

Министерство образования и науки Украины
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сборник научных трудов
Выпуск 21

БУДІВНИЦТВО ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Збірник наукових праць
Випуск 21

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»
2007

УДК 69

Збірник наукових праць
«Будівництво та техногенна безпека»

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

Для наукових працівників, аспірантів та спеціалістів у галузі будівництва.

Редакційна колегія:

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

Затверджено до друку згідно протоколу засідання
вченої ради НАПКБ № 12 від 21.12.2007 р.

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

©Национальная академия
природоохранного
та курортного будівництва,
2007

Сборник научных трудов
«Строительство и техногенная безопасность»

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

Для научных работников, аспирантов и специалистов в области строительства.

Редакционная коллегия:

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

Утвержден к печати согласно протокола заседания
ученого совета НАПКС № 12 от 21.12.2007 г.

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

© Национальная академия
природоохранного
и курортного строительства,
2007

Оглавление

Раздел 1. Строительные конструкции, здания и сооружения

Бабеев К.В. Основные принципы формирования системы высотных доминант в больших и малых городах.	5
Барыкин Б.Ю., Панюков Э.Ф., Андронов А.В., Выдрицкая М.П. Методические рекомендации по определению несущей способности буроналивных анкеров по результатам испытаний	8
Кириленко В.Ф., Колыхан М.В., Якушкова Е.Ю., Янчук А.Н. Напряжённо-деформированное состояние клефанерных балок с прерывистой фанерной стенкой ...	16
Панюков С. Э. Исследование сейсмостойкости многоэтажных зданий с железобетонным каркасом при их реконструкции	21
Распопов А.С. Построение дискретных динамических моделей балочных элементов на основе конечных автоматов	27
Таиров Э.Э. Реконструкция типовых 5-ти этажных крупноблочных зданий в сейсмоопасных районах Крыма.	35
Чемодуров В.Т., Попов А.Г. Устойчивость круговых цилиндрических оболочек под действием нестационарного бокового давления.	41

Раздел 2. Основания и фундаменты, механика и сейсмостойкость

Мартынов Н.В. Аналитический обзор систем и элементов активной сейсмозащиты с программным изменением силового воздействия на базе динамических гасителей колебаний маятникового типа	49
---	----

Раздел 3. Строительные материалы и изделия

Коваль С., Циак М. Моделирование влияния состава жидких агрессивных сред на показатели стойкости бетона с добавкой суперпластификатора	54
Павлуненко Л.Е. Керамические предприятия Украины	59
Федоркин С.И., Любомирский Н.В., Лукьянченко М.А., Локтионова Т.А., Бахтин А.С., Климчук В.И. Карбонатные материалы на основе известковых систем контактно-карбонизированного типа твердения	63

Раздел 4. Технология промышленного и гражданского строительства

Головченко И.В. Область эффективного использования различных схем монтажа и тепловой изоляции трубопроводов подземных теплотрасс	81
--	----

Давыдюк А.В., Акимов Ф.Н. Приоритетность качества при выборе системно-сбалансированных технологических решений по возведению объектов	83
Колесникер И.М. Консервация и ввод после консервации зданий и сооружений	86
Махиня О.М., Акимов Ф.Н. Методика дослідження оцінки впливу застосування різних розчинозмішувачів на техніко-економічні показники копання траншеї способом “стіна в ґрунті”	88
Морозов А.Д., Жидов С.Н., Купа Н.В. Определение параметров надежности шнеконапорного механизма с броневыми регулируемыми вкладышами для пневмотранспортирующих машин	93

Раздел 5. Техногенная безопасность

Авдоньев Е.Я. Качество жизни	98
Ветрова Н.М. Подход к совершенствованию информационного обеспечения управления экологической безопасностью АР Крым	103
Кузьменко Е.Д., Шкіца Л.Є. Геотехногенна безпека рекреаційно-туристичних територій України	109
Бойчук С.Д., Сафонов А.Н., Мороз В.В. Мякишев В.А., Котовская Е.Е. Основные работы Симферопольского водоканала по выходу из кризиса водоочистных технологий	114

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

Борисов Б.М., Щитцов Л.Д., Горбунов Р.В. Санитарно-надёжные конструктивно-технологические параметры угольно-гранодиоритных фильтров и технико-экономических показателей станций водоочистки	119
---	-----

Раздел 1. Строительные конструкции, здания и сооружения

УДК 711.65

Бабеев К.В., аспирант

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Основные принципы формирования системы высотных доминант в больших и малых городах.

Рассматриваются основные принципы формирования системы высотных доминант в больших и малых городах. Дается определение силуэта застройки.

Высотные доминанты, система высотных доминант, силуэт застройки, историко-культурное наследие, ландшафт, транспортно-планировочный каркас, генплан.

XX век в архитектуре ознаменован появлением нового типа зданий – высотных. И в то же время новыми их можно назвать только условно, поскольку факт высоких сооружений (объемов) сопровождал человека на протяжении всей истории. Малоэтажная застройка, как правило, контрастировала с вертикально ориентированными уникальными объектами культового назначения, маяками... Немаловажную роль играло и их расположение, в следствии чего они приобретали роль пространственных доминант.

Основными причинами появления высотных зданий в современных городах можно назвать следующие:

- рост цен на землю, увеличивающийся с каждым годом;
- высокая плотность застройки центров городов.

В таких условиях рентабельность постройки можно увеличить только за счет увеличения количества этажей.

Увеличение этажности зданий часто влечет за собой нарушение композиционной целостности ряда городов, путем «случайного» внедрения в структуру застройки высотного здания, которое, как правило, поддерживается только материальной базой инвестора.

Наряду с этим возникает извечный вопрос «старого и нового», в контексте данной темы звучащий в нескольких аспектах:

- историческое ядро города – высотная застройка;
- существующая застройка – высотное здание;
- природный ландшафт – высотная застройка.

На этот вопрос можно ответить только взвесив и определив роль и место каждого высотного здания в структуре города и природного ландшафта.

При создании пространственно-целостной застройки основополагающее место занимает силуэт города либо очертание, трактуемый разными авторами как:

«Панорамное или плоскостное, контурное выражение и восприятие городских объёмов, зданий и сооружений на фоне небосклона или ландшафта, видимых с различных расстояний... вертикальная проекция плана города». [7]

«Что представляют собой визуальные характеристики общие для всех элементов городского ансамбля? Общим для всех объектов является наличие формы, т.е. определенных очертаний... Независимо от того, будет ли объект плоским или объемным, он имеет линейные очертания». [3]

«Очертания города, его индивидуальный художественный облик определяются главными площадями, главными магистралями и доминирующими сооружениями». [4]

В случае с приморскими городами (в т.ч. с городами Крыма) силуэтность застройки выявляется не только по направлению путей подъезда к городу по основным магистралям, но и с моря – восприятие которого формирует основной силуэт – «лицо города», которое можно определить как следствие чередования архитектурных объектов, природных форм и пространственных интервалов между ними.

Понятие силуэта оказывается частным и производным в отношении общего объёмного построения города.

Формирование высотной композиции города должно решить и вопросы построения очертания застройки. «Подобно тому, как полноценная объёмно-пространственная структура здания является предпосылкой удачной прорисовки его фасадов». [5]

К 1980м годам в СССР сформировалась тенденция пространственной организации городов комплексом вертикальных акцентов, которая основывалась как на планировочных, так и на художественных аспектах отношений между высотными доминантами. «Создание пространственной целостности города через систему высотных доминант – классический пример ансамблевого подхода к городу». [5] Поэтому одним из ведущих принципов современной градостроительной композиции остаётся проверенное столетиями чередование эмоционально ярких, концентрирующих в себе высокие художественные качества опорных узлов с более спокойными элементами застройки. Так же большое значение имеет способность вертикальных акцентов служить центром притяжения пространственных связей «укрупнять первичную единицу структурной организации застройки, закреплять объёмно-пространственное построение города». [5]

Термин «Система высотных доминант» можно обозначить как: объединение в систему градостроительных акцентов – высотных зданий – с целью их дальнейшего развития и регулирования как целостного градостроительного образования, на формирование которого влияет ряд факторов.

Изучение проектного опыта организованного размещения объёмных и линейных ориентиров в городах бывшего СССР и других странах, анализ кандидатской диссертации «Композиционно-пространственная организация системы высотных доминант в крупных исторических городах (Москва, ЦНИИП градостроительства 1989 г.), методов формирования структуры вертикальных акцентов в растущих городах [5] дали возможность разработать основные принципы формирования системы высотных доминант городов, учитывая разнообразные ландшафта и историко-культурного наследия.

1. Ландшафтно-климатический. Фактор, учитывающий ландшафтно-климатические особенности данного города (на территории Крымского полуострова присутствуют почти все типы ландшафта), даёт возможность выбора освоения территории

- пассивное;
- активное. [6]

2. Планировочный. Предусматривает связь высотных доминант со всеми сторонами социальной жизни города – трудом, бытом, отдыхом. Что обуславливает их функциональное назначение, соответствующее функциональной зоне, в которой они находятся (определенной генпланом города). Этажность и функциональное назначение отдельно взятой доминанты (группы) напрямую зависит от назначения и удельной значимости планировочной единицы, к которой она принадлежит. Как правило – это усиление центральной части города высотной застройкой. (При условии отсутствия историко-культурного и ландшафтного ограничения).

3. Транспортный. Выражает непосредственную связь транспортно-планировочного каркаса с высотными доминантами, расположение которых продиктовано узловыми точками пересечения дорог городского значения, либо магистралями (въездными), обозначенные ритмичным расположением высотной застройки вдоль основной оси.

4. Архитектурно-композиционный. Обуславливает необходимость соподчинения вертикальных акцентов, как объектов системы, устанавливающего иерархию по архитектурно-композиционным функциям. Оптимально деление на 3 категории. Высотные доминанты 1-го порядка выделяют опорные узлы, которые составляют основу городской структуры; они размещаются с интервалами, соответствующими природному модулю. Вертикали 2-й категории поддерживают ведущие пространственные связи и фиксируют дополнительные композиционные оси. Доминанты 3-го порядка формируют ритмические ряды, выявляющие направления основных магистралей. Непременным условием рациональной организации системы высотных доминант является выполнение доминантами более высокого порядка функций вертикалей предшествующего уровня[5].

5. Культурно-образный. Основополагающий фактор развития городов, имеющих культурное

наследие (что характерно для многих Крымских городов). В таком случае система формируется на привнесённом композиционном начале (исторический центр), сопоставляемом с предыдущими этапами развития городского комплекса. Как правило, высотные объекты выносятся за пределы исторического центра, не вступая в конфликт со старой застройкой. Но существуют редкие примеры усиления исторических объектов вертикальными доминантами.

ВЫВОДЫ

На основе выделенных принципов можно формировать систему высотных доминант любого города (в т.ч. любого города Крыма). Следует отметить, что особо важным является подготовительный этап в данных условиях, а именно – анализ рельефа, транспортно-планировочного каркаса, оценка исторического ядра.

Конечной стадией построения является пространственная модель города с нанесением системы высотных доминант, панорамные виды из опорных точек и как следствие – силуэт города («лицо города») – панорама с моря – у приморских городов (Рис. 1).

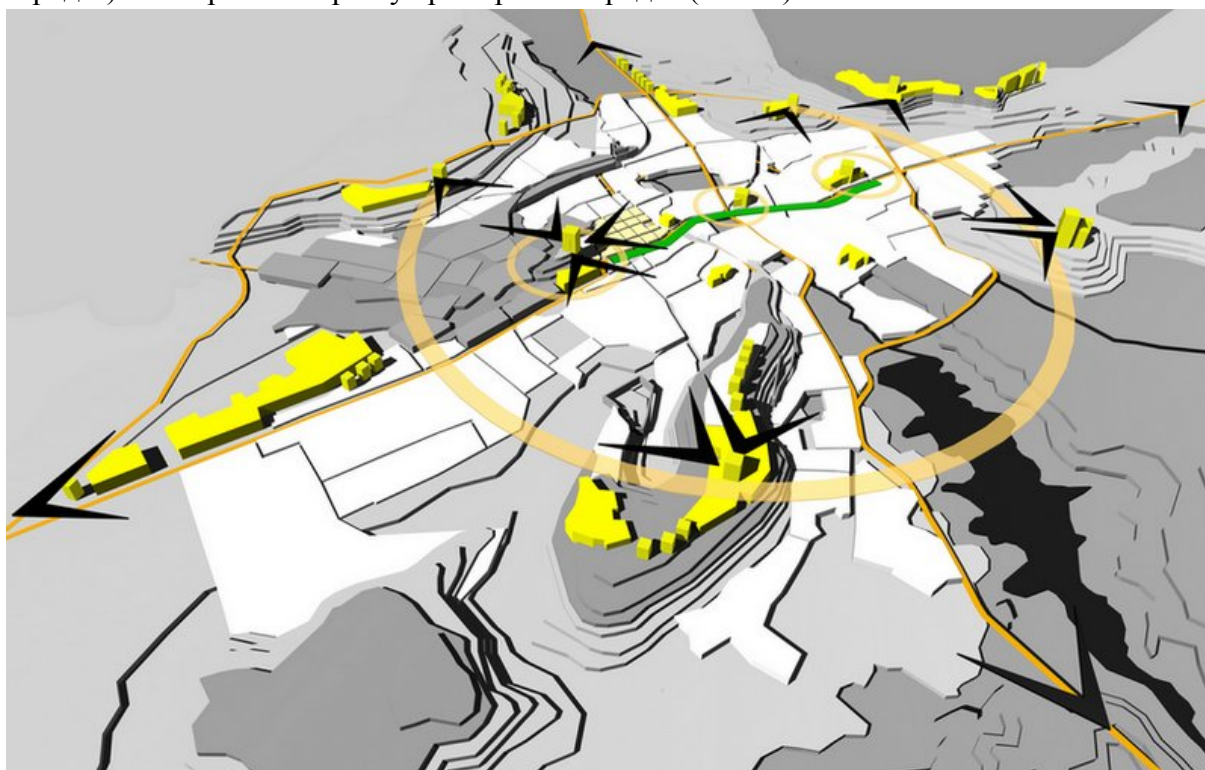


Рис. 1. Формирование системы высотных доминант, г. Симферополь пространственная модель. Бабеев К.В.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов Н.Н. «Силуэт города» Л., 1980.
2. Бунин А.В., Круглова М.Г. «Архитектурная композиция городов» М., 1960.
3. Гибберг Ф. «Градостроительство» М., 1963.
4. Грушка Э. «Развитие градостроительства» Братислава, 1963.
5. Кишик Ю.Н. «Системная организация высотных доминант»// «Реконструкция исторических зон городов». Киев, 1991.
6. «Основы теории градостроительства» М., 1986.

Барыкин Б.Ю., к.т.н., доцент, Панюков Э.Ф., д.т.н., профессор, Андронов А.В., к. ф-м. н., доцент, Выдрицкая М.П., студентка IV курса

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Методические рекомендации по определению несущей способности буринъекционных анкеров по результатам испытаний

В работе приведена классификация видов испытаний анкеров, рассмотрен каждый вид отдельно с соответствующими методическими рекомендациями для их проведения, предложены графические варианты оформления результатов испытаний.

Испытания, анкер, нагрузка, перемещение, усилие, фундамент, склон.

Для выявления приемлемости принятой конструкции и технологии устройства анкера, определения несущей способности и ее соответствия проектному усилию, а также пригодности анкера к работе в сооружении, назначаются следующие виды испытаний: стендовые, пробные, контрольные, приемочные и поисковые.

Они должны проводиться совместно научно-исследовательской и строительной организациями, а при заводском изготовлении анкеров осуществляются службами ОТК.

Стендовые испытания [1,7,8] должны выявить пригодность запроектированной и изготовленной металлоконструкции анкера для восприятия расчетных нагрузок. Такие испытания включают в себя проверку прочности рабочей арматуры тяги анкера, ее стыков и соединений со стопорным устройством в голове и замком в хвостовой части. На специально оборудованном стенде в условиях завода-изготовителя, полигона или строительной площадки следует испытывать отдельные элементы анкера или все металлоконструкции в сборе. Анкер должен загружаться ступенчато возрастающими усилиями 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 и $1,0 \cdot N_{\max}$ с разгрузкой в обратной последовательности. После двухминутной выдержки каждой ступени измеряют перемещения подвижного конца тяги.

Значение прикладываемого к анкеру усилия следует определять с помощью динамометра или по давлению масла в гидросистеме натяжного домкрата. Точность измерений должна быть не ниже $0,01 \cdot N_{\max}$. Измерительные приборы подлежат контрольной градуировке перед проведением каждой серии испытаний, но не реже одного раза в полугодие.

Перемещения тяги следует измерять индикатором часового типа или прогибомером с точностью не ниже 0,1 мм. Передаваемое на анкер максимальное растягивающее усилие $N_{\max}$ не должно превышать прочности тяги, т.е. меньшего из значений:

$$1.1 \sigma_{0,2} A_t ; 0.85 \sigma_t A_t ; 0.85 \sigma_t A_m$$

где A_t - площадь сечения стальной тяги, не ослабленной резьбой, m^2 ; A_m - то же с учетом ослабления резьбой, m^2 ; σ_t - предел текучести материала, $кПа$; $\sigma_{0,2}$ - максимальный условный предел текучести стальной тяги т.е. напряжение, которое в тяге анкера вызывает остаточное относительное удлинение 0,2 %, $кПа$.

На каждую партию (по 10 штук) изготовленных и испытанных анкеров должен составляться паспорт, удостоверяющий гарантию их работоспособности при вырывающих усилиях да значений

ний $N_{\max}$.

Паспорта на поставляемые партии анкеров служат основанием для их приемки на объекте после подписки уполномоченными представителями заинтересованных организаций (поставщик,

заказчик, подрядчик).

Пробные испытания [4,6,9] следует проводить в инженерно-геологических условиях полигона или строительной площадки для выявления приемлемости выбранной конструкции и технологии устройства анкеров, уточнения расчетных нагрузок из условия равнопрочности всех его элементов. Такие испытания позволяют проверить несущую способность всех элементов анкера, включая заделку и ее взаимодействие с грунтовым основанием с учетом выбранного метода производства работ.

Пробные испытания должны предшествовать процессу проектирования сооружения и проводиться на стадии изысканий. При наличии запроектированного объекта такие испытания обеспечивают возможность корректировки принятых размеров и количества анкеров.

Опытные анкера для пробных испытаний на объекте не должны входить в состав анкеруемых сооружений.

В отдельных случаях опытные временные анкера допускается устраивать в составе сооружения и оставлять их на период эксплуатации объекта при получении гарантированного проектного усилия.

На каждом ярусе соответствующего несущего слоя грунта следует испытывать не менее трех опытных анкеров. Их располагают на тех же расстояниях друг от друга и под теми же углами, что и в запроектированном сооружении.

Опытные анкера для пробных испытаний в грунте должны назначаться так, чтобы прочность их металлических элементов превосходила в 1,3-1,5 раза прогнозируемую несущую способность заделки анкера в грунте.

Тампонажная обойма на свободной длине и корень анкера должны быть разделены легкосжимаемым отрезком. Предпочтение следует отдавать варианту устройства корня без тампонажной обоймы по длине свободной части тяги за счет использования пакера. В противном случае учитывать влияние тампонажной обоймы при оценке несущей способности корня по результатам пробных испытаний анкеров не следует.

Пробные испытания следует проводить статическими ступенчато возрастающими нагрузками. Для обжатия всех элементов анкера его предварительно загружают на величину 0,1 расчетного проектного усилия T_A и от этого значения нагрузки начинают измерять перемещения. В случае

необходимости можно анкер загрузить на величину от 0,2 до $0,3 \cdot T_A$, затем разгрузить до $0,1 \cdot T_A$ и далее от этого усилия следует измерять перемещения.

Ступени нагрузок на первом из опытных анкеров должны составлять 0,1; 0,4; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; от T_A и далее по $0,1 T_A$ до полного исчерпания несущей способности заделки анкера в грунте или срыва по контакту тяги с цементным камнем корня.

На каждой очередной ступени нагрузки следует устанавливать падение усилия по показаниям манометра в гидросистеме, а дальше отмечать установление стабилизации изменения усилия или его перемещения. Регистрируемые падения усилий за счет податливости грунта и составных частей анкера должны учитываться при назначении блокировочной нагрузки.

В качестве предельной нагрузки на анкер N_{min} следует принимать последнюю загрузочную ступень, при которой наступает затухание перемещений.

Передаваемое на анкер максимальное вырывающее усилие не должно превышать прочности тяги.

Перемещения тяги в голове анкера при каждой ступени следует измерять в следующих временных интервалах от начала загрузки: 1Д 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40; 56; 80; 112; 160 мин и т.д., а полученные результаты представлять графически согласно рис.5.1. Здесь на горизонтальной оси откладывают время в логарифмическом масштабе, а на вертикальной оси — перемещения тяги в голове анкера при данной нагрузке.

Перемещения при их затухании изменяются линейно с логарифмом времени (рис. 5.1). Чтобы

судить о затухании перемещений достаточны измерения в трех вышеприведенных временных интервалах. Полученные приращения перемещений в этих промежутках не должны превосходить значений:

для временных анкеров

$$\Delta S_t = 0,10 + 0.000015 (l_{ts} \pm 0.3l_{t0}), \text{мм} \quad (1)$$

для постоянных

$$\Delta S_t = 0,05 + 0.000015 (l_{ts} \pm 0.3l_{t0}), \text{мм} \quad (2)$$

где: ΔS_t - приращение перемещения тяги в голове анкера за отрезок времени t , мм; l_{ts} - свободная длина тяги анкера, мм; l_{t0} - анкеруемая длина тяги анкера, мм.

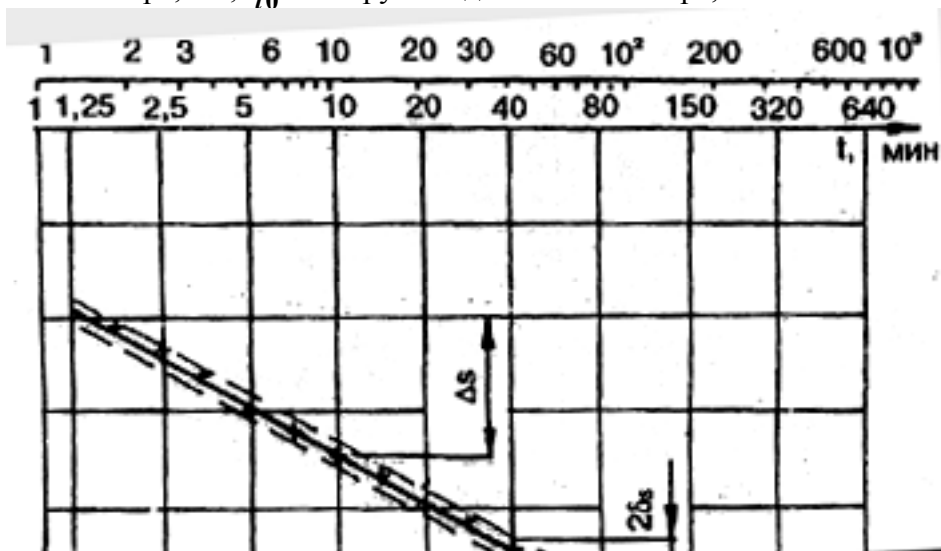


Рис. 1. Зависимость перемещений головы анкера от времени при постоянном вырывающем усилии

Минимальное время наблюдений должно составлять 10 минут. После достижения стабилизации перемещений при соответствующей ступени анкер разгружают в обратной последовательности до постоянного значения усилия $0,1 T_A$, а через 10 минут фиксируют значение остаточного перемещения и снова последовательно увеличивают нагрузку. На рабочей диаграмме пробного испытания анкера (рис.2) наносят линии общих, остаточных и упругих перемещений его головы. Упругую деформацию определяют по разнице значений общего и остаточного перемещений.

Проектное усилие и более высокие ступени загрузки необходимо выдерживать для временных анкеров не менее 20 мин., постоянных — 40 мин. Следует учитывать вид и состояние грунта, в котором размещена заделка. При менее прочных грунтах, особенно связных, время наблюдений может быть повышено. В отдельных обоснованных случаях по требованию проектировщиков время измерения перемещений анкеров в связных грунтах может приниматься и более 24 часов.

Если в ходе испытания первого опытного анкера окажется, что его несущая способность по грунту $N_e = N_{\text{lim}}$ значительно отличается (в большую или меньшую сторону) от величины $1,2 T_A$ для временных анкеров и $1,5 T_A$ для постоянных, то при испытаниях двух других опытных анкеров следует величину T_A скорректировать и принять равной

$$T_A = \frac{N_{\text{lim}}}{\gamma_n} \quad (3)$$

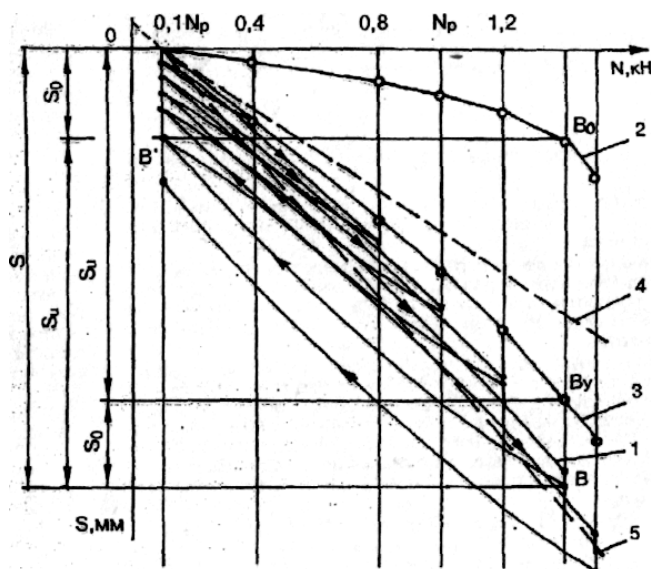


Рис.2. Зависимость перемещений головы анкера от вырывающего усилия (пробные и контрольные испытания)
 1 — кривая общих перемещений; 2 — кривая остаточных перемещений; 3 — кривая упругих перемещений; 4 — кривая упругих перемещений по формуле (1); 5 — кривая упругих перемещений по формуле (2)

Для временных анкеров следует принять $\gamma_n = 1,3$, для постоянных $\gamma_n = 1,6$.

В соответствии с уточненным значением T_A должны назначаться значения загрузочных ступеней на остальные испытываемые анкеры в долях, указанных выше.

Опытные анкеры после испытаний необходимо откопать для установления фактических формы и длины заделки в свободной части, качества покрытия стальных конструкций цементным камнем и антикоррозийной смазкой, а также возможных зон разрушения в отдельных элементах.

О пробных испытаниях составляется общий акт, в котором должны содержаться сведения по конструкции и технологии устройства анкеров, данные о физико-механических свойствах грунтов и уровне подземных вод, результаты загрузочных испытаний, данные осмотра анкеров после откопки, а также заключение о приемлемости выбранных конструкций и технологии устройства анкеров в условиях конкретной строительной площадки с указанием о принятой расчетной нагрузке на одиночный анкер.

При устройстве, испытаниях и освидетельствовании после раскопки анкеров требуется участие представителей заказчика, подрядчика, проектной организации и исследовательского подразделения, которые и должны подписывать акт.

Результаты пробных испытаний анкеров на каждой площадке необходимо сравнивать с ранее полученными результатами на других объектах в аналогичных условиях.

Контрольные испытания [8,10,11] должны проводиться на каждом объекте при устройстве анкеров для проверки их несущей способности и пригодности к дальнейшей безопасной эксплуатации в составе сооружения. При этом следует испытывать первые три анкера и один из десяти последующих с таким расчетом, чтобы выявить особенности изменения инженерно-геологических и гидрогеологических условий в корневой зоне.

Методика контрольных испытаний должна приниматься по аналогии с пробными при доведении испытательной нагрузки N_e до $1,2 T_A$ у временных анкеров и $1,5 T_A$ — у постоянных. В грунтах, способных разжижаться и проявлять тиксотропные свойства, следует осуществлять только однократное разгружение анкера при усилии N_e .

В ходе испытаний нормальные напряжения в тяге не должны превышать значений $0,8 \sigma_t$ или $\sigma_{0,2}$ у временных анкеров и $0,9 \sigma_{0,2}$ у постоянных.

После наступления стабилизации перемещений анкер следует разгрузить до $0,1 T_A$, измерить остаточное перемещение, снова загрузить и заблокировать на усилии $1,05 T_A$ с учетом обжа-

тия стопорного устройства.

Если в процессе эксплуатации ожидаются значительные изменения и колебания значения вырывающего усилия, нужно загружать анкер циклически испытательной нагрузкой $1,2 T_A$ или $1,5 T_A$.

При обработке результатов контрольных испытаний следует осуществлять разделение общих перемещений для каждой загрузочной ступени на упругие и остаточные. На рабочей диаграмме контрольного испытания анкера (рис.2) нужно наносить линии общих, остаточных и упругих перемещений. Результаты контрольных испытаний должны служить основой анализа приемочных испытаний остальных анкеров на объекте. Для этого необходимо построить зависимость общих перемещений при испытательном усилии N_e от времени t (рис.1) и установить приращение в интервале от 1,25 до 5 или 10 мин.

Контрольные испытания должны установить:

- затухание перемещений при испытательной нагрузке N_e во времени и возможность передачи на анкер проектного усилия T_A ;
- соответствие длины свободной части анкера проектной. Упругая часть перемещения в диапазоне усилий от $0,1 T_A$ до N_e должна лежать между значениями

$$S_1 = \frac{N_e - 0,1 T_A}{E A} * 0,8 * l_{ts} \quad (4)$$

$$S_2 = \frac{N_e - 0,1 T_A}{E A} * (l_{ts} + 0,5 l_{ta}) \quad (5)$$

Если в ходе контрольного испытания выявится, что несущая способность анкеров по грунту не обеспечена ($N_e = N_{\max} \leq (1,2 - 1,5) T_A$), то проектировщик должен принять решение об изменениях в проекте и необходимости выполнения дополнительных анкеров.

При возможности повторной инъекции следует ее использовать для увеличения несущей способности анкера по грунту до требуемых значений. Когда такой возможности нет, определяют допускаемое усилие на анкер, исходя из нагрузки N_e , при которой перемещения еще затухают во времени.

Если упругая часть перемещения анкера меньше значения, определенного по формуле (4), то необходимо индивидуально оценить анкер и после сравнения с результатами пробных испытаний внести соответствующие коррективы в проект.

Приемочные испытания [4,6,7,11,12] проводят для выявления пригодности к работе всех анкеров в сооружении на склоне. В ходе этих испытаний нагружение должно доводиться до испытательной нагрузки N_e равной $1,2 T_A$ у временных и $1,5 T_A$ постоянных анкеров. Нагрузки T_A и N_e выдерживают до стабилизации перемещений, а промежуточные ступени нагружения по 5 минут в глинистых и 2 минуты в песчаных и скальных грунтах. Остаточные деформации должны фиксироваться при усилении N_e .

По результатам приемочных испытаний строят графики зависимости перемещений от нагрузки $S = f(N)$ (рис. 3).

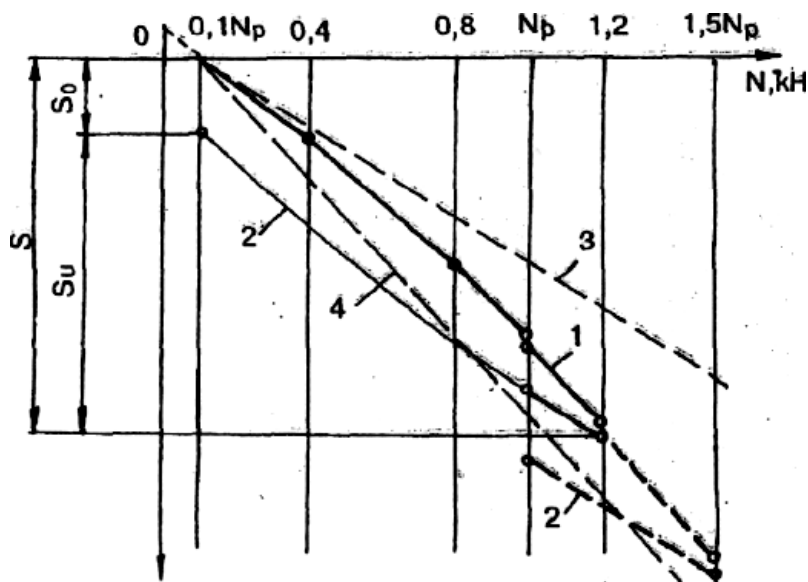


Рис.3. Зависимость перемещений головы анкера отрывающего усилия (приемочные испытания)

1 — кривая общих перемещений; 2 — кривая разгрузки; 3 — кривая упругих перемещений по формуле (1); 4 — то же по формуле (2)

Приращения перемещений за одинаковые интервалы времени при N_e не должны превышать значений, полученных в контрольных испытаниях, а упругая часть перемещений в диапазоне усилий от $0,1 T_A$ до N_e должна быть между S_1 и S_2 , вычисленных по формулам (4) и (5). При несоблюдении этих требований следует поступать, как указано выше.

Пробные, контрольные и приёмочные испытания анкеров следует выполнить не ранее срока достижения цементным камнем в рабочей зоне заделки 70 % требуемой по проекту расчетной прочности. Этот срок в песчаных дренирующих грунтах составляет 7 суток, а в слабофильтрующих глинистых — не менее 30 суток. Сокращать его рекомендуется за счет дренажных мероприятий и подбора составов цементных растворов.

Натяжение анкера и измерение перемещений тяги в его голове необходимо осуществлять совместно. Каждую последующую ступень загрузки следует повышать плавно и затем удерживать её постоянной.

Оборудование для натяжения анкера должно обеспечивать удержание постоянного значения усилия и непрерывный контроль его, а измерительная аппаратура для регистрации вырывающих усилий и перемещений должна обеспечивать требуемую точность.

Манометры для измерения давлений в системе должны обеспечивать возможность фиксации полутора - двукратного усилия в анкере.

Приборы для измерения перемещений анкеров следует крепить к несмещаемой реперной системе с таким расчетом, чтобы на их показания не оказывали влияние деформации грунтового массива и заанкеренной конструкции.

Для внесения поправок при регистрации перемещений и расчётных упругих удлинений тяги в процессе натяжения анкера нужно учитывать отрезок между стопорными устройствами (гайками, зажимами) над загрузочным домкратом и головой.

Следует учитывать ошибки определения значения перемещения по формуле:

$$\delta = \pm \frac{N (l_{ts} + 0.3 l_{tk})}{200 E_t A_t} \quad (6)$$

Если расстояния между головами анкеров менее 1 м, то их корни следует раздвинуть за счет различных наклонов.

Если сооружение с временными анкерами служит более трёх лет, то по истечении этого срока

снова проводят приемочные испытания анкеров и повторяют через каждые последующие шесть месяцев.

Научно-исследовательское подразделение должно составлять отчет по результатам пробных, контрольных и приемочных испытаний. В нем должны содержаться схема сооружения, описание объекта с данными о физико-механических характеристиках грунтов строительной площадки, сведения о конструкциях и технологии устройства анкеров, используемых механизмах и оборудовании. К отчету должны прикладываться журналы и таблицы измерений, указанные выше графические материалы.

Испытания поискового характера [8,9,10,11] с учетом грунтовых условий для определения рациональных размеров принятых конструкций анкеров (длин свободной части и заделки, диаметров и угла наклона скважины и корня, количества в нем уширений и их размещения), а в отдельных случаях и для отработки технологии их устройства рекомендуется проводить на моделях с использованием принципа приближенного моделирования. Сущность его заключается в том, что при определении несущей способности и деформативности оснований моделей анкеров опытным путем моделируют как геометрические размеры анкера, так и технологию заделки его в грунт с соблюдением динамического и кинематического подобия, а грунт модели принимают одинаковым с прототипом, т.е. анкером натуральных размеров.

При проведении поисковых испытаний на моделях анкеров в качестве оптимального следует принимать масштаб 1 : 5, а повторность опытов — трех-пятикратную.

Методика загрузки моделей должна соответствовать стендовым и пробным испытаниям анкеров натуральных размеров согласно требованиям кинематического и динамического подобия.

После определения размеров анкера и его несущей способности и деформативности в данных грунтовых условиях следует провести дополнительно испытания моделей 2-3 других масштабов с обработкой полученных зависимостей в безразмерных координатах. Для этого проводят от трех до пяти испытаний модели принятой конструкции анкера в соответствующих грунтовых условиях. В опытах моделируют геометрические размеры анкера (оптимальный масштаб 1:5) и технологию их заделки в грунт с соблюдением динамического подобия, а грунт модели принимают одинаковым с прототипом, т.е. анкером натуральных размеров. Вырывающие нагрузки на модель анкера ступенчато увеличивают до полной потери несущей способности, соответствующей незатухающим во времени перемещениям. Ступени нагрузки принимают равными примерно одной десятой их предельного значения. За предельную нагрузку $N_{\text{lim},m}$ принимают последнюю ступень, когда наступает стабилизация перемещений анкера. Этой нагрузке соответствует перемещение $S_{\text{lim},m}$.

Результаты измерений представляют графически в виде зависимости «нагрузка-перемещение» в относительных величинах. На оси абсцисс откладывают отношения действующих нагрузок N_i к их предельным значениям N_{lim} , а по оси ординат — соответственно отношения перемещений S_i к S_{lim} (рис.4).

Осредненные значения соотношений $C_{N,i} = N_i / N_{\text{lim}}$ и $C_{S,i} = S_i / S_{\text{lim}}$ сводят затем в таблицу.

Для анкера натуральных размеров предельные значения $N_{\text{lim},p}$ и $S_{\text{lim},p}$ находят путем умножения результатов модельных испытаний на переходные коэффициенты в соответствии с зависимостями:

$$N_{\text{lim},p} = N_{\text{lim},m} C_L^n, \quad (7)$$

$$S_{\text{lim},p} = S_{\text{lim},m} C_L^m \quad (8)$$

где C_L - соотношение линейных размеров или масштабов прототипа и модели;

n, m - показатели, зависящие от конструкции анкера и вида грунта. Для буроинъекционных анкеров можно принять $n = 2,6$; $m = 1,0$.

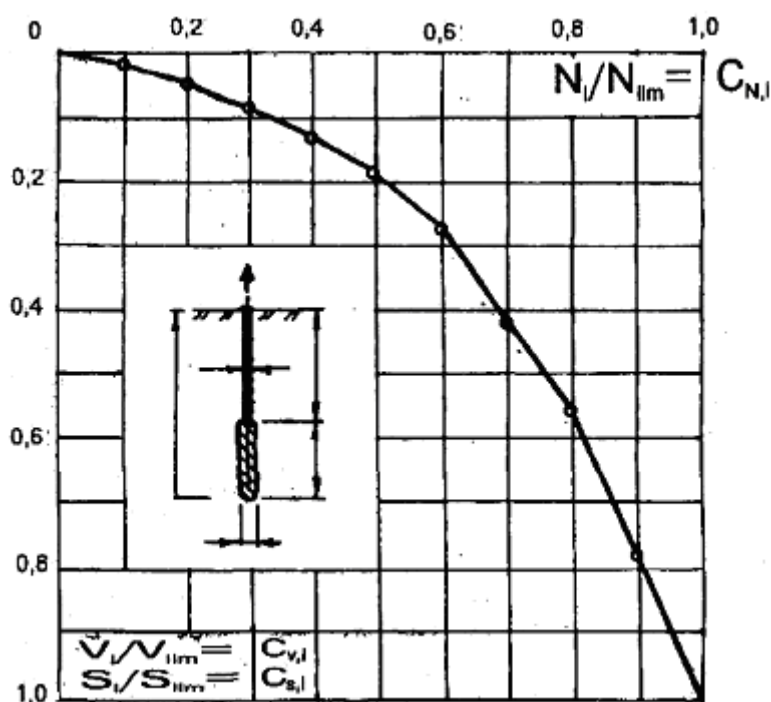


Рис. 4. Зависимость «нагрузка-деформация» в относительных величинах

Далее найденные значения n и m умножают на безразмерные координаты промежуточных точек зависимости «нагрузка-перемещение», а полученные результаты сводят в таблицу и представляют графически в абсолютных значениях величин. Построенный график позволяет с достаточной для практических целей достоверностью находить перемещения анкера по соответствующим усилиям или по заданным перемещениям установить расчетную нагрузку.

Для уточнения показателей n и m и экстраполяции результатов с большей достоверностью нужно испытывать модели анкеров в двух- трех более крупных масштабах при соблюдении требований приближенного подобия.

ВЫВОДЫ

1. На основе аналитического обзора разработана подробная классификация видов испытаний анкеров с детальным описанием их методики и построением соответствующих нагрузочных графиков.
2. Предложены основные соотношения, позволяющие судить по результатам испытаний о пригодности данного типа анкера к эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барыкин Б.Ю. Андронов А.В. Расчет анкерного крепления фундамента из перекрестных лент на склоне с учетом деформаций ползучести грунта. //Строительные конструкции и техногенная безопасность./ Сборник научных трудов №9.- Симферополь, НАПКС, 2004.- С.34-39
2. Барыкин Б.Ю. Учет особенностей деформирования перекрестно-балочных фундаментов на склоне при закреплении их анкерами// Строительные конструкции / Межведомственный сб. научн. работ, вып. 61.- Киев: НИИСК, 2004.- С. 270-275.
3. Панюков Э.Ф., Барыкин Б. Ю., Андронов А.В., Выдрицкая М.П. Конструкции анкерных устройств, предлагаемые для крепления перекрестных фундаментов зданий и сооружений на сложном рельефе. //Строительные конструкции и техногенная безопасность./ Сборник научных трудов № - Симферополь, НАПКС, 2007.- С.
4. Вишневецкий П.Ф. Современные методы анкерного крепления в строительстве.- М.: Воениздат, 1981.- 248 с.
6. Рекомендации по проектированию и строительству анкеров в нескальных основаниях. – ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР. – М., 1977.- 40 С.
7. Смородинов М.И. Анкерные устройства в строительстве.- Стройиздат, 1983.- 183 с.
8. Томов В.С., Евстафьев А.Г. и др. Инъекционные напряженные анкера. – М.: Энергоиздат, 1986.- 123 с.
9. Камбефор А. Инъекция грунтов. – М.: Энергия, 1970.- 350 с.
10. Гобст Л., Зайиц Й. Анкерование в грунтах и скале.- Амстердам, Оксфорд, Нью-Йорк, 1983.-570 с., (пер. с англ.)
11. Руководство по проектированию и технологии устройства анкеров подземных сооружений. – ВНИИГС, ЦНИИС.- Л., 1987.- 60 с.

Кириленко В.Ф., к.т.н, доцент, Колыхан М.В, Якушкова Е.Ю., Янчук А.Н., студенты
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Напряжённо-деформированное состояние клеефанерных балок с прерывистой фанерной стенкой

Теоретическим путем определены напряжения в поясах балки с прерывистой (перфорированной) стенкой и ее прогибы.

Клеёфанерные балки, прерывистая стенка, напряжения, деформации.

В клеёфанерных изгибаемых и сжато-изгибаемых элементах двутаврового и коробчатого сечения доля участия стенок в восприятии изгибающего момента невелика и при продольном направлении рубашки фанеры составляет не более 15-20%. При поперечном расположении рубашки эта доля уменьшается еще на одну треть. Стенка является связью между поясами и работает преимущественно на сдвиг. Применение непрерывной фанерной стенки в таких элементах предусматривает необходимость выполнения вертикальных стыков листов по длине: при продольном расположении рубашки – на «ус» или впритык с перекрытием фанерными накладками, при поперечном – только впритык. В клеёфанерных балках и рамах эти стыки, как правило, совмещают с расположением вертикальных ребер жесткости.

Применение в качестве несущих конструкций клеёфанерных элементов с прерывистой стенкой позволяет значительно снизить расход материала и при большой высоте выполнить стенку из стандартных фанерных листов без их дополнительного раскроя и выполнения вертикальных стыков. Особенно эффективно применение прерывистой фанерной стенки в панельных конструкциях, в которых продольные ребра выполняют в виде невысоких клеёфанерных балок с фанерной стенкой [1]. Через проемы в стенке могут проходить технологические коммуникации, а в щитовых конструкциях поперечные ребра (диафрагмы). Сечение клеёфанерных элементов с прерывистой стенкой может быть двутавровым с приклеиванием поясных досок по всей высоте пояса, а также с соединением стенки с поясом через прямоугольные пазы в поясе. В последнем случае в опорных зонах, где фанерная стенка должна выполняться непрерывной, ставят вертикальные деревянные ребра, имеющие с двух сторон прямоугольные вертикальные пазы для запрессовки фанерной стенки [2]. С конструктивной точки зрения более предпочтительным является применение прерывистой стенки в клеёфанерных элементах коробчатого сечения.

Напряженно-деформированное состояние клеёфанерной балки двутаврового сечения с перфорированной стенкой методом конечного элемента исследовали в [2]. Балка имела следующие размеры (рис.1):

$$l=12 \text{ м}, h=100 \text{ см}, b \times h_{\text{п}} = 15 \times 15 \text{ см}, \delta_{\text{ф}}=1,2 \text{ см}, \alpha=80 \text{ см}.$$

Расчеты выполняли при нагрузке $P = 8 \text{ кН}$, имитировавшей давление прогонов. Деревянные пояса и фанерная стенка представлены ортотропными телами, упругие постоянные которых принимали согласно СНиП II-25 -80.

Расчеты показали, что максимальные нормальные напряжения в поясах возникают в отсеках, где нет фанерной стенки и расположенных вблизи середины балки. Верхний и нижний пояс работает соответственно на сжатие и растяжение с изгибом, причем в нижнем поясе наблюдали превышение нормальных напряжений на 29 % по сравнению с расчетным сопротивлением растяжению. Касательные напряжения в опорных отсеках были такие же как и в сплошностенчатой балке, однако положение максимальных напряжений находилось не в середине высоты сечения, а смещалось в сторону опоры. В горизонтальных сечениях на уровне высоты пояса вычисляли также касательные напряжения τ_{xy} и нормальные напряжения σ_y , действующие поперек волокон поясных элементов. Они достигают максимальных значений вблизи вертикальных кромок отсека фанерной стенки. Для предотвращения опасности разрушения древесины поясов, учитывая пониженное сопротивление растяжению и скалыванию поперек волокон, рекомендуется усилия сжатия передавать плотным примыканием ребер жесткости путем смятия боковых граней поясов. Восприятие растягивающих усилий достигается анкерровкой ребер жесткости в поясах.

