от генерирующих станций с возобновляемыми источниками энергии подписан Президентом 25 сентября 2008 г. [9]. Введение в действие «зеленого» тарифа, превышающего примерно в два раза обычный, будет способствовать развитию возобновляемой электроэнергетики, в частности ВЭС. За счет «зеленого» тарифа снижаются сроки окупаемости ВЭС и повышается привлекательность инвестиционных проектов сооружения ВЭС. В настоящее время в АР Крым начата реализация двух крупных инвестиционных проектов строительства ВЭС в северо-восточной и северо-западной части полуострова суммарной установленной мощностью 300 МВт с ВЭУ мощностью 1,5 – 2,0 МВт [10,11].

Как показывает опыт развития ветроэнергетики за прошедшие 15 лет, в создании ВЭУ и в сооружении ВЭС еще много не решенных вопросов. Одним из таких вопросов является объединения мощности ВЭУ внутри ВЭС и порядок подключения ВЭС к объединенной электросети [4].

При мощности ВЭС 50...200 МВт на основе ВЭУ 2,0...3,0 МВт возникают определенные трудности как с размещением ВЭУ на площадке ВЭС, так и с объединением мощности нескольких

ВЭУ в промежуточный трансформаторный модуль (ТМ), а затем в центральную трансформаторную подстанцию (ЦПС). Число ВЭУ такой ВЭС достигает 100 штук, число модулей ТМ – 15...20.

При высоте башни 60...80 м и диаметрах ротора 50...80 м ВЭУ необходимо располагать на значительном расстоянии друг от друга (не менее 5...6 диаметров) для исключения взаимного затенения. Понятно, что площадка ВЭС в таком случае занимает десятки гектаров, что затрудняет решение вопросов землеотвода.

На территории ВЭС объединение мощностей ВЭУ целесообразно выполнять только кабельными линиями. Причем линейное напряжение ЭГ ВЭУ весьма невелико – 690 В, и при мощности 2,0...3,0 МВт кабельные линии даже одной ВЭУ имеют большое сечение. Поэтому для ТМ, объединяющих несколько ВЭУ, при общей мощности 6...10 МВт необходимо применять трансформатор с высшим напряжением не ниже 35 кВ – 0,69/35 кВ, чтобы подключать ТМ к ЦПС также по кабельным линиям [4]. Для трансформатора ЦПС при такой мощности ВЭС следует выбирать высшее напряжение 110 кВ и более.

В настоящее время в Украине и во многих странах мощности ВЭС не учитывают как мощности возможного резерва из-за случайного характера выработки электроэнергии за счет ветра [5]. С ростом мощности ВЭС в том случае, когда ВЭС будет одна обеспечивать электроснабжение целого района, это положение несомненно следует пересматривать, в частности, за счет введения совместно с ВЭС дополнительной генерации энергоустановками другого типа (например газотурбинными) [6,7].

Интересны данные по годовой выработке электроэнергии с одного квадратного километра занимаемой площади ВЭС по сравнению, например, с аналогичной выработкой для гидроэлектростанций (ГЭС). Соответствующие данные для ВЭС в зависимости от скорости ветра приведены в табл. 6 [8].

Таблица 6.

Годовая выработка электроэнергии ВЭС с 1 км²

Среднегодовая скорость ветра, м/с	5	6	7	8	9
Выработка электроэнергии в год, МВт.ч / км ²	1200	20000	26000	34000	39000

Аналогичные данные для ГЭС в России на реке Волге [8]: Куйбышевская ГЭС – 1705 МВт.ч / км², Волгоградская ГЭС – 3561 МВт.ч / км², Саратовская ГЭС – МВт.ч / км².