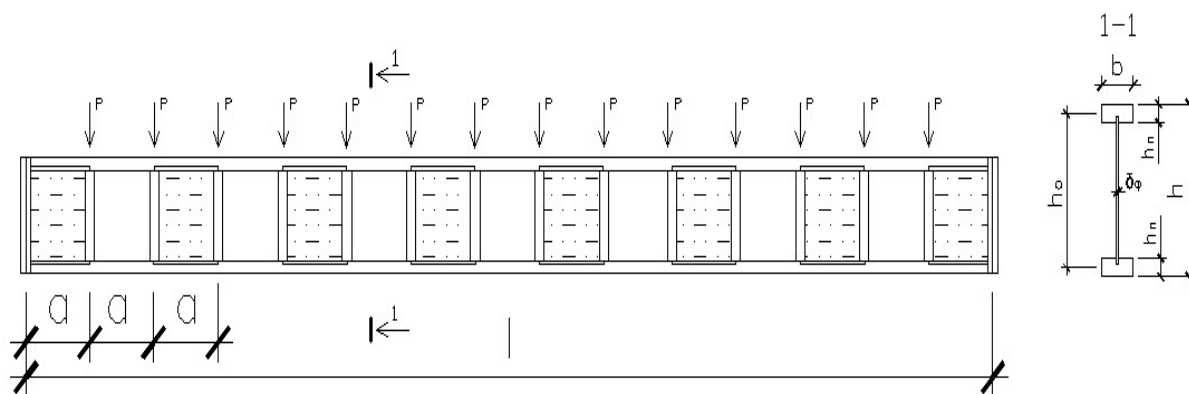


Рис. 1. Балка с прерывистой фанерной стенкой.

Деформативность балок с перфорированной (прерывистой) стенкой больше аналогичных сплошностенчатых и зависит от количества проемов в стенке и их размещений. Размещение фанерных листов в отсеках, примыкающих к спорным, значительно снижает деформативность балки. Как и в сплошностенчатых балках большую величину (до 50%) прогиба составляют прогибы от сил сдвига. Экспериментальные исследования балок пролетом 1,8 м, выполненные указанными авторами, подтвердили правильность теоретических предпосылок.

Анализ результатов описанного выше теоретического исследования позволяет при исследовании напряженно-деформированного состояния рассматривать балку с прерывистой фанерной стенкой с проемами, соизмеримыми с высотой стенки, как балку Виринделя. Отсеки с фанерными стенками у такой балки можно представить как стойки с конечным значением момента инерции или равным бесконечности. Нагрузку будем считать приложенной в узлах. Такая балка многократно статически неопределима, степень ее неопределимости равна числу отсеков без фанерной стенки, умноженной на три.

Для определения усилий выберем основную систему с шарнирами в середине верхних и нижних поясов свободных от фанеры отсеков. Продольными деформациями стоек пренебрегаем и считаем, что стойки сжимаются усилием, равным половине нагрузки.

Расчет безраскосных ферм (балок Виринделя) с параллельными поясами достаточно подробно рассмотрен при проектировании металлических конструкций грузоподъемных машин и механизмов [3,4].

С учетом принятых допущений рассмотрим безраскосную ферму с параллельными поясами постоянного сечения, одинакового для верхнего и нижнего пояса. Жесткости стоек, заменяющих отсеки с фанерной стенкой, также примем равными между собой, но не равными жесткости поясов. Когда вертикальные силы действуют в узлах фермы, пояса и стойки изгибаются и при этом нулевые моментные точки приблизительно находятся в серединах панелей поясов и стоек. Для панелей, не смежных с узлами, в которых приложены силы, это допущение достаточно точно.

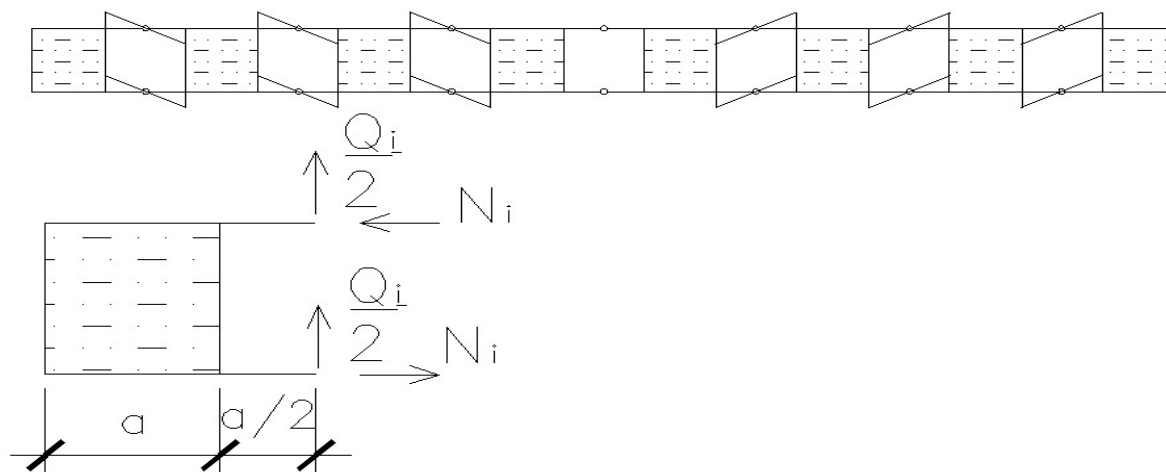


Рис. 2. Расчетная схема балки.

Приняв такое допущение, оправданное экспериментальными исследованиями безраскосных

ферм на металлических моделях в лаборатории ПТМ Ленинградского политехнического института, задача становится статически определимой.

Для любой i -й панели, в которой отсутствует фанерная стенка, продольное усилие в поясе будет равно (рис. 2)

$$N_t = \pm \frac{M_i}{h_0}$$

где: M_i - изгибающий момент в середине панели

h_0 - расстояние между центрами тяжести верхнего и нижнего пояса.

В точках границы отсеков с наличием фанерной стенки и без неё будет возникать дополнительный момент в поясе

$$M_3 = \pm \frac{Q_i}{2} \frac{a}{2} = \frac{Q_i a}{4}, \quad (1)$$

Наибольшее нормальное напряжение в верхнем поясе будет равно

$$\sigma_{\max}^e = \frac{N_i}{F_n} + \frac{M_3}{W_n}, \quad (2)$$

где: M_3 - изгибающий момент в точках защемления верхнего пояса с учётом деформированной схемы,

F_n, W_n - площадь и момент сопротивления верхнего пояса.

Наибольшее напряжение в нижнем поясе будет определяться аналогичной формулой без учета деформированной схемы

$$\sigma_{\max}^H = \frac{N_i}{F_n} + \frac{M_3}{W_n} \quad (3)$$

В качестве примера определим напряжения в поясах балок с прерывистой фанерной стенкой, исследованной в [2] и имеющей следующие геометрические размеры (рис. 2)

$l=12$ м, $h_6=100$ см, $h \times h_n=15 \times 15$ см, $\delta_\phi=1,2$ см, $a=80$ см.

При нагрузке в узел $P=8$ кН равномерно распределённая нагрузка q составит

$$q = \frac{14 \cdot p}{2} = \frac{14 \cdot 8}{12} = 9.33 \text{ кН/м}$$

Изгибающий момент M_i в середине шестой панели, в поясах которой возникают максимальные напряжения

$$M_i = \frac{qx}{2}(l-x) = \frac{ql \cdot 5.5}{2 \cdot 15} \left(l - \frac{5.5l}{15}\right) = \frac{52.25ql^2}{450} \quad (4)$$

Продольное усилие в поясе

$$N_i = \frac{M_i}{h_i} = \frac{52.25 \cdot q \cdot l^2}{450 \cdot 85} \quad (5)$$

Поперечная сила в этом сечении

$$Q_i = \frac{q}{2}(l-2x) = \frac{q}{2} \left(l - \frac{2 \cdot 5.5l}{15}\right) = 0.133ql \quad (6)$$

Изгибающий момент в точках защемления верхнего пояса

$$M_i = \frac{Q_i l}{4 \cdot 15} = \frac{0.133 q l \cdot l}{4 \cdot 15} = \frac{0.133 q l^2}{60}. \quad (7)$$

Нормальное напряжение в нижнем поясе согласно (3)

$$\sigma = \frac{52.25 q l^2}{450 \cdot 85 \cdot 225} \pm \frac{0.133 q l^2}{60 \cdot 563}, \quad (8)$$

где: $F_n = 15 \times 15 = 225 \text{ см}^2$ - площадь сечения пояса,

$W_n = 15 \times 15^2 / 6 = 563 \text{ см}^3$ - момент сопротивления.

При нагрузке на балку $q = 9,33 \text{ кН/м}$ и пролете $l = 12 \text{ м}$

$$\sigma_1 = 8.1 + 5.2 = 13.3 \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = 8.1 - 5.2 = 2.9 \text{ МПа}$$

Аналогичные максимальные напряжения, вычисленные в работе [2] на ЭВМ с применением МКЭ, превысили расчетные сопротивления в 1,29 раза, т.е. составили 12,9 МПа, что отличается от полученных здесь значений на 3 %.

Прогиб балки с прерывистой фанерной стенкой можно определить пользуясь формулой Мора

$$f = \int \frac{M_p M_0}{EI} dx + \mu \int \frac{Q_p Q_0}{GF} dx + \int \frac{N_p N_0}{EF} dx \quad (9)$$

Здесь при вычислении первого интеграла интегрирование распространяется на отсеки с фанерной стенкой и в этом случае в знаменателе необходимо поставить жесткость EI_q^{np} . Вычисление

первого интеграла необходимо осуществить и для участка без фанерной стенки, подставляя в знаменатель жесткость на изгиб без учета стенки, т.е. EI_n .

Вычисление второго интеграла производится только для отсеков с фанерной стенкой. Для двутавровых и коробчатых сечений можно считать, что поперечная сила воспринимается полностью фанерной стенкой, тогда $\mu = 1$, а в формуле Мора жесткость фанерной стенки на сдвиг будет $G_\phi F_{CT}$. В отсеках балки, не имеющих фанерной стенки, пояса балок будут работать на осевые усилия, и это обстоятельство будет увеличивать прогиб балки. Вычисление третьего интеграла необходимо производить для этих отсеков, вычисляя продольные усилия в поясах и усилия от единичной нагрузки элементарным образом, как это делается для обычных ферм. В знаменателе этого выражения необходимо подставить значение жесткости пояса на растяжение EF_n .

В качестве примера вычислим максимальный прогиб клеefанерной балки с прерывистой фанерной стенкой, рассмотренной ранее.

Вычисление первого интеграла для участков с фанерной стенкой дает

$$f_1 = 0.006469 \frac{q l^4}{EI_q^{np}}.$$

То же для участков без фанерной стенки

$$f_2 = \frac{7968 \cdot q l^4}{24 \cdot 15^4 \cdot EI_n} = 0.006558 \frac{q l^4}{EI_n}.$$

Составляющая общего прогиба от сил сдвига (второй интеграл)

$$f_3 = \frac{16 \cdot q l^2}{225 \cdot G_\phi F_{cm}}.$$

Составляющая прогиба от продольных сил в поясах, не имеющих фанерной стенки

$$f_3 = \frac{2676 \cdot ql^4}{202500 \cdot EF_n h_0^2} .$$

Для указанного примера

$$I_q^{np} = 921248 \text{ см}^4, \quad I_n = 821248 \text{ см}^4, \quad E = 10^4 \text{ МПа}, \quad G_\phi = 750 \text{ МПа},$$

$$F_{cm} = 100 \times 1.2 = 120 \text{ см}^2, \quad F_n = 15 \times 15 = 225 \text{ см}^2, \quad h_0 = 85 \text{ см}, \quad l = 1200 \text{ см}.$$

В этом случае полный прогиб можно представить следующим образом

$$f = 0.006469 \frac{ql^4}{EI_q^{np}} \cdot \left(1 + \frac{0.006558 \cdot I_q^{np}}{0.006469 \cdot I_n} + \frac{16 \cdot E_q \cdot I_q^{np}}{225 \cdot G_\phi \cdot F_{cm} \cdot 0.006469} + \frac{2676 \cdot I_q^{np}}{202500 \cdot F_n \cdot h_0^2 \cdot 0.006469} \right)$$

С учетом указанных выше значений

$$f = 0.02852 \frac{ql^4}{EI_q^{np}}$$

Прогиб клеефанерной балки со сплошной фанерной стенкой с учетом сил сдвига составит

$$f_{cпл} = 0.02190 \frac{ql^4}{EI_q^{np}},$$

т.е. увеличение максимального прогиба балки с прерывистой фанерной стенкой по сравнению со сплошностенчатой составляет 31%. Значение прогиба, полученное в [2] методом конечного элемента выше чем для сплошноступенчатой балки в 1,33 раза.

ВЫВОДЫ:

1. При определении напряжений в поясах балки с прерывистой фанерной стенкой её можно рассматривать как балку Виринделя.
2. Деформации балок можно определять по формуле Мора с обязательным учетом работы стенки на сдвиг в отсеках с фанерной стенкой и продольных сил в поясах на участках балки её не имеющей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Краснобаев И.А., Житушкин Э.А. Расчет подкрепляющих элементов щитовых конструкций покрытий зданий: Межвуз. сб. / ИСИ. - Ростов на Дону, 1980. - С.26-32.
2. Орлович Р.Б., Найчук А.Я. Исследование напряженно-деформированного состояния клеефанерных балок с перфорированной стенкой // Конструкции из клееной древесины и пластмасс: Межвуз. сб. тр. / ИСИ. - Л., 1980. - С.19-24.
3. Богуславский П.Е. Металлические конструкции грузоподъемных машин и сооружений. - М.: Машгиз. 1961. - 519 с.
4. Гохберг М.М. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин. - Л.: Машиностроение, 1969. - 520 с.

Панюков С. Э., инженер

Научно-производственное предприятие «Южсейсмострой»

Исследование сейсмостойкости многоэтажных зданий с железобетонным каркасом при их реконструкции

В результате целенаправленного математического эксперимента с использованием ПК «Ли́ра» выявлены закономерности изменения напряжённо-деформированного состояния несущих конструкций 9-, 12- и 16-этажных зданий при повышении расчётной сейсмической интенсивности. Исследовали здания, возведённые из сборных железобетонных конструкций по серии ИИС-04 в виде рамно-связевых каркасов. Результаты исследования позволяют выбрать наиболее эффективные конструктивные мероприятия по обеспечению сейсмостойкости многоэтажных зданий при их реконструкции.

Здания, сооружения, сейсмостойкость, железобетонные каркасы, сборные конструкции, серия ИИС-04, реконструкция, усиление.

В связи с введением ДБН В. 1.1-12:2006 [1] с 01.02.07 в Украине возросла актуальность повышения сейсмостойкости зданий и сооружений при их реконструкции. Во-первых, во многих районах повышена расчётная сейсмическая интенсивность на 1 балл (иногда, на 2 балла, например, для г. Керчи и прилегающих к нему территорий), во-вторых, повышены требования к расчёту как при определении сейсмических нагрузок, так и при оценке несущей способности конструкций.

Объектом исследования выбраны конструктивные схемы гражданских многоэтажных каркасных зданий по серии ИИС-04 [2], широко применявшиеся в стране с начала 70-х годов прошлого века.

Принятые в сериях ИИС – 04 объёмно-планировочные параметры позволяли проектировать каркасно-панельные общественные здания и жилые дома с весьма обширным и разнообразным выбором габаритов как в поперечном, так и в продольном направлении при количестве этажей от 2 до 16.

Для получения объёма информации, позволяющего оценить основные тенденции (зависимости) изменения напряжённо-деформированного состояния несущих элементов каркаса здания при изменении интересующих нас различных параметров и определить при необходимости целесообразный способ усиления каркаса, необходим расчёт наиболее характерных конструктивных схем при различных значениях варьируемых параметров с последующим анализом характера их изменения.

Поэтому первым этапом работы явился обоснованный выбор конструктивных схем и значений варьируемых параметров для исследования.

План для исследуемых зданий принят по типовой секции серии ИИС-04 с основным шагом колонн 6 м. Общие размеры плана 12х60 м. Каркас рамно-связевой. Диафрагмы размещены в плане симметрично: поперечные на всю ширину здания по осям 2, 5, 7, 10; продольные по средней оси «В» в осях 1 – 3, 5 – 7, 9 – 11. Таким образом, для исследования принято планировочное решение, рекомендуемое разработчиками серии ИИС-04, для наиболее массового применения (Рис. 1).

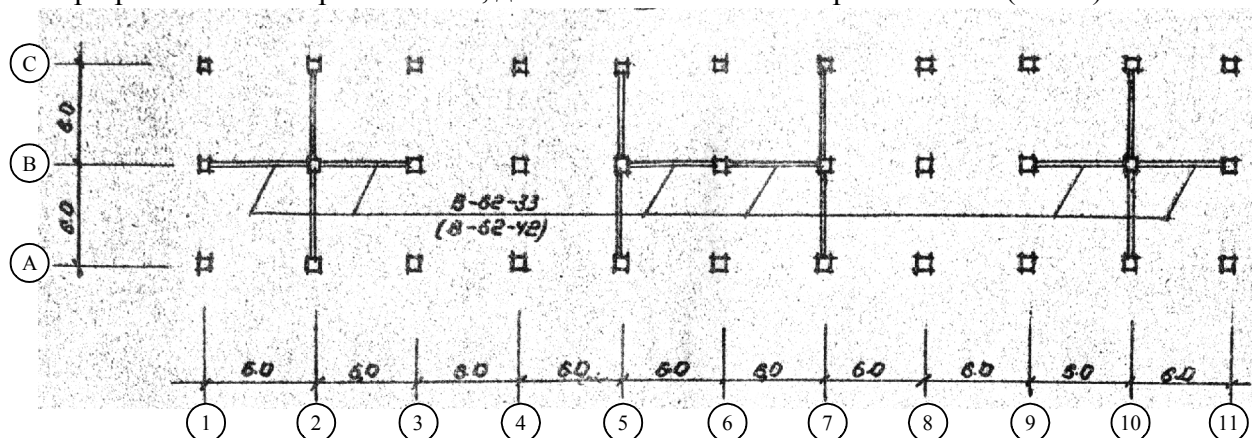


Рис. 1. План вертикальных несущих конструкций 16-этажного здания серии ИИС-04.

Этажность каркасов выбрана часто применяемая - 9, 12 и 16 этажей.

Сечения элементов, виды и классы бетона и арматуры приняты по рекомендациям серии ИИС-04. Сечения колонн 400х400 мм, толщина диафрагм – 160 мм.

В исследовании принято варьирование следующих параметров и их диапазонов, выбранных по значимости влияния на изменение напряженно-деформированного состояния несущих элементов каркаса здания.

- 1 - сейсмичность 7, 8 и 9 баллов;
- 2 - этажность 9, 12, 16 этажей;
- 3 - временная нагрузка на перекрытие 1,0 тс/м²;
- 4 - отношение длительно действующей части нагрузки к полной временной - 0,2 и 0,8;
- 5 - изменение жёсткости стыков элементов;
- 6 – количество и расположение диафрагм жесткости в каркасе.
- 7 - воздействие на здание деформирования грунта основания.

Расчетные схемы приняты с учётом возможностей ПК «Ли́ра» пространственными. В этих схемах присутствуют все фактические несущие элементы пространственной системы (Рис. 2) без применения каких-либо упрощающих приёмов (объединение однотипных групп элементов, удаление лишних связей и т. п. [5]).

Следует подчеркнуть, что при создании серии ИИС-04 разработчики как правило, рассчитывали плоские рамы, для расчёта пространственных систем, обычно упрощенных, с использованием ЭВМ только разрабатывали подходы [3 - 9]. Получение более точной оценки напряженно-деформированного состояния несущих элементов каркаса здания возможно при расчёте пространственной системы с использованием возможностей современного программного комплекса «Ли́ра» [10].

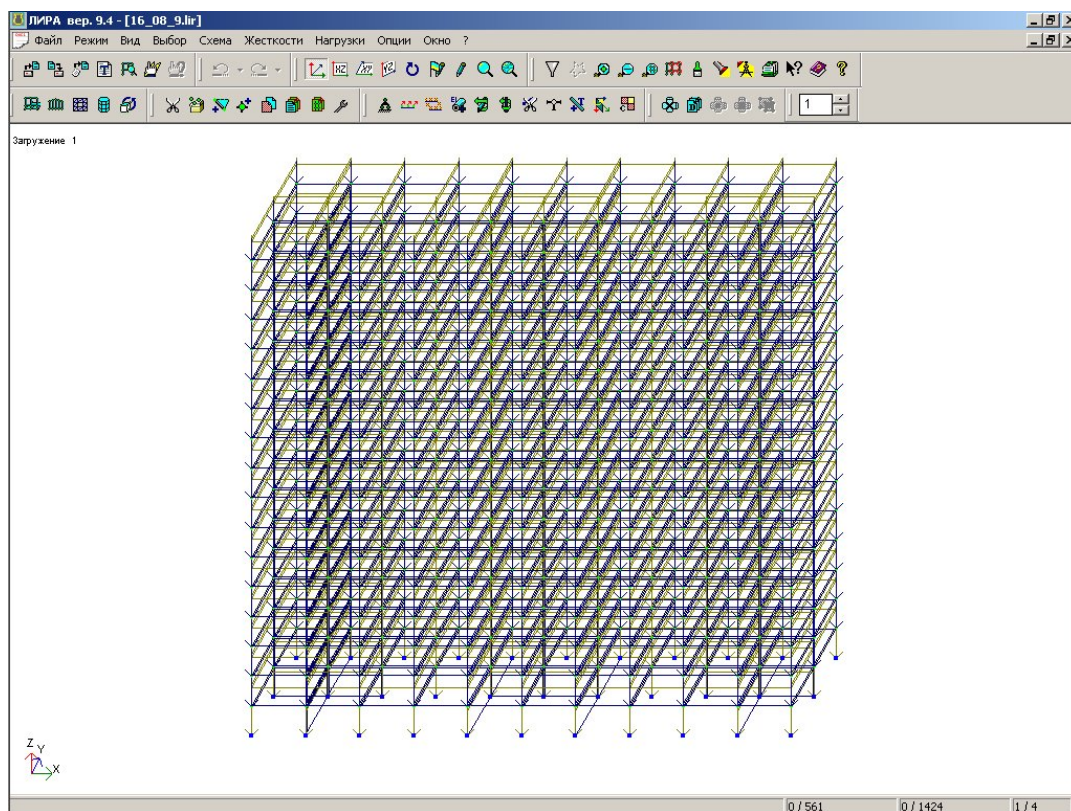


Рис. 2. Расчетная схема 16 – этажного здания по серии ИИС-04 в ПК «Ли́ра».

На первом этапе был выполнен расчёт зданий, полностью соответствующих серии ИИС-04, без учёта каких либо накопленных дефектов и введения элементов усиления.

При этом были приняты следующие допущения.

Все вертикальные элементы жёстко заделаны через фундаменты в основание. Такое допущение чаще всего принимали и в ранее выполняемых расчётах. Узлы в рамах жёсткие.

Для колонн приняты конечные элементы (КЭ) в виде стержней. Широкий набор стержневых

конечных элементов позволяет принимать произвольное сечение постоянное или переменное по длине стержня; произвольную местную нагрузку; примыкание к узлам при помощи абсолютно жёстких вставок или шарниров и обеспечивает возможность учёта сдвига; возможность моделирования частных задач – ферменный стержень, стержень балочного роста, в т. ч. и на упругом основании и др.

Диафрагмы и перекрытия моделировали конечными элементами в виде пластин. Это набор двумерных конечных элементов, имеющих форму треугольника, прямоугольника, выпуклого четырёхугольника и обладающих возможностью учёта анизотропных, ортотропных и изотропных свойств материала; возможностью моделирования многослойных конструкций; возможностью моделирования различных конструкций (балки-стенки, изгибаемые плиты, в том числе и на упругом основании, оболочки); возможностью приложения произвольной местной нагрузки на области КЭ. В работе использовали прямоугольные элементы, что допускала конфигурация плана зданий.

Конечные элементы, моделирующие линейно деформируемые системы (физическая и геометрическая нелинейность), обладают возможностью задания произвольных законов деформирования. Важным свойством таких элементов является возможность моделирования биматериальных элементов, например, железобетона с заданием двух различных законов деформирования, а также возможностью моделировать свойства грунта.

Специальные элементы позволяют моделировать податливую связь между узлами, односторонние связи.

При построении матрицы жёсткости (МЖ) предусматривали использование заранее полученных формул для каждого элемента МЖ. Этот способ возможен для выбранных нами КЭ и обладает наибольшим быстродействием.

Для определения расчётных усилий в элементах и узлах сопряжения каркаса здания необходимо выполнять расчёты на следующие виды воздействий: от вертикальной нагрузки, горизонтальной ветровой и сейсмической, на неравномерную осадку фундаментов, проверку общей устойчивости здания в эксплуатационных условиях и при монтаже. В настоящей работе расчёт зданий при монтаже не выполняли, поскольку исследовали только существующие здания.

На вертикальную нагрузку каркас здания рассчитывали как рамную систему. На горизонтальные (ветровые и сейсмические) нагрузки в плоскости поперечных рам здание рассчитывали как рамно-связевую систему, на горизонтальную нагрузку в продольном направлении – как связевую систему, с учётом работы диафрагм жёсткости как консолей, закреплённых в основании и соединённых между собой горизонтальными дисками междуэтажных перекрытий.

При расчёте на нагрузки с учётом пульсации скоростного напора ветра проверяли значение ускорений ожидаемых колебаний каркаса, которое не должно превышать для верхних этажей здания 150 мм/сек^2 .

Перераспределение моментов в рамах вследствие пластических деформаций допускается производить от суммарного воздействия нагрузок, а также разности осадок фундаментов. Наибольшее уменьшение моментов не должно превышать 30% от значения моментов при расчёте упругой системы.

Расчётные вертикальные нагрузки, указанные на чертежах ригелей и связевых плит в [2], даны условно, поэтому их корректировали в зависимости от значения усилий от горизонтальных нагрузок. Во всех случаях подбор ригелей поперечных и продольных рам производили из сопоставления значений усилий (изгибающих моментов и поперечных сил), полученных из статического и динамического расчёта каркаса проектируемого здания с несущей способностью элементов по значениям пролётных и опорных изгибающих моментов, указанных на чертежах серий ИИС- 04-3 и ИИС- 04-4. Для подбора ригелей определяли значения расчётных опорных изгибающих моментов и поперечных сил в сечениях у граней опор (колонн). Предварительно корректировали значения усилий, полученных из расчёта здания, путём добавления к значениям пролётных моментов и поперечных сил в ригелях соответствующих значений этих усилий от собственного веса ригелей и плит перекрытия, вычисленных как для однопролётной свободно опёртой балки.

В результате расчётов, выполненных на первом этапе, получены таблицы РСУ для всех несущих элементов выбранных зданий при сейсмическом воздействии интенсивностью 7, 8 и 9 баллов.

Для построенных расчётных схем возможности ПК «Лира» позволяют оперативно получить и следующую цифровую информацию об узлах и элементах, представляемую в таблицах: перемещения, частоты, формы колебаний, коэффициент запаса устойчивости, коэффициенты свободных длин. А также анимацию колебаний при динамических воздействиях.

На листах с графической информацией могут быть получены: расчетные схемы, схемы деформирования, эпюры усилий, мозаики и изополя перемещений, деформаций и усилий, площадь арматуры, процент армирования и суммарная арматура (для стержневых элементов), отображение арматуры в виде отрезков (для пластин).

Цифровая информация об армировании элементов представляется также и в таблицах.

Для улучшения обзорности полученной информации в результате расчётов были выбраны наиболее ответственные (нагруженные) представители всех групп несущих конструкций. При этом учитывали, что план здания имеет поперечную и продольную ось симметрии; постоянные и длительно действующие вертикальные нагрузки распределены по всему плану здания равномерно; горизонтальные (ветровые и сейсмические) нагрузки распределены по фронту их приложения равномерно и могут менять направление на 180 °.

С учётом изложенного для дальнейшего анализа РСУ приняты следующие элементы:

- крайние колонны в осях 1 – А и 4 – А;
- средние колонны в осях 4 – В;
- поперечные диафрагмы в осях 2 – А-В и 4 – А-В;
- продольные диафрагмы в осях 2-3 – В и 5-6 – В;
- ригели в осях 1 – А-В и 4 – А-В;

Анализ РСУ всех названных элементов выполняли для 1, 5 и 9 этажей для зданий принятой этажности (9, 12, 16 этажей). Для каждого расчётного усилия из РСУ названных элементов построили графики их изменения в зависимости от расчётной сейсмической интенсивности 7, 8 и 9 баллов. Значения всех расчётных усилий оценивали по методике СНиП II-7-81* [12] и методике ДБН В.1.1-12:2006 [1].

Таким способом, главные результаты необозримого цифрового массива РСУ для всех элементов здания были приведены в форме графиков, позволяющих с доступной трудоёмкостью выявить тенденцию изменения усилий как при повышении расчётной сейсмической интенсивности, так и при изменении расчётных требований методики [12] на методику [1] для каждого элемента.

Сопоставление методик расчёта [1] и [12] выявило следующие изменения, кроме различной оценки расчётной сейсмической интенсивности районов строительства.

В [1] расчётное значение горизонтальной сейсмической нагрузки S_{ki} , приложенной к точке k и соответствующее i -ой форме собственных колебаний здания или сооружения

$$S_{ki} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot S_{0ki}, \quad (1)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий неупругие деформации и локальные повреждения элементов здания, принимается по табл. 2.3;

k_2 – коэффициент ответственности сооружений, принимается по табл. 2.4;

k_3 – коэффициент, учитывающий этажность здания свыше 5 этажей

$$k_3 = 1 + 0,06 \cdot (n - 5), \quad (2)$$

где n – количество этажей в здании. Максимальное значение k_3 принимается не более 2,0 (в том числе для рамных, рамно-связевых и связевых систем), а для стеновых и каркасно-стеновых конструктивных систем – не более 1,8;

Горизонтальная сейсмическая нагрузка по i -ой форме собственных колебаний сооружения в предположении упругого деформирования конструкций

$$S_{0ki} = Q_k \cdot a_0 \cdot k_{zp} \cdot \beta_i \cdot \eta_{ki}, \quad (3)$$

Q_k - нагрузка, отвечающая массе, принятой в качестве сосредоточенной в точке k и определяемая с учетом коэффициентов сочетаний по 2.11.

a_0 - относительное ускорение грунта, которое принимается равным 0,1; 0,2 и 0,4 соответственно для районов сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов;

k_{ep} - коэффициент, учитывающий нелинейное деформирование грунтов, вводится, если определение сейсмичности площадки выполнено на основе материалов инженерно-геологических изысканий согласно табл. 1.1, и принимается по табл. 2.6;

β_i — спектральный коэффициент динамичности, соответствующий i -му тону собственных колебаний зданий или сооружений, принимаемый согласно п. 2.3.2;

η_{ik} — коэффициент, зависящий от формы деформации здания или сооружения при его собственных колебаниях по i -му тону и от места расположения нагрузки, определяемый по п. 2.7.

Значения коэффициента k_1 по [12] зависят от допускаемых повреждений зданий и сооружений и не зависят от конструктивного решения системы и несущих элементов. Для рассматриваемых зданий он равен 0,25. По [1] значения этого коэффициента дифференцированы в зависимости от конструктивного решения системы и несущих элементов. Для рассматриваемых зданий (с железобетонным каркасом с вертикальными диафрагмами или ядрами жёсткости) он равен 0,3 при сейсмичности площадки 7-8 баллов и 0,4 при 9 баллах.

Значение коэффициента ответственности сооружений k_2 для наших зданий равно 1, в [12] он представлен коэффициентом K_w , его вводили в правую часть условия (2.1) и он равен тоже 1.

Значение коэффициента, учитывающего этажность здания свыше 5 этажей k_3 , изменилось и равно 1,24, 1,42 и 1,66 против 1,4, 1,5 и 1,5 в [12] для 9-, 12- и 16-этажных зданий соответственно.

Различия при определении значений Q_k и a_0 по сравнению с методикой [12] отсутствуют, k_{ep} для наиболее распространённых грунтов II категории по сейсмическим свойствам равен 1 [1, табл. 2.6], значения η_{ik} для регулярных по высоте и симметричных в плане конструктивных схем не меняются. Таким образом, различие в значениях S_{okI} обусловлено значениями коэффициента η_{ik} , которые для грунтов II категории при периоде собственных колебаний здания $T_j < 0,6$ с меньше на 8%, а при $T_j > 0,6$ с это различие уменьшается, а затем меняет знак и становится больше на 20%, чем при определении по [12].

Например, для 16-этажного здания в районах с сейсмичностью 9 баллов при его периоде собственных колебаний 1,5 с расчётное значение S_{ki} по [1] более, чем по [12] в $0,4 \times 1,66 \times 1,44 / (0,25 \times 1,5 \times 0,8) = 3,2$ раза.

Однако это не значит, что усилия в элементах здания возрастут так же. Всё зависит от назначения элемента, его положения в пространственной системе и вида воспринимаемого усилия. Например, в колонне среднего ряда расчётное осевое усилие, определённое по [1] и [12] для районов с сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов одинаково и равно 458,9 тс. При общем анализе работы пространственной системы здания это очевидно. В то же время, значение расчётной поперечной силы в этой же колонне изменяется прямо пропорционально a_0 и, следовательно, S_{ki} , в соответствии с сейсмичностью района 7, 8, 9 (что вполне объяснимо), и в 3,4; 3,5 и 2,3 больше по [1], чем по [12], что связано с различным изменением S_{ki} по коэффициенту b . Изменение значения изгибающего момента в этой колонне аналогично изменению значения поперечной силы.

Иной характер изменения усилий в крайних колоннах. Все усилия в крайних колоннах с повышением сейсмичности района возрастают, но менее интенсивно, так как изменяемая сейсмическим воздействием часть усилия в этих колоннах меньше неизменяемой от постоянных нагрузок.

Эта небольшая иллюстрация ярко демонстрирует широкие возможности расчёта пространственных моделей на ПК «Лира». Только этот инструмент открывает возможность оперативного анализа изменения напряжённо-деформированного состояния в элементах сложных систем, что было невозможно при использовании упрощённых практических способов расчёта многоэтажных зданий [3-9].

ВЫВОДЫ

В результате целенаправленного математического эксперимента с использованием ПК «Лира» выявлены закономерности изменения напряжённо-деформированного состояния несущих конструкций 9-, 12- и 16-этажных зданий при повышении расчётной сейсмической интенсивности, возведённых из сборных железобетонных конструкций по серии ИИС-04 в виде рамно-связевых каркасов. Результаты работы обеспечивают выбор наиболее эффективных конструктивных мероприятий [13] по обеспечению сейсмостойкости многоэтажных зданий при их реконструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В. 1.1-12:2006. Строительство в сейсмических районах Украины. Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины. Киев, 2006, - 84 с.
2. Серия ИИС-04. Рабочие чертежи для строительства каркасно-панельных общественных зданий и жилых домов в районах с сейсмичностью 6, 7, 8 и 9 баллов. М.: ЦНИИТЭП, 1971.
3. Вольнский Б.Н., Пригожий А.Я. Практические способы расчета элементов связевого каркаса. // Бетон и железобетон, 1976, №11, с.29-31.
4. Вольнский Б.Н. Расчет диафрагм жесткости с контактными стыками. // Бетон и железобетон, 1979, №1.
5. Дроздов П.Ф. Конструирование и расчет несущих систем многоэтажных зданий и их элементов. – М.: Стройиздат, 1977.
6. Косицин В.А. Статический расчет крупнопанельных и каркасных зданий. М., Стройиздат, 1971.- 216 с.
7. Лепский В.И., Вольнский Б.Н., Константинова В.Н. Полносборные каркасные конструкции общественных зданий. – М.: Стройиздат, 1974.
8. Руководство по проектированию жилых и общественных зданий с железобетонным каркасом, возводимых в сейсмических районах. М.: Стройиздат, 1970, 141с.
9. Ханджи В.В. Расчет многоэтажных зданий со связевым каркасом. –М.: Стройиздат, 1977. – 187 с.
10. Городецкий А.С., Евзеров И. Д. Компьютерные модели конструкций. – К.: Издательство «Факт», 2005. –344 с.
11. Деклараційний патент на винахід. UA 38727 А 7 Е04Н9/02. Панюков Сергій Емільєвич, Кримська академія природоохоронного та курортного будівництва. Спосіб посилення рам. Міністерство освіти і науки України, Державний департамент інтелектуальної власності. 15.05. 2001.
12. СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования. Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1982. – 48 с.
13. Панюков А.Э., Панюков С.Э. Конструктивные мероприятия, повышающие сейсмостойкость реконструируемых каркасных зданий. IV науково-технічна конференція “Будівництво в сейсмічних районах України” Доповіді – Ялта, 1999. – с. 170-172.

Распопов А.С., к.т.н., доцент

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Построение дискретных динамических моделей балочных элементов на основе конечных автоматов

Рассматривается структура ассоциированных матриц для расчета дискретных динамических моделей балочных элементов на основе теории конечных автоматов. Полученные матрицы позволяют учитывать различные граничные условия, упругие закрепления, а также инерцию вращения, деформации сдвига, продольные силы.

Балка, пространственные колебания, конечные автоматы, ассоциированные матрицы, дискретная модель.

В некоторых случаях при точном решении задач динамики континуальных балок переменного сечения возникают трудности математического характера, связанные с определением корней трансцендентных уравнений и построением форм собственных колебаний. Следует к тому же учесть, что в инженерной практике приходится иметь дело с неразрезными стержневыми системами из многократно повторяющихся регулярных включений в виде сосредоточенных масс, упругих опор или шарниров, для которых нахождение точных решений является еще более сложным. Поэтому довольно часто стремятся получить более простые приближенные схемы, основанные на замене реальной конструкции эквивалентной моделью, состоящей из невесомых стержней и массовых элементов, сосредоточенных на границах участков [1, 2]. Для динамического расчета мостовых конструкций при действии подвижной нагрузки в виде упругой системы тел с конечным числом степеней свободы такой подход представляется наиболее эффективным.

Решение проблемы собственных значений для таких систем обычно проводится с использованием численных методов строительной механики, среди которых наибольшее распространение получили метод конечных элементов и связанные с ним методы синтеза форм подконструкций, многоуровневой динамической конденсации, а также различные модификации рекуррентных методов расчета, таких как методы начальных параметров, динамических жесткостей или динамических податливостей [1, 2, 3].

В данной статье показано развитие метода конечно-автоматного моделирования [4] для описания пространственных колебаний балок с сосредоточенными параметрами (конечным числом степеней свободы).

Рассмотрим призматический стержень пространственной стержневой (балочной) системы, к каждому из концов которого приложены по три составляющих внутренних силы N_x, N_y, N_z и момента M_x, M_y, M_z (индексы указывают оси, относительно которых действуют составляющие усилий).

Составляющие перемещений и углов поворота поперечных сечений в процессе деформации стержня в системе x, y, z будут равны u_x, u_y, u_z и $\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$.

Согласно [4] указанные кинематические и силовые параметры стержня будут соответствовать входным переменным для линейного двоичного автомата A , который моделирует все возможные состояния стержня при свободных пространственных колебаниях.

Выражая зависимость между начальными (НП) и концевыми (КП) граничными параметрами стержня в форме метода начальных параметров [4, 5], составим переходную матрицу M_{bm} k -го участка балки с распределенной μ_k и сосредоточенной m_k массами и упругими связями относительно угловых и линейных перемещений

$$M_{bm} = R_m M_b \quad (1)$$

В общем случае, массово-инерционную блочную матрицу R_m сосредоточенной массы m_k с

учетом ее инерции вращения при изгибе в плоскостях xu , xz и кручении можно получить из матрицы влияния [4], если принять при $l_k \rightarrow 0$, $\mu_k l_k = m_k$, $J_{xk} l_k = J_{xm}$.

Запишем R_m с учетом опирания k -го сечения балки на упругую опору относительно поперечных, продольных и угловых перемещений:

$$R_m = \left\| \begin{array}{c|c|c} E & [0] & A_{13} \\ \hline [0] & A_{22} & [0] \\ \hline [0] & [0] & E \end{array} \right\|. \quad (2)$$

Подматрицы E являются единичными матрицами четвертого порядка, а подматрицы A_{13} и A_{22} имеют вид:

$$A_{13} = \left\| \begin{array}{cccc} 0 & 0 & 0 & c_x - m_k \omega_i^2 \\ 0 & 0 & q_x - J_{xm} \omega_i^2 & 0 \\ 0 & m_k \omega_i^2 - c_y & 0 & 0 \\ q_z - J_{zm} \omega_i^2 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right\|; \quad A_{22} = \left\| \begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & m_k \omega_i^2 - c_z \\ 0 & 1 & q_y - J_{ym} \omega_i^2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right\|, \quad (3)$$

где: q_x , q_y , q_z и c_x , c_y , c_z – коэффициенты жесткости упругих связей относительно угловых перемещений вокруг осей x , y , z и линейных перемещений соответственно; J_{xm} , J_{ym} , J_{zm} – моменты инерции сосредоточенной массы относительно тех же осей.

В свою очередь, при $\mu_k \rightarrow 0$, λ_x , λ_y , $\lambda_z \rightarrow 0$ получим переходную матрицу жесткости M_B , которую также представим в блочной форме:

$$M_B = \left\| \begin{array}{c|c|c} B_{11} & [0] & [0] \\ \hline [0] & B_{22} & [0] \\ \hline B_{31} & [0] & B_{33} \end{array} \right\|, \quad (4)$$

где подматрицы B_{ij} ($i, j = 1, 2, 3$) определяются выражениями:

$$B_{11} = \left\| \begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & l_k & 1 \end{array} \right\|; \quad B_{22} = \left\| \begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 0 \\ l_k & 1 & 0 & 0 \\ \frac{l_k^2}{2EJ_y} & \frac{l_k}{EJ_y} & 1 & 0 \\ \frac{l_k^3}{6EJ_y} & \frac{l_k^2}{2EJ_y} & l_k & 1 \end{array} \right\|. \quad (5)$$

$$B_{31} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & \frac{l_k^2}{2EJ_z} & \frac{l_k}{EJ_z} \\ 0 & 0 & \frac{l_k^3}{6EJ_z} & \frac{l_k^2}{2EJ_z} \\ 0 & \frac{1}{\beta} & 0 & 0 \\ \frac{1}{\alpha} & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}; B_{33} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ l_k & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}. \quad (6)$$

В результате, с учетом (2), (4), а также правил перемножения блочных матриц представим матрицу M_{bm} таким образом:

$$M_{bm} = \begin{vmatrix} EB_{11} + A_{13}B_{31} & [0] & A_{13}B_{33} \\ [0] & A_{22}B_{22} & [0] \\ EB_{31} & [0] & EB_{33} \end{vmatrix}, \quad (7)$$

блочные элементы которой a_{ij} будут равны:

$$a_{11} = \begin{vmatrix} 1 + \frac{1}{\alpha}(c_x - m_k \omega_i^2) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 + \frac{1}{\beta}(q_x - J_{xm} \omega_i^2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 + \frac{l_k^3}{6EJ_z}(m_k \omega_i^2 - c_y) & \frac{l_k^2}{2EJ_z}(m_k \omega_i^2 - c_y) \\ 0 & 0 & l_k + \frac{l_k^2}{2EJ_z}(q_z - J_{zm} \omega_i^2) & 1 + \frac{l_k}{EJ_z}(q_z - J_{zm} \omega_i^2) \end{vmatrix}. \quad (8)$$

$$a_{13} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & c_x - m_k \omega_i^2 \\ 0 & 0 & q_x - J_{xm} \omega_i^2 & 0 \\ l_k(m_k \omega_i^2 - c_y) & m_k \omega_i^2 - c_y & 0 & 0 \\ q_z - J_{zm} \omega_i^2 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}; a_{31} = B_{31}; a_{33} = B_{33}. \quad (9)$$

$$a_{22} = \begin{vmatrix} 1 + \frac{l_k^3}{6EJ_y}(m_k \omega_i^2 - c_z) & \frac{l_k^2}{2EJ_y}(m_k \omega_i^2 - c_z) & l_k(m_k \omega_i^2 - c_z) & m_k \omega_i^2 - c_z \\ l_k + \frac{l_k^2}{2EJ_y}(q_y - J_{ym} \omega_i^2) & 1 + \frac{l_k}{EJ_y}(q_y - J_{ym} \omega_i^2) & q_y - J_{ym} \omega_i^2 & 0 \\ \frac{l_k^2}{2EJ_y} & \frac{l_k}{EJ_y} & 1 & 0 \\ \frac{l_k^3}{6EJ_y} & \frac{l_k^2}{2EJ_y} & l_k & 1 \end{vmatrix}. \quad (10)$$

Возможные состояния выхода автомата A для пространственных колебаний невесомого стержня с сосредоточенной массой и упругими связями представим в виде функций f_z в составе ассоциированных блочных матриц $\tilde{M}_{xyz}$, $\tilde{R}_{xyz}$ [4, 6], получаемых из определителей миноров 6-го и 8-го порядков матрицы M_{vm} .

Так, элементы матрицы $\tilde{M}_{xu}$ и $\tilde{M}_{x\varphi}$ [6] для продольных и крутильных колебаний расположим в соответствии с входными параметрами $\{u_x, N_x\}$ и $\{\varphi_x, M_x\}$ кодов НП и КП стержня и представим в табл. 1, 2.

Таблица 1

Таблица 2

Ассоциированная матрица $\tilde{M}_{xu}$		
КП \ НП	01	10
10	$1 + \frac{1}{\alpha}(c_x - m_k \omega_i^2)$	$c_x - m_k \omega_i^2$
01	$\frac{1}{\alpha}$	1

Ассоциированная матрица $\tilde{M}_{x\varphi}$		
КП \ НП	01	10
10	$1 + \frac{1}{\beta}(q_x - J_{xm} \omega_i^2)$	$q_x - J_{xm} \omega_i^2$
01	$\frac{1}{\beta}$	1

Сопоставляя структуру матриц $\tilde{M}_{xu}$, $\tilde{M}_{x\varphi}$ с матрицами жесткости M_{xu} , $M_{x\varphi}$, можно записать правило их формирования в следующем виде:

$$\tilde{M}_{xu} = M_{xu} + (c_x - m_k \omega_i^2) M_{01}^{(1)}; \quad (11)$$

$$\tilde{M}_{x\varphi} = M_{x\varphi} + (q_x - J_{xm} \omega_i^2) M_{01}^{(1)}, \quad (12)$$

где $M_{01}^{(1)}$ – матрица, состоящая только из одной первой строки с элементами строки матрицы

M_{xu} или $M_{x\varphi}$, соответствующей коду НП 01.

Ассоциированные матрицы $\tilde{M}_{xy}$, $\tilde{M}_{xz}$ [4] в составе блочной матрицы $\tilde{M}_{xyz}$ для изгибных колебаний стержня в плоскостях xy , xz с входными параметрами $\{u_y, \varphi_z, M_z, N_y\}$ и $\{u_z, \varphi_y, M_y, N_z\}$ в виде кодов НП–КП представлены в табл. 3 с учетом обозначений:

$\tilde{c}_r = m_k \omega_i^2 - c_r$; $\tilde{q}_s = q_s - J_{sm} \omega_i^2$; $r = y$, $s = z$ для $\tilde{M}_{xy}$ и $r = z$, $s = y$ для $\tilde{M}_{xz}$.

По аналогии (11), (12) структуру матриц $\tilde{M}_{xy}$, $\tilde{M}_{xz}$ можно представить следующим образом:

$$\tilde{M}_{xy} = M_{xy} + \tilde{c}_y (M_{0101}^{(1)} + M_{0011}^{(2)}) + \tilde{q}_z (M_{1010}^{(1)} + M_{0011}^{(5)}) + \tilde{c}_y \tilde{q}_z M_{0011}^{(1)}; \quad (13)$$

$$\tilde{M}_{xz} = M_{xz} + \tilde{c}_z (M_{0101}^{(1)} + M_{0011}^{(2)}) + \tilde{q}_y (M_{1010}^{(1)} + M_{0011}^{(5)}) + \tilde{c}_z \tilde{q}_y M_{0011}^{(1)}, \quad (14)$$

где $M_{0101}^{(1)}$, $M_{0011}^{(2)}$ и др. – матрицы, состоящие из первой и второй строк с функциями кодов 0101 и 0011 матрицы M_{xy} или M_{xz} и имеющие остальные нулевые строки.

Таблица 3

Ассоциированная матрица $\tilde{M}_{xy}$, $\tilde{M}_{xz}$

КП НП	0011	0101	0110	1001	1010	1100
1100	$1 + \frac{l_k^3}{3EJ_s} \tilde{c}_r +$ $+\frac{l_k}{EJ_s} \tilde{q}_s +$ $+\frac{l_k^4}{12(EJ_s)^2} \tilde{c}_r \tilde{q}_s$	$l_k^2 \tilde{c}_r + \tilde{q}_s +$ $+\frac{l_k^3}{3EJ_s} \tilde{c}_r \tilde{q}_s$	$l_k \tilde{c}_r +$ $+\frac{l_k^2}{2EJ_s} \tilde{c}_r \tilde{q}_s$	$l_k \tilde{c}_r +$ $+\frac{l_k^2}{2EJ_s} \tilde{c}_r \tilde{q}_s$	$\tilde{c}_r +$ $+\frac{l_k}{EJ_s} \tilde{c}_r \tilde{q}_s$	$\tilde{c}_r \tilde{q}_s$
1010	$\frac{l_k}{EJ_s} +$ $+\frac{l_k^4}{12(EJ_s)^2} \tilde{c}_r$	$1 + \frac{l_k^3}{3EJ_s} \tilde{c}_r$	$\frac{l_k^2}{2EJ_s} \tilde{c}_r$	$\frac{l_k^2}{2EJ_s} \tilde{c}_r$	$\frac{l_k}{EJ_s} \tilde{c}_r$	$\tilde{c}_r$
1001	$\frac{l_k^2}{2EJ_s}$	l_k	1	0	0	0
0110	$\frac{l_k^2}{2EJ_s}$	l_k	0	1	0	0
0101	$\frac{l_k^3}{3EJ_s} +$ $+\frac{l_k^4}{12(EJ_s)^2} \tilde{q}_s$	$l_k^2 + \frac{l_k^3}{3EJ_s} \tilde{q}_s$	$l_k + \frac{l_k^2}{2EJ_s} \tilde{q}_s$	$l_k + \frac{l_k^2}{2EJ_s} \tilde{q}_s$	$1 + \frac{l_k^2}{2EJ_s} \tilde{q}_s$	$\tilde{q}_s$
0011	$\frac{l_k^4}{12(EJ_s)^2}$	$\frac{l_k^3}{3EJ_s}$	$\frac{l_k^2}{2EJ_s}$	$\frac{l_k^2}{2EJ_s}$	$\frac{l_k}{EJ_s}$	1

Элементы ассоциированных матриц $\tilde{R}_{xy}$ и $\tilde{R}_{xz}$, входящих в состав блочной матрицы $\tilde{R}_{xyz}$ [6] и используемых для нахождения неизвестных начальных параметров при вынужденных колебаниях балок и построении форм собственных колебаний с входными последовательностями на множествах $\{0,0,0,1\}$ и $\{1,1,1,0\}$, представим в табл. 4.

В сокращенной форме матрицы $\tilde{R}_{xy}$ и $\tilde{R}_{xz}$ примут вид:

$$\tilde{R}_{xy} = R_{xy} + \tilde{c}_y R_{0001}^{(1)} + \tilde{q}_z R_{0010}^{(2)}; \quad (15)$$

$$\tilde{R}_{xz} = R_{xz} + \tilde{c}_z R_{0001}^{(1)} + \tilde{q}_y R_{0010}^{(2)}, \quad (16)$$

$$R_{0001}^{(1)} = R_{1110}^{(1)}; R_{0010}^{(2)} = R_{1011}^{(2)}.$$

Ассоциированная матрица $\tilde{R}_{xy}, \tilde{R}_{xz}$

КП НП	0111 0001	1011 0010	1101 0100	1110 1000
1000 1110	$1 + \frac{l_k^3}{6EJ_s} \tilde{c}_r$	$\frac{l_k^2}{2EJ_s} \tilde{c}_r$	$l_k \tilde{c}_r$	$\tilde{c}_r$
0100 1101	$l_k + \frac{l_k^2}{2EJ_s} \tilde{q}_s$	$1 + \frac{l_k}{EJ_s} \tilde{q}_s$	$\tilde{q}_s$	0
0010 1011	$\frac{l_k^2}{2EJ_s}$	$\frac{l_k}{EJ_s}$	1	0
0001 0111	$\frac{l_k^3}{6EJ_s}$	$\frac{l_k^2}{2EJ_s}$	l_k	1

Нетрудно видеть, что в ассоциированных матрицах (11)-(16), учитывающих упругие связи, суммируются строки матриц обычного участка балки без каких-либо связей со строками, соответствующими участку балки с абсолютно жесткими связями, умноженными на значения жесткостей упругих связей.

Для балок, у которых поперечные размеры участков по сравнению с их длиной относительно сопоставимы или когда необходимо рассматривать изгибные колебания по высшим формам, используют уточненную теорию [7] с учетом поперечных сдвигов, инерции поворота сечений, а также влияния начальных осевых усилий.

Переходя к пределу функций $S_1, \dots, V_3$ и $A_1, \dots, H_2$ [8] при $\lambda_k \rightarrow 0$, $\lambda_y(\lambda_z) \rightarrow 0$, получим ассоциированные матрицы $\tilde{M}_{xy}^*(\tilde{M}_{xz}^*)$ и $\tilde{R}_{xy}^*(\tilde{R}_{xz}^*)$, структура которых аналогична выражениям (13)-(16), а значения кодов соответствуют кодам табл. 3, 4.

Для этого случая, с учетом обозначений [8] параметры a, d, k, f, Δ , учитывающие инерцию вращения, деформации сдвига и продольные силы, будут равны:

$$a = \sqrt{2v}; k = \frac{a}{1-t}; d = 0; f = 0; \Delta = a, \quad (17)$$

(индексы k, s, r опущены).

Матрицы $\tilde{M}_{xy}^*(\tilde{M}_{xz}^*)$, $\tilde{R}_{xy}^*(\tilde{R}_{xz}^*)$ можно представить в обобщенном виде

$$\tilde{M}_{xy}^* = \|a_{ij}\|_1^6; \tilde{R}_{xy}^* = \|b_{nk}\|_1^4, \quad (18)$$

для которых приведем развернутые выражения элементов a_{ij} и b_{nk} (значение $\frac{1}{a^4}$ является

общим множителем для $\tilde{M}_{xy}^*, \tilde{M}_{xz}^*$ и $\frac{1}{a^2}$ – для $\tilde{R}_{xy}^*, \tilde{R}_{xz}^*$):

$$a_{11} = a^2 k^2 \cos a + \frac{l_k^3 a \tilde{c}_r}{EJ_s} (\sin a - k \cos a) + \frac{l_k a k^2 \tilde{q}_s}{EJ_s} \sin a + \tilde{c}_r \tilde{q}_s a_{61};$$

$$a_{12} = l_k^2 a^2 k \tilde{c}_r \sin a + a^2 k^2 \tilde{q}_s \cos a + \tilde{c}_r \tilde{q}_s a_{62};$$

$$a_{13} = a_{14} = l_k a^2 k \tilde{c}_r \sin a + \tilde{c}_r \tilde{q}_s a_{63}; \quad a_{15} = a^2 k^2 \tilde{c}_r \cos a + \tilde{c}_r \tilde{q}_s a_{65}; \quad a_{16} = \tilde{c}_r \tilde{q}_s a_{66}.$$

Для элементов второй строки матрицы $\tilde{M}_{xy}^* \left(\tilde{M}_{xz}^* \right)$ можно записать:

$$a_{21} = \frac{l_k a k^2}{EJ_s} \sin a + \tilde{c}_r a_{61}; \quad a_{22} = a^2 k^2 \cos a + \tilde{c}_r a_{62}; \quad a_{23} = a_{24} = \tilde{c}_r a_{63}; \quad a_{25} = \tilde{c}_r a_{65};$$

$$a_{26} = \tilde{c}_r a_{66}.$$

Элементы третьей и четвертой строк определяются выражениями:

$$a_{31} = a_{41} = \frac{l_k^2 a k}{EJ_s} (1 - \cos a); \quad a_{32} = a_{42} = l_k a^2 k \sin a; \quad a_{33} = a_{44} = a^2 k^2;$$

$$a_{34} = a_{35} = a_{36} = a_{43} = a_{45} = a_{46} = 0.$$

Наконец, пятую и шестую строки представим в виде:

$$a_{51} = \frac{l_k^3 a}{EJ_s} (\sin a - k \cos a) + \tilde{q}_s a_{61}; \quad a_{52} = l_k^2 a^2 k \sin a + \tilde{q}_s a_{62};$$

$$a_{53} = a_{54} = l_k a^2 k \sin a + \tilde{q}_s a_{63}; \quad a_{55} = a^2 k^2 \cos a + \tilde{q}_s a_{65}; \quad a_{56} = \tilde{q}_s a_{66};$$

$$a_{61} = \frac{l_k^4}{(EJ_s)^2} (2(1 - \cos a) + a \sin a); \quad a_{62} = \frac{l_k^3 a}{EJ_s} (\sin a - k \cos a);$$

$$a_{63} = a_{64} = \frac{l_k^2 a k}{EJ_s} (1 - \cos a); \quad a_{65} = \frac{l_k a k^2}{EJ_s} \sin a; \quad a_{66} = a^2 k^2 \cos a.$$

Элементы b_{nk} ($n, k = 1, \dots, 4$) будут равны

$$b_{11} = ak + \tilde{c}_r b_{41}; \quad b_{12} = \tilde{c}_r b_{42}; \quad b_{13} = \tilde{c}_r b_{43}; \quad b_{14} = \tilde{c}_r b_{44}; \quad b_{21} = l_k a \sin a + \tilde{q}_s b_{31};$$

$$b_{22} = ak \cos a + \tilde{q}_s b_{32}; \quad b_{23} = \tilde{q}_s b_{33}; \quad b_{24} = \tilde{q}_s b_{34}.$$

Элементы строк матриц $\tilde{R}_{xy}^*$, $\tilde{R}_{xz}^*$ при $n = 3, 4$ остаются без изменений:

$$b_{31} = \frac{l_k^2}{EJ_s} (1 - \cos a); \quad b_{32} = \frac{l_k k}{EJ_s} \sin a; \quad b_{33} = ak \cos a; \quad b_{34} = 0;$$

$$b_{41} = \frac{l_k^3}{EJ_s} \left(1 - \frac{1}{k} \sin a \right); \quad b_{42} = \frac{l_k^2}{EJ_s} (1 - \cos a); \quad b_{43} = l_k a \sin a; \quad b_{44} = ak.$$

ВЫВОДЫ:

Приведенные ассоциированные матрицы дают возможность формальным путем учитывать различные виды граничных условий и упругих закреплений дискретных балок, а также учитывать влияние инерции вращения, деформации сдвига, продольных сил. В результате получения системы с конечным числом степеней свободы, применения конечных автоматов и ассоциированных матриц приходим к математическому аппарату линейной алгебры непосредственно, минуя стадию составления дифференциальных уравнений и построения определителей высоких порядков. Такой подход существенно упрощает и систематизирует динамический расчет и позволяет привести его к универсальному виду для различных балочных конструкций.

В дальнейших исследованиях предполагается использовать конечно-автоматное моделирование для расчета свободных и вынужденных колебаний континуально-дискретных балок на сплошном упругом основании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филиппов А. П. Колебания деформируемых систем. – М.: Машиностроение, 1970. – 736 с.
2. Switka Romuald. Drgania i funkcje własne regularnych układów dyskretnych // Pr. Komis. bud. i architect. PTPN Wydz. nauk techn. 1973. 2, S. 3 – 40.
3. Petersmann N. Calculation of eigenvalues using substructures and dynamic condensation // Proc. 2 Int. Conf. Recent Adv. Struct. Dyn., Southampton, 9-13 Apr., 1984. Vol. 1. Southampton., P. 211 - 219.
4. Распопов А. С. Конечно-автоматное моделирование пространственных колебаний стержневых и балочных конструкций // Вестник Днепр. нац. ун-та жел. дор. тр-та. Выпуск 19. – Дн-вск, 2007. – С. 86 – 94.
5. Ивович В. А. Переходные матрицы в динамике упругих систем: Справочник. – М.: Машиностроение, 1981. – 183 с.
6. Распопов А. С. Конечно-автоматное моделирование вынужденных колебаний недиссипативных стержневых систем // Опір матеріалів та теорія споруд: Науково-технічна збірка / Київ. нац. ун-т буд. та арх. (КНУБА). – Вип. 67. – 2007.
7. Вибрации в технике: Справочник: в 6 т. Т. I: Колебания линейных систем / Под ред. В. В. Болотина. – М.: Машиностроение, 1978. – 352 с.
8. Распопов А. С. Асоційовані матриці у розрахунках згинальних коливань континуальних балок // Механіка і фізика руйнування будівельних конструкцій. Випуск 7 / Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2007. – С. 96 – 104.

Таиров Э.Э., аспирант

Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

Реконструкция типовых 5-ти этажных крупноблочных зданий в сейсмоопасных районах Крыма.

Проведен краткий анализ существующих конструктивных вариантов надстроек на типовые серии 5-ти этажных зданий периода массовой застройки. Выполнена расчетно-аналитическая оценка совместной работы здания и надстройки при сейсмическом воздействии интенсивностью 8 баллов с использованием ПК «Лира».

реконструкция, сейсмостойкость, крупноблочные здания, надстройка.

Жилые крупноблочные здания первых массовых серий типовой застройки составляют значительную часть жилищного фонда Крыма и Украины. Массовая реконструкция этой жилой застройки представляет наиболее острую проблему последних десятилетий.

На сегодняшний день основной причиной проведения реконструкции является не только моральный и физический износ жилищного фонда, но и его несоответствие современным антисейсмическим требованиям.

Согласно ДБН В.1.1-12:2006 «Строительство в сейсмических районах Украины» сейсмичность районов Крыма повышена от одного до двух баллов [2]. Из этого следует, что типовые серии крупноблочных жилых домов подлежат реконструкции. Только таким методом можно достичь требуемой сейсмостойкости зданий и гарантировать безопасность людей при возможном сейсмическом воздействии.

Повышение сейсмостойкости достижимо путем усиления узлов несущих конструкций крупноблочных зданий по уже разработанной серии (Серия 0.00-2.96с). Однако, для проведения реконструкции необходимы заинтересованные инвесторы, привлечение которых возможно, как правило, при получении ими дополнительных площадей жилья над существующими зданиями.

Таким образом, наиболее эффективным или быстрореализуемым методом реконструкции является не просто усиление существующих зданий, а их надстройка.

Основными преимуществами данного метода реконструкции являются:

- возможность быстрого получения жилой площади в центральных наиболее благоустроенных и престижных районах города;
- выигрыш в стоимости строительных работ за счет исключения необходимости устройства фундаментов, работ по благоустройству участка, по подводке инженерных сетей, расходов по сносу существующих строений при строительстве новых домов на территории застройки [5];
- при грамотном конструктивном решении надстройки можно добиться уменьшения деформаций существующего здания при сейсмическом воздействии либо возложить на надстройку роль гасителя колебаний;
- надстройка может значительно улучшить архитектурный облик существующих зданий.

Различают два типа конструктивных схем надстроек. К первому относят реконструкцию с восприятием нагрузки от надстраиваемых этажей на старое здание. Ко второму – с передачей массы этих этажей на самостоятельные фундаменты.

Разновидностью первого типа является надстройка без изменения существующего конструктивно-планировочного решения здания и существенного усиления его несущих элементов. В конструкциях стен и фундаментов используют имеющиеся запасы прочности, что весьма ограничивает применение данного метода. Чаще всего такая надстройка связана с устройством мансардного этажа.

Надстройка большим числом этажей влечет за собой усиление несущих элементов здания и изменение конструктивно-планировочного решения. В первую очередь стремятся освободить от дополнительной нагрузки наиболее напряженные части существующего здания и загрузить другие, менее нагруженные. Перекрытия надстройки, например, опирают на поперечные стены, если существующие оперы на продольные. Недостатком данной схемы является временное отселение

жильцов, что приведет к значительному удорожанию реконструкции [6].

Вторая схема надстройки осуществляется по методу «Фламинго». Применяется при реконструкции зданий с недостаточным запасом несущей способности для восприятия нагрузок от надстраиваемых этажей. Данное решение предусматривает устройство над существующим зданием разного рода несущих систем в виде платформ, ферм, балок-стенок на самостоятельных опорах и фундаментах. Опоры выполняют в виде колонн, пилонов, объемлющего каркаса, стенок. Планировочные и конструктивные решения надстраиваемой части оказываются лишь условно связанными с существующим зданием [5].

Преимуществом данной схемы является возможность проведения реконструкции без отселения жильцов. Также необходимо отметить, что жильцы надстраиваемого здания получают дополнительные площади за счет опорной части «Фламинго», ограждающие конструкции которого будут соответствовать современным теплотехническим требованиям.

Несущие системы «Фламинго» могут выполняться из металлических или железобетонных конструкций.

Ряд интересных конструктивных решений реконструкции по методу «Фламинго» с применением металлических каркасных систем для сейсмических районов разработаны в Киевском государственном техническом университете строительства и архитектуры (КГТУСА) и Приднестровской государственной академии строительства и архитектуры (ПГАСиА) под руководством профессора, д.т.н. М.М. Жербина.

Несколько пилотных проектов реконструкции по методу «Фламинго» в железобетонном исполнении разработаны Алуштинским филиалом института «КрымНИИпроект».

Практика строительства показывает, что наибольшая экономическая эффективность в сейсмических районах достигается путем возведения многоэтажных зданий из монолитного железобетона. Происходит отказ от мощных сечений колонн и ригелей в пользу часто расположенных пилонов и колонн сложного сечения, которые удачно вписываются в планировку.

Исходя из этого, для проведения численного эксперимента в ПК «Лира 9.4» был принят вариант надстройки из монолитного железобетона.

Цели исследования:

- а) проанализировать совместную работу здания и надстройки;
- б) сравнить напряжения в стенах надстраиваемого здания со значениями, полученными ранее при работе данного здания без надстройки.

Было рассмотрено пятиэтажное крупноблочное здание серии 67-020с.86 для строительства в районах сейсмичностью 7 баллов. Габаритные размеры здания в осях 12х30м (торцовая секция) (Рис. 1).

Надстройка из монолитного железобетона с габаритными размерами 15,6х30м. Пространственная схема надстройки состоит из плоских железобетонных балок-стенок толщиной 15см, объединенных между собой монолитными перекрытиями толщиной 18см. Шаг балок-стенок переменный от 3,5 до 6,5м. Количество надстраиваемых этажей – 4. Высота каждого этажа – 3м (Рис. 2).

Надстройка опирается на железобетонные пилоны сечением 30х100см, которые также объединены между собой монолитными перекрытиями лоджий толщиной 18см.

Жесткость надстройки в продольном направлении обеспечивается диафрагмами жесткости толщиной 15см, проходящими по средней и крайним осям. Диафрагма по средней оси – непрерывная по всей длине надстройки.

Для расчета были приняты следующие исходные данные:

- характеристики кладки крупноблочного здания: марка блока 75, марка раствора 50,
- класс бетона надстройки В 25,
- сейсмичность площадки 8 баллов,
- категория грунта по сейсмическим свойствам II.

Сбор нагрузок на расчетную схему был произведен по [4].

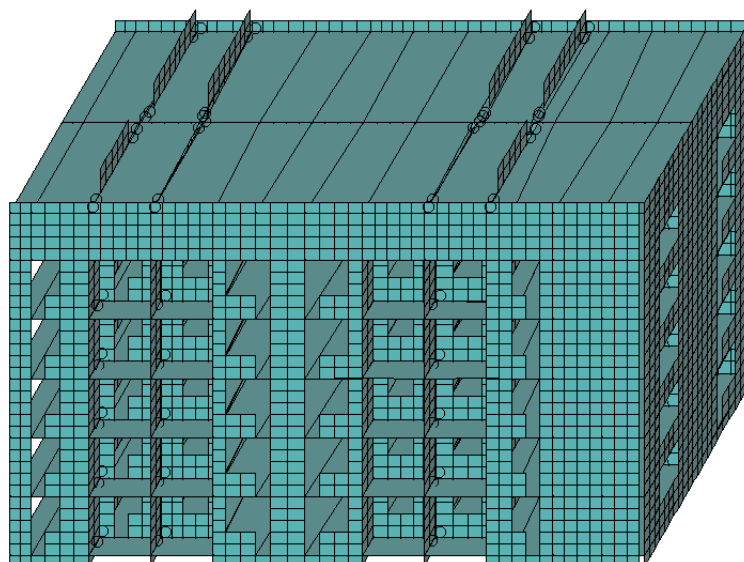


Рис. 1. Расчетная модель исследуемого крупноблочного здания.

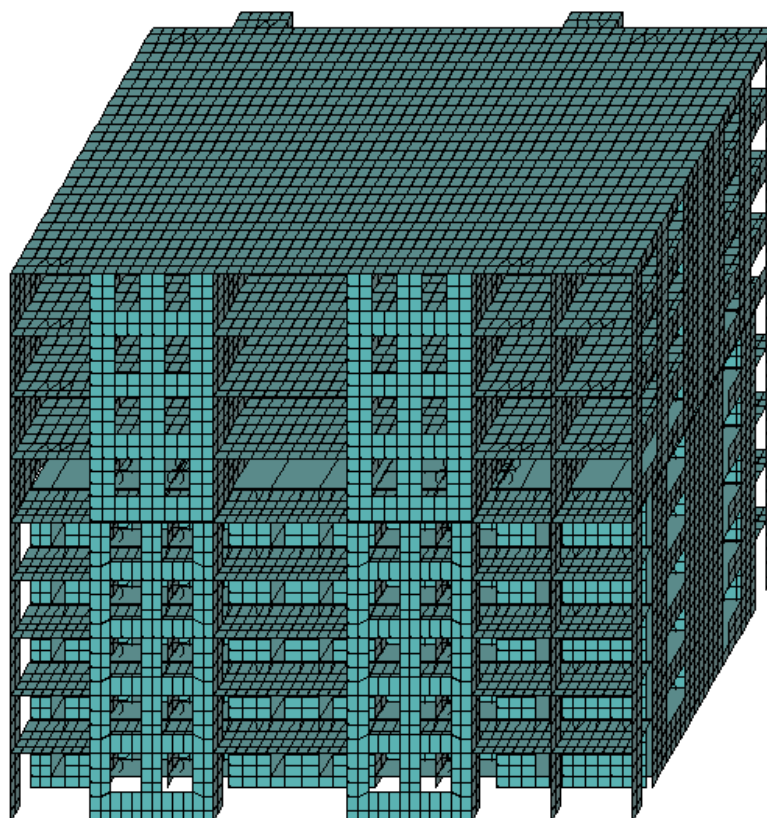


Рис. 2. Расчетная модель исследуемого крупноблочного здания с надстройкой из монолитного железобетона.

В процессе моделирования расчетной схемы возник вопрос в выборе оптимального варианта сопряжения надстройки с реконструируемым зданием. В связи с этим было предложено исследовать два варианта конструктивного решения надстройки. В первом варианте между надстройкой и существующим зданием предусмотрены шарнирные связи, а во втором – антисейсмический шов.

Расчет систем был выполнен на следующие загрузки: 1 – постоянное; 2 - временное длительное; 3 - временное кратковременное; 4 - сейсмическое вдоль оси X; 5 - сейсмическое вдоль

оси У. Загружения 4 и 5 были заданы как взаимоисключающие.

Полученные максимальные напряжения в кладке исследуемой крупноблочной конструкции при работе с надстройкой и без нее представлены в табл. 1, 2, 3.

Таблица.1.

Максимальные напряжения в кладке крупноблочного здания при 1-ом варианте надстройки с шарнирными связями.					
№	Вид загрузки	Nx, кг/см2		Ny, кг/см2	
		max. сжимающее	max. растягивающее	max. сжимающее	max. растягивающее
1	Постоянное	-2.209	0.629	-8.712	0.536
2	Временное длительное	-0.255	0.109	-1.156	0.188
3	Временное кратковременное	-0.503	0.159	-2.277	0.364
4	Сейсмическое вдоль оси X	-3.057	3.192	-9.822	9.754
5	Сейсмическое вдоль оси У	-8.172	7.186	-10.741	22.933
	max. по РСУ	-8.664	9.729	-21.143	20.331

Таблица.2.

Максимальные напряжения в кладке крупноблочного здания при 2-ом варианте надстройки с антисейсмическим швом.					
№	Вид загрузки	Nx, кг/см2		Ny, кг/см2	
		max. сжимающее	max. растягивающее	max. сжимающее	max. растягивающее
1	Постоянное	-2.212	0.751	-8.795	0.572
2	Временное длительное	-0.255	0.121	-1.165	0.189
3	Временное кратковременное	-0.503	0.186	-2.301	0.367
4	Сейсмическое вдоль оси X	-3.647	3.451	-8.273	7.339
5	Сейсмическое вдоль оси У	-2.346	1.907	-4.236	9.556
	max. по РСУ	-4.679	4.114	-14.431	6.495

Результаты численного эксперимента позволили выявить, что самым неблагоприятным является сейсмическое нагружение вдоль оси У, т.е. в направлении короткой стороны здания. На рис. 3, 4 и 5 представлены картины изополей напряжений крупноблочной кладки при данном нагружении.

Таблица 3.

Максимальные напряжения в кладке крупноблочного здания без надстройки.					
№	Вид загрузки	Nx, кг/см ²		Ny, кг/см ²	
		max. сжимающее	max. растягивающее	max. сжимающее	max. растягивающее
1	Постоянное	-2.987	1.098	-10.21	0.9
2	Временное длительное	-0.255	0.248	-1.157	0.212
3	Временное кратковременное	-0.994	0.502	-2.638	0.358
4	Сейсмическое вдоль оси X	-4.209	4.041	-8.751	8.275
5	Сейсмическое вдоль оси Y	-2.755	2.24	-5.347	10.842
	max. по РСЧ	-5.706	4.789	-16.057	6.992

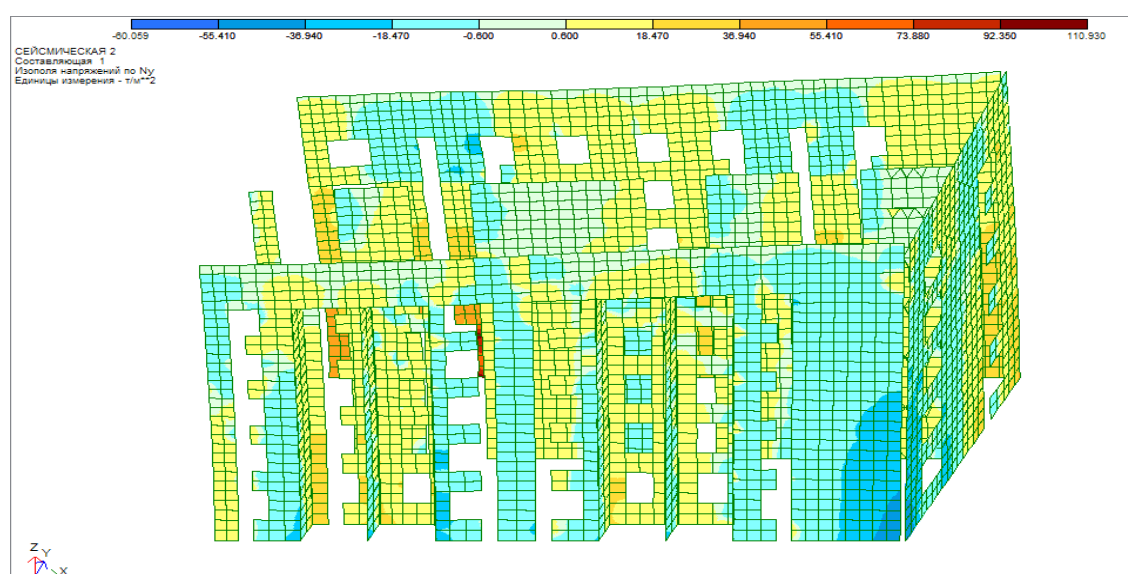


Рис. 3. Изополюс напряжений крупноблочного здания при работе без надстройки на сейсмическое нагружение вдоль оси Y.

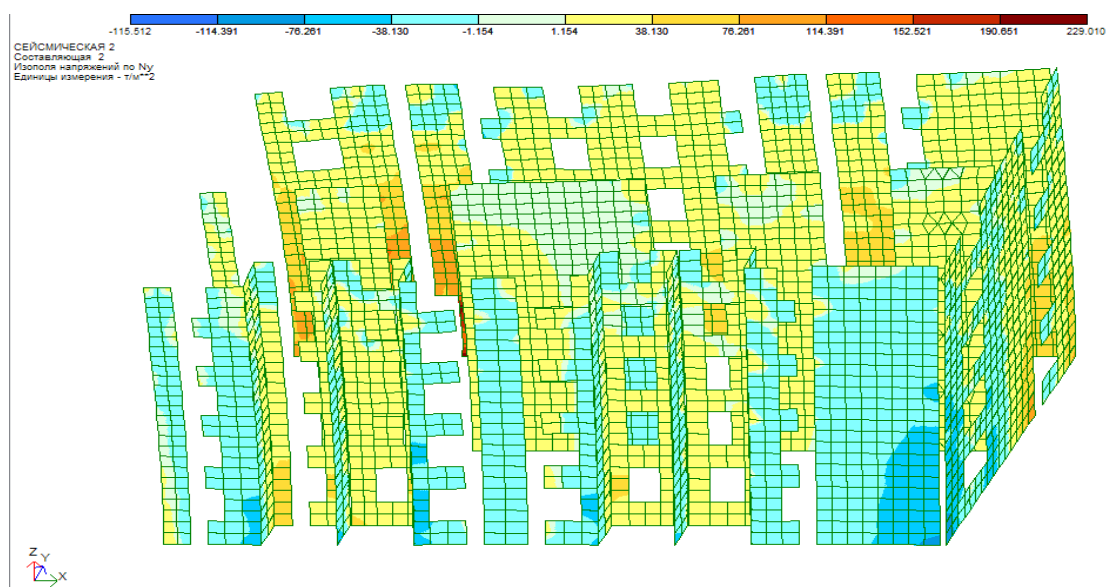


Рис. 4. Изополюс напряжений крупноблочного здания при работе с надстройкой по 1-му варианту на сейсмическое нагружение вдоль оси Y.

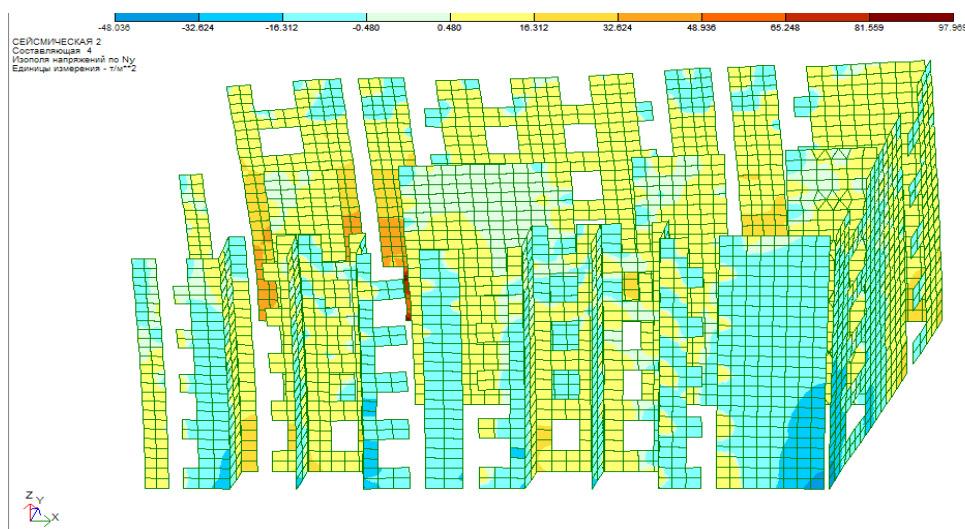


Рис. 5. Изополюс напряжений крупноблочного здания при работе с надстройкой по 2-му варианту на сейсмическое нагружение вдоль оси Y.

Сравнительный анализ результатов (см. табл. 1, 2 и 3) указывает на то, что тип сопряжения здания и надстройки является очень важным фактором при работе данной системы на сейсмические воздействия.

Из полученных картин напряженно-деформированного состояния конструкций при 1-ом варианте надстройки было выявлено, что через шарнирные связи, заложенные в уровне пилонов, надстройка передала свои деформации на «пятиэтажку», что весьма негативно отразилось на работе последней.

Второй вариант надстройки не оказал существенного влияния на работу крупноблочного здания. Эффект гасителя колебаний, возлагаемый на надстройку, не получен.

Также, в процессе анализа напряженно-деформированного состояния крупноблочной кладки исследуемого здания при особом сочетании нагрузок, были выявлены участки с дефицитами прочности на растяжение (см. табл. 3).

ВЫВОДЫ:

1. Выполнен расчет модели пятиэтажного жилого дома серии 67-020с.86 (адаптированного для строительства в районах сейсмичностью 7 баллов) на сейсмическое воздействие интенсивностью 8 баллов согласно требованиям [2].
2. Получены картины напряженно-деформированных состояний исследуемой крупноблочной конструкции.
3. Выявлены возможные зоны дефицитов прочности на растяжение при особых сочетаниях нагрузок.
4. Разработана модель надстройки из монолитного железобетона.
5. Выполнена расчетно-аналитическая оценка совместной работы существующего здания и надстройки на сейсмическое воздействие интенсивностью 8 баллов при двух вариантах сопряжения данных конструкций.
6. Результаты оценки выявили недостаточную эффективность принятого варианта надстройки и необходимость поиска комплексного технического решения для обеспечения сейсмостойкости реконструируемых зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.1.1-1-94 Проектирование и строительство гражданских зданий из блоков и камней пильных известняков крымских месторождений в сейсмических районах / Госкомградогостроительство Украины.-К. : Укрархстройинформ, 1995.- 43с.
2. ДБН В.1.1-12:2006 Строительство в сейсмических районах Украины. / Госкомградогостроительство Украины.-К. : Укрархстройинформ, 2006.- 84с.
3. СНиП П-22-81 Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой СССР.- М: Стройиздат, 1983.- 40 с.
4. ДБН В.1.2-2:2006 Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. / Госкомградогостроительство Украины.-К. : Укрархстройинформ, 2006.- 78с.
5. Швеиц Н.А. Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук «Конструктивные системы реконструкции жилых зданий методом надстройки» / Днепропетровск, 1997.
6. Касьянов В.Ф. «Реконструкция жилой застройки городов» / Москва, 2002.- 208с.

Чемодуров В.Т., д.т.н., профессор, Попов А.Г., инженер
Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

Устойчивость круговых цилиндрических оболочек под действием нестационарного бокового давления.

Представлены теоретические разработки оценки динамической потери устойчивости цилиндрических оболочек, подвергающихся действию нестационарного давления различной длительности – от идеального импульса до ступенчатой нагрузки. Для описания поведения оболочки во всем диапазоне длительностей воздействия применены две модели: модель касательного модуля для импульсной нагрузки, вызывающей пластическое выпучивание; упругая модель для длительных нагрузок, приводящих к упругому выпучиванию.

Устойчивость, нестационарное давление, изгибные формы потери устойчивости, динамические нагрузки, присоединенная масса.

Под действием бокового нестационарного давления оболочка может терять устойчивость. Число волн потери устойчивости зависит от значения максимального давления и длительности действия нагрузки. Это хорошо прослеживается в процессе экспериментальных исследований [1,2,3].

Отмечается, что при импульсном нагружении оболочки она теряет устойчивость с большим числом волн (несколько десятков). При квазиимпульсном воздействии (длительность сравнима с характерным временем оболочки) возникает до 13-15 волн. Квазистатическое воздействие придает оболочке форму, близкую к статической потере устойчивости.

В работе предлагается методика изучения потери устойчивости оболочки в широком диапазоне длительности действия нагрузки, от идеального импульса до такой её продолжительности, что процесс нагружения можно считать статическим. На процесс потери устойчивости влияет: давление в ударной волне, длительность воздействия, длина оболочки, силы инерции, внутреннее наполнение оболочки.

Постановка задачи: шарнирно закрепленная цилиндрическая оболочка, подвергающаяся внешнему давлению, равномерно распределенному по её поверхности. Изменение давления во времени задается в форме треугольника, или в экспоненциальной форме (Рис.1).

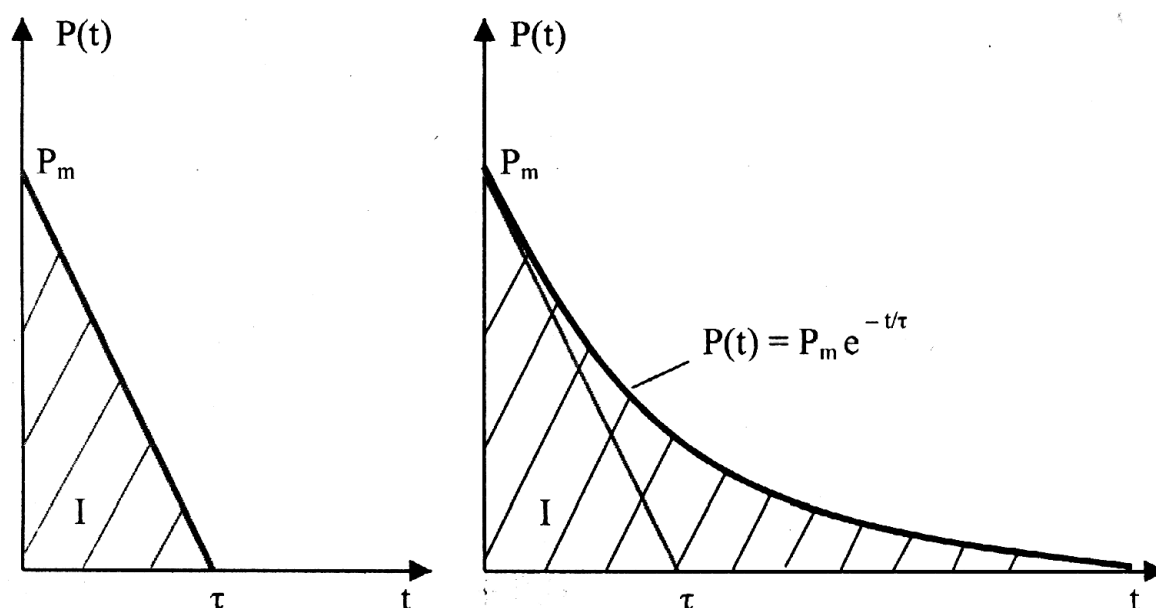


Рис.1.

В работе [3] предлагается схематизировать процесс потери устойчивости оболочки в координатах P_m - I (Рис.2). Здесь P_m – максимальное давление в ударной волне; I – импульс давления. При этом, как показывают испытания, нагрузки попадают в три разные области. Поведение оболочки

значительно меняется при переходе из одной области в другую. При импульсном нагружении потеря устойчивости оболочки возникает при напряжениях, равных пределу текучести.

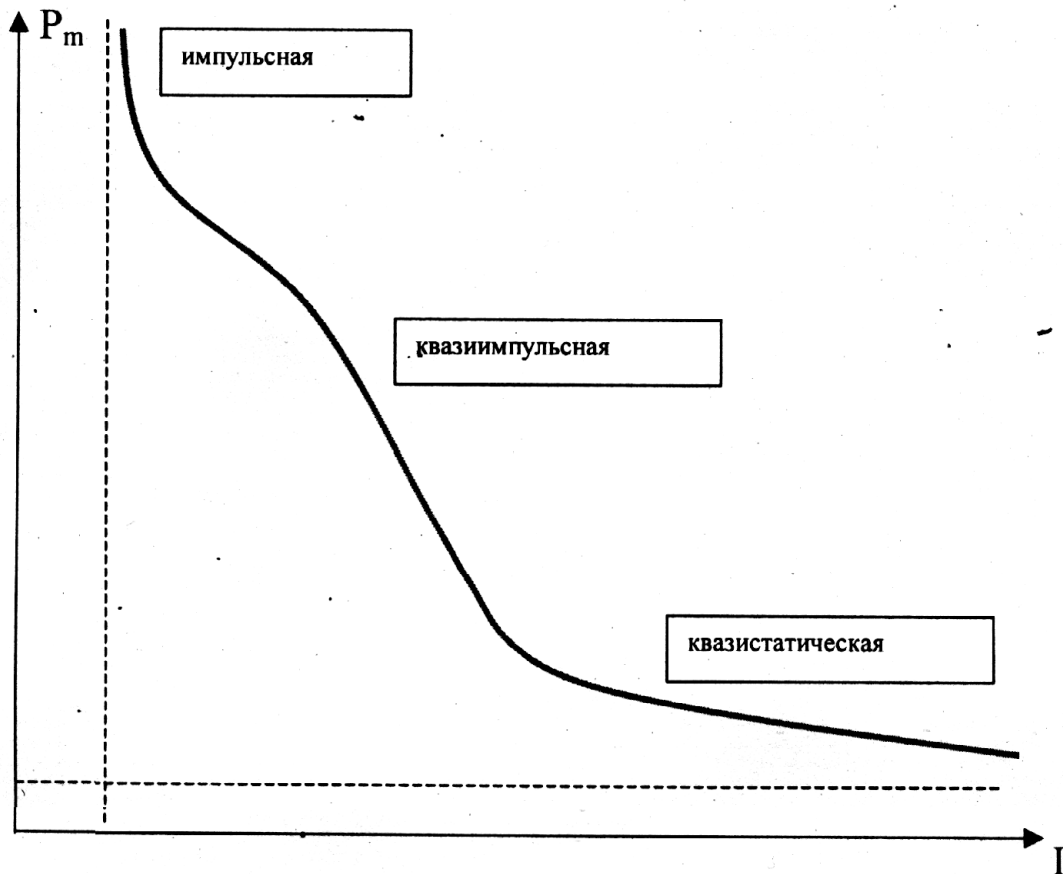


Рис.2.

При квазистатической нагрузке потеря устойчивости оболочки происходит при напряжениях меньше предела текучести, квазиимпульсная нагрузка является переходной. Таким образом, важной задачей в исследовании динамических процессов является выбор расчетной модели, схематизирующей реальный объект. Удачный выбор расчетной модели во многом определяет успех исследования. Модель должна быть по возможности простой, но в то же время должна отражать основные свойства реального объекта.

Уравнения движения.

Упругая модель.

Уравнения движения в упругой модели были рассмотрены в [7]. Они получаются из уравнений оболочки, к которым добавляются инерциальные члены. Если ограничиться изучением лишь таких процессов, в которых амплитуда изгибных колебаний не превосходит толщины оболочки, то правомерно воспользоваться уравнениями движения гладкой цилиндрической оболочки в рамках линейной постановки.

$$\frac{D}{h} \nabla^8 w + \frac{E}{R^2} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + P(t) \frac{R}{h} \nabla^4 \left[\frac{1}{R^2} \frac{\partial^2 (w + w_H)}{\partial \theta^2} \right] + \left(\rho_0 + \frac{m_n}{h} \right) \frac{\partial^2}{\partial t^2} \nabla^4 w = 0 \quad (1)$$

Здесь: h, R — толщина и радиус оболочки; x, θ — цилиндрические координаты;

$D = Eh^3/[12(1-\mu^2)]$ — цилиндрическая жесткость; w_n, w — начальный и текущий прогиб оболочки; $P(t)$ — внешнее воздействие; m_n — присоединенная масса наполнителя при движении оболочки по формам потери устойчивости.

По теории длинных волн

$$m_n = \frac{\rho R}{n} \quad (2)$$

При наличии в цилиндрических балках жидкости

$$m_n = \frac{R\rho_{ж}}{n} \quad (3)$$

Здесь: $\rho_{ж}$ – плотность жидкости; n – число волн потери устойчивости в кольцевом направлении.