ВЫВОДЫ

1. Ветроэнергетика в настоящее время во всем мире является одной из наиболее бурно развивающихся отраслей промышленности. Средний показатель роста мирового ветроэнергетического сектора в год составляет более 26 %.
2. Интенсивному росту ветроэнергетики способствуют постоянный рост цен на традиционные энергоносители, возможность для многих стран снизить уровень внешней энергетической зависимости, возможность развития местной экономики, обязательства по снижению выбросов углекислого газа согласно Киотскому Протоколу, требования по экологической безопасности энергопроизводства.
3. За последние десять лет создана мощная техническая и технологическая база для серийного производства надежных ВЭУ мощностью до 5...7 МВт, имеющих срок службы до 10...20 лет. Рост мощности ВЭУ достигается увеличением высоты башни до 100...120 м и длины лопастей ВТ до 60...80 м, а также совершенствованием электрооборудования.
4. Анализ стабильности выработки электроэнергии ВЭС, действующих в течение пяти лет и более, показал актуальность точной долгосрочной оценки ожидаемой мощности ветрового потока – первичного источника энергии ВЭС, позволил выработать требования по выбору площадки ВЭС, техническим параметрам ВЭУ по начальной, номинальной и максимальной скорости ветра, что гарантирует для ВЭС получение значений КИУМ не менее 0,3...0,35.
5. В Украине ВЭС в настоящее время являются промышленными электрогенерирующими предприя-

тиями, входящими в объединенную энергосистему Украины, наряду с традиционными тепловыми электростанциями и гидроэлектростанциями [13], организовано серийное производство ВЭУ

мощностью 0,6 МВт, в опытном производстве находятся ВЭУ мощностью 1,0 МВт, в инвестиционных проектах предполагается использование ВЭУ мощностью 2,0 МВт. Накопление опыта в проектировании и сооружении ВЭУ и ВЭС, введение с 2008 г. «зеленого» тарифа на электроэнергию ВЭС будет способствовать дальнейшему развитию ветроэнергетики в Украине и, в частности, в Крыму.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конеченков А.Е., Луценко И.Н. Ветроэнергетика мира. Достижения и прогнозы. // Сб. Крым. Стройиндустрия. Энергосбережение. – Симферополь: ЧП «Проекспо Крым», 2008. - С.4-5.
2. Мхитарян Н.М. Основные направления и стратегия развития возобновляемой энергетики в Украине // Відновлювана енергетика, - 2005, - № 1 – С.8-19.
3. Кудря С.О., Тучинський Б.Г. Вітроенергетика: передумови та особливості розвитку // Відновлювана енергетика, - 2007, - № 1 – С.38-50.
4. Канунникова Р.Е., Кармазин А.А., Нейман В.А. Принципиальные решения в построении схем выдачи мощности крупных ВЭС (свыше 100 МВт) // Відновлювана енергетика, - 2007, - № 4 – С.63-66.
5. Нейман В.А. Метод количественной оценки параметров участия ВЭС в покрытии максимальных электрических нагрузок энергосистемы. // Материалы VII международной конференции «Нетрадиционная энергетика в XXI веке» (АР Крым, 11-15.10.2006 г.)- Крым-2006.-с.148-152.
6. Жарков С.В. Если к ВЭУ добавит ВГТУ. // Энергия. 2006, №8 с.55-57.
7. Кузьмин А.Н., Михеева Е.Ю. Требования к производству газотурбинных энергетических установок малой мощности для Севера. // Энергия, 2006, №12.
8. Кашфразиев Ю.А. Ветроэнергетические установки в России – роскошь или источник энергии. // Энергия. 2004, №10 с.34-39.
9. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо встановлення «зеленого» тарифу». // Энергосбережение. – 2009.-№ 1 – С.31.
10. Лысенко О.С. Строительство ВЭС мощностью 300 МВт в АР Крым // Сб. Крым. Стройиндустрия. Энергосбережение. – Симферополь: ЧП «Проекспо Крым», 2008. - С.8-9.
11. Лысенко О.С. Перспективы развития ветроэнергетики в Крыму. // Энергосбережение. – 2009.-№ 1 – С.25-27.
12. Конеченков А.Е. Повышение энергоэффективности общественного производства за счет энергосберегающих мероприятий и возобновляемых источников энергии. - Симферополь: ЧП «Проекспо Крым», 2008.
13. ГКД 34.20.507-2003. Техническая эксплуатация электрических станций и сетей. Правила. – Киев, 2003.