Формы динамического и начального прогибов задаются следующими зависимостями:

$$\left. \begin{aligned} w &= w_0 + w_H \sin kx \cos n\theta; \\ w_H &= \delta_H \sin kx \cos n\theta \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Где $k = \pi/L$; L – длина оболочки

В формуле (1) внешнее давление выражается через радикальное обжатие оболочки

$$P(t) = \frac{Eh}{R^2} w_0 \quad (5)$$

Проинтегрируем (1), с учетом (4), по методу Бубнова-Галеркина, получим:

$$\left. \begin{aligned} a_0 \ddot{w}_0 + c_0 w_0 &= p(t); \\ a_n \ddot{w}_n + (c_n - b_n w_0) w_n &= b_n w_0 \delta_H \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Здесь:

$$\left. \begin{aligned} a_0 &= \rho_0 h + m^*; \\ c_0 &= \frac{Eh}{R^2}; \\ a_n &= \left(\rho_0 + \frac{R}{nh} \rho_{ж} \right) \left(k^2 + \frac{n^2}{R^2} \right)^2; \\ b_n &= \frac{E}{R^3} n^2 \left(k^2 + \frac{n^2}{R^2} \right)^2; \\ c_n &= \frac{D}{h} \left(k^2 + \frac{n^2}{R^2} \right)^4 + \frac{E}{R^2} k^4. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

m^* – присоединенная масса жидкости при асимметричном обжатии оболочки, зависит от геометрических параметров оболочки.

Для исследования динамической устойчивости оболочек удобно модель (6)-(7) представить в безразмерной форме. Примем в качестве основных физических величин с независимой размерностью Eh/R^2 , ρ_0 , R . Тогда получим следующую систему уравнений.

$$\left. \begin{aligned} a_0 \ddot{\bar{w}}_0 + c_0 \bar{w}_0 &= \bar{p}(t); \\ a_n \ddot{\bar{w}}_n + (c_n - b_n \bar{w}_0) \bar{w}_n &= b_n \bar{w}_0 \bar{\delta}_H \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Коэффициенты, входящие в (8), вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned}
a_0 &= \bar{h} + m^* / \rho_0 \\
c_0 &= 1 \\
a_n &= \left(1 + \frac{m^*}{\rho_0 n \bar{h}} \right) n^4 \left(1 + \frac{\pi^2}{4 l^2 n^2} \right)^2 \\
b_n &= \frac{n^6}{\bar{h}} \left(1 + \frac{\pi^2}{4 l^2 n^2} \right)^2 \\
c_n &= \frac{\bar{h}^2 n^8}{12(1 - \mu^2)} \left(1 + \frac{\pi^2}{4 l^2 n^2} \right)^4 + \frac{\pi^4}{16 \bar{h} l^4}
\end{aligned} \tag{9}$$

Модель касательного модуля.

При использовании «упругой» модели для оценки устойчивости круговой цилиндрической оболочки необходимо убедиться в том, что максимальные кольцевые цепные напряжения $\sigma_{2\max}$ не превышают предела текучести материала σ_{τ} . Если это условие не выполняется, то при определении критической нагрузки необходимо воспользоваться моделью «касательного модуля».

В случае потери устойчивости при больших пластических деформациях длина цилиндрической оболочки практически не влияет на критическую нагрузку. Это позволяет упростить постановку задачи и рассматривать вместо оболочки конечной длины кольцо из упруго-пластического материала. Для составления уравнений движения кольца (в рамках модели «касательного модуля») под действием ударной волны введем обозначения:

$$\alpha^2 = \frac{h^2}{12 R^2}; \quad c^2 = \frac{E}{\rho_0} \tag{10}$$

Отклонение начальной формы оболочки от цилиндрической описывается функцией $w_n(\theta)$. Безразмерные перемещение и время определяются в виде:

$$\bar{w} = \frac{w}{R}; \quad \bar{w}_H = \frac{w_H}{R}; \quad \bar{t} = \frac{ct}{R} \tag{11}$$

В принятых обозначениях уравнение движения кольца имеет вид [1]:

$$\bar{\ddot{w}} + \frac{\alpha^2 E_t}{E} \frac{\partial^4 \bar{w}}{\partial \theta^4} + \left(\alpha^2 \frac{E_t}{E} + \frac{\sigma}{E} \right) \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \theta^2} + \frac{\sigma}{E} (1 + \bar{w}) = \frac{PR}{Eh} - \frac{\sigma}{E} \left(\bar{w}_H + \frac{\partial^2 \bar{w}_H}{\partial \theta^2} \right) \tag{12}$$

Здесь E_t – касательный модуль; σ – окружное мембранное напряжение.

Для простоты, в начальной форме оболочки и в распределении давления рассматриваются возмущения в виде рядов, содержащих члены только с $\cos(n\theta)$. Тогда перемещение и давление представляются в следующем виде

$$\begin{aligned}
\bar{w}_H &= \sum_{n=1}^{\infty} \bar{\delta}_H \cos(n\theta) \\
\bar{w}(\theta, \bar{t}) &= \sum_{n=0}^{\infty} \bar{w}_n(\bar{t}) \cos(n\theta) \} \\
P(\theta, \bar{t}) &= \sum_{n=0}^{\infty} P_n(\bar{t}) \cos(n\theta)
\end{aligned} \tag{13}$$

Подставляя (13) в уравнение (12) и приравнявая к нулю коэффициент при $\cos(n\theta)$ и свободный член, получим

$$\left. \begin{aligned} \ddot{\bar{w}}_0 + \frac{\sigma}{E}(1 + \bar{w}_0) &= \frac{P_0 R}{Eh} \\ \ddot{\bar{w}}_0 + (n^2 - 1) \left[\frac{\alpha^2 E_t}{E} n^2 - \frac{\sigma}{E} \right] \bar{w}_n &= \frac{P_n R}{Eh} + \frac{\sigma}{E} (n^2 - 1) \bar{\delta}_n \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Безразмерные осесимметричные перемещения $\bar{w}_0$ совпадают с мембранной деформацией ε_0 . Следовательно $\bar{w}_0$ мало, и в первом уравнении (14) им можно пренебречь по сравнению с единицей. Уравнение становится линейным.

В исследованиях устойчивости оболочки в рамках модели касательного модуля используется данные о диаграммах «напряжение-деформация», полученных при испытаниях на растяжение образцов, вырезанных из материала оболочки (σ/E_t – в зависимости от деформации).

Для большинства металлов отношение σ/E_t за пределами текучести линейно зависит от деформации. Поэтому при расчетах можно использовать формулу [1]

$$\frac{\sigma}{E_t} = \begin{cases} \sigma/E = \varepsilon; & \text{при } \varepsilon \leq \varepsilon_T \\ k(\varepsilon - \varepsilon_T) + \varepsilon_T; & \text{при } \varepsilon > \varepsilon_T \end{cases} \quad (15)$$

где: $\varepsilon_T = (\sigma_T/E)$; σ_T – предел текучести материала.

С учетом сказанного полная система уравнений движения оболочки с учетом инерциального члена имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{\bar{w}} &= \left[\frac{P_0 R}{Eh} - \frac{\sigma}{E} \right] \frac{1}{\Delta_0} \\ \ddot{\bar{w}} + \frac{n^2 - 1}{\Delta_n} \left(\alpha^2 n^2 \frac{E_t}{E} - \frac{\sigma}{E} \right) \bar{w}_n &= \frac{\sigma(n^2 - 1)}{E \Delta_n} \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

$$\dot{\sigma} = E_t \dot{\bar{w}}_0$$

Здесь:

$$E_t = \left\{ \begin{aligned} &\frac{\sigma}{k(\bar{w}_0 - \varepsilon_T) + \varepsilon_T}; && \text{при } \bar{w}_0 > \varepsilon_T \\ &E \dots && \text{при } \bar{w}_0 \leq \varepsilon_T \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

$$\Delta_0 = 1 + \frac{m^* \rho R}{\rho_0 h}; \quad \Delta_n = 1 + \frac{\rho R}{n \rho_0 h}$$

Основная задача при решении приведенной системы (16)-(17) заключается в определении комбинаций $P_m - I$, при которых для какой-либо одной или ряда форм изгибных деформаций появляется такой рост перемещений, что условия устойчивости оказываются нарушенными.

Функции усиления и критические кривые потери устойчивости.

В упругой модели и модели касательного модуля уравнения движения имеют общее свойство. Отдельное уравнение определяет осесимметричное кольцевое сжатие. Для каждой формы изгибного движения получается уравнение, содержащее кольцевые мембранные усилия в коэффициенте при $\bar{w}_n$.

Исследуем динамические процессы. В формуле (6) при достаточно больших $\bar{w}_0$ коэффициент при $\bar{w}_n$ становится отрицательным. Следовательно, решение теряет колебательный вид и имеет характер гиперболической функции. При этом решение имеет экспоненциальное возрастание, что обычно считается указанием на возможность существования остаточных изгибных деформаций, то есть на возможность потери устойчивости. Общая задача состоит в определении уровней давления и импульса нагрузки, при которых для какой-либо одной из форм изгибной деформации появляется такой рост перемещений, что характерное условие устойчивости оказывается нару-

шенным. В ряде работ [А.Платонов] в качестве критерия динамической устойчивости принимается условие $w_n / \delta_n \leq c$, где c – коэффициент усилия несовершенства начальной формы оболочки – обычно выбирается по значению равному 1000.

Критическую нагрузку можно определить из выражения

$$c_n - b_n w_{окр} = 0 \quad (18)$$

При этом число волн потери устойчивости в статике определяется из условия $\partial w_{окр} / \partial n = 0$

Так как $\pi^2 / (4l^2 n^2) \ll 1$, то по формуле (18) с учетом (9) получим:

$$\bar{w}_{окр} = \frac{\bar{h}^2 n^2}{12(1 - \mu^2)} + \frac{\pi^4}{16n^6 l^4} \quad (19)$$

Условие $\partial w_{окр} / \partial n$ позволяет определить

$$n = 1.69 \sqrt[8]{\frac{1 - \mu^2}{\bar{h} l^2}} \quad (20)$$

здесь $n = h/R$; $l = L/(2R)$.

После подстановки (20) в (19) будем иметь:

$$\bar{w}_{окр} = 0.68 \frac{\bar{h}^{3/2}}{l(1 - \mu^2)^{3/4}} \quad (21)$$

Приведенные выше модели процесса устойчивости цилиндрической оболочки как пустой, так и с жидким наполнителем используются для построения границ устойчивости в плоскости максимальное давление – импульс ($P_m - I$).

Диаграмму $P_m - I$ имеется возможность описать приближенными формулами. Например, в работе [1] предлагается описать кривые устойчивости гиперболами (рис.3). при этом точность их составит не выше 20% [6].

$$\left(\frac{P}{P_{кр}} - 1 \right) \left(\frac{I}{I_{кр}} - 1 \right) = 1 \quad (22)$$

здесь $P_{кр}$ и $I_{кр}$ соответствуют асимптотам гипербол.

Рассмотрим формулы для пластической ветви (кривая 1 рис.3). для модели касательного модуля

$$\left. \begin{aligned} P_{кр} &= P_T = \frac{3}{4} \frac{\sigma_T h}{R} \\ I_{кр} &= I_T = \left(\frac{96}{K} \right)^{1/4} R (\rho_0 \sigma_T)^{1/2} \left(\frac{h}{R} \right)^{3/2} \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

Здесь k – наклон графика зависимости σ / E_t от деформации сжатия за пределами текучести материала оболочки

Если потеря устойчивости происходит в плотной среде, то есть бак заполнен жидкостью, то

$$I_{кр} = I_T = \left(\frac{96 \Delta_0}{k} \right)^{1/4} R (\rho_0 \sigma_T) \left(\frac{h}{R} \right)^{3/2} \left(1 - \frac{\Delta P R}{h \sigma_T} \right)^{3/4} \quad (24)$$

здесь

$$\Delta_0 = 1 + \frac{\bar{m}^* \rho R}{\rho_0 h} \quad (25)$$

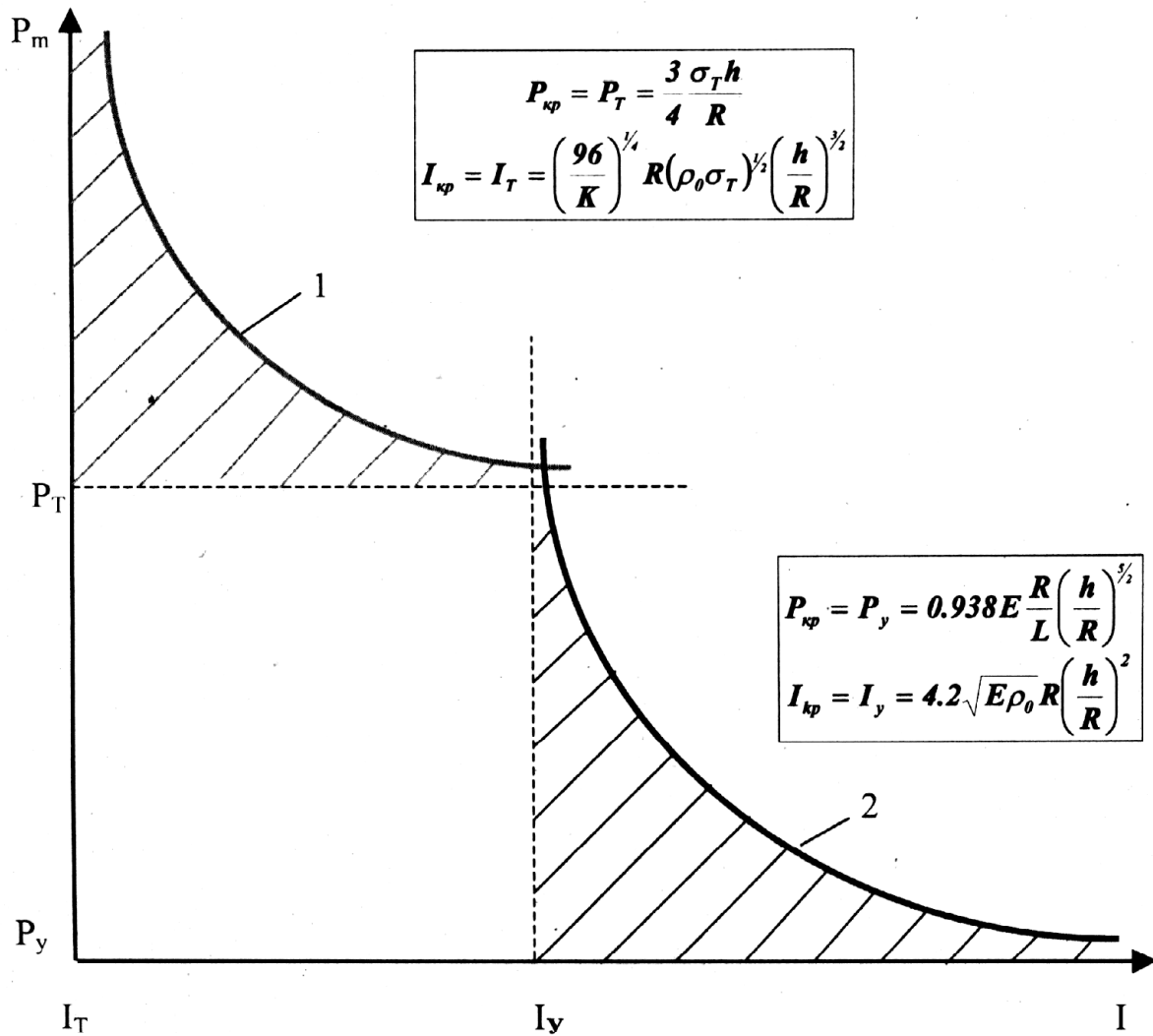


Рис. 3.

Для упругой ветви (кривая 2 рис.3) с учетом формул (5) и (21) будем иметь

$$\left. \begin{aligned} P_{kp} = P_y &= 0.938 E \frac{R}{L} \left(\frac{h}{R} \right)^{3/2} \\ I_{kp} = I_y &= 4.2 \sqrt{E \rho_0} R \left(\frac{h}{R} \right)^2 \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

С учетом инерционности жидкости

$$I_{kp} = I_y = 4.2 \sqrt{E \rho_0} \Delta_0^{1/4} \left(\frac{h}{R} \right)^2 \quad (27)$$

ВЫВОДЫ.

Полученные модели позволяют осуществить проверку на устойчивость цилиндрической оболочки в широком диапазоне параметров динамической нагрузки. Формулы позволяют производить анализ выпучивания как пустых цилиндрических оболочек, так и заполненных жидкостью.

Предложены простые аппроксимации для кривых устойчивости, использование которых позволяет относительно просто получить предварительный результат.

Все формулы получены для осесимметричной нагрузки. Цель дальнейших исследований будет заключаться в анализе потери устойчивости при падении боковой ударной волны, обтекающей оболочку по закону косинуса.

Полученные результаты исследований актуальны и имеют практическую значимость при оценке условий живучести баков, содержащих воспламеняющиеся вещества, а так же при определении критических радиусов разрушения баков в зависимости от мощности взрывных зарядов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андерсен Д, Линдберг Г. Динамическое выпучивание цилиндрических оболочек под действием нестационарного бокового давления. «Ракетная техника и космонавтика». Том 6, №4 – 1968 .
2. Вальмир А.С. Нестационарная динамика пластинок и оболочек. «Наука», М., 1972г.
3. Григолюк Э.И., Горшков А.Г. Нестационарная гидроупругость конструкций. «Судостроение», Л., 1974г.
4. Кармишин А.В. и др. Нестационарная аэроупругость конструкций. «Машиностроение», М., 1982 .
5. Перцев А.К., Платонов Э.Г. Динамика оболочек и пластин. «Судостроение», Л., 1987 .
6. Смолкин И.С. Некоторые вопросы динамической устойчивости цилиндрических оболочек от внешнего давления. РК техники, серия 14, вып.2. Миасс, Челябинская обл., 1989г.
7. Чемодуров В.Т., Попов А.Г. Врывостойкость цилиндрических оболочек. «Строительство и техногенная безопасность», - сборник научных трудов, НАПКС, Симферополь 2006.

Раздел 2. Основания и фундаменты, механика и сейсмостойкость

УДК: 699.841

Мартынов Н.В., инженер.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

Аналитический обзор систем и элементов активной сейсмозащиты с программным изменением силового воздействия на базе динамических гасителей колебаний маятникового типа

В рамках общего анализа технических эксплуатационных и стоимостных возможностей всех активных систем сейсмозащиты строительных объектов исследуются положительные и отрицательные моменты систем с программным изменением силового воздействия на базе использования динамических гасителей колебаний маятникового типа.

Землетрясения, интенсивность, система, строительный объект, динамические гасители, амплитуда, воздействие, внутреннее трение.

Динамические гасители колебаний относятся к специальным устройствам, применяемым для снижения негативного уровня ветровых импульсных и сейсмических воздействий на защищаемый строительный объект. При работе гасителя энергия колебаний защищаемой конструкции передается гасителю, вследствие чего происходит уменьшение амплитуды колебаний объекта защиты, тем самым, осуществляется снижение негативного динамического воздействия на основной защищаемый объект [1-5].

Конструктивно гасители колебаний представляют собой либо инерционную массу, соединенную с объектом защиты посредством упругой подвески (троса, шарнирных стержней, пружины) (рис. 1 а), либо инерционную массу в виде платформы, скользящей или перемещаемой по перекрытию, в уровне верха (чердака) здания или сооружения (рис. 1, б).

В зависимости от конструктивного исполнения динамических гасителей колебаний, они подразделяются на

маятниковые; плавающие; пружинного или комбинированного типа.

При этом в зависимости от характера динамического взаимодействия гасителя с несущими конструкциями защищаемого строительного объекта различают гасители колебаний ударного и инерционного типа. Если гаситель колебаний включается в динамический процесс колебания строительной системы посредством инерционного рывка его инерционной массы 2, то это гаситель инерционного типа (рис. 1, а), а если за счет удара, то это гаситель ударного типа, (рис. 1, б).

По своей конструктивной сути динамические гасители колебаний строительного объекта маятникового типа (рис. 1, а) довольно просты. В целом они представляют собой динамическую систему, состоящую из непосредственно защищаемого строительного объекта 1 и инерционной массы 2 в точке крепления 4, жестко подвешенную к объекту на упругой, тросовой подвеске 3. При этом, амплитуда и частота собственных колебаний маятникового гасителя регулируется изменением веса массы строительного объекта 1, гасителя колебаний 2 и изменением длины тросовой подвески 3, а затухание в гасителе - за счет сил внутреннего трения, возникающих при изгибных деформациях верхней части тросовой подвески 3 или посредством дополнительного введения в систему специальных демпфирующих систем и устройств. Кроме этого, в случае необходимости, затухание в гасителе можно увеличить за счет установки дополнительных, промежуточных опор по длине тросовой подвески 3. В маятниковых гасителях ударного типа (рис. 1, б), как правило, в систему дополнительно вводят еще и бойное приспособление 5 (рис 1, б), предназначенное для непосредственного восприятия удара от инерционной маятниковой массы 2.

Обязательное наличие у динамического гасителя колебаний маятниковой системы является определяющим фактором всех гасителей маятникового типа. Наблюдаемые конструктивные отклонения (изменения) в других новациях гасителя по существу не меняют сути основной идеи и фактически представляют собой различные варианты ее практического конструктивного развития.

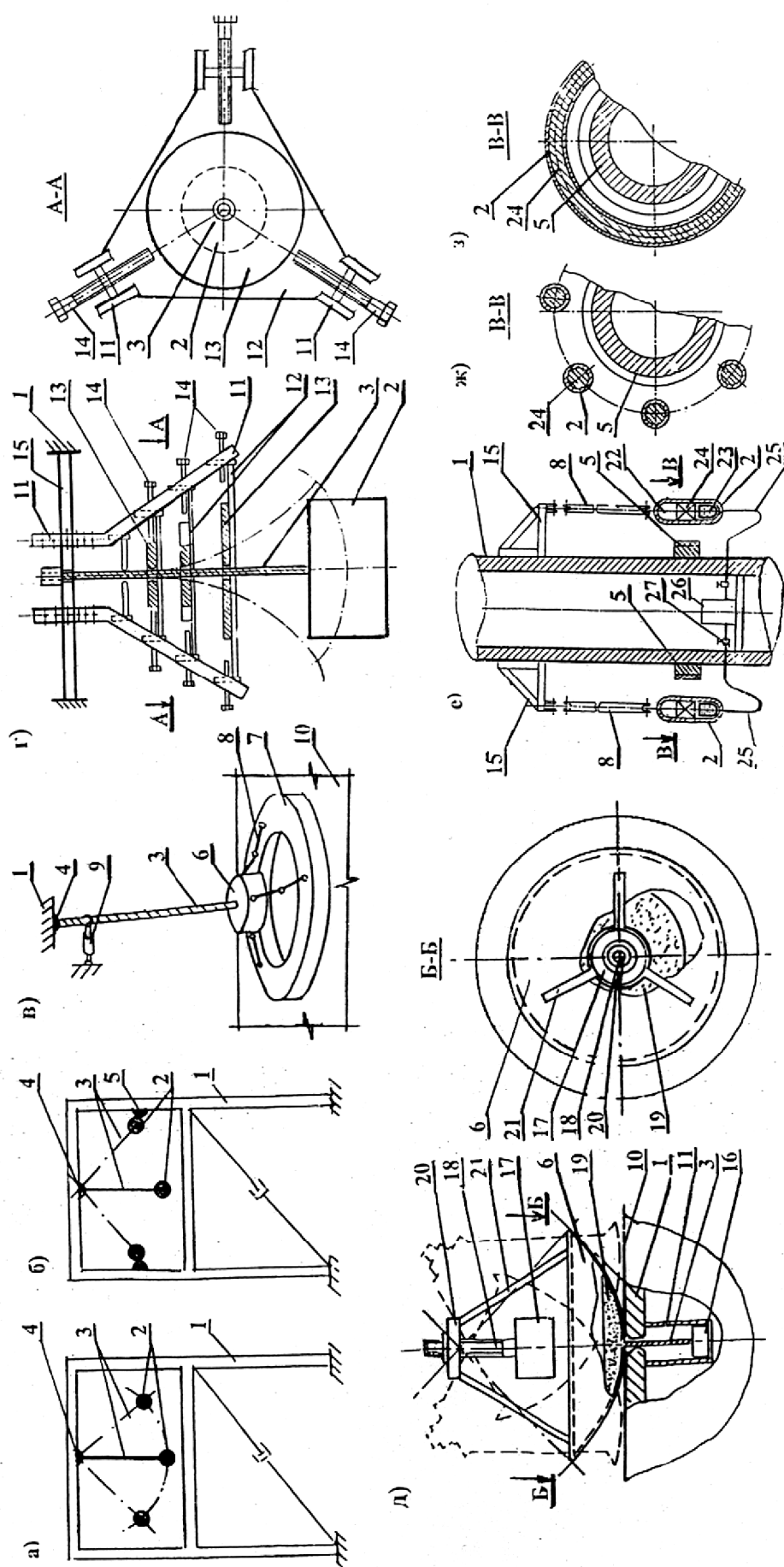


Рис. 1. Конструктивные примеры динамических гасителей колебаний зданий и сооружений маятникового типа

общая схема гасителя: а) инерционного и б) ударного типа; варианты гасителя по а.с. СССР: в) № 1270252 (М. кл. E04 B1/98); г) № 717247 (М. кл. E04 B1/98 и F15/00); д) № 767333 (М. кл. E04 H12/00); е) № 1184913 (М. кл. E04 B1/98); 1 – строительный объект, 2 – инерционная масса, 3 – тросовая подвеска, 4 – точка крепления подвески к объекту, 5 – бойное приспособление, 6 – центральная и 7 – периферийная части инерционной массы, 8 – шарнирные связи, 9 – демпфирующее устройство и 10 – горизонтальная плоскость демпфирования, 11 – ограничители колебаний, 12 – направляющие ограничителя, 13 – подвижные шайбы, 14 – винтовые упоры, 15 – кронштейны, 16 – демпфирующий груз, 17 – масса накладки, 18 – винтовая, регулирующая штанга, 19 – сыпучий материал, 20 – ригель, 21 – рама гасителя, 22 – полость, 23 – эластичные емкости, 24 – балластные сердечники, 25 – гибкий трубопровод, 26 – источник повышенного давления, 27 – вентиль.

Так, в соответствии с техническим решением по а.с. СССР № 1270252, с целью расширения области использования гасителя за счет понижения его парциальной частоты колебаний, инерционную массу выполняют составной, в виде коаксиально установленных центральной 6 и периферийной части 7. При этом центральную часть 6 инерционной массы 2 гасителя колебаний с помощью упругого подвеса (троса) 3, жестко крепят непосредственно в точке крепления 4 к верхней части строительного объекта, а периферийную часть 7, с помощью радиальных связей 8, шарнирно крепят к центральной части 6. Шарнирное крепление частей инерционной массы обеспечивается за счет того, что радиальные связи 8 выполняют в виде составных стержней, части которых шарнирно соединены друг с другом и составными частями 6 и 7 инерционной массы. Ниже точки крепления 4 упругой подвески 3 маятниковой системы организовано дополнительное демпфирующее устройство 9. При колебаниях конструкций строительного объекта центральная часть 6 инерционной массы гасителя перемещается как обычный математический маятник, а периферийная масса 7, за счет шарнирно выполненных радиальных связей 8, перемещается по горизонтальной плоскости демпфирования 10, совершая движение, при котором траектория ее центра тяжести находится в пределах горизонтальной плоскости 10. Таким образом, демпфирование маятника осуществляется за счет дополнительной установки промежуточной опоры по длине тросовой подвески 3, в ее верхней части, самого демпфирующего устройства 9 и горизонтальной, демпфирующей поверхности 10.

В то время как по техническому решению а.с. СССР № 717247, с целью повышения эффективности гашения колебаний строительного объекта, в маятниковую систему дополнительно вводят ограничители качания 11 инерционной массы 2 в виде направляющих 12, на которых установлены подвижные шайбы 13 с центральными отверстиями. Причем направляющие 12 снабжены регулируемыми винтовыми упорами 14, установленными с круговыми зазорами относительно подвижных шайб 13, а тросовая подвеска 3 пропущена сквозь центральные отверстия подвижных шайб 13, которые свободно установлены на направляющих 12, и жестко крепится к строительному объекту 1 через ограничитель 11 качания маятника. Круговые зазоры между винтовыми упорами 14 и подвижными шайбами 13 выполнены переменными и выбраны из условия, чтобы при раскачивании инерционной массы 2 маятника в крайних ее положениях тросовой подвески 3 будет перемещаться по эвольвенте циклоиды, проходящей через точку закрепления троса к ограничителю колебаний 11. Размеры зазоров, а значит и ход шайб, можно изменять как посредством регулируемых винтовых упоров 14, так и подбором диаметров шайб 13.

По сравнению с выше рассмотренными техническими решениями вариант гасителя по а.с. СССР № 767333 является конструктивно более сложным, внешне не схожим и, тем не менее по принципу работы они между собой аналогичны.

Здесь, с целью повышения эффективности гашения колебаний при расширении диапазона частот работы гасителя и уменьшения количества гасителей, инерционную массу маятниковой системы выполняют из трех основных частей: из полой, центральной части 6, частично заполненной сыпучим материалом 19 и двух металлических болванок, соответственно выполняющих роль демпфирующего груза и массы настройки гасителя колебаний.

При этом полая часть инерционной массы 6 гасителя колебаний имеет форму поверхности вращения с положительной гауссовой кривизной, т.е. в виде матрешки-неваляшки «Ваньки-встаньки» и опирается она на верхнее перекрытие строительного объекта 1. В месте контакта инерционной массы 6 и плиты перекрытия опорная конструкция покрыта материалом с малым модулем упругости, например, листовой резиной. В результате чего получается своего рода горизонтальная упруго-демпфирующая опорная поверхность 10.

Демпфирующее устройство гасителя колебаний представляет собой металлическую болванку 16, подвижно установленную в вертикальных ограничителях 11 и посредством тросовой подвески 3, в месте контакта опорной конструкции 1 с центральной частью 6 инерционной массы гасителя через специально устроенное в опорной конструкции отверстие, жестко соединенной с центральной инерционной массой 6.

Приспособление для настройки гасителя колебаний тоже представляет собой металлическую

болванку 17, но уже закрепленную на конце винтовой регулировочной штанге 18, свободный конец которой проходит через винтовое отверстие ригеля 20 пространственной рамы 21, опорные концы которой жестко соединены с основной частью 6 инерционной массы гасителя колебаний.

Работает гаситель следующим образом:

Под воздействием ветрового импульса элементы отклоняются от своего положения равновесия. А так как это связано с поднятием общего центра тяжести системы вверх, то силы гравитации стремятся вернуть гаситель в его исходное положение. Однако сила инерции, вызванная движением системы из неустойчивого положения в ее устойчивое положение, вновь отклоняет систему от положения равновесия. При этом затухающие колебания гасителя будут осуществляться до полного поглощения силового импульса или до его полного рассеивания в пространстве диссипативными силами. Амплитуда, частота и время колебания гасителя определяется значением силового импульса, массой и геометрией элементов гасителя, силами трения и гравитации. В целом диссипация энергии силового импульса гасителя определяется силой трения основной части 6 инерционной массы гасителя с горизонтальной упруго-демпфирующей опорной поверхностью 10, за счет сил трения частиц сыпучего материала 19 друг о друга и центральной частью в инерционной массы, трения прядей каната подвески 3 и трения демпфирующего груза 16 с элементами вертикального ограничителя 11 колебаний. Поэтому для настройки гасителя на работу 6 в противофазе со строительным объектом все отмеченные элементы системы гасителя заранее определяются и учитываются на стадии проектирования и монтажа гасителя. Заключительное же регулирование системы, ее отладку осуществляют непосредственно на стройплощадке, посредством выдвижения винтовой регулировочной штанги 18 относительно опорного ригеля 20 и изменением массы (объема) сыпучего материала 19.

Как следует из выше представленного конструктивного описания маятниковых гасителей колебаний, то по характеру их силового взаимодействия с конструкциями защищаемого строительного объекта, все они относятся к гасителям инерционного типа. А значит, пока возможности маятниковых гасителей нами представлены не в полной мере. Для исправления данного обстоятельства, чтобы объективно представить имеющиеся возможности гасителей, рассмотрим еще вариант гасителя ударного типа, в частности, на базе конструктивного решения по а.с. СССР № 1184913. Цель, достигаемая данным вариантом гасителя, - это снижение трудоемкости его настройки. Основная суть идеи заключается в использовании все той же маятниковой системы, жестко закрепленной на кронштейнах 15 (рис. 1, е). Отличительной особенностью данного гасителя выступает наличие специального бойного приспособления 5 и конструктивное исполнение инерционной массы. При этом и кронштейны 15, и бойное приспособление 5, выполненное в виде специализированного кольца, закреплены непосредственно на стене, в верхней части строительного объекта 1. Менее существенным отличием является использование вместо тросовой подвески инерционной массы к кронштейну шарнирных связей 8. Внешне инерционная масса 6 гасителя представляет собой полый баллон, в полости которого размещены балластные сердечники 24 установленные с возможностью вертикального перемещения по продольной оси полости маятника. Под сердечником 24, в нижней части полости баллона установлен привод вертикального перемещения маятника в виде емкости 23 со стенками их упруго-эластичного материала, соединенный с гибким трубопроводом 25 с источником избыточного давления 26 рабочей среды, например гидронасосом, компрессором. Гибкий трубопровод 25 снабжен вентилем 27.

При колебаниях строительного объекта 1 под действием ветра маятниковые системы колеблются в противофазе, производя соударение с бойным приспособлением 5 и обеспечивая, таким образом, гашение колебаний объекта 1. Для настройки маятниковых систем 2 изменяют высоту их общего центра тяжести путем нагнетания рабочей среды (жидкости, воздуха) с помощью источника 26. Для чего открывают вентиль 27. Рабочая среда по трубопроводу 25 поступает в эластичную емкость 23, объем которой увеличивается, стенки емкости растягиваются и поднимают балластный сердечник 124 до тех пор, пока не обеспечиваются оптимальные условия гашения колебаний сооружения, т.е. пока колебания маятников не будут производиться точно в противофазе с колебаниями сооружения. После чего перекрывают вентиль 27. В этом случае общий центр тяжести

маятников смещен вверх относительно первоначального положения маятниковой системы 2. Если при настройке маятников необходимо сместить их общий центр тяжести вниз, открывают вентиль 27 и рабочая среда под действием массы сердечников 24 выдавливается в резервную емкость источника (не показана) или стравливается в атмосферу (в случае использования воздуха в качестве рабочей среды). При этом сердечник 24 опять же опускается до тех пор, пока не обеспечится оптимальный режим колебаний маятников. Механизм настройки может быть применен при использовании маятников в виде отдельных цилиндрических масс, подвешенных по периметру сооружения (рис. 1, ж), так и одного маятника в виде кольца (рис. 1, з). В последнем случае балластный и эластичный сердечники также выполняют в виде цилиндрического кольца.

ВЫВОДЫ:

1. Достоинством маятниковых гасителей является их конструктивная простота и возможность пространственной защиты строительного объекта от негативных сейсмических и импульсно-ветровых воздействий.
2. Их основными недостатками являются:
 - установка гасителя по верху строительного объекта объективно связана с повышением инерционной массы в уровне верха динамической системы, что ведет к ухудшению общей динамической устойчивости объекта.
 - гасители настраиваются на определенные частоты или узкий спектр колебаний динамической системы, в то время как каждое землетрясение, в силу целого ряда объективных причин, характеризуется широким спектром амплитуд и частот силового возмущения. В результате снижения негативного воздействия по одному конкретному уровню не обеспечиваются оптимальные условия общей сейсмозащиты объекта.

Таким образом, приходится признать, что эффективное использование маятниковых гасителей колебаний в качестве средства сейсмозащиты не соответствует уровню решаемой задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Елисеев С.В. Нерубко Г.П. Динамические гасители колебаний. – Новосибирск: Наука, 1982. -144 с.
2. Корнев Б.Г., Блехерман А.Н., Осроумов Б.В. Об экспериментальном определении параметров маятникового динамического гасителя колебаний.//Строительная механика и расчет сооружений. 1972- № 2. – с 66-67.
3. Немчинов Ю.И. и др. Опыт гашения колебаний конструкций и их элементов//Строительная механика и расчет сооружений. 1984- № 1. – с 68-70.
4. Рекомендации по проектированию гасителей колебаний для защиты зданий и сооружений, подверженных горизонтальным динамическим воздействием от технологического оборудования и ветра –М.: Стройиздат, 1978. 67 с.
5. Поляков В.С. и др. Современные методы сейсмозащиты зданий/В.С. Поляков, Л.Ш. Килимник, А.В. Черкашин. – М.: Стройиздат, 1989.-320 с.

Раздел 3. Строительные материалы и изделия

УДК:666. 972

Коваль С., д.т.н. профессор; Циак М., к.т.н.

Варминско-Мазурский университет в Ольштыне, Польша

Моделирование влияния состава жидких агрессивных сред на показатели стойкости бетона с добавкой суперпластификатора

С использованием экспериментально-статистического моделирования исследовано влияние состава жидких агрессивных сред на показатели коррозионной стойкости цементного бетона, модифицированного суперпластификатором.

Агрессивная среда, коррозионная стойкость, моделирование, цементный бетон, суперпластификатор.

Использование модифицированных бетонов для строительства конструкций, работающих в условиях воздействия разнообразных климатических факторов и технологических сред, требует надежного решения проблемы прогнозирования свойств бетона в процессе эксплуатации. Известные математические выражения процессов коррозии позволяют оценить степень поврежденности бетона при агрессивном воздействии среды эксплуатации, прогнозировать срок службы конструкций в тех или иных условиях.

Однако применение таких моделей для выбора конкретного состава бетона пока не представляется возможным, в том числе и по причинам необходимости тщательных и длительных испытаний и только для узких областей при наличии определенных допущений и ограничений, непрерывного изменения во времени структуры цементного камня, наличия изменяющихся градиентов и т.д. Естественно при введении в рассматриваемую систему химических и других добавок, особенно многокомпонентных и полифункциональных, решение поставленной задачи еще более усложнится.

Для решения технологических задач на основе выявления количественной связи между факторами состава бетона и параметрами среды эксплуатации нами использовано экспериментально-статистическое моделирование. Целесообразность ЭС-моделей на этапе трудоемких и долговременных исследований долговечности бетона определяется возможностью рациональной организации эксперимента, существенного сокращения опытов при получении большого объема информации. Ниже рассматривается одна из задач оптимизации при моделировании одновременно составов бетона с суперпластификатором и состава жидких агрессивных сред.

Широкое применение бетона из высокопластичных смесей для строительства объектов, подвергаемых воздействию агрессивных сред, до недавнего времени было ограничено требованиями низких В/Ц. С появлением суперпластификаторов эта проблема частично была снята, хотя некоторые работы по оценке стойкости бетона из высокопластичных модифицированных смесей дали весьма разноречивые результаты. Это потребовало дополнительных исследований по оценке стойкости бетонов с СП на обычных цементах для конструкций, контактирующих с природными и техногенными средами.

Основные нормы проектирования (в частности, СНиП 2.2.03.11-85), учитывающие защиту строительных конструкций из бетона и железобетона от коррозии в неорганических агрессивных средах, определяют степень агрессивности, в основном по количеству сульфат и хлорид ионов, а также по суммарному содержанию этих солей. Поэтому эксперименты включали оценку стойкости бетона как при изменении параметров его состава (X_1 - содержание цемента в бетоне в диапазоне $Ц = 200 \dots 400 \text{ кг/м}^3$; X_1 - концентрация суперпластификатора $D_{СП} = 0 \dots 0,8\%$), так и при изменении концентраций (г/дм^3) агрессивных по отношению к бетону компонентов жидких сред (фактор k_1 - сульфат ионы SO_4^{2-} от 0 до 20; k_2 - хлорид ионы Cl^- от 0 до 20; k_3 - карбамид $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ от 0 до 50).

Мелкозернистый бетон с фиксированным В/Ц=0,6 изготовлен на цементе М400 Каменец-Подольского завода со щебнем фр. 5 мм. Испытаниям подвергали образцы-балочки размером

40x40x160 мм после трехмесячной выдержки в стабилизированных условиях (при температуре 40 °С и относительной влажности 90%) для понижения фона гидратационных процессов в цементном камне. Деструкция мелкозернистого бетона вызывалась многократным увлажнением в заданных средах и высушиванием при температуре 70 °С в потоке горячего воздуха.

Коэффициент стойкости рассчитан как отношение свойства бетона R_N через N циклов испытаний к аналогичному свойству перед началом испытаний R_0 . Для повышения точности описания K_c моделями необходимо логарифмическое преобразование:

$$K_c = R_N / R_0 = \exp \left[\ln \left(R_N / R_0 \right) \right] = \exp (\ln R_N - \ln R_0), \quad (1)$$

В процессе испытаний получены оценки ряда свойств: прочности на изгиб $R_{\text{и}}$ и сжатие $R_{\text{с}}$, потеря массы образцов D_m (%), собственные деформации ϵ (мм/м), глубина карбонизации и т.д. Анализ кривых изменения этих свойств показал, что наиболее чувствительным к изменению параметров среды является прочность на изгиб $R_{\text{и}}$. Для коэффициента стойкости, оцениваемого по R после 250 циклов, после исключения незначимых коэффициентов при $a=0,2$ построена зависимость:

$$\ln K_c \cdot 10^3 = -174 + 50x_1 - 19x_1^2 + 11x_2 + 64x_2^2 - 21k_1 - 35k_2 + 20k_1k_3 + 11k_2k_3 \quad (2)$$

Первый блок в (2) описывает влияния факторов состава бетона, второй – концентраций сульфата, хлорида и карбамида в растворе.

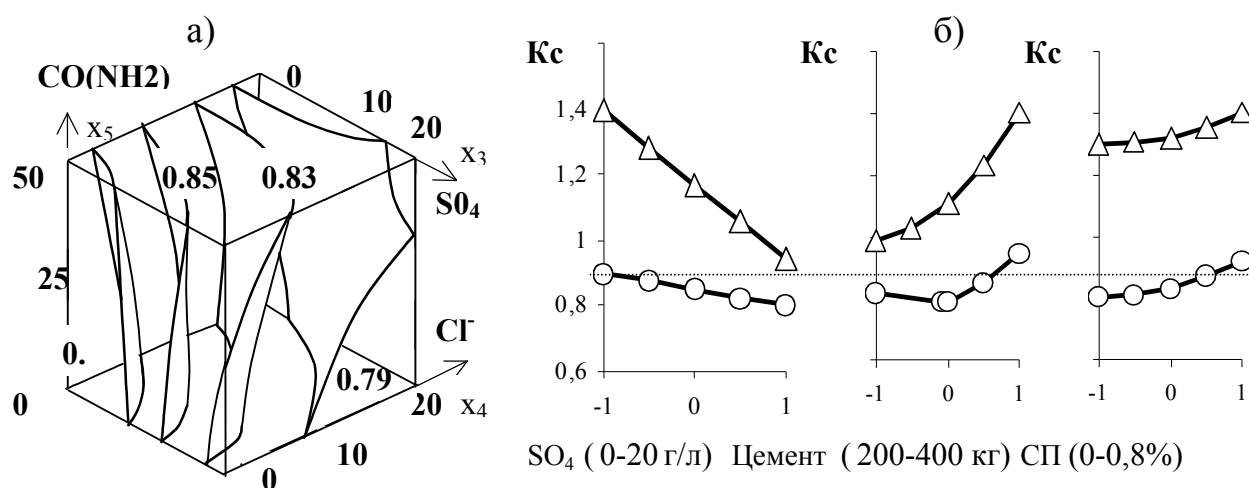


Рис. 1. Изменение стойкости эталонного бетона под влиянием компонентов среды (а) и влияние факторов в ситуации быстрого и медленного разрушения бетона (б).

На рис. 2.а показано влияние концентраций компонентов жидкой среды на коэффициент стойкости немодифицированного бетона ($\Pi=300 \text{ кг/м}^3$) после 300 циклов испытаний. В точке $x_3 = x_4 = x_5 = -1$ анализируется стойкость бетона в обычной воде как эталонной жидкости. Наиболее резкое снижение K_c наблюдается в растворе с хлоридами. Появление в агрессивной среде сульфат-ионов вызывает дополнительное снижение стойкости и при суммарной концентрации ионов SO_4^{2-} и Cl^- бетон максимально поврежден ($K_c = 0,79$), что подтверждается приростом длины и шириной раскрытия трещин, увеличением собственных деформаций образцов. По зависимостям максимальных и минимальных изменений параметра K_c , (т.е. в ситуации быстрого и медленного разрушения бетона) исследована возможность компенсации негативного влияния компонентов среды (в частности сульфат ионов, рис. 2.б) за счет увеличения количества цемента и показана позитивная роль суперпластификатора.

Снижение K_c наблюдается в хлоридосодержащих растворах, а при совмещении сульфатом его значение становится меньше критического $K_c=0,725$. Комбинация сульфат + хлорид оказывает менее агрессивное воздействие, чем один сульфат. Присутствие в сульфатной среде разноименных ионов других солей, в частности, Cl^- увеличивает ионную силу раствора и повышает растворимость гидросульфатоалюминатов кальция, препятствуя его накоплению в бетоне [1].

Наиболее опасными являются сульфат ионы, вследствие образования при реакции SO_4^{2-} с алюминатами цементного камня гидросульфалюмината со значительным увеличением объема твердой фазы [2-3]. Однако с увеличением в комбинированном растворе содержания $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ агрессивное влияние ионов SO_4^{2-} снижается, что может объясняться изменением механизма взаимодействия сульфатов с цементным камнем и общей агрессивности среды в присутствии сульфатов. Образующиеся с водой молекулярные растворы сравнительно легко насыщают цементный камень и проникающий $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ подвергается медленному гидролизу с образованием карбоната аммония, который быстро вступает в реакцию с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с образованием труднорастворимого карбоната кальция, а наличие карбонатного слоя является барьером для SO_4^{2-} .

В процессе аналогичных испытаний при увлажнении и высушивании производили с помощью микроскопа замеры длины ($l_0 \dots l_N$) и ширины раскрытия трещин ($h_0 \dots h_N$) по всей поверхности отдельно изготовленных образцов-балочек из цементного камня ($B/C=0,35; 0,45; 0,55$ обеспечивалось суперпластификатором). Наибольший прирост длины трещин $Dl = l_N - l_0 / l_0 (\%)$ отмечен у образцов, увлажнявшихся в сульфатном растворе (рис.2.а), а ширины раскрытия $Dh = h_N - h_0 / h_0$ – в хлоридосодержащем. (рис.2.е). Результаты определения глубины нейтрализации (при смачивании скола образцов фенолфталином) подтверждают вывод о наибольшей агрессивности сульфатно-хлоридной среды. Очевидно, увеличивающиеся трещины облегчают карбонизацию и способствуют более интенсивному выщелачиванию извести (что определяет снижение pH среды и коррозию арматуры).

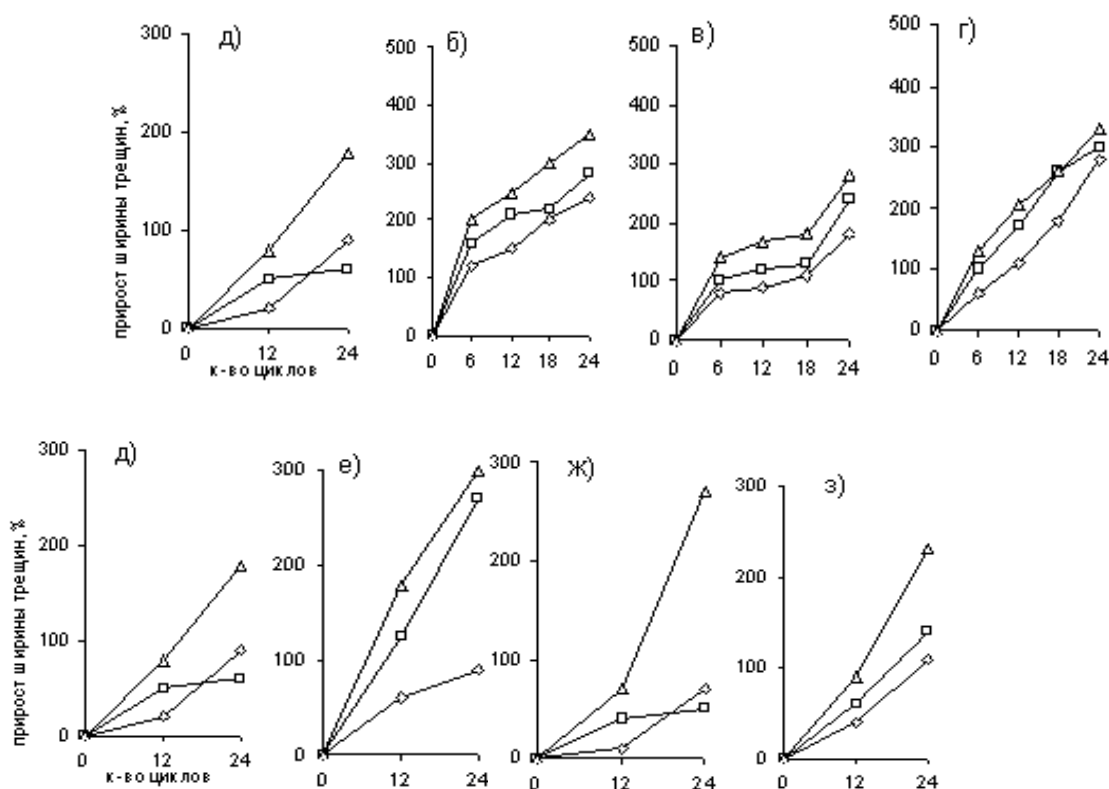


Рис. 2. Относительный прирост длины и ширины раскрытия трещин при высушивании и увлажнении в жидких средах:

20 г/л SO_4^{2-} (а,д); 20 г/л Cl^- (б,е); 50 г/л $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (в,б,ж); H_2O (г,з)
 (○- $B/C=0,35$; □- $B/C=0,45$; △- $B/C=0,55$).

Модель типа (2) позволяет, в частности, решить две взаимосвязанные задачи: а) определить влияние любой заданной в границах эксперимента среды при использовании бетона конкретного состава; б) оценить изменение любой рецептуры при эксплуатации в заданной среде.

Вид и концентрация моделируемых растворов охватывают возможный химический состав не менее 15-ти природных и производственных сред (табл.1).

В частности, для зданий сельскохозяйственного назначения содержание агрессивных компонентов в жидких средах колеблется в значительных пределах (что связано с технологией содержа-

ния животных, видом выпускаемых удобрений и т.д.) [4]. Основные компоненты- сульфаты и хлориды, помимо этого в жидкой среде присутствует карбамид в концентрации 20-25 г/дм³. Для оценки стойкости бетона в среде животноводческих зданий была смоделирована [5] ситуация, связанная с присутствием в составе среды сульфат и хлорид ионов (10 г/дм³), а также CO(NH₂)₂ в концентрации 25 г/дм³.

Таблица 1.

Данные для моделирования составов жидких сред [1 – 4 и др.]

Вид агрессивной среды	Концентрации компонентов, г/дм ³			Уровни факторов		
	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	CO(NH ₂) ₂	k ₁	k ₂	k ₃
Промышленные стоки						
обогащительных фабрик	0,3-0,8	0,5-0,9		-0,2	-0,1	-1
цветной металлургии	0,5-30	0,1-15	0,1-10	+1	+0,5	-0,5
черной металлургии	5,0	10,0		-0,5	0	-1
коксохимических	0,4-3,0	0,2-5,0		-0,7	-0,5	-1
суперфосфатных		25-30		-1	+1	-1
карбамида		10	50	-1	0	+1
кожевенных	0,1-35	0,1-5		+1	0	-1
кальцинированной соды	1	30	5	-0,9	+1	-0,2
депарафинизации топлива			20-25	-1	-1	0
пищевой		0,1-8		-1	-0,2	-1
хозбытовые стоки	1	1	1	-0,9	-0,9	-0,9
животноводство	10	10	23	0	0	0
Природные воды						
слабоминерализованные	2-5			-0,5	-1	-1
сильноминерализованные	10-20	30		+1	+1	-1
морская вода	2-3	7-20		-0,7	+1	-1

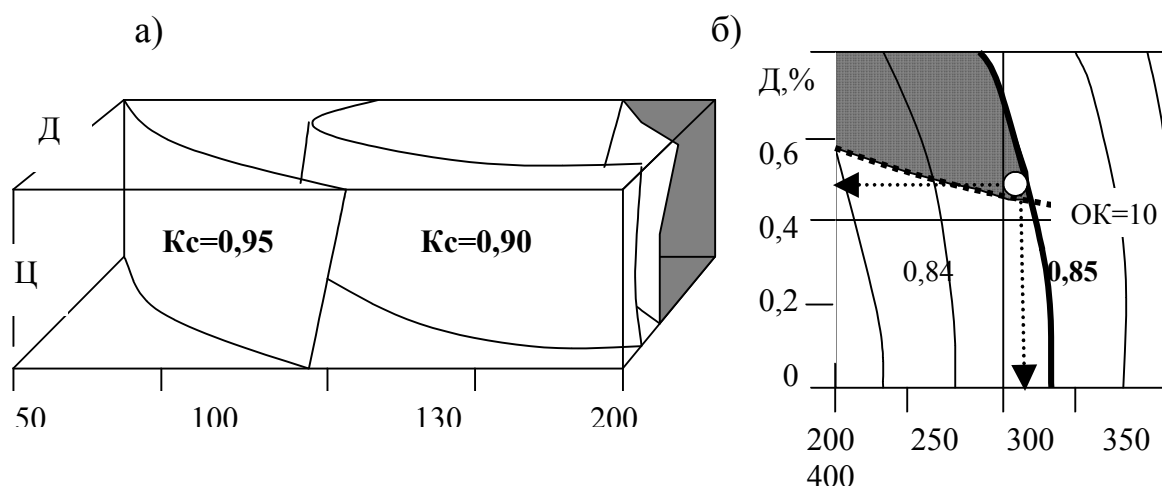


Рис. 3. Влияние факторов на стойкость в среде эксплуатации сельскохозяйственных конструкций (а) и диаграмма для назначение рационального состава (б).

Потеря стойкости бетонов, аналогичных производственным составам, наступает после 230-250 циклов (рис.3.а), при этом подтверждено, что наиболее интенсивно остаточные деформации е накапливаются в бетонах с высоким В/Ц, т.е. имеющих наибольшее количество пор. При Ц = const минимальное значение $\epsilon_{\min}$ у бетона с $D_{\text{ср}} = 0,8\%$ (что подтверждает вывод о его стойкости).

Совместный анализ (рис.3.б) изолиний подвижности смеси и K_c определяет оптимальные составы в искомой области –минимальный расход цемента 320 кг/м³, СП –0,5%. Более высокие В/Ц не позволяют получить стойкий бетон, а снижение концентрации С-3 ухудшит обрабатываемость смесей, из которых должны изготавливаться конструкции.

ВЫВОДЫ

Результаты данной работы свидетельствуют о возможности и целесообразности имитации агрессивных сред для анализа их влияния на бетон по моделям, в которые включены как сами среды, так и рецептура бетона, подверженного их воздействию. Индивидуальное воздействие агрессивных компонентов среды в ряде случаев может быть более опасным, чем влияние этих сред в комплексе. На основании приведенных методик показано, что существуют как агрессивные среды, наиболее опасные с точки зрения расшатывания структуры, так и оптимальные рецептуры бетона, при которых это расшатывание будет минимальным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов Ф.М., Любарская Г.В., Чехний Г.В. Коррозионная стойкость бетона в водах с сульфатами и бикарбонатами. // Бетон и железобетон. – 1986. – №7. – С. 5 – 6.
2. Долговечность железобетона в агрессивных средах /С.Н.Алексеев, Ф.М.Иванов, С.Модры, П.Шисль. – М.: Стройиздат,1990. – 320 с.
3. Штарк И., Бернд В. Долговечность бетона // Пер с нем. Под ред. П.В. Кривенко. – К: Оранта, 2004. – 301 с.
4. Коррозионная стойкость бетонных и железобетонных конструкций сельскохозяйственных зданий и сооружений. Обзор. – М.: ЦНИИЭПСАгрострой, 1984. – 42 с.
5. Экспериментально- статистическая оценка стойкости бетона в жидких агрессивных средах сельскохозяйственных зданий / С.В. Коваль, В.И. Новгородский, И.И. Станцель, В.А. Феофанов // Совершенствование технологических процессов в производстве строительных конструкций на предприятиях стройиндустрии агропрома: Сб. тр. – М.: ЦНИИЭПсельстрой. – 1997. – С. 20 – 27.

Павлуненко Л.Е., к.т.н.

Симферопольский иногородний факультет Полтавского университета потребительской кооперации Украины

Керамические предприятия Украины

Представлен обзор фарфоро-фаянсовой промышленности Украины. Обобщены сведения о состоянии и перспективах развития ведущих предприятий отрасли, выпускающих изделия бытового назначения. Рассмотрены предпосылки для выпуска конкурентоспособной продукции, проблемы, стоящие перед предприятиями, и пути их решения.

Керамика, фарфор, фаянс, изделие.

Тонкая керамика как материал для производства хозяйственной посуды и художественно-декоративных изделий получила широкое распространение в быту. Благодаря сочетанию присущих ей ценных свойств: химическая стойкость, жаропрочность, высокий уровень эстетики, удерживает свои позиции в этой области, несмотря на конкуренцию более дешевой пластмассовой и металлической посуды.

По оценкам специалистов с каждым годом вдвое увеличивается реализация полимерной (в том числе и одноразовой) посуды, альтернативной изделиям из более благородных и безопасных материалов. При этом основная доля импорта приходится на продукцию из Турции и Китая. Названные страны, а также Польша на рынке Украины выступают как основные импортеры керамической посуды. [1]

По данным Госкомстата Украины импорт керамических изделий в 2006 году увеличился на 20 %, по сравнению с 2005 годом, и составил 266785,1 тыс. долларов США, экспорт - на 9 %, составив 87316,5 тыс. долларов США, но это только официальные данные [2,3]. В настоящее время в отрасли действует большое количество частных предприятий и предприятий, представленных акционерными обществами закрытого типа, следовательно, учет объемов и структуры ассортимента выпускаемой ими продукции затруднен.

Увеличение объемов продажи керамической посуды отечественного производства сдерживается вследствие устаревших форм и оформления посуды, непривлекательной упаковки, отсутствия изучения спроса на ее отдельные виды, большей части некачественного товара, недостаточной рекламы отечественных изделий (в общем и по санитарно-гигиеническим характеристикам), недостаточной разъяснительной работой в средствах массовой информации в отношении преимуществ отечественной продукции.

Считается, что в Украине производство фарфора началось в конце 18 века. Наиболее известными предприятиями, выпускающими изделия из фарфора, являлись Корецкий (в Волынской губернии), Городницкий, Барановский, Волокитинский (в Черниговской губернии) заводы. Особенностью ассортимента продукции, выпускаемой фарфоровыми заводами Украины, было наличие в нем популярных в то время скульптурных статуэток (изображавших пастухов и пастушек, сельских жителей, представителей знати), фарфоровых трубок в виде мужских и женских фигур, лепных люстр, рам для зеркал. Интересно отметить, тот факт, что на Волокитинском заводе, основанном А. М. Миклашевским¹ в 1830 году, изготавливали не только посуду, ориентируясь при этом на западноевропейские образцы, но и вазы с лепными цветами, статуэтки и даже иконостасы. Для мелкой пластики, создававшейся на заводе, характерно обилие карикатур на известных русских и зарубежных писателей, художников, артистов. На Всероссийской выставке 1839 года продукция завода была отмечена большой серебряной медалью, а в 1849 году – большой золотой.

На основании анализа информации, опубликованной на интернет-сайтах [4,5] установлено, что ведущими производителями фарфора в Украине сегодня являются фарфоровые заводы Коростеня, Полонного, Довбыша, Барановки, Городницы, Тернополя, Киева, Дружковки Донецкой области. Следует отметить, что наибольшее количество предприятий, производящих фарфоровые изделия, расположено в Житомирской области.

Одно из старейших предприятий в Украине по производству фарфоровых изделий хозяйственного и культурно-бытового назначения - Коллективное предприятие «Городницкий фарфоровый завод», основано в 1799 году в поселке Городница Новоград-Волынского района Житомирской области. Завод полностью реконструирован и ныне является одним из крупнейших современных предприятий вырабатывающих фарфор. Завод выпускает столовые сервизы и гарнитуры, кофейные и чайные сервизы, кружки, сувениры и подарочные изделия. Постоянные поиски и творческие эксперименты специалистов дают возможность обновлять формы и декор изделий. За последние три года, предприятием освоено 39 новых форм и 31 рисунок.

Городницкий фарфоровый завод участвовал на международных выставках в Бельгии, Израиле, Турции, Арабских Эмиратах, Иране. В 1998 году за достижения в промышленности и торговле предприятию был вручен «Большой золотой приз» (Мадрид, Испания), «Большой приз Америки за качество и сервис» и третья награда - Международная платиновая Звезда качества. Имея значительный опыт работы и сотрудничества с торговыми фирмами России, стран СНГ и Прибалтики, завод заинтересован в расширении деловых контрактов и коммерческих связей [6].

Более двух веков непрерывно функционирует основанный в марте 1802 года Барановский фарфоровый завод (сегодня – коллективное предприятие «Барановский фарфоровый завод»). В 1825 году заводу было дано разрешение маркировать выпускаемые изделия государственным гербом, что свидетельствовало об их высоком качестве.

Знакомы потребители и с хозяйственной фарфоровой посудой, выпускаемой ООО «Коралл» «Довбышский фарфоровый завод» (г. Довбыш, Барановский район).

Широко известна в Украине и за ее пределами продукция АОЗТ «Коростенский фарфор». Ассортимент изделий (бытовых и для предприятий общественного питания) включает: сервизы столовые, чайные, кофейные; наборы разной комплектации; сувениры; скульптуры религиозной тематики. На территории Украины расположено 18 фирменных магазинов, торгующих исключительно Коростенским фарфором. Объем реализации через фирменную торговлю составляет около 35% от общего объема продаж и 35% составляет экспорт. Главным регионом экспорта является Россия. Продукция предприятия поступает также, в страны Прибалтики, Молдову, Германию, США, Израиль, Албанию.

Мощным предприятием, специализирующимся на выпуске фарфоровых изделий, является Дружковский фарфоровый завод (г. Дружковка, Донецкая область). Главная цель предприятия - предложить потребителю современный, изысканный украинский фарфор. Ассортимент выпускаемой продукции разнообразен: сервизы (столовые, чайные, кофейные), различные комплекты, тарелки, миски, чашки, сувенирная продукция. В производстве изделий плоского ассортимента (тарелки, блюда) Дружковский фарфоровый завод является монополистом на украинском рынке.

Тридцать лет существования предприятия - это драгоценный опыт освоения тайны изготовления белого, по-праздничному нарядного фарфора. Все изделия выгодно отличаются современными и изысканными формами, богатством цветового оформления. На предприятии большое внимание уделяется изучению потребительского спроса, использованию новых технологий изготовления фарфора. Вместе с тем неотъемлемой частью производства является следование традициям, а именно сохранения огромного опыта и профессиональных знаний, накопленных за годы работы.

Закрытое акционерное общество «Полонский фарфор» (Хмельницкая область) изготавливает фарфоровые и фаянсовые изделия хозяйственно-бытового назначения. В названном регионе функционирует и Открытое акционерное общество «Полонский завод художественной керамики». Завод основан в 1895 году и является одним из старейших на Украине предприятий по производству фарфоровых сувенирно-подарочных изделий: ваз для цветов, скульптур, чайников, наборов для напитков, фляг для ликеро-водочной продукции и др. [7].

На предприятии работают 850 человек. Изделия производятся методом литья. Их особенностью является сложная конфигурация, широкая палитра декорирования ручной росписью подглазурными и надглазурными красками в стиле украинского народного творчества. Художники и скульпторы художественной заводской лаборатории совершенствуют формы изделий и методы декори-

рования, создают и внедряют в производство новые образцы изделий, обновляют ассортимент. Завод освоил выпуск 180 наименований изделий, ежегодно обновляя ассортимент на 30%.

В ноябре 1990 года было основано совместное украинско-российское предприятие «Фарко» («Фарфоровая компания», г. Славянск) [8]. В 1994 г. производственное объединение «Фарко» реорганизовано в совместное украинско-российское акционерное общество «Фарфоровая компания» («Фарко»). Предприятие имеет полный цикл производства фарфора - от изготовления массы и глазури до различных видов декоративной обработки. САО «Фарко» производит чайные и кофейные сервизы из тонкостенного фарфора, декорированные ручной росписью, лепкой, деколью, а также изделия сувенирного и хозяйственно-бытового назначения из фарфора и других видов керамики. Имея собственную художественную лабораторию, предприятие разрабатывает изделия по эскизам заказчика или предлагает собственные разработки.

Производство хозяйственно-бытового фарфора и фаянса осуществляет ЗАО «Сумский фарфор». Его изделия выгодно отличаются от продукции конкурентов нестандартной формой, привлекательными расцветками, белизной изготавливаемого фарфора.

Кроме широкого ассортимента собственных фарфоровых изделий бытового назначения (более 150 видов), «Сумский фарфоровый завод» изготавливает и заказные изделия с логотипами предприятий и фирменной символикой, индивидуальной комплектацией, эксклюзивных форм и дизайна. В производстве предприятием используется только высококачественное сырье, применяются золотосодержащие деколи.

Наряду с положительными примерами развития предприятий фарфоро-фаянсовой промышленности нельзя не отметить, что с сентября 2006 года простаивает когда-то мощное предприятие – Тернопольский фарфоровый завод. Образованное в 1964 году предприятие выпускало очень популярные изделия, отражающие национальные особенности Карпатских гор.

Из-за длительной задолженности предприятие отключили от поставки газа. Рабочие пошли в вынужденный отпуск. Склады завода заполнены готовой продукцией, которую трудно реализовать, учитывая рыночные условия. Готовые изделия очень затратные, так как почти 70 процентов себестоимости единицы продукции приходится на сырье и энергоносители. Специалисты считают, что кризис, который охватил фарфоровый завод, - затяжной. В сложившейся ситуации два выхода: поиск инвестора либо залог имущества для того, чтобы взять кредиты на модернизацию производства.

Выпуск фарфоровой и фаянсовой посуды, художественных изделий производится также Березновским фарфоровым заводом (Ровненская обл.), Полтавским фарфоровым заводом, ООО «Светловодский фарфор» (Кировоградская обл.), Товариществом «Полесский фаянс» и его дочерним предприятием ЗАО «Каменнобродский фаянс» (Житомирская обл.), ЗАО «Будянский фаянс» (Харьковская обл.), Бориславским фарфоровым заводом - ЗАО «Фарфор» (Львовская обл.), Товариществом с ограниченной ответственностью «Киевский фарфор», Синельниковским фарфоровым заводом (Днепропетровская обл.).

Большим спросом пользуются сегодня майоликовые изделия, привлекательность которых для потребителей объясняется сложностью форм, наличием рельефных украшений, широкой палитрой используемых подглазурных красителей и относительно невысокой ценой, что обусловлено более низкой температурой политого обжига.

Майоликовые производства есть в каждом регионе. В Киевской области оно представлено экспериментальным керамико-художественным заводом и ПО «Бытреклама»; в Черкасской - Маньковским майоликовым заводом «Колорит», Тальновским майоликовым заводом и Малым частным производственно-коммерческим предприятием «Майолика»; АР Крым - предприятиями Симферополя («Ассоль», Таврика – К, «Агросан»), Балаклавы, Красноперекоска; в Закарпатской области - Береговским майоликовым заводом и т.д. Известным производителем майоликовых и гончарных изделий художественного и хозяйственно-бытового назначения, сувениров, несущих национальный колорит, является завод «Художний керамик», расположенный в п.г.т. Опошня Полтавской области.

В настоящее время изготовление майоликовых изделий, в силу схожести сырья и технологии

производства, освоено многими предприятиями, производящими строительную керамику. В их число входят: ОАО Львовский керамический завод, объединяющий производства в Мукачеве, Ивано-Франковске, Коломые, Калуше и другие; Кооперативное предприятие Феодосийский завод строительных материалов, Производственное объединение «Луганскстройматериалы»; ООО «Харьковская керамика» и другие.

ВЫВОД

Таким образом, фарфоро-фаянсовая промышленность Украины представлена сегодня значительным количеством предприятий, некоторые из которых имеют вековую историю. Следование традициям, продуманная кадровая политика, модернизация производства, ориентация на потребителя являются составляющими успеха предприятий отрасли в конкурентной борьбе. В группе эндогенных факторов, характеризующих конкурентоспособность самой системы производства, немаловажным является уровень затрат. При низких издержках производитель имеет более широкие возможности для маневра в ценовой конкуренции. Одной из проблем, волнующих производителей отрасли, в настоящее время является вопрос более тесного сотрудничества с украинскими поставщиками сырьевых материалов. Как известно, украинская добывающая индустрия работает в основном на внешние рынки, и в связи с этим иногда страдает отечественный производитель, недополучая необходимое качественное сырье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бизнес. – 2004. - №29. – с.93 – 95.
2. Товарна структура зовнішньої торгівлі: Статистичний щорічник за 2005 рік.
3. Товарна структура зовнішньої торгівлі: Статистичний щорічник за 2006 рік.
4. Каталог предприятий «Украина сегодня» - <http://www.rada.com.ua/rus/>
5. Фарфоровые, фаянсовые и майоликовые заводы - <http://www.keramik-lefortovo.ru/articles/zavod.php>
6. Официальный сайт Городницкого фарфорового завода - <http://www.nv.zt.ua>
7. Официальный сайт Полонского завода художественной керамики - <http://www.artceramics.com.ua>
8. Официальный сайт совместного украинско-российского предприятия «Фарко» «Фарфоровая компания» - <http://www.farco.narod.ru>

Федоркин С.И., д.т.н., профессор, Любомирский Н.В., к.т.н., доцент, Лукьянченко М.А., к.т.н., доцент, Локтионова Т.А., инженер, Бахтин А.С., инженер, Климяк В.И., инженер
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Карбонатные материалы на основе известковых систем контактно-карбонизированного типа твердения

Приводятся экспериментальные результаты карбонизации образцов из известкового теста контактного формования в зависимости от различных технологических факторов: давления прессования, влажности, температуры и времени карбонизации. Исследовано изменение прочности при сжатии, средней плотности, водостойкости и толщины карбонизированного слоя образцов на основе известковых систем контактно-карбонизированного твердения, определены зависимости исследованных свойств от технологических факторов.

Известь, известковое тесто, углекислый газ, кальцит, карбонат кальция, карбонизация, прочность, коэффициент размягчения.

До открытия способов обработки изделий на основе извести в автоклаве было произведено немало опытов с твердением и получением водостойких изделий при обычной температуре (на воздухе), в пропарочных камерах и в среде углекислого газа. К 1900 г., когда производство силикатного кирпича начало широко развиваться, вопрос о том, какой метод твердения изделий на основе воздушной извести экономичнее – с применением автоклава или без него – вызывал много споров, хотя практика производства еще до первой мировой войны дала на этот вопрос определенный и окончательный ответ.

Широкое распространение сырья для приготовления смесей на основе извести позволяет при минимальных затратах денежных средств легко осуществлять повсеместное развитие производства материалов на их основе с твердением изделий без применения сложного автоклавного оборудования, требующего больших затрат. Поэтому всякие новые данные о возможности организации безавтоклавного производства водостойких изделий на основе известковых систем представляют большой интерес для строительства и промышленности строительных материалов.

Обработка известковых систем углекислым газом оказывает существенное влияние на процесс твердения изделий при обычной температуре и давлении и открывает новые перспективы в этой области.

Археологические раскопки показали, что во дворцах древнего города Кносса в центральной части острова Крит – в одном из центров эгейской культуры, имелись росписи стен пигментами, закрепленными гашеной известью. Эти дворцы относят к XVI – XV вв. до н.э. Несмотря на то, что растворы на основе извести применяют тысячи лет, вопрос ускоренного карбонизированного твердения извести, волновавший многих исследователей и строителей, не был решен и классификация извести как «воздушное вяжущее вещество» определяет ограниченную область ее использования с древних времен до настоящего времени. Первые опубликованные опыты по получению вторичного карбоната кальция, по-видимому, поставлены Джемсом Галлеем в 1804 году. Позже подобные эксперименты были осуществлены Бухгольцом, Вернером Сименсоном, Митчерлихом. Гетероморфизмом углекислой извести с разработкой методов получения «углекислой извести во всех ее гетероморфных состояниях» занимались в середине XIX века испытатели Густав Розе и М. Толстопяттов [1, 2].

Вопросы химизма и технологии получения вторичного карбоната кальция впервые были поставлены академиком А.А. Байковым в начале XX века [3, 4]. В середине XX столетия искусственную карбонизацию извести и известковых растворов изучали в СССР в Академии коммунального хозяйства (1938 – 1948 гг.) и в НИИСтройнефти (1948 – 1950 гг.) [5]. Подобные работы проводили в США и Израиле в 50-х годах XX века [6, 7]. Однако, отдельные положительные результаты, полученные в лабораториях и даже в опытных производственных условиях, не привели к массовому производству известковых искусственно карбонизированных изделий. Вероятно, в тот период времени, научные успехи в области технологии цемента отвлекли внимание исследователей

от малоэнергоемкого вяжущего – извести.

Согласно систематизации вяжущих веществ, предложенной М.М. Сычевым [8], известь относится к группе вяжущих, твердеющих на основе физических явлений, кристаллизация которых происходит вследствие испарения воды затворения. Причем известковое вяжущее твердеет по смешанному типу. Так, при твердении гашеной извести коагуляционное твердение перемежается с кристаллизацией $\text{Ca}(\text{OH})_2$ вследствие испарения воды затворения. Позже в процессе твердения принимают участие и карбонизация – превращение $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в CaCO_3 .

Карбонизация гашеной извести является гетерогенной реакцией, в которой твердая, жидкая и газообразная составляющие участвуют вместе, и описывается следующим общим химическим уравнением:



Карбонизацию извести всегда считали как бы вторичным процессом твердения известковых растворов. При взаимодействии с окружающей средой процесс карбонизации извести протекает очень медленно, на протяжении многих столетий. Это связано с низкой концентрацией CO_2 в воздухе и образованием блокирующей пленки карбоната кальция на поверхности частиц извести. О роли карбонизации в процессе твердения известково-песчаных растворов существуют различные мнения. Родт [9], например, считает значение карбонизации в процессах твердения небольшим. Выдержанный им в течение 4-х недель образец известково-песчаного раствора содержал всего лишь 0,03 % углекислого газа (по объему), находившегося только в поверхностном слое образца. Высказывалось мнение о том, что карбонизация влияет на твердение известково-песчаных растворов уже в начальном периоде [10, 11]. Н. Зальманов [6, 7] считает, что для того, чтобы химическая реакция карбонизации гидроксида кальция проходила с более высокой скоростью, действию реакции следует подвергать большую поверхность известкового теста. При этом следует обеспечить доступ CO_2 к поверхностям взаимодействия углекислого газа и извести путем постоянного удаления воды затворения и воды, выделяющейся в результате реакции. В то же время, по его мнению, в процессе реакции в системе должно оставаться достаточное количество жидкости, в которой будет происходить реакция между газом и твердым гидратом.

Анализируя работы предшественников можно сделать вывод о том, что теоретическая очевидность процесса карбонизации извести с позиции уравнения химической реакции практически трудно достижима, поскольку приходится сталкиваться с множеством факторов, влияющих на протекание процесса и, без управления которыми невозможно добиться положительного конечного результата – получения вторичного карбоната кальция.

Цель настоящего исследования – установление закономерностей формирования прочной и водостойкой структуры искусственного камня на основе извести контактно-карбонизированного твердения и разработка способов направленного регулирования свойств карбонизированных материалов. Научные и практические задачи, решение которых направлено на получение долговечных и экологически чистых карбонатных строительных материалов, обоснованы и поставлены нами ранее в работах [12, 13].

Для опровержения или подтверждения теоретических предпосылок получения искусственного карбоната кальция путем обработки известкового теста углекислым газом, авторами статьи был проведен ряд практических экспериментов, в результате которых получен камень вторичного карбоната кальция, а также исследовано влияние различных технологических факторов на процесс карбонизации известковых систем в лабораторных условиях.

Искусственной карбонизации подвергали образцы-цилиндры диаметром 28 мм, полученные контактным формованием структуры известкового теста с различной влажностью формовочной смеси и при различных давлениях прессования. Образцы изготавливали из извести, полученной при гашении извести-кипелки, активность которой составляла 62 %, время гашения 120 с, температура гашения 373 К. Образцы формовали при удельном давлении прессования 5, 7,5 и 10 МПа, влажность формовочной шихты составляла 15, 17,5 и 20 % мас. Высота отформованных образцов колебалась от 24 до 34 мм в зависимости от давления прессования и влажности формовочной смеси. Опытные образцы карбонизировали в среде CO_2 с поддержанием постоянной 100 %-ной

концентрации газа в разработанной установке с автоматическим управлением [14] в интервале 1...11 час. Карбонизацию известковых образцов проводили при различных температурах в интервале 293...338 К. В процессе карбонизации с помощью электрического устройства автоматического поддержания постоянной концентрации CO_2 в камере карбонизации и программного обеспечения регистрации результатов и обработки получаемых результатов определяли количество поглощенного образцами углекислого газа во времени. Карбонизированные образцы-цилиндры подвергали испытаниям с определением следующих показателей: прочность при сжатии, средняя плотность, водостойкость и глубина карбонизации непосредственно после карбонизации, в возрасте 1, 7 и 28 сут в естественном состоянии и после сушки. Показатель водостойкости (коэффициент размягчения K_p) определяли после выдерживания образцов в воде в течение 48 час. Глубину карбонизации устанавливали нанесением фенолфталеина на сколы образцов. Аналогичные испытания проводили на известковых образцах, не подвергаемых карбонизации.

При проведении исследовательских работ установлено, что процесс карбонизации известковых образцов начинается с подачи углекислого газа в камеру карбонизации, при этом температура в камере поднимается до 345 К. Другим фактом, подтверждающим активное протекание процесса карбонизации, является обильное выделение воды в камере карбонизации.

Показатели прочности при сжатии, плотности, коэффициента размягчения и толщины карбонизированного слоя образцов, карбонизированных при температуре 293 К, карбонизированного и нормального конденсационного твердения в зависимости от влажности формовочной смеси, усилия прессования и времени карбонизации представлены в табл. 1 – 4.

Технологическое отличие получения опытных образцов приводит к заметному изменению свойств камня на основе известки: прочность и плотность известковых образцов повышаются в сравнении с образцами из известкового теста, не подвергаемых карбонизации. Прочность при сжатии образцов в возрасте 28 сут повышается в среднем в 3 – 5 раз в зависимости от состава сырьевой смеси, давления прессования и времени карбонизации. Средняя плотность в сухом состоянии карбонизированных образцов превышает среднюю плотность не карбонизированных образцов-цилиндров на 20 ? 40 %. Коэффициент размягчения в возрасте 28 сут повышается в среднем в 1,8 – 2,4 раза и достигает у карбонизированных образцов значений 0,7 – 0,8, что отвечает требованиям водостойкости строительных материалов. Наибольшим коэффициентом размягчения обладают образцы с большей толщиной карбонатного слоя.

Таблица 1

Физико-механические характеристики карбонизированных известковых образцов, хранившихся в нормальных условиях в естественном состоянии

Параметры получения опытных образцов			Прочность, $R_{сж}$, МПа, в возрасте, сут			Плотность, ρ_0 , г/см ³ , в возрасте, сут			Толщина карбонатного слоя, мм, в возрасте, сут		
время карбонизации, час	давление прессования, МПа	влажность сырьевой шихты, %	после карбонизации	7	28	после карбонизации	7	28	после карбонизации	7	28
3	5	15	3,9	4,9	5,8	1,24	1,23	1,25	12	12	13
		20	5,6	9,5	11,2	1,52	1,29	1,29	5	6	7
	10	15	10,2	12,8	14,6	1,50	1,45	1,45	8	8	9
		20	10,9	13,4	14,0	1,63	1,48	1,47	4	4	5
9	5	15	4,4	5,4	6,5	1,31	1,28	1,29	12	12,5	13
		20	8,3	10,5	11,3	1,45	1,36	1,34	6	7	8
	10	15	11,8	13,6	16,2	1,56	1,45	1,48	7	7	10
		20	12,6	14,4	16,1	1,62	1,44	1,46	3	3	4

Таблица 2

Физико-механические характеристики карбонизированных известковых образцов, хранившихся в нормальных условиях в сухом состоянии

Параметры получения опытных образцов			Прочность, $R_{сж}$, МПа, в возрасте, сут			Плотность, ρ_0 , г/см ³ , в возрасте, сут			Коэффициент размягчения K_p в возрасте, сут		
время карбонизации, час	давление прессования, МПа	влажность сырьевой шихты, %	1	7	28	1	7	28	1	7	28
3	50	15	5,5	5,8	6,2	1,23	1,23	1,26	0,76	0,80	0,84
		20	9,9	14,4	16,2	1,23	1,28	1,33	0,65	0,66	0,68
	100	15	14,9	17,8	21,0	1,39	1,42	1,44	0,58	0,71	0,81
		20	19,3	22,7	25,2	1,39	1,40	1,42	0,52	0,56	0,70
9	50	15	6,2	8,2	8,4	1,25	1,26	1,27	0,71	0,72	0,73
		20	14,7	15,7	16,9	1,31	1,33	1,33	0,62	0,63	0,69
	100	15	19,5	23,2	26,0	1,44	1,45	1,47	0,54	0,76	0,81
		20	19,4	23,6	24,7	1,40	1,43	1,46	0,53	0,62	0,70

Таблица 3

Физико-механические характеристики не карбонизированных известковых образцов, хранившихся в нормальных условиях в естественном состоянии

Параметры получения опытных образцов		Прочность, $R_{сж}$, МПа, в возрасте, сут			Плотность, ρ_0 , г/см ³ , в возрасте, сут		
давление прессования, МПа	влажность сырьевой шихты, %	1	7	28	1	7	28
50	15	1,1	1,2	1,7	1,03	1,02	1,03
	20	1,7	2,1	2,6	1,29	1,13	1,13
100	15	2,5	3,2	4,1	1,26	1,2	1,19
	20	2,8	3,3	4,6	1,37	1,21	1,23

Таблица 4

Физико-механические характеристики не карбонизированных известковых образцов, хранившихся в нормальных условиях в сухом состоянии

Параметры получения опытных образцов		Прочность, $R_{сж}$, МПа, в возрасте, сут			Плотность, ρ_0 , г/см ³ , в возрасте, сут			Коэффициент размягчения K_p в возрасте, сут		
давление прессования, МПа	влажность сырьевой шихты, %	1	7	28	1	7	28	1	7	28
50	15	2,1	2,3	2,8	0,97	1,01	1,05	0,45	0,39	0,41
	20	2,6	3,3	4,8	1,06	1,11	1,14	0,46	0,49	0,33
100	15	5,1	5,4	5,5	1,14	1,14	1,16	0,35	0,59	0,38
	20	5,2	6,0	6,8	1,17	1,17	1,21	0,31	0,47	0,29

Толщина карбонизированного слоя возрастает с уменьшением давления прессования и уменьшением влажности формовочной смеси, причем с увеличением времени хранения образцов она растет. Изменения толщины карбонизированного слоя в зависимости от давления прессования и влажности показаны на рис. 1 и 2.

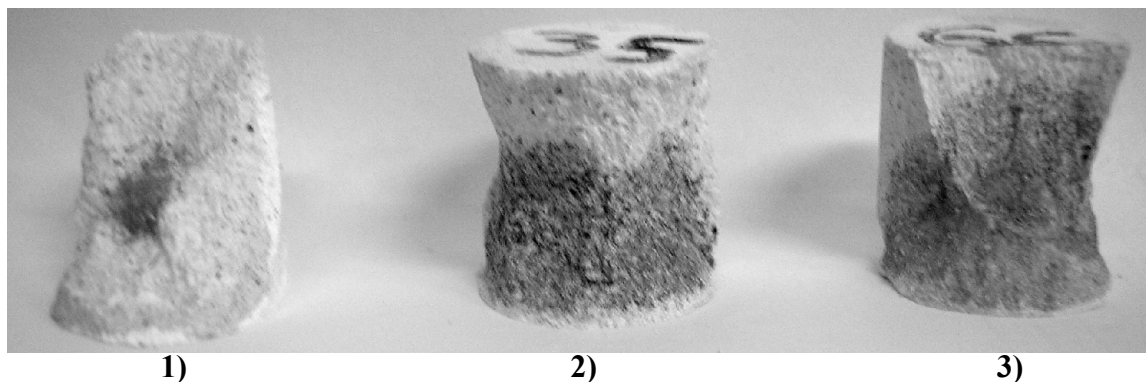


Рис. 1. Изменение толщины карбонизированного слоя известковых образцов, полученных давлением прессования 7,5 МПа с различной влажностью сырьевой смеси в возрасте 28 сут (время карбонизации 3 ч):

1 – влажность 12,5 %; 2 – влажность 17,5 %; 3 – влажность 22,5 %.

Из рис. 1 и 2 видно, что процесс карбонизации начинается в поверхностном слое материала (карбонизированные участки не окрашены), направляясь постепенно внутрь образца. Следует отметить неравномерность карбонизированного слоя по вертикальному сечению образцов. На образцах с различной начальной влажностью (см. рис. 1) равномерный карбонизированный слой наблюдается при влажности 12,5 %, с увеличением влажности карбонизированный слой уменьшается и смещается в зону образца с оптимальной влажностью. Таким образом, процесс карбонизации носит избирательный характер и зависит от влажности известковых образцов. Кроме влажности на толщину слоя вторичного карбоната кальция влияет удельное давление прессования или начальная плотность образцов (см. рис. 2). Более пористая структура материала позволяет глубже проникать углекислому газу вглубь образца (рис. 2, а). С повышением давления прессования структура уплотняется, что сказывается на толщине карбонизированного слоя (рис. 2, б, в).

Как видно из рис. 1 и 2 структура полученного путем искусственной карбонизации материала на поверхности состоит из кристаллов вторичного CaCO_3 – кальцита, а его внутренняя структура похожа на ту, что присуща гидрату кальция. Следует отметить, что карбонизированный слой не отслаивается от не закарбонизировавшейся части образца. Этот факт позволяет предположить, что два разнородных слоя не просто примыкают друг к другу, а между ними существуют контакты прорастания. На наш взгляд, химическое сродство карбоната и гидрата кальция обеспечивает прочную связь между ними в промежуточной переходной фазе, содержащей жидкость ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), насыщенную центрами кристаллизации CaCO_3 . Внутри этой переходной фазы образуется будущая структура твердого гидрата, который находится в жидкой фазе (где и происходит реакция с углекислым газом), но уже влияет на свойство формируемой карбонатной решетки. Таким образом, структура известкового теста при его карбонизации включает молекулы $\text{Ca}(\text{OH})_2$, связанные в твердый карбонат, что определяет ее высокую прочность.

Создавая оптимальные условия карбонизации: влажность, начальную структуру системы на основе извести и длительность обработки системы углекислым газом можно добиться полной карбонизации известкового теста, что в некоторой мере опровергает теорию «двойной пленки», предложенную Lenis и Whinton [6], из которой следует, что реакция образования карбонатного осадка происходит только в ограниченных пределах на внешней поверхности известкового теста и не может быть карбонизации всей известковой массы.

Графическая обработка экспериментальных данных изменения прочности при сжатии опытных образцов-цилиндров в зависимости от исследуемых факторов в течение 28 сут твердения в нормальных условиях и после сушки представлена на рис. 3 и 4. Характер изменения прочности свидетельствует, что прочность известковых образцов, полученных при давлении прессования 5 МПа, существенно зависит от влажности формовочной шихты (с увеличением влажности с 15 до 20 % прочность увеличивается в 2 – 2,5 раза); с повышением давления прессования опытных образцов до 10 МПа определяющим фактором является усилие прессования – кривые изменения прочности практически накладываются друг на друга и практически не зависят от других технологических факторов получения известковых образцов.

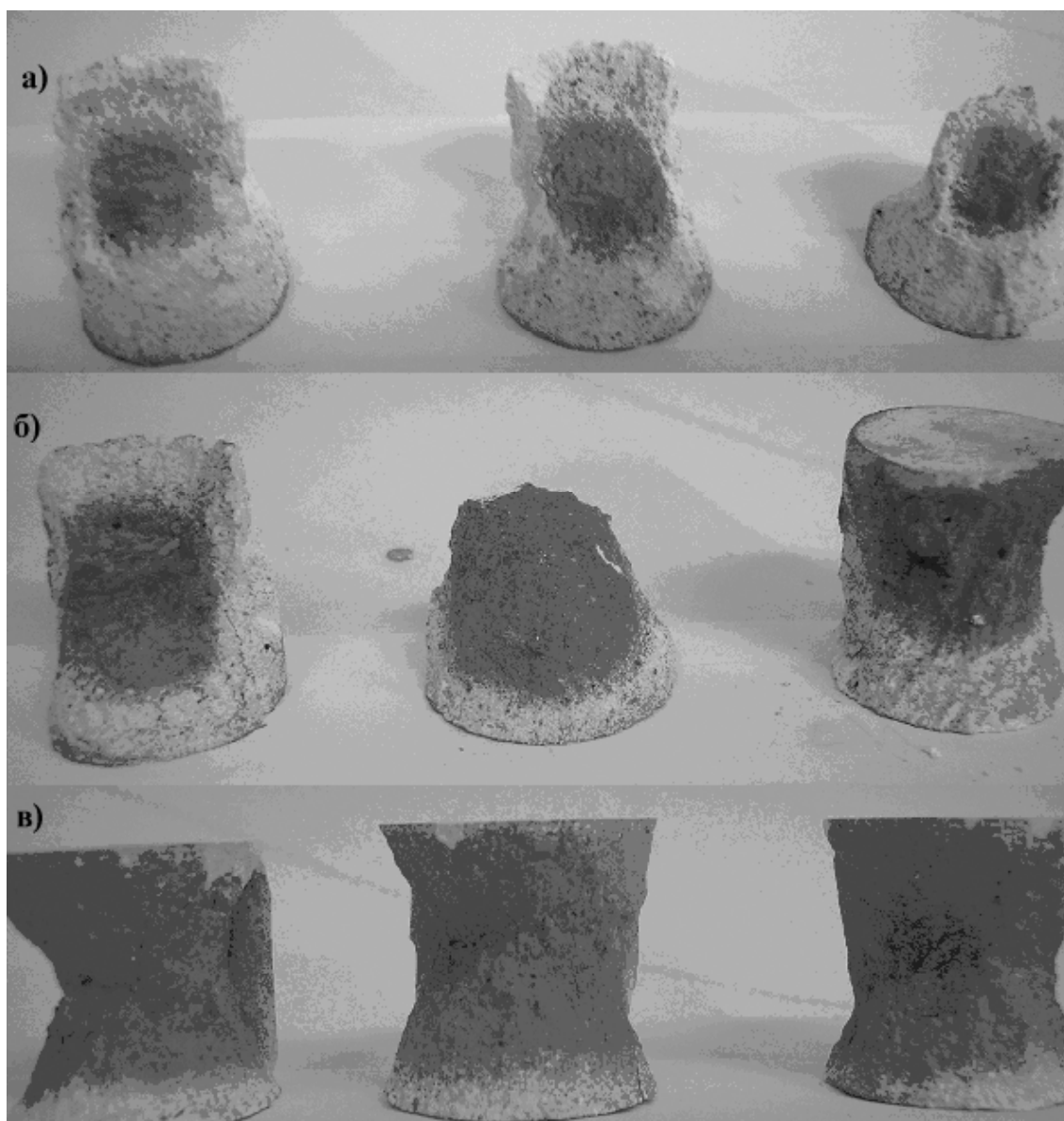


Рис. 2. Изменение толщины карбонизированного слоя известковых образцов в зависимости от давления прессования образцов при сырьевой смеси влажностью 17,5 % в возрасте 28 сут (время карбонизации 1 час):

а) давление прессования 5 МПа, б) давление прессования 7,5 МПа; в) давление прессования 10 МПа.