Анотації

Ажермачов Г.А., Дербеньов П.В. Підвищення поперечної жорсткості рам промислових цехів при кранах великої вантажопідйомності

Розглядаються конструктивні рішення колон поперечних рам цехів, що дозволяють підвищити жорсткість рам. Даються рекомендації для спирання підкранових балок, що забезпечують зниження металоємності колон.

Кириленко В.Ф., Єлькіна І.І.. Орієнтовано-стружкові плити (OSB) і конструкції на їх основі

Приведені основні характеристики плит і області їх ефективного застосування. На основі аналізу наявних механічних характеристик показані можливості подальших досліджень конструкцій з урахуванням анізотропії і тривалої дії навантаження.

Панюков Е.Ф., Алексєєнко В.М., Панюков С.Е. Посилення 6-поверхової каркасної будівлі з монолітного залізобетону, зведеного на тонкій фундаментній плиті без консольних вильотів

Виконана оцінка технічного стану конструкцій і сейсмостійкості 6-поверхової каркасної будівлі з монолітного залізобетону, зведеного на тонкій фундаментній плиті з розміщенням колон крайніх рядів по її зовнішньому контуру без консольних вильотів. Розкритий дефіцит несучої здатності фундаментної плити на протиснення під колонами. Розроблені рекомендації і технічні рішення по посиленню будівлі.

Сафонов А. О. Про новий напрямок у формуванні мобільного житла

Названо методи виконання робіт при освоєнні нових територій і виробничому перепрофілюванні обжитих, зазначені найпоширеніші етапи освоєння територій. Виявлено основні групи мобільних житлових будівель, які знайшли застосування при зазначених методах виконання робіт і стадій нового освоєння територій або виробничого їхнього перепрофілювання.

Сафонов А. О., Сафонова О. А. Відкриті театри, їхня типологія й можливості використання в умовах Криму

Виявлено територіальні можливості будівництва відкритих театрів у Криму. Зазначено напрямки їхнього функціонального використання в сучасних умовах. Наведено короткі історичні відомості про створення й функціонування відкритих театрів. Дано рекомендації із проектування відкритих театрів у сучасних умовах Криму.

Чемодуров В.Т., Попов О.Г. Застосування пружинно-масових схем споруд для оцінки їх реакції на динамічне навантаження

Описані пропоновані динамічні моделі споруд, призначені для оцінки їх реакцій на імпульсне навантаження. Актуальність дослідження пов'язана із спробою спрощення обчислень, вироблюваних в даний час і тіл, що спираються на закони деформації. У роботі пропонується розбиття споруд на абсолютно тверді елементи, сполучені пружними зв'язками. Викладений підхід до оцінки ударостійкості споруд є дискусійним і вимагає подальшої розробки.

Кудлай Д.О. Аналіз переміщень об'єктів на котковій сейсмоізоляції при плоскому русі

Пропонується аналітичне рішення задачі плоского руху центру мас будівлі на сейсмоізоляції коткового типу з використанням рівнянь Лагранжа. Описується ряд експериментів, підтверджуючих одержані висновки.

Макарова К.С., Федоркін С.І. Вплив температури випалення і лужних добавок на властивості каркасу золокерамічних матеріалів наповнені каркасно-стілникової структури

Вивчений вплив температури випалення і добавки склобою на властивості каркасу золокерамічних матеріалів наповненої каркасно-стілникової структури. Оптимізовані технологічні параметри виготовлення матеріалів цієї структури.

Морозов О.Д., Хабрат М.І. Проектний розрахунок автоматичного осьового багатодискового гальма з поверхнями, що розмикаються

Приведене обґрунтування і опис конструкції автоматичного осьового гальма з поверхнями, що розмикаються. З умови осьового навантаження, що допускається, для гвинтової пари визначене необхідне число поверхонь тертя, а з умови стійкого загальмовування діаметральні розміри робочих поверхонь тертя і їх кількість.

Азаренко Е.В., Дивізінюк М.М., Третьякова Л.В. Акустичні властивості рідких агресивних середовищ

Систематизовані властивості агресивних рідин. Показано, що, вивчаючи швидкість звуку, коефіцієнт загасання і характеристики розсіяного сигналу в точці прийому випромінювання, можна контролювати параметри агресивного середовища.

Муровський С.П., Льовчук І.С. Ільніцький О.А. Дія відпрацьованих газів автомобільного транспорту на флору Великої Ялти

Проаналізована техногенна дія відпрацьованих газів від автотранспорту на флору Великої Ялти. Проведені дослідження по підборі рослин-індикаторів для ефективного контролю забруднення повітряного басейну викидами техногенного характеру.

Сухорученко С.К. Деформаційно-міцнісні та характеристики, що набухають нижньомелових глин Кримського передгір'я (особливості їх змін під впливом техногенних факторів)

Наведені регресійні рівняння деформаційно-міцнісних характеристик для природних та природно-технічних комплексів нижньомелових глин Кримського передгір'я під зростаючим впливом господарської діяльності людини. На підставі регресійних рівнянь складені регіональні таблиці деформаційно-міцнісних характеристик для природних та природно-технічних комплексів.

Шкіца Л.Є. Палійчук М.В. Управління процесами відродження земель порушених гірничодобувними підприємствами

Проведений аналіз світового досвіду відновлення територій порушених гірничодобувним виробництвом. Запропонована програма ліквідації гірських підприємств з урахуванням ризик-аналізу

Афтанюк В.В., Сучасні енергозберігаючі технології в системах опалювання будівель

Виконаний аналіз теплового захисту захищаючих конструкцій будівель. На підставі розрахунків тепловтрат через захищаючі конструкції розглянуті напрями підвищення ефективності теплового захисту, зниження втрат тепла.

Бекіров Е.А., Мухопад А.А. Аналіз перехідних процесів при підключенні джерел постійного і змінного струму до навантаження в системах автономного електропостачання

Описані фотоелектричні перетворювачі, які знаходять в даний час широке застосування для електроживлення різних об'єктів. Підключення фотоелектричних систем приводять до перехідних процесів, що змінюють енергетичні параметри; оцінені процеси, що відбуваються в системі.

Зайцев О. М., Любомирський М.В., Анісимов С.М., Маркін О.В., Горохов М.В. Теплотехнічний розрахунок захищаючих конструкцій багатопверхових будівель з використанням положень діючого державного стандарту як основа розрахунку систем теплогазопостачання

Оцінений вплив різних чинників на теплову потужність системи опалювання багатопверхових житлових будівель по діючих нормативах теплозахисту. Проведено порівняння показників необхідного термічного опору по положеннях СНiП II-3-79** і діючого в даний час ДБН В.2.6-31, запропонована послідовність теплотехнічного розрахунку захищаючих конст-

рукцій. Представлені відомості про норми теплоізоляції будівель в західноєвропейських країнах. Проаналізована зміна контрольних показників термічного опору основних захищаючих конструкцій залежно від класу енергоіндексації. Показана динаміка зміни нормативних значень опорів теплопередачі по роках для стінної захищаючої конструкції першої температурної зони України.

Котовська О.Є. Визначення оптимальних доз коагуляції ПоліДАДМАХ при очищенні природних вод в системі централізованого водопостачання

Представлена математична модель реагентного фільтрування для коагуляції ПоліДАДМАХ. За допомогою одержаної математичної моделі вибрані оптимальні дози коагуляції і мінімальний час фільтрування при різному заданому ступені очищення.

Сокут Л.Д. Стан і перспективи розвитку вітроенергетики в світі і в Україні

Розглядаються стан і перспективи розвитку вітроенергетики для отримання електричної енергії в світі і в Україні. Наводяться дані по встановленій потужності вітроелектростанцій в світі в 2007 році, оцінюються темпи зростання потужності за рік, приводяться основні параметри сучасних вітроустановок у складі вітроелектростанцій і розглядаються тенденції в їх розвитку, характеризується розвиток вітроенергетики в Україні.

Збірник наукових праць
«Будівництво та техногенна безпека»
27/2009

Сборник научных трудов
«Строительство и техногенная безопасность»
27/2009

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 26.03.2009. Формат 60х84 1/8. Гарнитура Times
Усл. п. л. 7,5 . 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