Комплексно оценивая полученные результаты можно заключить следующее. Процесс карбонизации, или получения вторичного кальцитного камня из известкового теста, в части полноты карбонизации зависит в большей степени от влажности гашеной извести, конечная же прочность карбонизированных образцов зависит от формовочного давления прессования, создающего начальную структуру материала. Однако коэффициент размягчения выше у тех образцов, у которых больший карбонизированный слой.

Для исследования влияния температуры на процесс карбонизации известковых образцов-цилиндров последние перед подачей в камеру карбонизации углекислого газа выдерживали при постоянно поддерживаемой в камере температуре. Подача CO_2 в камеру осуществлялась после выравнивания температуры образцов и температуры среды в карбонизационной камере. При карбонизации образцов в камере также отмечался температурный максимум 345 К. После снижения температуры, до окончания опыта в камере поддерживалась начальная температура. Исследуемые в данной работе физико-механические характеристики опытных образцов, полученных при давлении прессования 7,5 МПа с различной влажностью сырьевой смеси, карбонизированных при различных начальных температурах и не карбонизированных, представлены в табл. 5 – 8. Зависи-

мость предела прочности при сжатии опытных образцов, полученных при разных температурах в зависимости от влажности формовочной смеси приведена на рис. 5, 6.

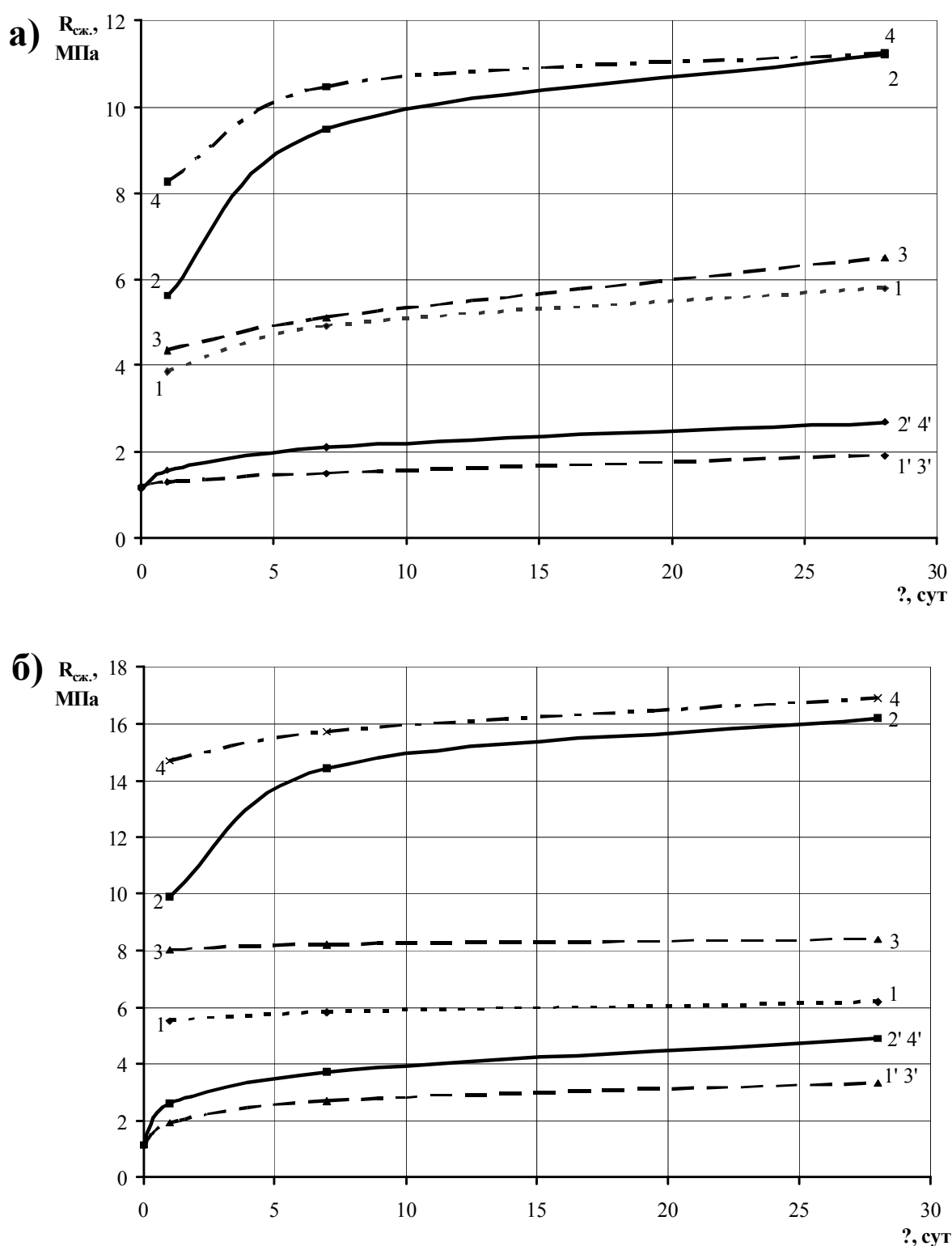


Рис. 3. Прочность на сжатие известковых образцов карбонизационного и конденсационного (с штрихом) твердения, хранившихся в нормальных условиях (а) и после сушки (б), полученных при давлении прессования 5 МПа:

1 – влажность формовочной смеси 15 %, время карбонизации 3 ч; 2 – влажность формовочной смеси 20 %, время карбонизации 3 ч; 3 – влажность формовочной смеси 15 %, время карбонизации 9 ч; 4 – влажность формовочной смеси 20 %, время карбонизации 9 ч.

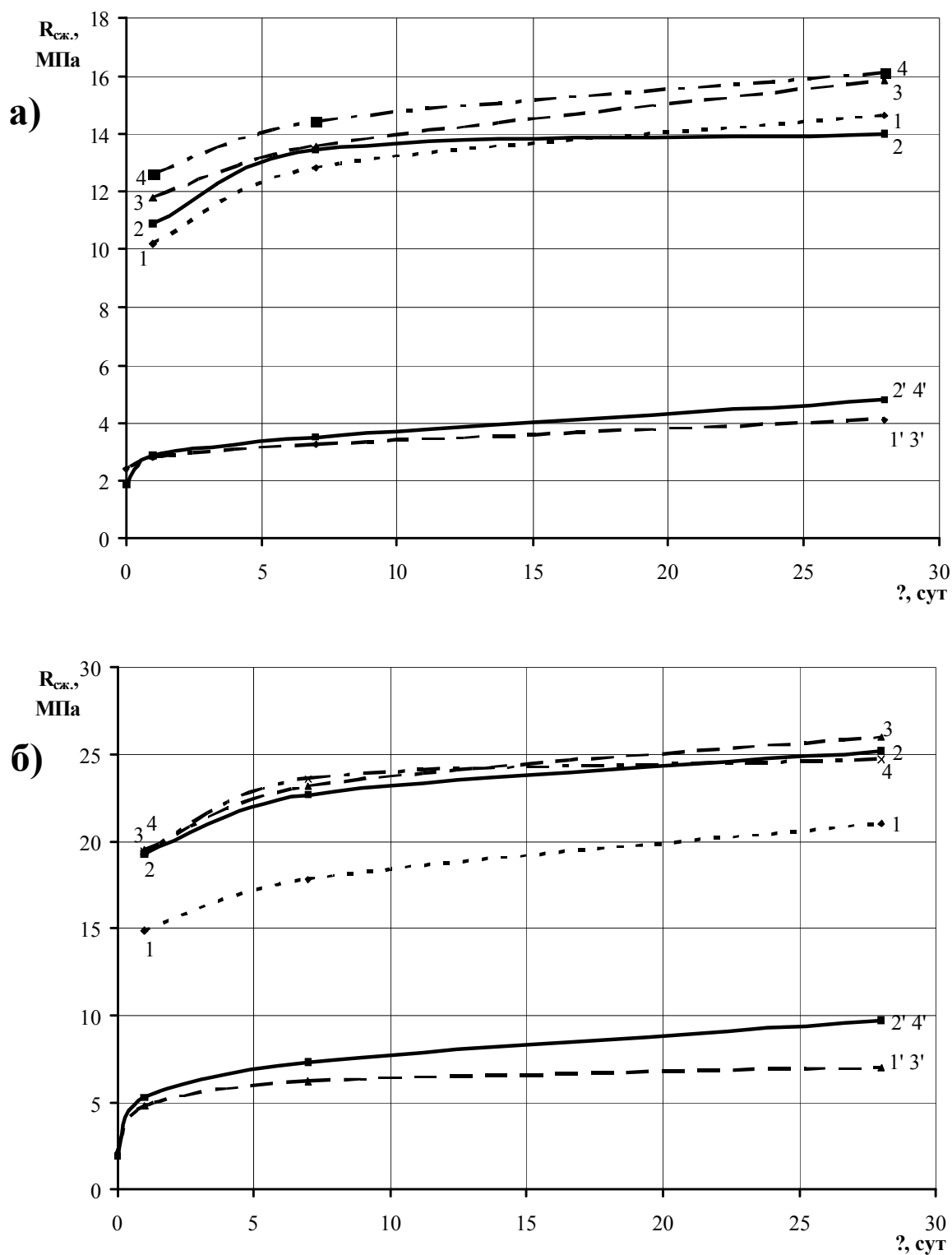


Рис. 4. Прочность на сжатие известковых образцов карбонизационного и конденсационного (с штрихом) твердения, хранившихся в нормальных условиях (а) и после сушки (б), полученных при давлении прессования 10 МПа:

1; 2; 3; 4 – те же, что на рис. 1.

Данные табл. 5 и 6 показывают, что при повышенных температурах показатель толщины карбонизированного слоя составляет 10 – 13 мм и существенно не зависит от варьируемых технологических параметров. При близких значениях толщины карбонатного слоя близки значения коэффициентов размягчения образцов, например, в возрасте 28 сут они находятся в пределах 0,7 – 0,8. Это можно объяснить тем, что при повышенных температурах образцы в камере подсушиваются и при достижении оптимальной влажности интенсивно карбонизируются.

Таблица 5

Физико-механические характеристики карбонизированных известковых образцов, полученных при давлении прессования 7,5 МПа, хранившихся в нормальных условиях в естественном состоянии

Параметры получения опытных образцов			Прочность, $R_{сж}$, МПа, в возрасте, сут			Плотность, ρ_0 , г/см ³ , в возрасте, сут			Толщина карбонатного слоя, мм, в возрасте, сут		
время карбонизации, час	температура, К	влажность сырьевой шихты, %	после карбонизации	7	28	после карбонизации	7	28	после карбонизации	7	28
3	303	15	5,8	6,9	5,9	1,31	1,30	1,32	12	12	10
		20	7,7	10,8	10,5	1,42	1,42	1,43	10	9	7
	323	15	10,8	9,0	7,2	1,25	1,26	1,35	11	10	9
		20	9,3	9,5	8,3	1,43	1,41	1,43	10	9	9
9	303	15	6,6	8,1	5,5	1,33	1,34	1,38	10	12	12
		20	9,2	11,4	11,0	1,42	1,42	1,37	15	15	13
	323	15	9,6	7,5	7,5	1,31	1,31	1,33	14	10	11
		20	9,6	9,6	9,0	1,40	1,41	1,38	12	14	12

Таблица 6

Физико-механические характеристики карбонизированных известковых образцов, полученных при давлении прессования 7,5 МПа, хранившихся в нормальных условиях в сухом состоянии

Параметры получения опытных образцов			Прочность, $R_{сж}$, МПа, в возрасте, сут			Плотность, ρ_0 , г/см ³ , в возрасте, сут			Коэффициент размягчения K_p в возрасте, сут		
время карбонизации, час	температура	влажность сырьевой шихты, %	1	7	28	1	7	28	1	7	28
3	30	15	6,7	10	7,8	1,29	1,31	1,33	0,75	0,73	0,79
		20	13,2	14	12,2	1,37	1,38	1,4	0,60	0,74	0,80
	50	15	8,5	13,3	10,7	1,26	1,27	1,31	0,77	0,76	0,78
		20	14	14,4	11,3	1,39	1,41	1,40	0,72	0,69	0,73
9	30	15	10,4	11,7	8,1	1,30	1,31	1,34	0,73	0,72	0,76
		20	14,6	14,9	12,8	1,37	1,37	1,32	0,65	0,65	0,73
	50	15	9,5	11,7	7,8	1,30	1,31	1,32	0,68	0,69	0,70
		20	14,5	15,0	14,6	1,39	1,4	1,36	0,62	0,71	0,72

Таблица 7

Физико-механические характеристики не карбонизированных известковых образцов, полученных при давлении прессования 7,5 МПа, хранившихся в нормальных условиях в естественном состоянии

Параметры получения опытных образцов	Прочность, $R_{сж}$, МПа, в возрасте, сут			Плотность, ρ_0 , г/см ³ , в возрасте, сут		
влажность сырьевой шихты, %	1	7	28	1	7	28
15	1,52	1,68	1,95	1,10	1,14	1,16
20	1,74	2,18	2,6	1,13	1,18	1,21

Таблица 8

Физико-механические характеристики не карбонизированных известковых образцов, полученных при давлении прессования 7,5 МПа, хранившихся в нормальных условиях в сухом состоянии

Параметры получения опытных образцов	Прочность, $R_{сж}$, МПа, в возрасте, сут			Плотность, ρ_0 , г/см ³ , в возрасте, сут			Коэффициент размягчения K_p в возрасте, сут		
влажность сырьевой шихты, %	1	7	28	1	7	28	1	7	28
15	2,5	3,4	4,2	1,04	1,08	1,11	0,31	0,34	0,39
20	3,1	3,5	4,5	1,07	1,10	1,13	0,32	0,36	0,40

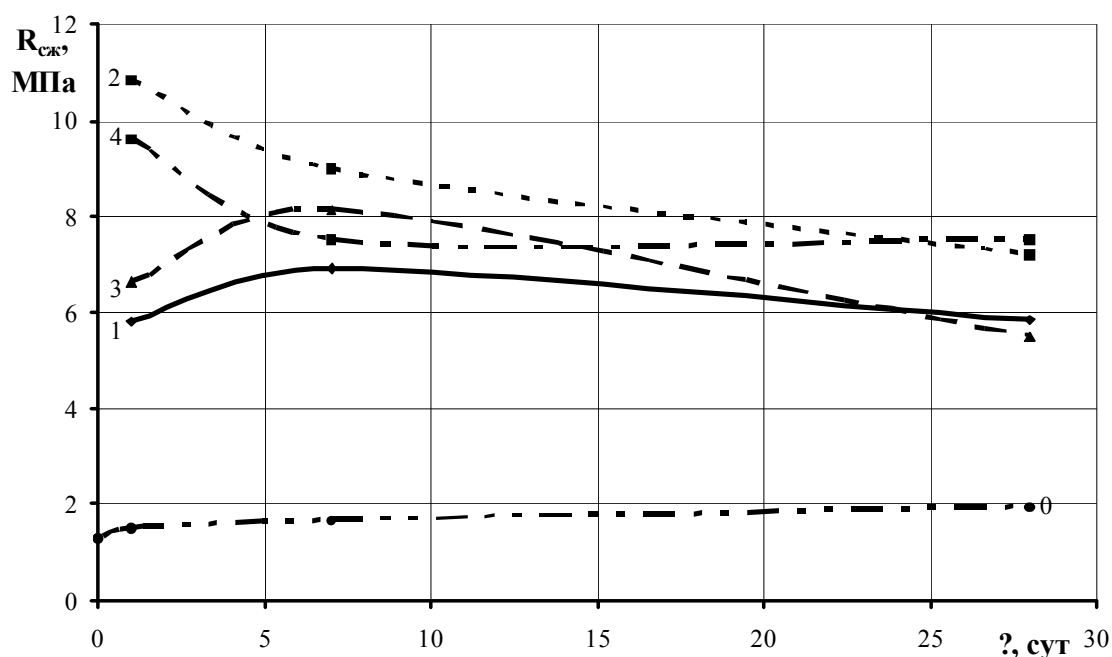


Рис. 5а. Прочность на сжатие известковых образцов карбонизационного твердения, полученных из сырьевой смеси влажностью 15 % при давлении прессования 7,5 МПа, в естественном состоянии в зависимости от температуры и времени карбонизации:

1 – температура 303 К, время карбонизации 3 ч; 2 – температура 323 К, время карбонизации 3 ч; 3 – температура 303 К, время карбонизации 9 ч; 4 – температура 323 К, время карбонизации 9 ч; 0 – не карбонизированный образец.

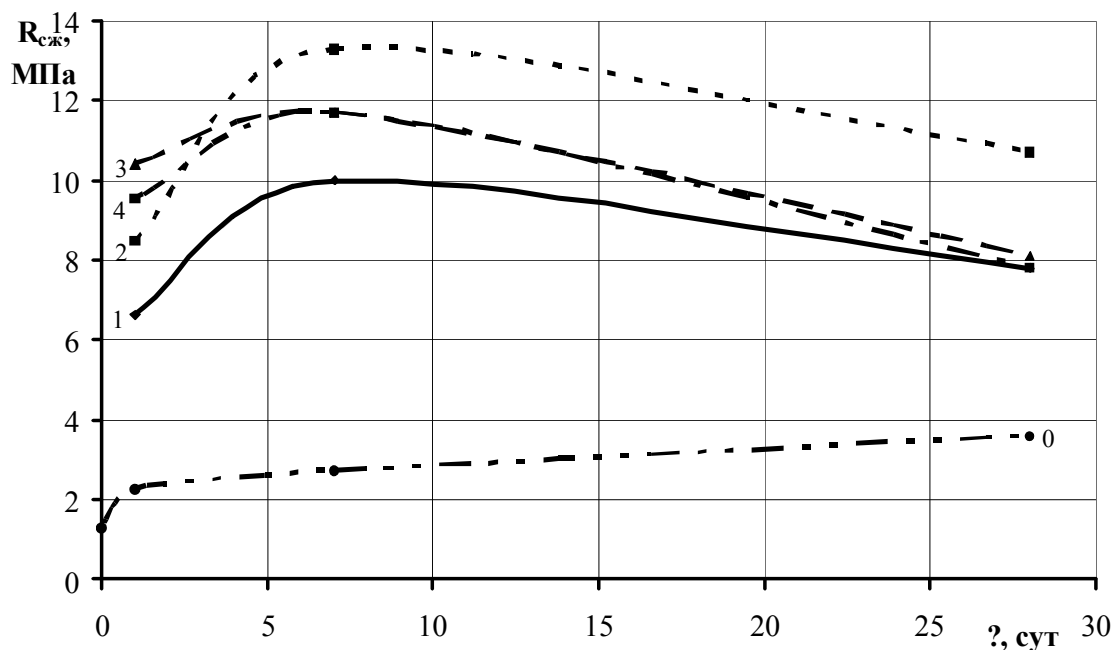


Рис. 5б. Прочность на сжатие известковых образцов карбонизационного твердения, полученных из сырьевой смеси влажностью 15 % при давлении прессования 7,5 МПа, после сушки в зависимости от температуры и времени карбонизации:

1 – температура 303 К, время карбонизации 3 ч; 2 – температура 323 К время карбонизации 3 ч; 3 – температура 303 К, время карбонизации 9 ч; 4 – температура 323 К, время карбонизации 9 ч; 0 – не карбонизированный образ

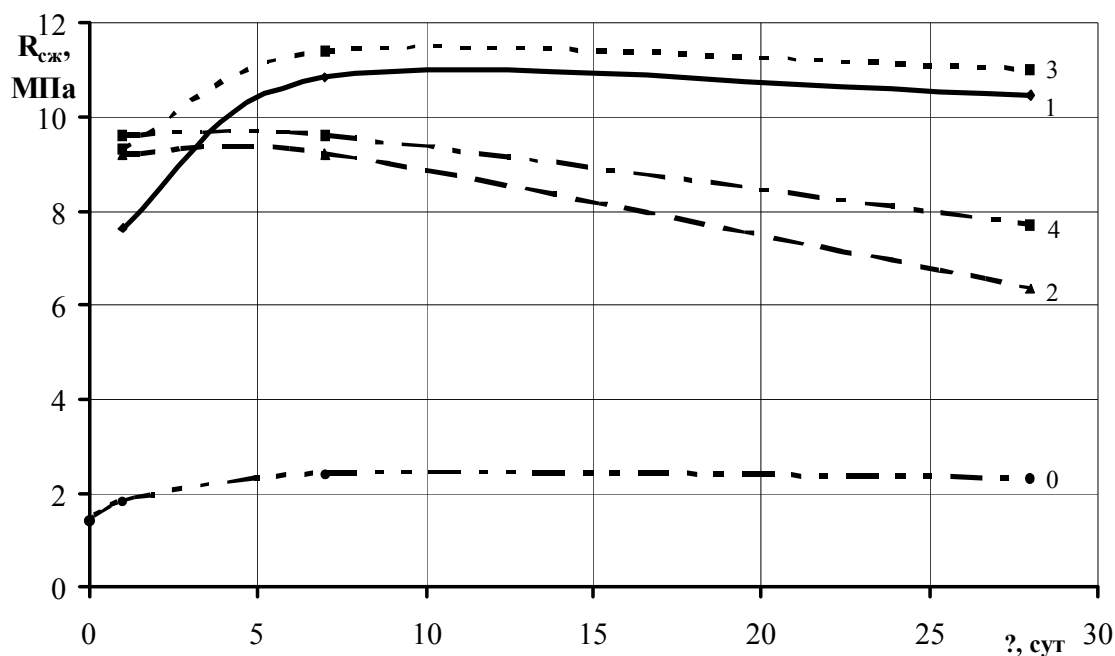


Рис. 6а. Прочность на сжатие известковых образцов карбонизационного твердения, полученных из сырьевой смеси влажностью 20 % при давлении прессования 7,5 МПа, в естественном состоянии в зависимости от температуры и времени карбонизации:

1; 2; 3; 4; 0 – те же, что на рис. 5.

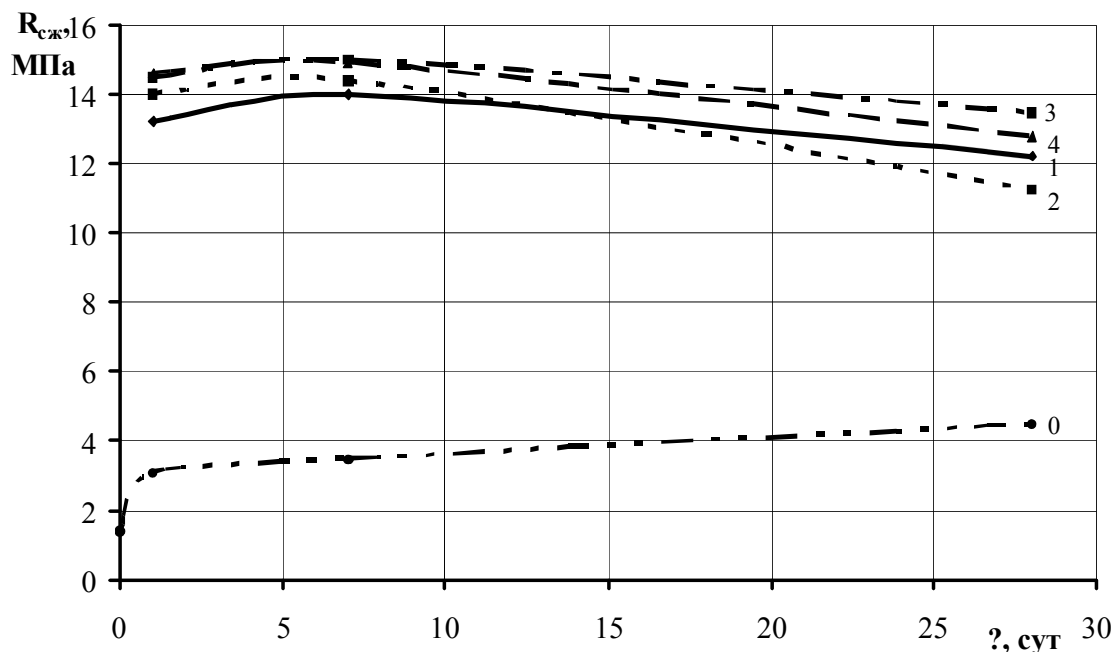


Рис. 66. Прочность на сжатие известковых образцов карбонизационного твердения, полученных из сырьевой смеси влажностью 20 % при давлении прессования 7,5 МПа, после сушки в зависимости от температуры и времени карбонизации:

1; 2; 3; 4; 0 – те же, что на рис. 5.

Прочность карбонизированных образцов значительно выше прочности известковых образцов. Прочность после первых суток твердения карбонизированных образцов больше прочности не карбонизированных образцов в среднем в 6 – 9 раз. При дальнейшем выдерживании в нормальных воздушно-влажных условиях прочность снижается, по-прежнему, превышая прочностные показатели не карбонизированных образцов в 3 – 4 раза. Снижения прочности при сжатии при хранении опытных образцов требует детального рассмотрения.

Графики зависимости прочности при сжатии опытных образцов, полученных прессованием смеси известкового теста влажностью 15 %, от температуры и времени карбонизации носят различный характер (см. рис. 5, а). Образцы, карбонизированные при температуре 323 К, обладают большими значениями прочности при сжатии, чем образцы, полученные при температуре 303 К. Однако с течением времени в 7 и 28 сут прочность постепенно снижается в среднем на 15 – 20 %. У образцов, полученных при поддерживаемой температуре в камере 303 К, к 7 сут твердения прочность несколько повышается, а к 28 сут снижается. При испытании образцов после высушивания их (см. рис. 5, б) прочность после повышения к 7-ми суточному возрасту к 28 сут снижается на 25 – 30 %.

У опытных образцов, полученных в аналогичных условиях при влажности сырьевой смеси 20 % (см. рис. 6, а) характер изменения кривых прочности еще больше зависит от температуры. Так у образцов, полученных при температуре 303 К, прочность к 7 суточному возрасту повышается и к 28 сут практически не изменяется. С повышением температуры прочность, не изменяясь к 7-ми суточному возрасту, к 28 сут заметно снижается. Исследования изменения прочности образцов после сушки показали, что значения прочности при сжатии всех образцов очень близки и характер кривых одинаков (см. рис. 6, б).

На наш взгляд подобное протекание процесса твердения опытных образцов после процесса карбонизации объясняется следующим образом. Образцы перед началом карбонизации при выдерживании их при повышенных температурах подсушивались и к моменту подачи углекислого газа в камеру обладали недостаточной влажностью для полного прохождения химической реакции карбонизации и создания прочных контактов срастания между новообразовавшимися частицами и $\text{Ca}(\text{OH})_2$. В результате структура карбонизированного новообразования CaCO_3 обладает не прочными связями с исходным $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Кроме того, известно, что значение температуры около 303 К является критическим, выше и ниже которого происходит изменение кристаллической решетки карбонатного осадка. При температуре до 303 К карбонатный осадок смеси представлен шестигранным кальцитом, тогда как при увеличении температуры выше 303 К образуются ромбоэдрические кристаллы арагонита [2, 7]. Количество арагонита в карбонатном осадке увеличивается при повышении температуры реакции до тех пор, пока он весь не превратится в арагонит при температуре приблизительно 333 К. Таким образом, объяснение уменьшения прочности при повышенных температурах может быть основано на предположении, что гидратная форма карбоната не может существовать при повышенных температурах и, если предположить, что карбонизированный CaCO_3 является первичным соединением для формирования кальцита, следовательно, неудачная попытка получить его при повышенных температурах вызывает выпадение арагонита в осадок.

Данные предположения, бесспорно, требуют детального изучения структуры полученного камня специальными методами (рентгеноструктурный анализ, ДТА, ДТГ, электронная микроскопия и т.д.), результаты которого будут представлены в последующих статьях.

Повышенная температура как один из технологических приемов получения вторичного карбонатного камня, несмотря на полученные опытные данные, не является отрицательным фактором и при соответствующих значениях начальной влажности известкового теста позволяет получать прочный карбонатный камень (рис. 7). Образцы с разной влажностью, карбонизация которых протекала при одной и той же начальной и поддерживаемой в камере температуре (кривые 5 и 6) показывают абсолютно противоположные результаты: при влажности 22 % прочность со временем растет, при влажности 13 % – снижается. Аналогичный результат отмечается у образцов, имеющих одинаковую влажность, но карбонизированных при разных температурах – умеренной (295 К) и повышенной (338 К). При повышенной температуре прочность снижается, а при умеренной – увеличивается (кривые 7 и 8).

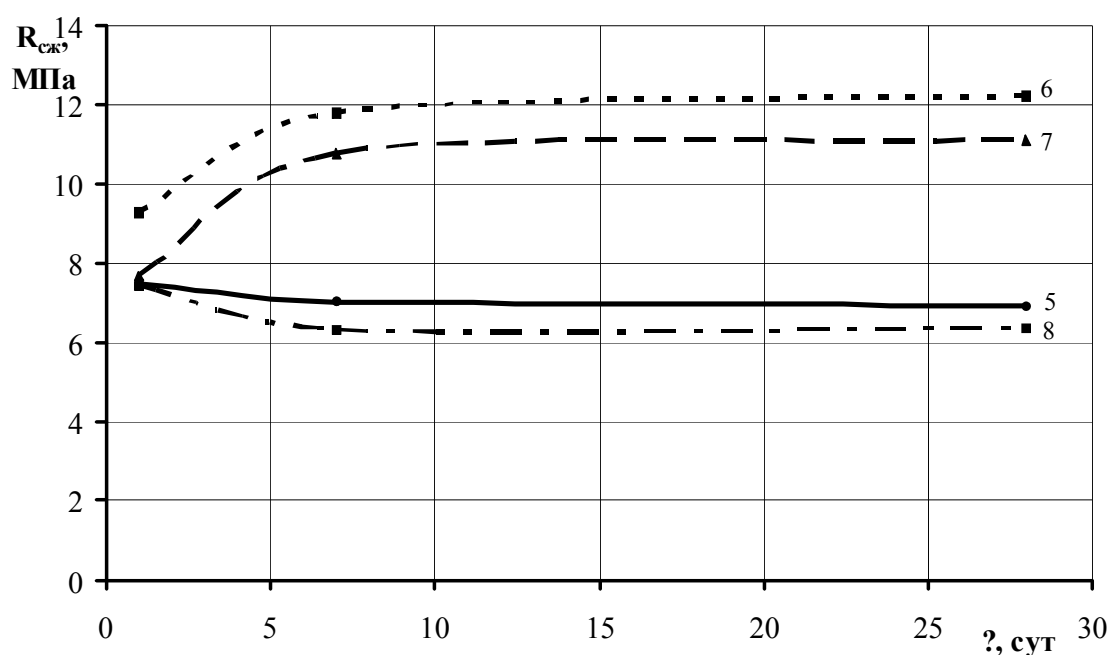


Рис. 7. Зависимость прочности при сжатии известковых образцов, полученных при давлении прессования 7,5 МПа и карбонизированных в течение 6 ч, от формовочной влажности и температуры карбонизации:

5 – влажность 13 %, температура 313 К; 6 – влажность 22 %, температура 313 К;

7 – влажность 17,5 %, температура 295 К; 8 – влажность 17,5 %; температура 338 К.

Полученные результаты согласуются с данными расхода углекислого газа во время карбонизации известковых образцов. На рис. 8 представлены кинетические кривые карбонизации образцов, отформованных при одинаковом удельном давлении прессования 7,5 МПа из известкового теста различной влажности при различной температуре карбонизации в течение 22000 с.

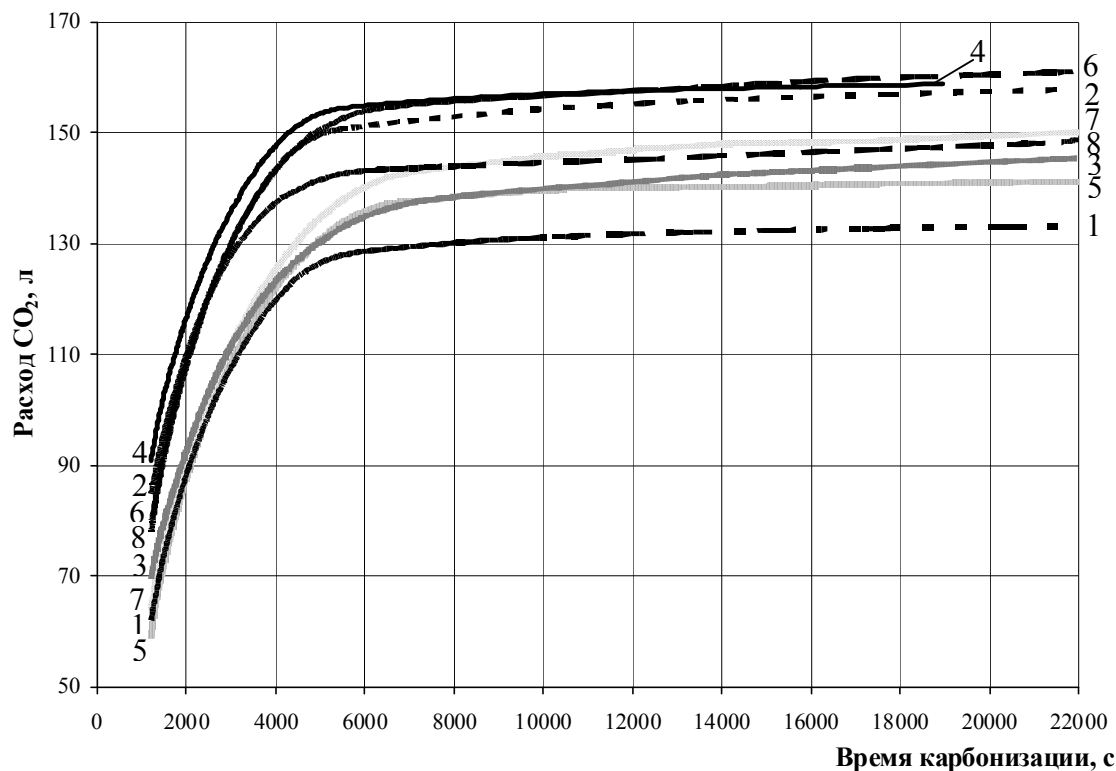


Рис. 8. Кинетика поглощения CO_2 образцами из известкового теста различной влажности, полученных при давлении прессования 7,5 МПа и карбонизированных при различных температурах:

1, 2 и 3 – влажность, соответственно 12,5, 17,5 и 22,5 %, температура 313 К; 4 и 5 – влажность 15 %, температура 303 и 323 К; 6 и 7 – влажность 20 %, температура 303 и 323 К; 8 – влажность 17,5 %, температура 295 К.

Из рис. 8 видно, что процесс карбонизации образцов на основе извести можно разбить на два периода: первый период длится 4000 – 6000 с и характеризуется большой скоростью поглощения CO_2 образцами, затем наступает второй период – процесс стабилизируется и поглощение углекислого газа идет с постоянной скоростью. Оценивая участки кинетических кривых первого периода не трудно заметить, что большая скорость поглощения газа соответствует образцам, карбонизация которых протекала при меньших температурах, например 295 и 303 К (линии на графике 2, 4, 6 и 8). Большей скоростью также начального периода поглощения углекислого газа отличаются образцы с начальной влажностью 17,5 %, карбонизация которых протекала при поддержании температуры в камере 313 К.

Углы наклона линий, соответствующих второму этапу карбонизации на графике кинетики поглощения CO_2 , свидетельствуют, что большей скоростью поглощения углекислого газа отличаются известковые образцы с начальной влажностью более 17,5 % (линии на графике 2, 3, 6, 7 и 8). Таким образом, определяющим фактором карбонизации известкового теста является его влажность. Поддерживая постоянную влажность известковой системы, оптимальную в зависимости от других технологических условий, можно обеспечить постоянную достаточно большую скорость карбонизации известкового теста и получать полностью карбонизированный материал.

Используя методы математической статистики и планирования эксперимента, применив полиномиальные модели второго порядка – ротатабельный центральный композиционный план, были построены математические модели процесса карбонизации в зависимости от действия на него различных факторов:

1) удельного давления прессования, влажности сырьевой смеси и времени карбонизации при постоянной температуре (293 ± 2 К);

2) температуры, времени карбонизации и формовочной влажности известкового теста при постоянном удельном давлении прессования образцов (7,5 МПа).

Алгебраические полиномы математических моделей процесса карбонизации от первых трех факторов имеют следующий вид:

- прочности при сжатии в возрасте 1, 7 и 28 сут в естественном состоянии:

$$\begin{aligned} Y_{1сут} &= 7,25 + 2,68Z_1 + 0,82Z_2 + 0,81Z_3 + 0,79Z_2^2 + 0,45Z_3^2 - 0,74Z_1Z_2 - \\ &\quad - 0,19Z_1Z_3 - 0,13Z_2Z_3, \\ Y_{7сут} &= 9,87 + 3,45Z_1 + 0,55Z_2 + 0,60Z_3 + 0,38Z_1^2 + 0,29Z_3^2 - 1,20Z_1Z_2, \\ Y_{28сут} &= 12,5 + 3,88Z_1 + 1,36Z_3 - 0,285Z_1^2 - 0,49Z_2^2 - 2,01Z_1Z_2 + \\ &\quad + 0,64Z_1Z_3 - 0,66Z_2Z_3; \end{aligned} \quad (1)$$

- плотности в возрасте 28 сут в сухом состоянии:

$$\begin{aligned} Y_{28сут} &= 1,403 + 0,07Z_1 - 0,01Z_2 + 0,01Z_3 - 0,03Z_1^2 - 0,03Z_2^2 - 0,01Z_3^2 - \\ &\quad - 0,02Z_1Z_2 + 0,02Z_1Z_3 + 0,001Z_2Z_3; \end{aligned} \quad (2)$$

- толщины карбонизированного слоя после карбонизации:

$$\begin{aligned} Y_{1сут} &= 11,03 - 2,55Z_1 - 3,14Z_2 - 0,57Z_3 - 1,10Z_1^2 - 2,34Z_3^2 + 0,63Z_1Z_2 - \\ &\quad - 0,38Z_1Z_3; \end{aligned} \quad (3)$$

- коэффициента размягчения в возрасте 1 сут:

$$\begin{aligned} Y_{1сут} &= 0,57 - 0,07Z_1 - 0,03Z_2 - 0,03Z_3 - 0,02Z_1^2 + 0,05Z_2^2 + 0,01Z_3^2 + \\ &\quad + 0,02Z_1Z_2 + 0,01Z_1Z_3 + 0,01Z_2Z_3. \end{aligned} \quad (4)$$

Уравнения регрессии процесса карбонизации в зависимости от совместного влияния второй группы факторов выглядят следующим образом:

- прочность при сжатии в возрасте 1, 7 и 28 сут в естественном состоянии:

$$\begin{aligned} Y_{1сут} &= 10,14 + 0,44Z_1 + 0,70Z_2 + 0,16Z_3 - 0,27Z_1^2 - 0,57Z_2^2 - 1,42Z_3^2 - \\ &\quad - 0,75Z_1Z_2 + 0,28Z_1Z_3 - 0,40Z_2Z_3, \\ Y_{7сут} &= 7,26 + 0,67Z_1 - 0,13Z_3 + 1,70Z_1^2 - 0,58Z_3^2 - 0,30Z_1Z_2, \\ Y_{28сут} &= 12,2 + 1,46Z_1 - 0,65Z_2 + 0,20Z_3 - 0,76Z_1^2 - 1,24Z_2^2 - 2,08Z_3^2 - \\ &\quad - 0,94Z_1Z_2; \end{aligned} \quad (5)$$

- плотности в возрасте 28 сут в сухом состоянии:

$$\begin{aligned} Y_{28сут} &= 1,417 + 0,02Z_1 - 0,01Z_2 - 0,01Z_3 - 0,015Z_1^2 - 0,02Z_2^2 - 0,04Z_3^2 + \\ &\quad + 0,01Z_1Z_2 + 0,02Z_1Z_3 + 0,01Z_2Z_3; \end{aligned} \quad (6)$$

- толщины карбонизированного слоя после карбонизации:

$$Y_{1сут} = 7,30 - 0,25Z_1 + 0,59Z_2 + 1,78Z_1^2 + 1,78Z_3^2 - 0,75Z_1Z_2 + 0,75Z_1Z_3; \quad (7)$$

- коэффициента размягчения в возрасте 1 сут:

$$Y_{1\text{сум}} = 0,63 - 0,01Z_1 + 0,01Z_2 - 0,02Z_3 - 0,01Z_1^2 + 0,01Z_2^2 + 0,01Z_3^2 + 0,02Z_1Z_2 + 0,01Z_1Z_3 - 0,03Z_2Z_3. \quad (8)$$

Анализ полученных уравнений регрессии, описывающих процесс карбонизации известкового теста при нормальной температуре, показал, что все исследуемые свойства карбонизированных образцов в наибольшей степени зависят от удельного давления прессования.

Из уравнений (1) следует, что с повышением удельного давления прессования (Z_1) прочность при сжатии карбонизированных опытных образцов-цилиндров увеличивается. Влажность известкового теста (Z_2) и время карбонизации (Z_3) на увеличение прочности при сжатии влияют в одинаковой степени, причем с увеличением данных факторов прочность увеличивается. С увеличением возраста образцов на значение показателя прочности все большее влияние оказывает время карбонизации.

Алгебраический полином (2), моделирующий изменение средней плотности карбонизированных образцов, от исследуемых факторов показывает, что с увеличением давления прессования (Z_1) и времени карбонизации (Z_3) плотность возрастает, а с увеличением начальной влажности (Z_2) известковых прессованных образцов уменьшается.

Толщина карбонизированного слоя (3) с увеличением давления прессования и влажности уменьшается. Значение коэффициента уравнения регрессии, соответствующему времени обработки опытных образцов углекислым газом, в сравнении со значениями коэффициентов (Z_1) и (Z_2) настолько малы, что дает основание считать, что время карбонизации (Z_3) практически не влияет на толщину карбонизированного слоя.

Основным фактором, влияющим на значение коэффициента размягчения опытных образцов, является удельное давление прессования образцов-цилиндров. Формовочная влажность образцов и время карбонизации влияют на K_p в равной степени. Основные коэффициенты уравнения регрессии имеют знак «минус». Это объясняется тем, что с увеличением значения прочности при сжатии и плотности образцов, на которые данные технологические факторы влияют положительно, значение K_p , при прочих равных условиях, уменьшается (см. табл. 2).

Алгебраические полиномы математических моделей карбонизации известковых образцов при различных температурах при одинаковом давлении прессования свидетельствуют о следующем. Прочность (5) непосредственно после карбонизации образцов зависит от температуры (Z_2), причем с увеличением температуры прочность растет. Со временем, т.е. с увеличением срока хранения образцов, показатель прочности при сжатии все больше начинает зависеть начальной влажности образцов (Z_1). Время карбонизации (Z_3) мало влияет на прочностные показатели.

Средняя плотность образцов (6) увеличивается с увеличением начальной влажности сырьевой смеси (Z_1) и имеет тенденцию к уменьшению при повышении температуры (Z_2) и увеличению времени карбонизации (Z_3). Это согласуется с выводом о том, что при повышенных температурах в системе образуется арагонит, а при умеренных кальцит – более плотный минерал [15].

Уравнение регрессии (7) подтверждает экспериментальные данные относительно влияния влажности на толщину карбонизированного слоя, из которых следует, что с повышением влажности увеличивается глубина карбонизации опытных образцов, чему свидетель наибольший показатель коэффициента регрессии (Z_2), соответствующий этому фактору. Знак «-» коэффициента (Z_1) – фактор температуры – подтверждает опытные данные, что с повышением температуры степень карбонизации образцов из известкового теста снижается.

На показатель водостойкости (8) температура и влажность образцов влияют в одинаковой степени, однако с повышением температуры K_p снижается, а с увеличением влажности – повышается.

Математические модели процесса карбонизации известковых образцов в зависимости от влияния на него различных технологических факторов (1 – 8) показывают, что, не смотря на то, что процесс карбонизации замедляется, но не останавливается, исходя из экспериментальных данных, на конечные показатели время карбонизации практически не оказывает существенного влияния.

яния. Это свидетельствует о скоротечности процесса карбонизации и возможности практического получения искусственных карбонатных каменных материалов на основе воздушной извести в технологически короткие сроки.

Полученные результаты являются первым шагом в новом направлении создания экологически чистых строительных материалов. Дальнейшие исследования известковых и известково-карбонатных бесцементных систем с наполнением из карбонатов – побочных продуктов камнедобычи – могут дать без сомнения положительные результаты на фоне потенциально эффективных решений получения прочного камня без тепловой обработки из доступного и дешевого сырья.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования и анализ экспериментальных результатов позволили сделать следующее выводы.

1. Создавая определенные условия карбонизации: влажность, начальную структуру системы на основе извести и длительность обработки системы углекислым газом можно добиться максимальной карбонизации известкового теста и получения на его основе водостойкого и обладающего достаточно высокой механической прочностью материала.
2. Установлено, что процесс получения кальцита – продукта реакции карбонизации известкового теста – зависит, главным образом, от влажности системы, т.е. наличия влаги в зоне прохождения реакции взаимодействия CO_2 и $\text{Ca}(\text{OH})_2$.
3. Прочность карбонизированного камня на основе воздушной извести определяется прочностью связей карбоната и гидрата кальция. Структура известкового теста при его карбонизации включает молекулы $\text{Ca}(\text{OH})_2$, связанные в твердый карбонат, что определяет высокую прочность системы. Формирование связи CaCO_3 и $\text{Ca}(\text{OH})_2$ происходит в промежуточной переходной фазе, содержащей жидкость ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), насыщенную центрами кристаллизации CaCO_3 . Внутри этой переходной фазы образуется будущая структура твердого гидрата.
4. Наиболее оптимальной температурой карбонизации известкового теста является температура около 303 К. При этой температуре карбонизации известковые системы твердения контактно-карбонизированного типа обладают прочностью после карбонизации до 20 МПа, увеличивающейся во времени. Согласно теоретическим исследованиям, именно при этой температуре образуются кристаллы шестигранного кальцита, имеющие общие кристаллические свойства с кристаллами гидроксида кальция. С повышением температуры в карбонатном осадке повышается содержание ромбоэдрических кристаллов арагонита. Поскольку только кальцит имеет общее кристаллическое и химическое сродство с $\text{Ca}(\text{OH})_2$, следует поддерживать умеренные температуры в камере карбонизации с целью получения высокопрочного материала.
5. Толщина карбонизированного слоя влияет на коэффициент размягчения. С увеличением толщины карбонизированного слоя повышается значение показателя K_p искусственного камня на основе известковых систем контактно-карбонизированного твердения, который составляет 0,7 – 0,8, что позволяет классифицировать получаемый материал как водостойкий.
6. Получены уравнения регрессии прочности, плотности, водостойкости и толщины кальцитного слоя при карбонизации известкового теста в зависимости от основных технологических факторов – удельного давления прессования, влажности сырьевой смеси, температуры и времени карбонизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Толстопятов М. О причинах гетероморфизма углекислой извести. – М.: Типография Шюманъ и Глушакова, въ Черныш. пер., № 26, 1867. – 86 с.
2. Roze G. Ueber die Umstande, unter denen der kohlsayre Kalk sich in seinen heteromorphen Zustanden als Kalkspath, Aragonit und Kreide abscheidet // Poggendorff's Annal. Bd. – der Akad. d. Wiss. zu Berlin, 1860. – S. 156.
3. Байков А.А. Дополнения к «Курсу общей металлургии». Гл. III. Общие физико-химические условия превращения / Собрание трудов. – М.-Л: изд. и 1-я тип. Изд-ва Акад. наук СССР в Лгр., 1950. – III т. – С. 306–341.
4. Байков А.А. Труды в области общей и физической химии. Разложение природных углекислых солей при нагревании / Собрание трудов. – М.-Л: изд. и 1-я тип. Изд-ва Акад. наук СССР в Лгр., 1950. – II т. – С. 565–575.
5. Зацепин К.С. Известковые карбонизированные строительные материалы // Сборник материалов Московского научно-технического совещания по жилищно-гражданскому строительству, строительным материалам и проектно-исследовательским работам. Том II. – М.: Московская правда, 1952. – С. 283–290.
6. Zalmanoff N. Carbonation of Lime Putties To Produce High Grade Building // Rock Products. – 1956. – August. – P. 182–186.
7. Zalmanoff N. Carbonation of Lime Putties To Produce High Grade Building // Rock Products. – 1956. – September. – P. 84–90.
8. Сычев М.М. Систематизация вяжущих веществ // Журнал прикладной химии. – 1970. – № 3. – С. 528–533.
9. Rodt V. Zum Erhartungsproblem des Kalkmortels // Tonindustrie-Zeitung. – 1936. – № 8. – P. 97.
10. Donath. Tonindustrie-Zeitung. – 1926. – № 50. – P. 744, 817.
11. Хинт И.А. Твердение известково-песчаных материалов при обычной температуре // Бюллетень научно-технической информации «Силикальцит», Таллин – 1960. – № 5. – С. 59–71.
12. Федоркин С.И., Любомирский Н.В., Локтионова Т.А. Перспективы развития известковой промышленности с созданием новых технологий получения искусственных строительных материалов на основе воздушной извести // Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь: НАПКС. – 2006. – вып. 17. – С. 80–85.
13. Любомирский Н.В., Федоркин С.И. Научные и практические аспекты создания ресурсосберегающей технологии получения известковых каменных материалов карбонизированного твердения // Збірник наукових праць Луганського Національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2007. – № 71(94). – С. 174–181.
14. Автоматическая установка и методика изучения процесса карбонизации извести / Н.В. Любомирский, С.И. Федоркин, Т.А. Локтионова, В.Г. Носатов // Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь: НАПКС. – 2007. – вып. 19–20. – С. – 74–78.

Раздел 4. Технология промышленного и гражданского строительства

УДК 697.443

Головченко И.В., к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Область эффективного использования различных схем монтажа и тепловой изоляции трубопроводов подземных теплотрасс

Рассмотрены выбор рациональных организационно-технологических решений и методов производства работ при однозначно заданном проектном расположении подземных теплотрасс и технологическое обоснование места расположения подземных теплотрасс в пределах отведенного участка.

Теплотрасса, незастроенные участки, реконструкция, стесненность, фронт работ, подземные коммуникации.

В НАПКС под руководством доцентов Сургучева В.Г. и Головченко И.В. была разработана методика определения рациональных схем монтажа тепловой изоляции трубопроводов подземных теплотрасс, которая может быть применена как в условиях прокладки новых теплотрасс на незастроенных площадках, так и в условиях реконструкции при прокладке теплотрасс в существующей застройке. При этом решаются два типа задач технологического проектирования. Первая задача – выбор рациональных организационно-технологических решений и методов производства работ – решается при однозначно заданном проектном расположении подземных теплотрасс. Вторая задача – технологическое обоснование места расположения подземных теплотрасс в пределах отведенного участка (ширины фронта работ). При этом первоначально формируется площадка, на которой располагаются конструкции трубопроводов и теплоизоляционные изделия, а затем площадка для складирования грунта. Это позволяет вести теплоизоляционные работы на берме траншеи, что увеличивает производительность труда изолировщиков примерно на 10% и упрощает монтажные работы (не требуются монтажные работы в каналах).

При сооружении подземных теплотрасс на незастроенных участках, когда ширина фронта работ практически неограничена, наиболее рационально применение автомобильных кранов как наиболее мобильных и универсальных монтажных механизмов. Автомобильный кран в этом случае осуществляет монтаж лотков непроходных каналов, монтаж изолированных секций трубопроводов и монтаж лотков перекрытий. К тому же небольшой вес теплоизоляционных изделий (до 2 кг на 1 п.м. трубопровода) позволяет применить кран минимальной грузоподъемности (6,3 т).

В условиях городской застройки при наличии многочисленных подземных коммуникаций положение подземных теплотрасс, как правило, задается однозначно и его корректировка невозможна. В нестесненных и мало стесненных условиях также наиболее рационально вести монтаж изолированных секций автомобильными кранами. Однако наличие воздушных линий электропередач и контактной сети, а также зеленых насаждений во многих случаях делает невозможным применение кранов. В этом случае применяются тракторные краны-трубоукладчики.

При этом кран-трубоукладчик сначала укладывает в разработанную экскаватором траншею лотки непроходных каналов, а затем производит монтаж изолированных секций трубопроводов. Конструкции лотков и секций трубопроводов кран-трубоукладчик берет на при объектном складе, поскольку их раскладка вдоль разрабатываемой траншеи невозможна. Таким образом тракторный кран-трубоукладчик является универсальным механизмом, который может применяться для сооружения подземных теплотрасс в нестесненных, малостесненных и стесненных условиях.

В особо стесненных условиях движение машин и механизмов по бермам траншеи невозможно. Монтаж конструкций непроходных каналов ведет экскаватор «обратная лопата» с гидравлическим приводом одновременно с разработкой грунта. Монтаж секций трубопроводов может вестись при помощи лебедок, либо экскаватором одновременно с разработкой грунта и установкой лотков. Применение лебедок более предпочтительно, поскольку это дает возможность вести монтаж трубопроводов секциями по 12 метров параллельно с разработкой грунта и монтажом конст-

рукций каналов.

Рекомендуемые машины и механизмы для монтажа трубопроводов подземных теплотрасс приведены в табл.1.

Таблица 1

Рекомендуемые машины и механизмы для монтажа трубопроводов подземных теплотрасс

№ п/п	Наименование машин	Марка	Условия производства работ			
			нестес- ненные	малостес- ненные	стес- ненные	особо стеснен- ные
1	2	3	4	5	6	7
1.	Автомобильные краны	КС – 2561 КС – 2571 КС – 3577	+	+		
2.	Тракторные краны- трубоукладчики	Т614 ТГ61	+	+	+	
3.	Лебедки					+
4.	Экскаваторы «обратная лопата» с гидравлическим приводом	ЭО – 4121 ЭО – 4321 Э – 5015 ЭО – 5125				+

Если возможна корректировка положения теплотрассы по ширине фронта работ, то необходимо стремиться к увеличению размера площадки для складирования конструкций и движения машин и механизмов за счет уменьшения или ликвидации площадки для складирования грунта. Это приводит к сокращению сроков и повышению качества изоляционных и монтажных работ.

ВЫВОДЫ

1. Разработана инженерная методика выбора рациональной технологии теплоизоляционных работ, предусматривающая применение наиболее эффективных машин и механизмов при различной ширине фронта работ.
2. Рассмотрены различные варианты размещения теплотрассы по ширине фронта работ в зависимости от условий строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляков Ю.И. Организационно-технологические правила прокладки подземных трубопроводов в стесненных условиях строительства и реконструкции промпредприятий. / Беляков Ю.И., Снежко А.П., Резуник А.В. и др. – Киев, 1986. – 145с./
2. Захарченко С.Е. Справочник строителя тепловых сетей. – М.: Энергоиздат, 1984. – 184с.
3. Матюхин А.Н., Щепкина Г.Т., Неёлов В.А. Теплоизоляционные и гидроизоляционные работы. – М.: Высш. шк., 1991. – 287с.

Давыдюк А.В. к.т.н., доцент

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

Акимов Ф.Н. к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Приоритетность качества при выборе системно-сбалансированных технологических решений по возведению объектов

В современных условиях создания строительной продукции гарантом ее конкурентоспособности является выполнение всего комплекса строительно-монтажных работ, соответствующих международным требованиям качества. Одним из приоритетных критериев при выборе организационно-технологических решений является качество.

Международные стандарты качества, конкурентоспособность, коммерческая привлекательность, системно-сбалансированные решения.

Массовое (коммерческое) строительство в современных условиях ставит производителей строительной продукции Украины, – начиная архитекторами и проектировщиками и заканчивая строительными организациями, – перед необходимостью создания конкурентоспособного рынка строительных товаров и услуг. Каждый из субъектов, обслуживающих строительный рынок, обязан предоставить свой оригинальный продукт или стремиться к улучшению основных технико-экономических показателей продукции, с целью обойти конкурентов и обеспечить себе максимальные объемы работ, а следовательно, и сверхприбыль.

При оценке технологических решений по возведению объектов коммерческого назначения определяющими являются основные технико-экономические показатели, а именно: продолжительность, трудозатраты, себестоимость. Они вычисляются как для всего объекта в целом (общие показатели), так и для единицы объема работ (удельные показатели), для единицы производственной мощности (единичные показатели) [1]. Если общие показатели интенсивности оценивают итоговые результаты для формирования проектирования комплекса технологических решений возводимого объекта, то удельные показатели (в частности трудозатраты на 1 м³ здания – $q_{ед}$) являются ориентирами для организационно-технологических решений строительной организации-подрядчика, а единичные показатели (в частности себестоимость единицы готовой строительной продукции – $c_{ед}$) предназначаются для формирования финансово-инвестиционной политики заказчика-инвестора [2]. Взаимоувязка и согласование этих показателей между участниками проекта позволяют устанавливать приоритеты по предлагаемым вариантам при корректировке объемно-планировочных и архитектурно-конструктивных решений и принятии окончательных соответствующих организационно-технологических решений. Такой подход позволяет сформировать системно-сбалансированные технологические решения по возведению объекта, которые удовлетворяли бы всех участников проекта (инвесторов, строителей, проектировщиков) и дали бы возможность приступить к разработке конкретного проекта возведения выбранного объекта.

При анализе специфики технико-экономической оценки объектов массового строительства на основе принципов системного подхода необходимо учитывать особенности определения каждого из трех основных показателей – продолжительности, трудоемкости и себестоимости. Для этого требуется исследовать технико-экономические показатели, определяющие выбор проектных решений объекта. Необходимо выполнить анализ, классификацию и систематизацию этих показателей, а также учесть влияние извне среды [приоритеты, назначаемые заказчиками (ограничения по объему и времени инвестиционных вложений) или подрядчиками (возможности материально-технической базы строительной организации) обычно и трактуются как влияния извне].

В современных условиях развития строительного комплекса Украины создание конкурен-

тоспособной строительной продукции невозможно без соблюдения требований международных стандартов качества ДСТУ ISO 9000 и ISO 9001 [3], т.е. при создании материальных ценностей (Π) учитывают не только затраты на их производство ($З$), но и качество ($К$) – $\Pi=З+К$ [4]. В свою очередь особенностью функционирования рынка строительной продукции является развитие конкуренции (в том числе и международной), при которой эти же ценности трактуются как товарная продукция ($Т$), состоящая по классической формуле цены из затрат (стоимости $С$) и прибыли (Π) – $Т=С+\Pi$. Тогда имеет место утверждение, что $\Pi=Т$ или $З+К=С+\Pi > К=\Pi$.

Поэтому качество обеспечивает на рынке получение прибыли, а выполнение строительных работ с дефектами требует затрат на их переделку за счет прибыли, то есть приводит к ее уменьшению. Поэтому качество в современном строительстве должно учитываться при выборе оптимальных организационно-технологических решений, что окажет значительное влияние на конечные технико-экономические показатели строительства.

Приоритет качества особо актуален для массового строительства объектов социально-бытовой группы коммерческого назначения, где качество должно обеспечиваться не только бездефектным выполнением строительно-монтажных работ, но и наличием архитектурно-конструктивных, организационно-технологических решений, отвечающих уровню функционального насыщения объектов сервисной техникой мировых стандартов, которая обеспечивает набор предоставляемых сервисных услуг, соответствующих уровню запросов населения. Лишь в этом случае возможно создание предпосылок и условий для выпуска качественной продукции, имеющей массовый спрос у населения, обеспечивающей большую прибыль в период эксплуатации и способной выживать в конкурентной борьбе за потребителя. Вследствие этого объекты социально-бытовой группы массового строительства могут обладать коммерческой привлекательностью, а это означает, что в рыночных условиях развития прибыльность этих объектов будет поддерживаться за счет требуемого качества.

Поэтому при использовании приоритетности качества выпускаемой продукции, гарантирующей прибыль, принцип формирования приоритетов для выбора системно-сбалансированных организационно-технологических решений можно представить в виде $K=\Pi$ при ус-

ловии $\frac{R}{N} > z_{ed}^{\delta}$.

Здесь $\frac{R}{N}$ – ресурсы (финансовые, материально-технические, трудовые), необходимые для

выпуска единицы готовой продукции N ; z_{ed}^{δ} – согласованные и системно-сбалансированные ограничения ресурсов. В рамках установленных ограничений ресурсов могут выступать: финансовые по требованиям заказчика-инвестора ($c_{ed}^{зак}$), тогда $c_{ed} > z_{ed}^{\delta} \leq c_{ed}^{зак}$; или материально-технические и трудовые по возможностям подрядчика-строительной организации ($q_{ed}^{подр}$),

тогда $q_{ed}^{СМР} > z_{ed}^{\delta} \leq q_{ed}^{подр}$.

Благодаря введению этих установленных ограничений, возможно выполнение пошаговой системной балансировки организационно-технологических решений, а параллельно, и их технико-экономических показателей. Системная балансировка предусматривает конечное согласование пожеланий, требований и возможностей всех участников – заказчика-инвестора, подрядчика-строителя и проектировщика-разработчика. Недооценка (или некорректная оценка) требований и возможностей как заказчика, так и подрядчика при анализе, классификации и систематизации организационно-технологических решений и технико-экономических показателей может привести к нежизнеспособности проекта производства работ по возведению объектов и, вследствие этого, негативно повлиять на выживание и заказчика-инве-

стора, и строителя-подрядчика.

ВЫВОДЫ

В современных условиях развития строительного комплекса Украины необходимо первоначально, как гарант будущей прибыльности объектов, закладывать приоритет качества выполнения строительных работ, обеспечивающий коммерческую привлекательность проектов. Формирование, балансировка и согласование ограничений по финансовым ресурсам со стороны заказчика-инвестора и по материально-техническим ресурсам со стороны подрядчика-строительной организации, выполняющей строительство, следует выполнять с использованием приоритетности критерия «Качество», которое и будет обеспечивать конкурентоспособность готовой строительной продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Федосова Е.В., Давыдюк А.В. Особенности оценки трудоемкости и себестоимости технологических решений при возведении коммерческих объектов. // “Будівельне виробництво”, вип. 46, К.: НДІБВ – 2005.
2. Федосова Е.В., Давыдюк А.В. Особенности предпроектной оценки объектов массового (коммерческого) строительства. // “Нові технології в будівництві”, вип. 1(5), К.: НДІБВ – 2003.
3. Удовенко О.М. Трансформація будівельного комплексу України / За ред. М.П. Педана. – К.: Парламентське видавництво, 2001. – 235 с.
4. Крикун К.В. Техніко-економічний аналіз у будівництві: Навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2002. – 95 с.

Колесникер И.М., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Консервация и ввод после консервации зданий и сооружений

Определен порядок и последовательность работы по консервации не эксплуатируемых зданий и сооружений.

Здание, консервация, механизмы, водопровод, отопление, освещение.

Для развития экономики Украины, Крыма особо важную роль играет туризм. Индустрия туризма занимает значительную роль в экономике большинства стран. Туризм входит в число крупнейших экспортных отраслей, уступая только нефтеперерабатывающей и автомобильной отрасли экономики.

Современные гостиницы и туристические комплексы Крыма характеризуются сравнительно низким уровнем оснащенности и оборудования и качеством предоставляемых услуг, особенно в зимних условиях. В результате значительная часть зданий туристических комплексов не эксплуатируется. В целях сохранения не эксплуатируемых в зимнее время зданий необходимо их консервировать.

На основе опыта консервации воинских зданий и оборудования предлагается следующий перечень, и последовательность работы по столь не простой работе по консервации и расконсервации зданий гостиниц и туристических комплексов.

Под консервацией понимается приведение зданий, сооружений и коммунального оборудования в состояние, обеспечивающее их полную сохранность и готовность к дальнейшей эксплуатации в любое время.

Подлежащие консервации здания и сооружения, а также прилежащие к ним территории, подлежат тщательной уборке; окна в зданиях закрывают на приборы, а двери на замки; проверяют противопожарное состояние сооружения.

Выявленные недостатки немедленно устраняют. Приводят в порядок дороги, мостики, переходы, дорожные трубы, подъезды и подходы к пожарным водоемам и гидрантам.

Консервация зданий может быть частичной или полной, на летний или зимний период.

Частичную консервацию производят при кратковременном освобождении зданий (до 1-1,5 месяцев). При частичной консервации центральное отопление должно работать непрерывно; температура в помещениях должна поддерживаться 5 – 8 °С; сети внутреннего водопровода и канализации освобождают от воды во избежание ее замерзания.

Полную консервацию производят в том случае, если здания не будут эксплуатироваться более 1,5 месяца. В этом случае не только освобождают от воды систему водопровода и канализации, но и прекращают отопление зданий. При консервации зданий на летний период во избежание ржавления труб включать сети водопровода запрещается. Сети центрального отопления должны быть промыты и наполнены водой в соответствии со специальными инструкциями.

При консервации зданий на зимний период все внутренние устройства (сети водопровода, канализации, центрального отопления, все санитарные устройства, различные резервуары и т.п.) освобождают от воды, причем сети водопровода и канализации, санитарные устройства и резервуары освобождаются от воды до прекращения отопления зданий.

Внутреннюю электросеть выключают в последнюю очередь после подготовки к консервации всех помещений, оборудования, систем водопровода, канализации и выключения отопления. Выключение электросети производят на распределительных щитках или вводах в здания.

Временную консервацию и пуск в эксплуатацию отдельных зданий в зимних условиях необходимо производить в определенной последовательности, обеспечивающей сохранность самих зданий и внутреннего коммунального оборудования в них от замораживания и коррозии, а именно:

- немедленно по освобождении здание, начиная с подвала и кончая чердаком, надо осмотреть и очистить; двери, окна и слуховые окна на чердаках плотно закрыть, наружные входные двери утеплить с наружной стороны матами; стекла в окна вставить полностью;
- одновременно с этим подготовить к консервации различные механизмы и двигатели внутреннего коммунального оборудования (подъемники, лифты, вентиляторы и т.п.);

- затем выключается из действия внутренний водопровод и канализация (с отключением от наружных сетей); все санитарные проборы промываются, очищаются и освобождаются от воды; различные резервуары также освобождаются от воды;
- после этого выключается система центрального отопления;
- после этого выключается внутренняя сеть электроосвещения.

Для консервации систем водоснабжения и канализации необходимо произвести работы в такой последовательности:

- закрыть задвижку в колодце на вводе водопровода в здание;
- спустить всю воду из сети через водоразборные краны и специальные спускные пробки;
- проверить всю сеть (особенно петли и горизонтальные участки большой длины) и выяснить, сошла ли вся вода; проверка сети производится простукиванием; по характеру звука определяется наличие воды в отдельных участках трубопровода.

При консервации всего устройства наружного водопровода и канализации необходимо согласование с органами пожарного надзора.

Пуск законсервированной системы в действие в зимнее время во избежание замерзания воды, поступающей в переохлажденные трубы, нужно производить только после прогрева зданий до нормальной температуры. Перед пуском воды необходимо вынуть деревянные пробки из выпусков канализационных стояков и колодцев.

При наличии центрального отопления вода вначале подается только в котельную, а затем, после прогрева здания – по всей внутренней системе водопровода.

При пуске воды должны быть открыты все водоразборные краны, а трубопроводы промыты (усиленным расходом воды). Вода должна подаваться в сеть по участкам: вначале заполняются трубопроводы нижних этажей, а затем верхних. Если при пуске воды она не поступает к кранам, необходимо проверить и осмотреть сеть, особенно в пониженных местах, и определить наличие замерзших мест и отогреть их. Отогревание сети внутри помещений паяльными лампами категорически запрещается.

После пуска система должна быть проверена, течь устранена, краны отрегулированы:

- в случае невозможности произвести опорожнение через краны и пробки следует такие участки разобрать, воду спустить и после этого собрать трубопровод вновь;
- опорожнить смывные бачки унитазов;
- гидравлические затворы в сифонах всех приборов опорожнить через нижние пробки сифонов, а в фаянсовых унитазах и трапах – проталкиванием воды палкой с тряпкой на конце (или резиновыми манжетами), действуя при этом как поршнем насоса;
- для предупреждения проникновения газов внутрь консервируемого здания (так как сифоны опорожнены) выпускные концы стояков в колодцах закрыть деревянными пробками;
- при наличии на чердаках напорных баков или других устройств, наполненных водой, последние опорожнить и промыть, сифоны на выпускных трубах к канализационным стоякам залить мазутом или отработанным маслом, а помещения баков закрыть.

Наружные или дворовые линии канализации, обслуживающие законсервированные здания, нужно промыть и прочистить, люки колодцев плотно закрыть, необходимые места утеплить подсыпкой земли или устройством короба.

ВЫВОДЫ

Консервация зданий и сооружений предусматривает выполнение не простых, достаточно сложных работ, которые обеспечивают полную сохранность и готовность к дальнейшей эксплуатации не эксплуатируемых в данный момент зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тихомиров Н.В., Сергиенко Э. С. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция – М. Стройиздат, 1991–476с.
2. Калицун В.И., Кедров В.С. Лесков Ю.М. Гидравлика, Водоснабжение и Канализация. -М.Стройиздат: 2000 - 304 с
3. Сибикин Ю. Д. Отопление Вентиляция и кондиционирование воздуха – М: Академия, 2004 - 304с.
4. Дикеревский В.С. Справочник по инженерному оборудованию жилых и общественных зданий. – К.: Будівельник, 1989.
5. Маклакова Т.Г., Наносова С.М. конструкции гражданских зданий. - М. 2000, 268с

Махиня О.М. к.т.н., доцент

Київський національний університет будівництва і архітектури

Акимов Ф.Н. к.т.н., доцент

Національна академія природоохоронного та курортного будівництва

Методика дослідження оцінки впливу застосування різних розчинозмішувачів на техніко-економічні показники копання траншеї способом «стіна в ґрунті»

В статті наведено узагальнену методику теоретичного дослідження впливу застосування того чи іншого розчинозмішувача, через приготовлений ним розчин, на процес копання траншеї способом «стіна в ґрунті». Методика базується на використанні залежностей зміни властивостей розчину в процесі його експлуатації і заміни у розрахунках початкових значень властивостей розчину на його середньо-експлуатаційні значення.

«стіна в ґрунті», розчинозмішувач, глинистий розчин, середньо-експлуатаційні показники, кількість повторних використань.

При впровадженні нових апаратів для приготування прохідницьких глинистих розчинів в технології «стіна в ґрунті», важливо попередньо виявити область їх раціонального застосування. Таке дослідження можливо виконати за допомогою математичного моделювання технологічних та фізичних процесів, які проходять при влаштуванні траншеї способом «стіна в ґрунті». Вплив на показники копання траншеї застосування запропонованого розчинозмішувача оцінюють шляхом порівняння техніко-економічних показників, при використанні різних розчинозмішувачів. Потім на основі результатів порівняння визначають область раціонального застосування запропонованого апарату. Порівняння впливу розчинозмішувача на показники копання траншеї може виконуватись як для конкретних випадків глибин рівня ґрунтових вод та глибин траншеї, так і для їх множин. Загальна структурна схема методики дослідження наведена на рис. 1.

Визначення початкових властивостей розчину здійснюють на основі розрахунків бажаних властивостей розчину, що забезпечують стійкість стінок траншеї та раціональне виконання робіт. Отримання початкових показників розчину виконують шляхом розв'язання наступної системи нерівностей, при цьому за основний показник приймають густину розчину, інші показники визначають на основі залежностей його властивостей від густини:

$$\begin{cases} \rho \geq \rho_6 \\ TP(\rho) \geq TP_6 \\ B(\rho) \leq B_6 \end{cases}, \quad (1)$$

де ρ – початкова густина глинистого розчину, г/см³; $TP(\rho)$ – функціональна залежність зміни технологічних показників (умовної в'язкості (Т), стабільності (S), добового відстою води (О), вміст піску в розчині (П), статичної напруги зсуву через 1 та 10 хвилин ($q_1(10)$), пластичної в'язкості (h), динамічного напруження зсуву (t_0)) глинистого розчину від його густини; $B_{(r)}$ – функціональна залежність зміни водовіддачі глинистого розчину від його густини; ρ_6 , TP_6 , B_6 – бажані технологічні показники.

При використанні прохідницького глинистого розчину, його технологічні показники динамічно змінюються, що являється результатом постійного його забруднення. Це в свою чергу впливає на технологічні та фізичні процеси, а тому визначення параметрів технології на основі початкових показників розчину на думку автора не зовсім достовірне. В зв'язку із цим автор пропонує застосовувати для розрахунків середні експлуатаційні показники розчину, в яких враховано зміну властивостей розчину при зміні його компонентного складу.



Рис. 1. Структурна схема методики дослідження технології влаштування траншеї в методі “стіна в ґрунті”, при використанні гідравлічного імпульсного змішувача.

Ступінь забруднення розчину залежить від багатьох чинників, основними з яких являється ґрунтові умови та умови руйнування тіла ґрунту. Було зроблено припущення, що різні розчини при розробці траншеї одним типом землерийної техніки забруднюються однаковою кількістю шламу з одним і тим же гранулометричним складом. За аналізом технічної літератури виявлено, що ступінь забруднення розчину, у випадку використання ковшового обладнання, в середньому становить 5% від об'єму розчину.

В даній методиці розглянутий випадок, у якому глинистий розчин змінював свій компонентний склад тільки в процесі розробки траншеї чи його очищення, тобто, він додатково не розріджувався і не згущувався. При цьому копання траншеї виконують у мілкозернистих піщаних ґрунтах.

Зміну показників глинистих розчинів (водовіддачі, статичної та динамічної напруги зсуву і пластичної в'язкості) в умовах їх технологічного використання визначають на основі модифікованих автором залежностей, що були запропоновані Резніченком І. Н. [1, 2]. Суть модифікації полягала у введенні коефіцієнтів, що враховують зміни компонентного складу розчину за рахунок його забруднення шламом, очищення його після застосування та кількості його повторних використань. В результаті функціональну залежність показників розчину від кількості його повторних використань (N_i) можна показати у вигляді рівнянь:

$$B(N_i) = b_1 \frac{100 - CK_e(N_i)}{100b_2 C_a K_e^a(N_i)}, \quad (2)$$

$$\Theta_{1(10)}(N_i) = b_3 \exp\left(100b_4 \frac{C_a K_e^a(N_i)}{100 - CK_e(N_i)}\right), \quad (3)$$

$$\eta(N_i) = \eta_0 \exp\left(100b_5 \frac{C_a K_e^a(N_i)}{100 - CK_e(N_i)}\right), \quad (4)$$

$$\tau_0(N_i) = b_6 \exp\left(100b_7 \frac{C_a K_e^a(N_i)}{100 - CK_e(N_i)}\right), \quad (5)$$

де h, h_0 – пластична в'язкість розчину та його рідкої фази, $\text{Па} \times \text{с}$; $q_1(10)$ – статична напруга зсуву через 1 та 10 хвилин, Па ; t_0 – динамічне напруження зсуву, Па ; C, C_a – об'ємний вміст в розчині, відповідно, твердих компонентів та активної їх частини, %; $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7$ – відповідні емпіричні коефіцієнти; K_e, K_e^a – коефіцієнти (запропоновані автором) зміни вмісту в процесі експлуатації розчину, відповідно, твердих його компонентів, та активної частини в них, які пропонується визначати наступним чином:

$$K_e^a(N_i) = \left(1 + \frac{N_i C_{ш} K_{ш}}{C_a}\right) \frac{100 - \varepsilon_a N_i}{100(1 + N_i C_{ш})}, \quad (6)$$

$$K_a(N_i) = \left(1 + \frac{N_i C_{ш}}{C}\right) \frac{100 - \varepsilon N_i}{100(1 + N_i C_{ш})}, \quad (7)$$

де $\varepsilon, \varepsilon_a$ – загальний ступінь очищення розчину за вмістом твердих компонентів в ньому та їх активною фазою, %. Вміст твердих компонентів в розчині та їх активної фази [2] визначали як суму вмісту, відповідних, твердих складових розчину:

$$C_a = lC_z K_z + C_p K_p + C_o K_o, \quad (8)$$

$$C = C_z + C_p + C_o, \quad (9)$$

де C_r, C_p, C_o – об'ємний вміст в розчині, відповідно, глинистої сировини, реагентів та обтяжувачів, %; K_r, K_p, K_o – коефіцієнт активності (колоїдальності), відповідно, глинистої сировини, реагентів та обтяжувачів; l – коефіцієнт зміни колоїдальності глинистої сировини, при додаванні кальцинованої соди.

Максимальну кількість повторних використань глинистого розчину визначають шляхом розв'язання системи нерівностей, при цьому отриманий результат округлювали до меншого цілого числа:

$$N_{\max} = \begin{cases} N_{\max} \leq N_{\max}^P \\ B(N_{\max}) \geq B^H \\ \theta_{1(10)}(N_{\max}) \leq \theta_{1(10)}^P \\ \eta(N_{\max}) \leq \eta^P \\ \tau_0(N_{\max}) \leq \tau_0^P \end{cases}, \quad (10)$$

де $N_{\max, q_1(10)}^P$, h^P , t_0^P – граничні рекомендовані значення кількості повторних використань розчину, статичної напруги зсуву, пластичної в'язкості, динамічного напруження зсуву, B^H – граничне нормативне значення водовіддачі розчину.

Потім для отриманих значень максимальної кількості повторних використань глинистого розчину визначають прогнозовану його середню експлуатаційну густину за розробленою автором формулою:

$$\rho_e^c = \left(\frac{\rho - \rho_e}{\rho_m - \rho_e} + C_{uu} \sum_{i=0}^{N_{\max}} N_i \right) \frac{\left(100 - \varepsilon \sum_{i=0}^{N_{\max}} N_i \right) (\rho_m - \rho_e)}{100 \left(1 + C_{uu} \sum_{i=0}^{N_{\max}} N_i \right) (N_{\max} + 1)} + \frac{\rho_e}{(N_{\max} + 1)} \quad (11)$$

де ρ – початкова густина глинистого розчину, г/см³; ρ_e^c – середня експлуатаційна густина глинистого розчину, г/см³; ρ_m – усереднена густина твердих компонентів розчину та шламу, г/см³.

Далі для кожного встановленого значення середньої експлуатаційної густини розчину визначали його прогнозовані середні експлуатаційні показники згідно формул (2, 3, 4, 5) шляхом підстановки в них середньоексплуатаційних значень коефіцієнтів зміни вмісту твердих компонентів розчину (K_e^c), та їх активної частини (K_{ea}^c):

$$K_{ea}^c = \left(1 + \frac{C_{uu} K_{uu} \sum_{i=0}^{N_{\max}} N_i}{C_a (1 + N_{\max})} \right) \frac{100(1 + N_{\max}) - \varepsilon_a \sum_{i=0}^{N_{\max}} N_i}{100 \left((1 + N_{\max}) + C_{uu} \sum_{i=0}^{N_{\max}} N_i \right)}, \quad (12)$$

$$K_e^c = \left(1 + \frac{C_{uu} \sum_{i=0}^{N_{\max}} N_i}{C(1 + N_{\max})} \right) \frac{100(1 + N_{\max}) - \varepsilon \sum_{i=0}^{N_{\max}} N_i}{100 \left((1 + N_{\max}) + C_{uu} \sum_{i=0}^{N_{\max}} N_i \right)}, \quad (13)$$

Тривалість технологічного використання глинистого розчину, при влаштуванні однієї захватки “стіни в ґрунті” визначають згідно формули:

$$\tau_p = t_k + t_m + \sum t_m + \sum t_o, \quad (14)$$

де t_p – тривалість технологічного використання глинистого розчину; t_k – тривалість копання траншеї; t_m – тривалість заповнення траншеї конструктивним матеріалом, $\sum t_m$ і $\sum t_o$ – сума термінів технологічних та організаційних перерв.

Об'єм розчину, який витрачається на влаштування однієї захватки «стіни в ґрунті», відповідно до вказівок, що наведені в роботах [3, 4], буде становить

$$V_P = V_3 + V_\phi + V_T - V_0, \quad [\text{м}^3] \quad (15)$$

де V_3 – геометричний об'єм захватки траншеї, яка заповнена прохідницьким розчином, м^3 ; V_ϕ – об'єм прохідницького розчину, який витрачається на фільтрацію, м^3 ; V_T – об'єм технологічно-організаційних втрат прохідницького розчину, м^3 ; V_0 – об'єм розчину, який регенерується після його використання, м^3 .

Організаційно-технологічні втрати прохідницького розчину складають близько 2% [3] від геометричного об'єму захватки траншеї, яка заповнена прохідницьким розчином, та об'єму розчину, що витрачається на фільтрацію.

Методика прогнозування фільтраційних втрат глинистого розчину із врахуванням його експлуатаційних властивостей наведена в роботі [5].

В загальному випадку інтенсивність споживання прохідницького розчину становить

$$I_P = \frac{V_P}{\tau_p}, \quad (16)$$

Розрахунок продуктивності машин і механізмів, а також значення інших показників виконують за відомими методиками.

Порівняння окремих та загальних показників технології влаштування траншеї, дозволяє виявити вплив застосування розчинів, отриманих за допомогою різноманітних розчинозмішувачів, на окремі технологічні процеси. А це в свою чергу дозволяє теоретично оцінити ефективність того чи іншого апарату.

Узагальнення результатів порівняння дає можливість встановити межі області раціонального застосування апаратів для приготування прохідницьких розчинів, а також намітити напрямки натурних досліджень та впровадження у виробництво.

ВИСНОВКИ

Наведена методика дозволяє оцінити вплив застосування нових апаратів, що готують прохідницький глинистий розчин, на технологію «стіна в ґрунті», а власне на період влаштування траншеї до заповнення її конструктивним матеріалом. При цьому враховується вплив умов експлуатації розчину на його властивості, а також зміна властивостей - на параметри технології, а це дає можливість без проведення масштабних натурних досліджень оцінити ефективність того чи іншого розчинозмішувача.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. О взаимосвязи между структурно-механическими свойствами необработанных глинистых суспензий и содержанием в них дисперсной фазы. / И. Н. Резниченко, Б. Ф. Егоренко и др. – В кн.: Осложнения при бурении и цементировании скважин. – Краснодар: ВНИИКР нефть, 1973, С. 84-87.
2. Резниченко И. Н. Приготовление, обработка и очистка буровых растворов. – М.: Недра, 1982, - 230 с.
3. Выбор рациональных вариантов проектных решений сооружений противифльтрационных завес методом «стена в грунте»: Методические рекомендации. – М.: НИИОУС, 1978, - 70 с.
4. Снисаренко В. И. Научные основы и методы совершенствования технологии строительства заглубленных в грунт сооружений и конструкций: Дис. док. техн. наук: 05.23.08., 05.23.02. – К., 1994. – 443 с.
5. Махия О. М. Методика визначення фільтраційних втрат прохідницького глинистого розчину при копанні траншеї в методі «стіна в ґрунті» // Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник – К., КНУБА, 2005 – Вип. 20 – С. 219 - 223.

Морозов А.Д., к.т.н. профессор, Жидов С.Н., аспирант, Купа Н.В., аспирантка.
 Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Определение параметров надежности шнеконапорного механизма с броневыми регулируемыми вкладышами для пневмотранспортирующих машин

Приводятся результаты исследований и определение параметров надежности шнеконапорного механизма (ШМ) с регулируемыми броневыми вкладышами.

Пневмотранспортная установка, пылевидный груз, надежность, наработка, производительность, броневой вкладыш, изнашивание, шнек.

При исследовании и определении параметров надежности пневмоустановок для транспортирования сыпучих строительных материалов можно выделить следующие основные проблемы:

- исследование надежности составляющих последовательной цепочки механизмов пневмоустановки;
- исследование надежности систем очистки, обезвоживания, регулирования и подачи сжатого воздуха;
- исследование надежности элементов транспортных трубопроводов и систем сыпучих материалов.

Особую важность из названных проблем приобретает обеспечение надежности рабочих органов шнеконапорного механизма.

Перемещение абразивных сыпучих материалов (цемент, минпорошок и др.) вызывает интенсивный износ рабочих органов и др. элементов конструкции. Это является одной из основных причин выхода из строя пневмоустановок. В большей мере это обстоятельство касается шнековых пневмоустановок, постоянство производительности которых зависит от износа шнеконапорного механизма (ШМ). Для выявления закономерностей износа и определения параметров надежности ШМ была проведена серия экспериментальных исследований, а также обобщен опыт практической эксплуатации машин [1] - [4].

Из работы [2] известно, что наиболее универсальной зависимостью, устанавливающей связь между изменением параметра технического состояния детали от её наработки, является степенная функция вида:

$$u(t) = v_c \cdot t^a \quad (1)$$

где: $u(t)$ - функция (процесс) изменения параметра состояния детали в зависимости от её наработки;

v_c - показатель скорости (интенсивности) изменения параметра при $t = 1$, уменьшенной в a раз;

a - показатель степени, определяющий характер изменения параметра.

Для выявления показателей надежности шнеконапорного узла, которые могут быть заложены в основу расчета надежности ШМ пневмоустановок, необходимо определить его предельно допустимое состояние из условий нормального функционирования, то есть обеспечения расчетной производительности. По мере износа рабочих органов производительность пневмотранспортирующих машин снижается, что установлено теоретически и в период эксплуатации.

Анализ результатов эксплуатации пневмоустановок в различных производственных условиях показывает, что транспортирование сыпучих материалов этими установками проводится практически до тех пор, пока их производительность снижается почти в два раза. При этом суммарный зазор пары «гильза-шнек» в максимально изношенном сечении ШМ достигает размера превышающего 10 мм.

В качестве предельно допустимого состояния ШМ принимаем такое состояние, при котором максимальный износ рабочей пары в конечном сечении ШМ достигает значения 8 мм. Такое состояние определяет срок службы установки до отказа. Для серийных ПВУ различного типа с броневыми гильзами срок службы ШМ колеблется от 450 до 520 часов.

Для того, чтобы наиболее полно охарактеризовать износ броневых регулируемых вкладышей и шнека необходимо знать форму изнашиваемой поверхности, т.е. дать распределение износа по поверхности трения. I_{1-2} - величина относительного сближения изношенных деталей 1-2 в направлении, перпендикулярном оси вала шнека.

$$I_{\lambda 1} + I_{\lambda 2} = I_{1-2} = \text{const} \quad (2)$$

Для любой точки поверхности при условии касания

$$I_{1-2} = \frac{I_1 + I_2}{\cos \alpha} \quad \text{или} \quad \lambda_{1-2} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\cos \alpha} \quad (3)$$

где: I_1 и I_2 - линейный износ деталей ШМ в данной точке, измеренный в направлении нормали к поверхности трения;

α - угол между нормалью к поверхности трения и направлением возможного сближения деталей;

λ_{1-2} - скорость изнашивания сопряжения,

λ_1 и λ_2 - скорость изнашивания деталей в данной точке.

Для того чтобы охарактеризовать форму изношенной поверхности регулируемых вкладышей рассмотрим два взаимно перпендикулярных сечения. В сечении перпендикулярном продольной оси цилиндра направление абразивного износа может быть определено заранее – радиально [2].

Регулируемые вкладыши перемещаются в направляющих, которые предотвращают их смещение от сил трения в сторону от главной плоскости инерции (в пределах допускаемого зазора). Допустим, с дальнейшей коррекцией, что цилиндрическая поверхность, образуемая броневыми вкладышами, имеет равномерный износ по поверхности трения [4].

Условно считаем постоянными следующие параметры:

$\lambda_{1-2} = \text{Const}$ - износ сопряжения; $\lambda_1 = \text{const}$ - износ вращающейся «гайки», т.е. шнека по наружному диаметру. Кроме того, постоянная окружная скорость на поверхности трения:

$$v = 2 \pi R_p = \text{const} \quad (4)$$

Определим характер эпюры давления: $\lambda_2 = \lambda_{1-2} \cos \alpha - \lambda_1$ - [1].

В общем случае скорость изнашивания выражается следующей зависимостью:

$$\lambda = R_p^m v^n \quad (5)$$

где: $m=0,5-3$, $n=1$ для большинства пар трения, k - коэффициент износа, характеризующий условия изнашивания.

Для абразивного износа: $m=n=1$

Согласно законам изнашивания:

$$\lambda_2 = R_2 \rho v \quad (6)$$

$$\lambda_1 = k_1 \cdot \rho^m \cdot v; \quad \lambda_2 = k_2 \cdot \rho^m \cdot v$$

Для абразивного износа зависимость скорости изнашивания от давления носит линейный характер, поэтому далее можно определить давление:

$$P = \frac{\lambda_{1-2} \cos \alpha - \lambda_1}{k_2 v} \quad (7)$$

При этом α может увеличиваться и уменьшаться, остальные параметры постоянны.

Определим радиальное усилие через удельное давление. Это усилие считаем как равнодействующую, приложенную в центре вкладыша:

$$P = \int_S P \cos \alpha \, dS : \quad dS = l_0 R dl \quad (8)$$

где: S - поверхность трения, l_0 - длина регулируемого вкладыша.

После интегрирования:

$$P = \frac{Rl_0}{k_2 v} [\lambda_{1-2} (0.5 \sin d\alpha_0 + \alpha_0) - \lambda_1 2 \sin \alpha_0] \quad (9)$$

Для подтверждения связи между наработкой, суммарным износом рабочих органов и производительностью проведен тождественный корреляционно-регрессивный анализ, при этом рассматривалась связь, имеющая вид:

$$\bar{y}_{x_1 x_2} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$$

Установление формы связи производили методом наименьших квадратов с помощью системы уравнений:

$$\begin{aligned} \Sigma y &= h b_0 + b \Sigma x + b \Sigma y_{x_2} \\ \Sigma y x_1 &= b_0 \Sigma x_1 + b_1 \Sigma x_1^2 + b_2 \Sigma x_1 x_2 \\ \Sigma y x_2 &= b_0 \Sigma x_2 + b_1 \Sigma x_1 x_2 + b_2 \Sigma x_2^2 \end{aligned} \quad (10)$$

Для установления тесноты связи использовали коэффициент множественной корреляции

$$R_{y_{x_1 x_2}} = \sqrt{\frac{r_{yx_1}^2 + r_{yx_2}^2 + 2r_{yx_1} \cdot r_{yx_2} \cdot r_{x_1 x_2}}{1 - r_{x_1 x_2}^2}} \quad (11)$$

При проверке адекватности уравнений регрессии использовали критерий Фишера.

В результате расчета с помощью стандартной программы на ЭВМ получены дисперсные матрицы, корреляционные матрицы, коэффициенты многочленов, расчетные значения зависимых переменных, а также сумма квадратов рассогласования и стандартная ошибка оценки, определены критерии Стьюдента. Высокие значения индекса множественной корреляции, равные 0.92-0.967, свидетельствуют о том, что данные модели и выбранные факторы достаточно точно описывают изменение интенсивности изнашивания и производительности. На основе установленных регрессивных зависимостей выполнено выравнивание интенсивности изнашивания [5].

Таким образом, экспериментально и математически доказано, что существует функциональная связь между ростом суммарного износа (зазора) и потерей производительности ПВУ [2].

Определяем скорости изнашивания: $y_i \frac{x_{max}}{t_i}$

Получим соответственно:

$$y_1 = 0,01379; y_2 = 0,01391; y_3 = 0,01509; y_4 = 0,01367; y_5 = 0,01416;$$

$$y_6 = 0,01467; y_7 = 0,01333; y_8 = 0,01367; y_9 = 0,01454; y_{10} = 0,01333;$$

Определим математическое ожидание:

$$y_{cp} = \frac{\Sigma y_i}{10} = 0,0140 \quad (12)$$

Определим среднеквадратическое отклонение

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - y_{cp})^2} = 0,0005 \quad (13)$$

Определим коэффициент вариации:

$$y = \frac{\sigma_y}{y_{cp}} = 0,0042 \quad (14)$$

Значение коэффициента вариации подтверждает подчинение нормальному закону распределения. Проверку соответствия нормальному закону распределения проведем через скорости изнашивания с помощью критерия согласия Шапиро-Уилка [1]. После проверки гипотезы о том, что данная выборка взята из совокупности, имеющей нормальный закон распределения, вычисляем критерий согласия Шапиро-Уилка

$$W_0 = \frac{\left[\sum_{i=1}^{\varphi} a_{n-i+1} (\gamma_{n-i+1} - \gamma_i) \right]^2}{\sum_{i=1}^n (\gamma_i - \bar{\gamma})^2} \quad (15)$$

Получаем $W_0 = 0,95$.

Вычисленное значение W_0 сравниваем с табличными и убеждаемся в том, что принятая гипотеза подтверждается. Выполняем дополнительную проверку соответствия эмпирических данных нормальному закону распределения [2].

Построены графики плотности распределения, вероятности появления отказа. Для определения параметров надежности шнеконапорного узла новых конструкций была проведена обработка результатов испытаний также с помощью корреляционно-регрессивного анализа при использовании стандартной программы [2].

Показатели надежности шнеконапорного узла новой конструкции с регулируемыми вкладышами $T_{cp} = 1250$; $T_n = 1200$; $T_b = 1300$; $T_y = 1000$. Сравнение этих результатов с показателями надежности, полученными ранее для ПВУ с ШМ старой конструкции с цилиндрическими броневыми гильзами показывают, что гарантированный ресурс узла возрастает практически в 1,8 раза.

Выполняем проверку однородности выборок по параметрическим критериям: F - критерию Фишера (для сравнения дисперсий); v - критерию сравнения средних.

При расчете по критерию Фишера:

$$F = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)} < F_{\frac{\alpha}{2}}(K_2; K_1) \quad (16)$$

где $S_1^2(x)$ и $S_2^2(x)$ - выборочные дисперсии соответственно первой и второй выборок.

$$F = \frac{1,7674 \cdot 10^{-3}}{1,198 \cdot 10^{-7}} = 17600 > 4$$

Определяем v -критерий:

$$v = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{k_1 S_1^2(x) + k_2 S_2^2(x)}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (17)$$

где: $t_{\frac{\alpha}{2}}(k)$ - квантиль распределения Стьюдента.

$\bar{x}_1$ и $\bar{x}_2$ - статистические средние значения случайной величины; k_1 и k_2 - число степеней свободы ($k_1 = n_1 - 1$; $k_2 = n_2 - 1$)

$$k_1 = n_1 + n_2 - 2; n_1 = 10; n_2 = 7$$

Следовательно, влияние конструктивных изменений шнеконапорного узла ПВУ в виде геометрически изменяемого цилиндра значительно и существенно повышает ресурс работы установки, так как $T_{\gamma=0,9} = 1100$ (для новой конструкции). Определим коэффициент повышения надежности ШМ пневмовинтовых установок.

$$K = \frac{1100}{520} = 2,1$$

ВЫВОДЫ:

1. Пневмовинтовые установки, для работы с абразивными грузами имеющие шнеконапорный механизм с регулируемыми броневыми вкладышами, имеют гарантированный ресурс работы не менее 1100 час.
2. Коэффициент повышения надежности пневмовинтовых установок равен 2,0 – 2,1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пневматическое оборудование. Справочник. Под ред. Калинушкина М.П. – Л.: «Машиностроение» 1986. – 286с.
2. Морозов А.Д. Научные основы создания пневмомеханических разгрузочно-транспортных машин. Симферополь. Изд-во КАПКС. 2002. – 256с.
3. Морозов А.Д. Методы и результаты создания рациональных рабочих органов пневмовинтовых установок: Сборник докладов IV международной конференции по пневмотранспорту. – Будапешт, 1990. – с.51-54.
4. Морозов А.Д. Повышение эффективности пневмотранспорта в строительной индустрии. – Севастополь: Институт геотехнической механики АН УССР, 1990. – с.60
5. Морозов А.Д. Интенсификация работ разгрузочно-транспортного пневмовинтового оборудования. – М.: ЦНИИГЭст-роймаш, 1990. – 100с.

Раздел 5. Техногенная безопасность

УДК 000.000

Авдоньев Е.Я., к.т.н., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Качество жизни

Предлагается небольшая экскурсия в сложнейшую систему жизни: природу, науку, технику и наше в ней существование или красивую жизнь???

Законы природы, культура, здоровье, материальная база, потребности.

Окружающий нас природный мир - основа существования человека и всего нашего общества. В настоящее время природа - как колыбель человека, простирается перед ним как некоторая система связей и процессов, объясненная и понятая в общих чертах человечеством с помощью различных наук, ее изучающих (рис.1).



Рис. 1.

Всю ее и соответствующие отрасли знаний, изучающие природу, делят обычно на три больших раздела (рис.2). Неживая природа - первый раздел. Изучающие ее науки оперируют понятиями и методами, доступными абстракциям и математической обработке. Ко второму разделу относят живую природу (растения и животных) и отрасли познания, их исследующие. Здесь царит такое многообразие взаимоотношений и причинных связей, что как-либо унифицировать, математизировать их сегодня не представляется возможным. В особый раздел выделяют человека, общественные формации и группу наук, изучающих в исторической преемственности и современном состоянии условия жизни людей, общественные отношения, правовые и государственные формы с их надстройкой в виде философии, религии, искусства т.д. (рис.3). Существующие в этой части природы связи и законы проследить еще сложнее, так как к взаимосвязям первых двух составных частей (живая и неживая природа) добавляются свои, очень специфичные причинные связи и зависимости. Эта сложность происхождения, развития и взаимоотношений человека с природой и требует особой строгости, последовательности, системности в ответах на вопросы: каковы возможности природы в поддержании жизни на земле, возможности и роль человека в этом процессе?

Независимо от государств, «измов» и других человеческих выдумок жизнь наша строится в соответствии с нашим «хочу», т.е. потребностями самого разного свойства. Потребности наши человеческие поистине беспредельны. Мы все время развиваем наши

«хочу» как материальные (физические), так и духовные (интеллектуальные). Но, увы, а может, к счастью: удовлетворенные потребности человека есть величина ограниченная и склонная к уменьшению. Сумма материального в системе «Земля» не только ограничена, но и уменьшается в результате деятельности человека. Жизнь регионов складывается по законам природы, а не по карте, созданной людьми. Нарушение же их ведет к потрясениям, которые мы сейчас, в очередной раз, переживаем. В навязанной нам солнышком системе жизни доминирует материальная составляющая, т. е. подсистема материального обеспечения жизни. Сюда включают все, что обеспечивает нам дыхание, питание, движение, отдых, лечение, труд. Первоосновой всего служат природные источники: Земля и ее недра, растительный и животный мир. Это экономика или, шире, цивилизация. Сюда входит и многое другое, созданное трудом человека: здания, сооружения, поля, сады, пруды и т.д. Как сейчас говорят, сравнивая разные цивилизации, мы имеем технологическую цивилизацию (рис.4).

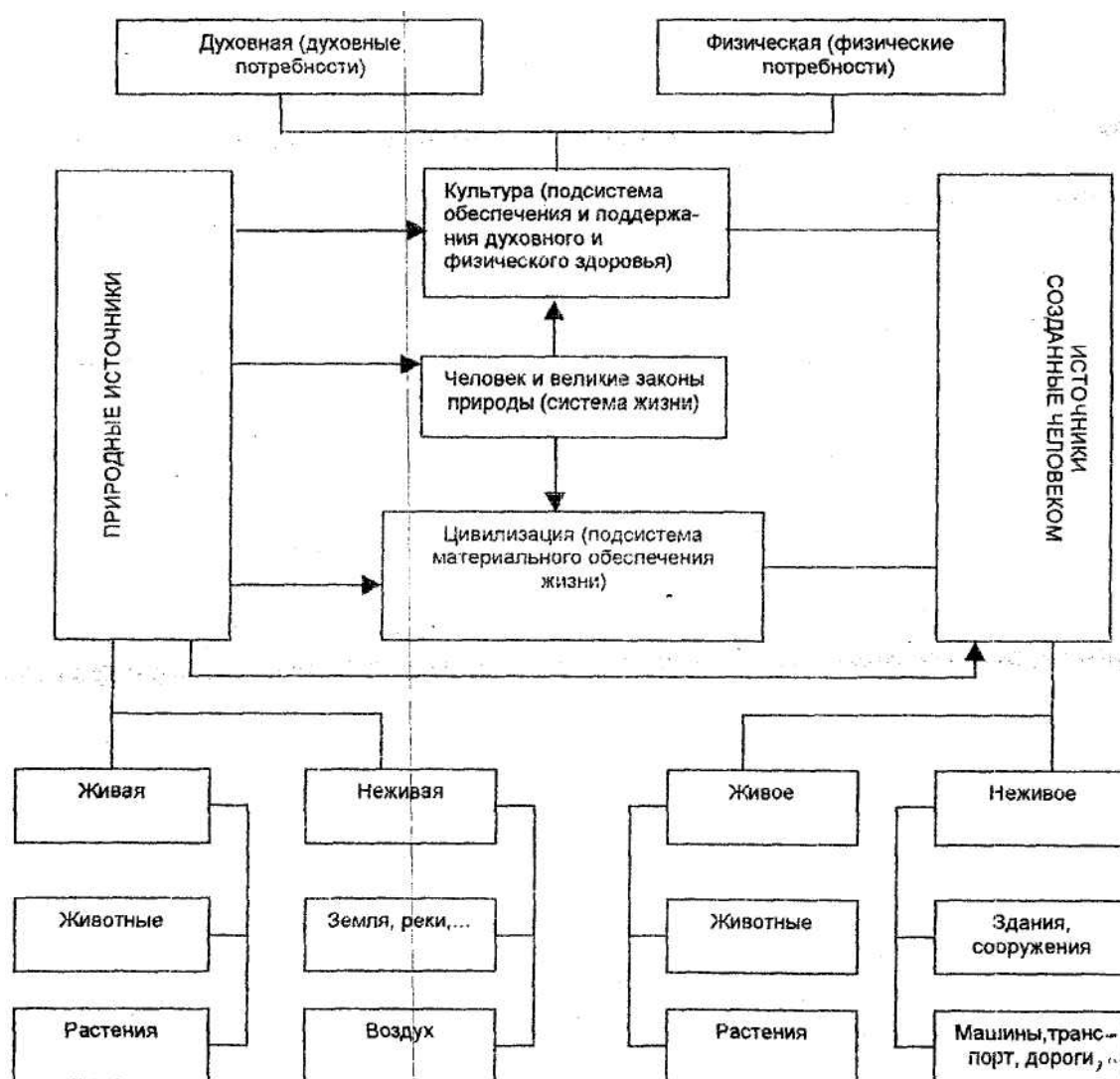


Рис. 2.

Второй главной составляющей системы жизни (как и самого человека) является подсистема духовного или интеллектуального обеспечения жизни. Это культура, культура поддержания духовного и физического здоровья каждого из нас и общества людей в целом. Культура поддержания физического здоровья включает в себя культуру дыхания, питания, движения, сна, труда, отдыха. Все это обеспечивает наше физическое здоровье. Духовное здоровье человечества, как известно, обеспечивается природой и созданным нами интеллектуальным багажом литературы, искусства, науки и др. Информацией чисто



Рис. 3.

Все наши большие и маленькие «хочу» можно удовлетворить двумя путями. Сделать или заработать их самому или отнять у кого-то. Иначе говоря, трудом или насилием, войной. Способы и виды и труда и войны весьма разнообразны. Кстати, воровство - один из способов ведения войны. Теперь можно назвать и три ступени организации системы жизни человека. Существование (жизнь зверя, животного): дыхание, питание, сон... . Жизнь человеческая: первая ступень, плюс обучение, воспитание, труд... . Красивая жизнь человеческая: первая и вторая ступени плюс искусство, литература, наука.... На какой из этих ступеней находится каждый из нас можно определить исходя из конкретного набора наших «хочу», «могу», «делаю» (внутренние свойства) и состояния окружающих внешних условий – места жизни, государственного устройства, родителей и т. д. Сочетание основных компонентов системы жизни при разных внешних системах (условиях) и внутреннем состоянии человека существенно отличаются. Так катастрофы (войны, революции, землетрясения,...) отбрасывают начисто содержание 2 и 3 ступеней и ухудшают 1 (люди звереют), то же наблюдается при болезнях и т. п. Наоборот стабильность, нормализация внешних систем улучшает и стабилизирует работу внутренних подсистем человека и стимулирует его не только к жизни человеческой, но и к красивой жизни человеческой. В природе все систематически постоянно обновляется и изменяется. Также должны бы поступать и люди, иначе нам красивой жизни не получить. Государство и все его атрибуты (политика, право, мораль,...) придумали люди. Оно в наших руках, его можно менять в отличие от законов природы, которые нужно выполнять всем всегда.



Рис. 4.

ВЫВОДЫ

На наш взгляд прийти к красивой жизни человеческой можно используя не столько материальное, сколько духовное в человеке - здравый смысл. Вспомнить всем руководителям, что мы разумные существа и система жизни в наших руках. Определяют ее эффективность кадры, материальная база, организация и технология работы, информация. Все это у нас есть. Нужна лишь «воля к жизни» - организация такой системы жизни, которая бы не противоречила законам природы во всем, везде, всегда. Главное - Земля и Люди работающие на ней. Вначале им все, что можно.

Общая идеология.

I. Материальная база. Везде и всюду бережное, экономное отношение ко всему. Ничего не разрушать, не выбрасывать, не попытавшись использовать, сохранить в природном состоянии. Примеров этого у нас достаточно (но только примеров!): безотходные технологии; использование вторичного сырья, солнца, ветра, воды, ее тепла, ... Развивать и организовывать расширение и применение везде; учить и переучивать!

II. Кадры. У нас хорошая система образования. Сделать ее практичнее, ближе к реальному применению законов природы (с природой, в лучшем случае, можно сыграть вничью, выиграть у нее невозможно...). Учить умению жить в реальных условиях. Да еще и красиво: все сделаю сам: мое здоровье - в моих руках... Культура во всем и везде, всегда.

Конечно, нужно, потихоньку, изменить и подготовку (и набор) учителей и воспитателей и методики обучения и воспитания во всех заведениях и во всей информационной системе страны.

III. Информационная система. Дает открытые, верные, доступные всем и всегда сведения по всем каналам.

1. О системе жизни всей страны, отдельных ее частей, каждого человека, в разное время и в разных условиях: день, ночь, лето, зима, частный дом...

2. Приоритеты во всем, всегда, везде тому, что связано с:

- землей-кормилицей (сбережение, охрана, забота о людях, работающих на ней);
- строительством, строителями;
- обучением, воспитанием, культурой, наукой...

IV. Структуры власти открыты, доступны всем, всегда, везде.

1. Хорошая информация о своих решениях.

2. Получение информации от всех граждан страны и обо всех.

3. Оперативная ее обработка и отработка, принятие соответствующих действий...

Показать личным примером (задача каждого руководителя) и организацией жизни в районах, городах, поселках, на предприятиях и работы как следует жить каждому конкретному человеку исходя из здравого смысла (следуя законам природы). Все наши перестройки, самостоятельность автономии и т.п. имеют смысл только в том случае, если мы живы и здоровы. Особенно это касается наших детей - с них нужно и начинать, перестроив обучение и воспитание на принципе самообслуживания, труда на земле, ферме, заводе.

Каждому детскому саду - огород, ягодник, сад; школе - поле, ферму, цех; техникуму - комбинат питания, магазин, цех, завод, стройку, реку, озеро, пруд (в зависимости от специализации); институту - стройку, поля, сады, фермы, реки.

Можно и объединять: школа-техникум-завод (стройка, колхоз...). Отпадают всякие хлопоты о проведении воспитательной работы и все видят, где и как начинается жизнь.

Начать реальные действия можно с учета и помощи во всем всем производителям и продавцам с/х продукции. Руководителям всех рангов обойти (именно обойти, а не объехать) все большие и малые предприятия и хозяйства, подворья, дома и квартиры, сады и огороды производителей. Опросить, записать и реально, делом помочь увеличению производства и улучшению качества и сбыта его.

Дать землю и помочь всем, кто хочет и может ее обрабатывать и производить продукцию. Добавить ее тем, у кого она уже есть, если они успешно работают. Имеющуюся технику, удобрения, семена, организацию переработки объединить в мобильных передвижных станциях, отрядах, МТС и рационально использовать, в первую очередь в хозяйствах, которые больше и дешевле производят.

Укрепить кадры руководителей всех звеньев - подучить, помочь, сменить - речь идет о жизни. Ликвидировать утечки продукции на всех этапах ее производства и реализации: накормить всех причастных к этому и голодных, и дать возможность достойно сбыть произведенное и получить взамен все необходимое другое.

Улучшить хранение и переработку произведенной продукции - сократить до минимума потери и в этом звене. Затем двигаться дальше по всем подсистемам, выделяя главные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдоньев Е.Я. Конструирование форм современных машин, аппаратов и сооружений. – Киев-Одесса: «Лыбидь», 1990 - 154 с.
2. Авдоньев Е.Я. К построению в Крыму красивой жизни. Управление региональным развитием. Материалы Всеукраинской конференции. – Симферополь, 2002 – 4 с.

Ветрова Н.М., к.э.н. доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

Подход к совершенствованию информационного обеспечения управления экологической безопасностью АР Крым

В статье рассмотрены проблемы управления экологической безопасностью рекреационного региона и предложен подход совершенствования информационно-аналитического блока управления через создание межведомственной региональной информационной базы экологического управления.

Управление экологической безопасностью региона, информационная база управления.

Решение проблем обеспечения экологической безопасности региона требует совершенствования системы государственного управления в экологической сфере. В процессе экологического управления используется организационная структура управления, функционирование которой возможно лишь при наличии коммуникационных связей и информационных потоков, позволяющих фиксировать текущее состояние и динамику его изменения, а также формировать систему обработки данных. Многоплановость угроз экологической безопасности региона требует постоянного развития, как системы показателей, так и системы сбора, структуризации, анализа, обобщения всесторонней информации о них. Сложность проблемы получения требуемой информации связана с разобщенностью элементов процесса получения данных различными контролирующими организациями в соответствии с действующими положениями по осуществлению экологического управления. В рамках действующего экологического законодательства в регионах (областях) действует система органов экологического мониторинга, объединяющая ряд ведомств и организаций.

Экологический мониторинг в АР Крым, имея в своей структуре соответствующие отделы, осуществляют различные органы управления и ведомства. В соответствии с действующими документами в экологическом мониторинге в республике задействованы: - Республиканский комитет АР Крым по охране окружающей природной среды (Рескомприроды Крыма), Региональный гидрометеорологический центр, Региональная геологическая компания «Крымгеология», Региональная санитарно-эпидемиологическая станция (в населенных пунктах и местах отдыха населения, в том числе на естественных территориях курортов), Региональный государственный проектно-технологический центр охраны плодородия грунтов, Региональная государственная станция защиты растений в АР Крым, Государственное лесохозяйственное объединение, Крымская гидрогеологическая мелиоративная служба, Управление водных ресурсов, Институт землеустройства, Региональное управление земельных ресурсов, управление жилищно-коммунального хозяйства, водоснабжающие предприятия и горводоканалы.

Названные организации занимаются сбором информации в рамках собственной компетенции и задач, которые определенным образом регламентированы: мониторинг источников промышленных выбросов в атмосферу (содержание загрязняющих веществ (ЗВ), в том числе радионуклидов); источников сбросов сточных вод (содержание ЗВ, в том числе радионуклидов); поверхностных вод (содержание ЗВ, в том числе радионуклидов); водных объектов в границах природоохранных территорий (фоновое количество ЗР, в том числе радионуклидов); наземных и морских экосистем (фоновое количество ЗР, в том числе радионуклидов); свалок промышленных и бытовых отходов (состав отходов, содержание ЗР, в том числе радионуклидов); грунтов разного назначения, в том числе на природоохранных территориях (остаточное количество пестицидов, агрохимикатов и тяжелых металлов, естественная и искусственная радиоактивность); атмосферного воздуха и осадков (содержимое загрязняющих веществ, в том числе радионуклидов, трансграничное перенесение загрязняющих веществ); поверхностных и морских вод (гидрохимические и гидробиологические определения, содержание ЗВ, в том числе радионуклидов) на базовой сети наблюдений; стихийных и опасных гидрометеорологических явлений: наводнений, паводков (в районах наблюдательных станций); радиационной обстановки (на пунктах стационарной сети); подземных вод (гидрогеологические и гидрохимические определения состава и свойств, в том

числе остаточного количества пестицидов и агрохимикатов, оценка ресурсов); геохимического состояния ландшафтов (содержание и распространение естественных и техногенных химических элементов и соединений); стихийных и опасных естественных явлений: эндогенных и экзогенных геологических процессов (их видовые и пространственные характеристики проявления) и другие.

Следует отметить, что на текущий период, действующая система статистической отчетности не позволяет получить всестороннюю информацию не только о рекреационной сфере, но и о протекающих экологических процессах. Это связано с тем, что рекреация не выделяется как отдельный вид экономической деятельности и участие предприятий различных отраслей экономики региона в процессе рекреации также не характеризуется системой статистических показателей. Указанные причины затрудняют сбор требуемой информации и могут быть устранены в дальнейшем путем разработки статистических подсистем, адекватно характеризующих объект управления, и учтены в процессе разработки подразделений системы экологического управления, которые должны обеспечивать информационную базу разработки управленческих решений и мер. Обоснование принципов и подходов разработки современной информационной системы экологического управления регионом являлось целью данной статьи.

Следует отметить, что особенностью процесса управления экологической безопасностью является собственно совокупность информации у управляющей системы, которая описывает сложную систему, имеющую различную сущностную природу ее составляющих – с одной стороны, – экосистема, с другой – общественная система. При этом информация должна обеспечить соблюдение базового принципа наблюдаемости, что не всегда в полной мере возможно по ряду объективных и субъективных причин, и, следовательно, должно учитываться через оценки погрешности и посредством реализации специальных процедур преобразования информации (pr) (рис. 1).

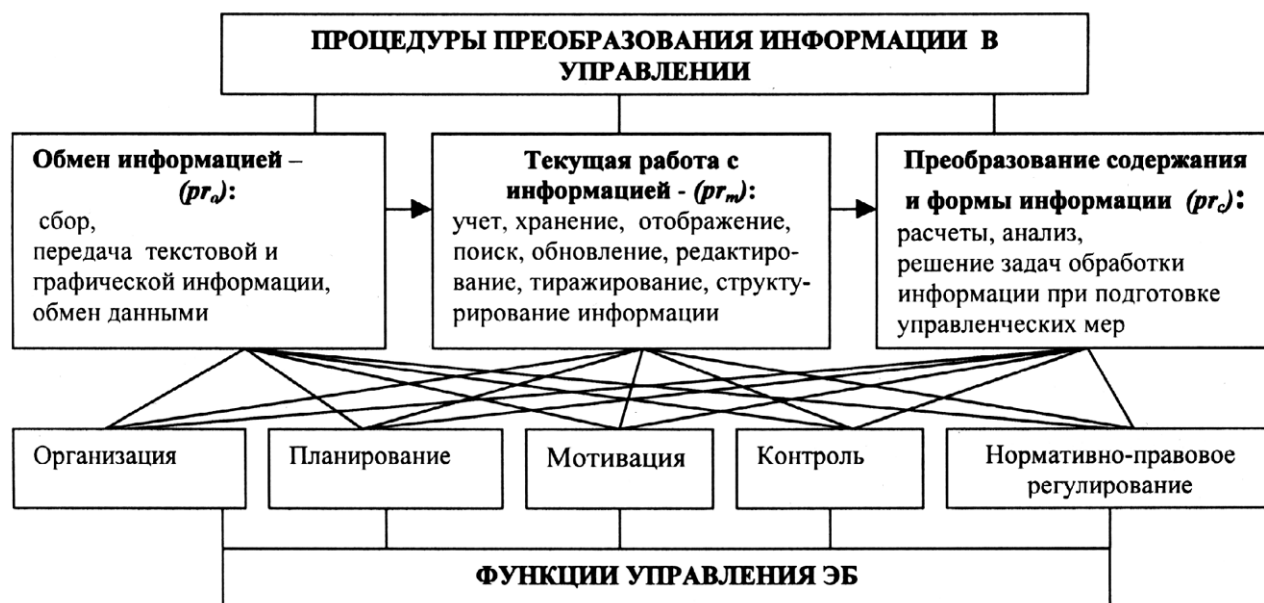


Рис.1. – Процедуры преобразования информации в функциях управления экологической безопасностью

Приведенные процедуры и в отдельности имеют значение для управления, однако именно интегрирование позволяет осуществить процесс, включая их возможности в структуру каждой функции управления. Так, при осуществлении операций планирования на этапе постановки целей применяются процедуры сбора и обмена информацией ($pr_а$), поиска и прогнозирования процессов ($pr_м$), обоснование цели по результатам анализа и расчетов ($pr_с$), равно как и на этапе выбора способов достижения целей необходимы элементы специальных процедур преобразования информации. Функция «мотивации» по сути, предполагает преобразование информации о внешней среде (характеристики интересов, потребностей получаем на основе обмена информацией ($pr_а$) с внешней средой) в управленческое поведение как отражение структурирования информа-

ционной базы, учета, анализа и остальных специальных процедур преобразования информации. Контроль управления невозможен без привлечения всех групп названных процедур. Функция нормативно-правового регулирования предполагает преобразование информации об эколого-экономической системе с позиций обеспечения экологической безопасности после процедур сбора, передачи нужной формы сигналов об экологических проблемах, выполняются процедуры учета характеристик среды, обобщение их и анализ и разработка на основе этого – регламентирующих документов, их пересмотр, отслеживание выполнения норм.

В целом, можно выделить несколько уровней, характеризующих степень эффективности использования современных информационных технологий [1, 2] в самых различных отраслях общественной жизни:

- автоматизация первичных функций сбора и обработки информации (создание первичных учетных и реестровых баз данных, простейших СУБД, использование графических и текстовых редакторов, локальных информационно-вычислительных комплексов и сетей и т.д.);
- использование информационно-моделирующих систем и комплексов (преобразование исходной информации по заданным алгоритмам и оценочным критериям в форму, необходимую для принятия решения либо для представления результата, обеспечение информационно-поисковых функций в телекоммуникационных сетях, применение интегрированных офисных систем, электронного документооборота и др.);
- использование программно-аппаратных комплексов для решения оптимизационных задач, многокритериальной оптимизации на основе технологии экспертных систем, автоматизированных систем управления, баз знаний и метаданных.

Анализ показывает, что в ряде отраслей общественного производства и видов деятельности (Министерство обороны Украины и силовые структуры, банковское дело, нотариат, казначейство, социальная защита, отдельные виды промышленного производства, связь и телерадиовещание и др.) достигнут достаточно высокий уровень информатизации. Как следствие, это приводит к широкому внедрению сетевых баз данных, телекоммуникационных сетей общего и корпоративного пользования, стандартизованных в масштабах государства учетных систем и программно-аппаратных комплексов.

Данные о степени информатизации органов государственной власти и местного самоуправления, ведомств и организаций, включенных в систему экологического мониторинга, показали, что их деятельность находится (за редким исключением) на уровне первичной автоматизации. Поэтому, на текущий момент не целесообразна постановка задач по созданию полнопрофильных информационно-аналитических комплексов и систем автоматизированной поддержки управленческих решений органов регионального управления [3]. Приоритетными в сложившейся ситуации будут мероприятия по созданию информационных систем первичного учета объектов управления – экологического реестра опасных объектов, кадастров рекреационных ресурсов и других видов учетных систем в рамках основных направлений экологического управления.

При обосновании структуры разрабатываемой информационно-технической системы региона должны соблюдаться следующие принципы:

- создание объектно-ориентированной системы, позволяющей облегчить процесс при использовании информацией при условии выделения нужного объекта;
- комплексность охвата объектов управления (различного генезиса, уровня подчиненности и др.);
- учитывать все этапы разработки управленческих решений – от этапа сбора данных до поддержки принятых решений (атрибутивная база, база нормативно-справочная, нормативно-правовая, классификационные схемы баз данных, локальные базы);
- возможность структурирования базы по уровням иерархии подчиненности;
- обеспечение пространственной и функциональной схемы элементов системы, позволяющее работать в режиме реального времени, в ретроспективном аспекте при наличии связей между отдельными блоками системы, что снизит расходы на работу в системе;
- необходимо предусмотреть возможности гибкой реакции на изменение задач управления, ко-

торые могут потребовать изменений в базах данных, что будет возможно осуществить в рамках системы;

- обеспечить защиту отдельных элементов системы (нормативная база, программное обеспечение) от несанкционированного доступа;
- обеспечить однозначность и достоверность хранимой информации.

Главной целью внедрения информационно-технической системы экологического мониторинга Автономной Республики Крым является создание оптимальных условий для удовлетворения информационных потребностей органов государственной власти и местного самоуправления, на основании формирования и использования информационных ресурсов и современных информационных технологий. Главная цель может быть достигнута через:

- создание условий (нормативно-правовых, организационных, финансово-экономических и др.) для удовлетворения информационных потребностей субъектов регионального экологического управления;
- разработку системы информационных и инструментальных средств для информационно-аналитического обеспечения системы экологического управления Автономной Республики Крым на всех уровнях ее административно-территориального деления.

Система информационного обеспечения органов экологического управления региона должна являться элементом целостной взаимосвязанной системы информатизации Крымского региона [4], разработка которой предполагает:

- создание интегрированной информационно-транспортной среды региона на основе аппаратно-программных комплексов и телекоммуникационных каналов с высокой пропускной способностью;
- создание регионального информационно-аналитического центра (ИАЦ), объединенного системами телекоммуникаций с органами государственной власти и местного самоуправления, предприятиями и организациями региона, координирующего и направляющего их усилия в части информатизации процессов социально-экономического и территориального развития (через задания соответствующей региональной программы);
- анализ и прогнозирование социально-экономических, экологических и иных показателей состояния и развития Автономной Республики Крым и его регионов;
- обработку данных о состоянии объектов управления и влияющих на них факторов для поддержки системы управленческих решений для всей вертикали органов регионального управления;
- обеспечение беспрепятственного доступа граждан к информации общего пользования при помощи современных информационных систем и средств телекоммуникаций [4].

Создание региональной информационно-технической системы экологического мониторинга предусматривает разработку: общей архитектуры и отдельных подсистем региональной системы информационных ресурсов, регламента информационного взаимодействия органов исполнительной власти региона и ведомств, норм и правил функционирования региональной системы информационных ресурсов, базы данных о состоянии экологической системы региона.

Главным элементом (ядром) информационно-технической системы экологического мониторинга региона является межведомственная экологическая база данных региона (МЭБДР) (рис.2). К основным ее задачам можно отнести:

- интеграцию всех видов информационных ресурсов (атрибутивные базы данных, карты, космические снимки, схемы, фотографии и т.д.), необходимых для обеспечения органов регионального управления;
- сбор, хранение и предоставление информации о структуре и состоянии экосистемы, объектов управления, основных типах алгоритмов обработки данных и принимаемых управленческих решений;
- поддержку методически единой системы введения и накопления информации в различных типах баз данных;
- обеспечение единой системы классификации и кодирования объектов и субъектов ЭУ, а также их атрибу-

ТОВ;

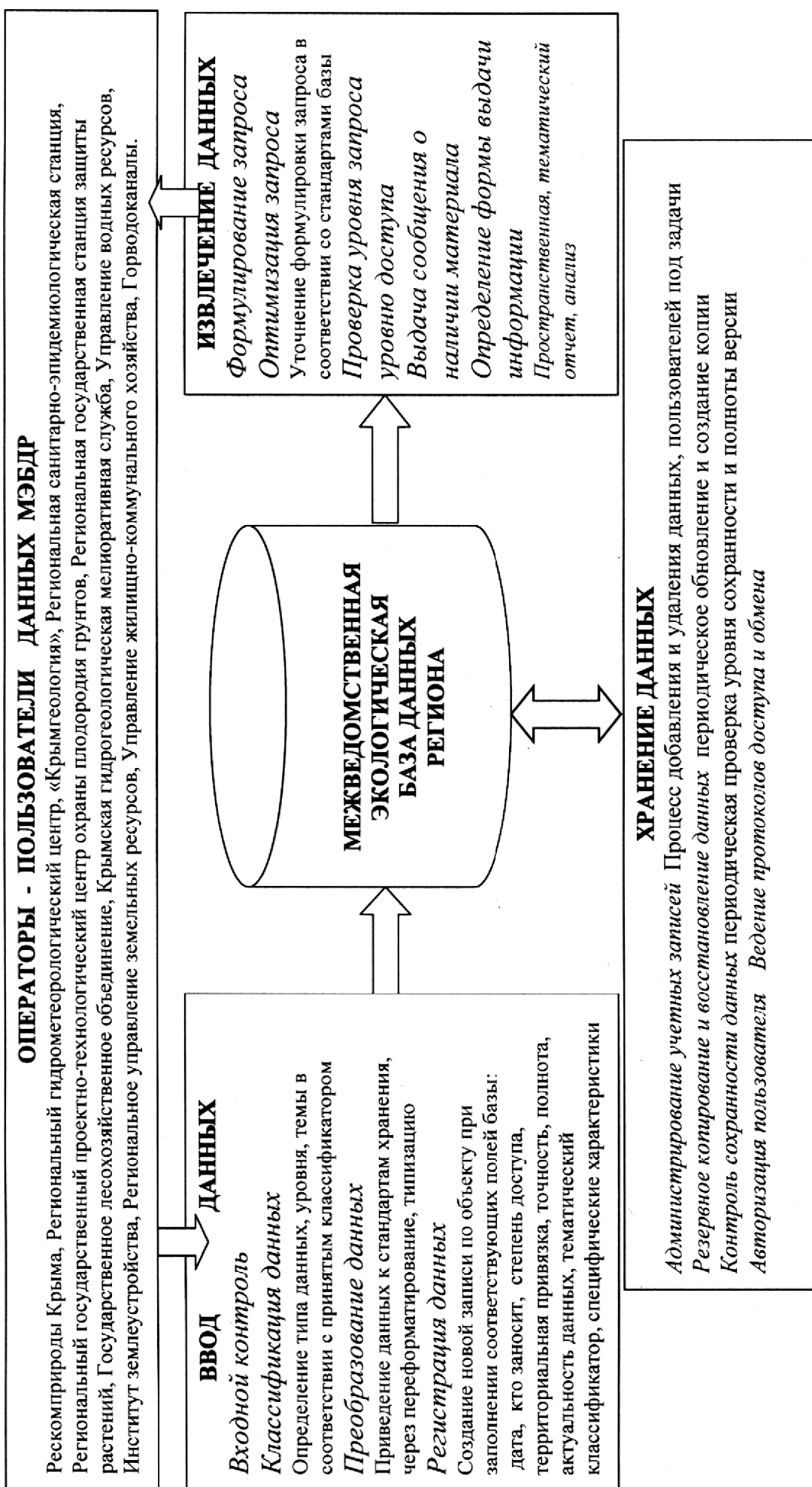


Рис.2.- Структурно-функциональная схема межведомственной экологической базы данных в региональной информационно-технической системе экологического управления АР Крым

- организацию хранения накопленных данных на основе различных типов технических средств и магнитных носителей, стыкующихся между собой;
- актуализацию данных, необходимых для анализа и оценки текущего состояния объектов и субъектов ЭУ;
- обеспечение доступа всех пользователей ко всем видам информации, в соответствии с их уровнем и приоритетом;
- защиту информации от несанкционированного доступа.

Для построения МЭБДР используются технические и программные решения, распределительные сети, которые основаны на широком классе современных технологий и аппаратно-программных комплексов формирования каналов сбора и передачи информации, опирающихся на систему отраслевых, территориальных и корпоративных банков и баз данных, объединенных на уровне прямого удаленного доступа региональной телекоммуникационной сетью, а также включающую комплекс информационно-моделирующих и экспертно-аналитических систем для всех уровней экологического управления Автономной Республикой Крым.

МЭБДР должна включать совокупность данных в пространственных формах (на основе ГИС-технологий) и в общепризнанных стандартах электронных библиотек (текстовые файлы, таблицы, графические объекты и др.) при соблюдении следующих характеристик:

- выбор данных представляется пользователю в виде таблиц;
- выбор операторов, посредством которых пользователь может генерировать новые таблицы, осуществлять путем выборки необходимых строк и полей исходных таблиц;
- объединение нескольких отдельных наборов данных, полностью или частично не перекрывающихся.

Использование пространственных баз и программ картографирования позволяют объединить данные о рельефе (отметки, уклоны, нарушения целостности и др.), а применительно к объектам природно-ресурсного потенциала собрать и систематизировать информацию о геологическом строении, подземных и грунтовых водах, экзогенных процессах, почвенном покрове и растительности, метеоклиматических условиях, ландшафтах.

Информационные слои МЭБДР (рис. 2) должны объединять информацию различных ведомств о состоянии основных природных сред (антропогенная преобразованность, загрязнения различных видов, нарушение природных составляющих систем, перечень опасных объектов, их характеристики и динамика проявлений в ретроспективе, перечень и состояние инженерной инфраструктуры региона и др.) на основе системы показателей, которая должна постоянно совершенствоваться в зависимости от задач экологического управления.

ВЫВОДЫ

По результатам анализа проблемы и возможных решений ее, возможно сделать вывод, что для повышения эффективности управления региональной экологической безопасностью необходимо выполнить переход от методически, организационно и технологически не всегда совместимых ведомственных информационных систем органов управления к интегрированной информационной системе экологического управления регионом через единую систему информационно-технических средств ведомств и административных частей Автономной Республики Крым. При этом должна быть введена единая система классификации и кодирования объектов управления, унифицирована система используемых геоизображений (цифровых и электронных карт, космических снимков), программно-технических стандартов. Возможности информационно-технической системы экологической безопасности региона должны позволять выполнять анализ состояния и оценку уровня экологической безопасности региона, для чего расширяется и интегрируется перечень показателей и характеристик экологического состояния в форматах МЭБДР на основе расширенной методики оценки показателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпенко С.А., Ефимов С.А., Лагодина С.Е., Подвигин Ю.Н. Информационно-методическое обеспечение управления территориальным развитием. – Симферополь: Таврия Плюс, 2002. – 184 с.
2. Научные основы организации управления и построения автоматизированных систем управления / Под ред. Бройдо В.П., Крилова В.С. – М.: Высшая школа, 1990. – 192 с.
3. Рекомендації щодо розробки системи інформаційно-аналітичного забезпечення (СІАЗ) регіональних органів управління та типових проектних рішень в її складі. – К.: Національне агентство з питань інформатизації при Президенті України, 1997. – 47 с.
4. Информационно-географическое обеспечение планирования стратегического развития Крыма / Под редакцией Багрова Н.В., Бокова В.А., Карпенко С.А. – Симферополь: ДиАйТи, 2006. – 188 с., 52 ил.

Кузьменко Е.Д. д.т.н., професор, Шкіца Л.Є., д.т.н., доцент
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Геотехногенна безпека рекреаційно-туристичних територій України

Предложена система аналитически-информационного обеспечения экологической безопасности природных и деградированных рекреационно-туристических территорий на базе системы прогнозирования и моделирования экзогенных геологических процессов и управляемого контроля экологического состояния окружающей среды.

Экологическая безопасность, информационная система, экзогенные геологические процессы, рекреационный потенциал

Україна володіє потужними рекреаційними ресурсами, а важливим напрямом туризму є ефективно і раціональне використання природних ресурсів з одночасним їх збереженням і відновленням, а також визначення рекреаційного потенціалу всіх регіонів країни. Кожна людина має право на задоволення рекреаційних потреб як на місці свого проживання, так і на спеціально пристосованих територіях. Для цього необхідні екологічно безпечні природні ландшафти, чисте повітря, ґрунти, вода, збереження рослинності, фауни та флори, здійснення певних природоохоронних заходів [1].

Для збереження та відновлення рекреаційно-туристичного потенціалу потрібно активно застосовувати сучасні методи і технології. З одного боку, необхідно зберегти існуючий потенціал від негативного впливу промислових підприємств, природних процесів. На перший план тут виходять сучасні технології, які забезпечують оцінку екологічного стану. З другого боку, необхідно відновлювати рекреаційний потенціал там, де природні складові території зазнали руйнівних змін. Відновлення ландшафтів, ґрунтів, рослинності на порушених землях традиційними методами потребують величезних коштів, які на сьогодні відсутні. При розробці технологій відновлення порушених земель більш доцільно слідувати природним процесам та допомагати природі.

Варто відмітити, що значно впливають на стан територіально-рекреаційних комплексів розповсюдження небезпечних геологічних процесів, зокрема зсуви, просідання земної поверхні, утворення карстових провалів. В останнє десятиліття в Україні значно зросла кількість зсувів і розширились площі їх розповсюдження і з року в рік збільшується кількість аварій пов'язаних із цими процесами. Отже, першочергове завдання полягає в аналізі та прогнозі стану геологічного середовища.

Прогнозування та моделювання екзогенних геологічних процесів (ЕГП) рекреаційно-туристичних територій є результатом науково обґрунтованого передбачення їх проявів у просторі та часі під дією природних і техногенних чинників. Прогноз повинен відповідати на три основні питання: де, коли і якої потужності (розмірів, інтенсивності) може проявитись той чи інший генетичний тип ЕГП.

Поняття інтенсивності проявів ЕГП є одним з найважливіших в інженерній геодинаміці. В якості стандартного кількісного показника оцінки інтенсивності прояву ЕГП прийнята ураженість території даним процесом, що оцінюється площинним або лінійним коефіцієнтом ураженості. Якщо на ділянці поширено декілька генетичних типів чи різновидів досліджуваного процесу, то представляється доцільним визначати коефіцієнт ураженості диференційовано [2].

На даний час технології створення прогнозних моделей суттєво відрізняються від простих реалізацій підрахунку щільності проявів ЕГП на певній території їх розвитку. Найбільш обґрунтованим і в той же час технологічним є прогнозування, яке базується на виявленні впливових чинників різної природи та встановленні математичних закономірностей їх зв'язків із активізацією ЕГП.

Поставлена задача вирішується, а технічний результат досягається за рахунок того, що проводять оцінку комплексної дії сукупності просторових і часових факторів на процеси

утворення ЕГП з формуванням еталонної характеристики розподілу просторових і часових факторів прогнозованої території та визначають за еталонними характеристиками величину ймовірності інтегрованого показника небезпеки виникнення або активізації ЕГП з урахуванням встановленої закономірності розвитку ЕГП в зв'язку з цими факторами [3]. Алгоритм досліджень є єдиним для всіх видів ЕГП і полягає в послідовності реалізації дій, що зображені на рис.1.

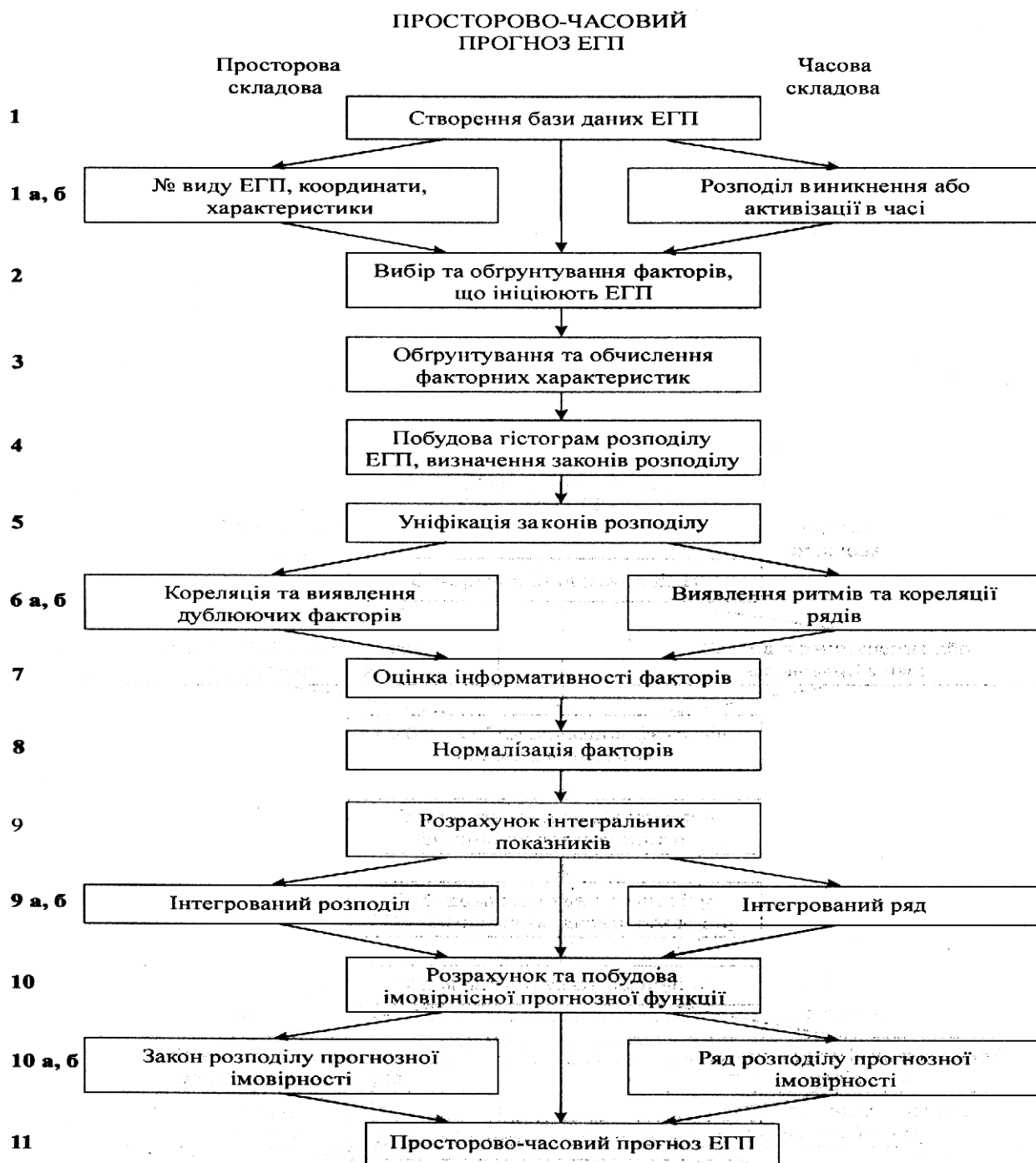


Рис. 1 – Алгоритм просторово-часового прогнозу ЕГП Розрахунки дозволили прогнозувати ЕГП, вчасно сагувати на них та зберігати рекреаційно-туристичний потенціал території.

Запропонований алгоритм дозволяє виконувати як перспективний, так і прогноз на будь-який момент часу (з точністю до року) (рис.2). На даний час систему прогнозування зсувів реалізовано для окремих територій Закарпаття, Гірських Карпат, Прикарпаття. Часовий варіант прогнозу реалізовано для Південного берегу Криму (Південно-Західний зсувний район). Аналогічна система створена для прогнозування карсту.

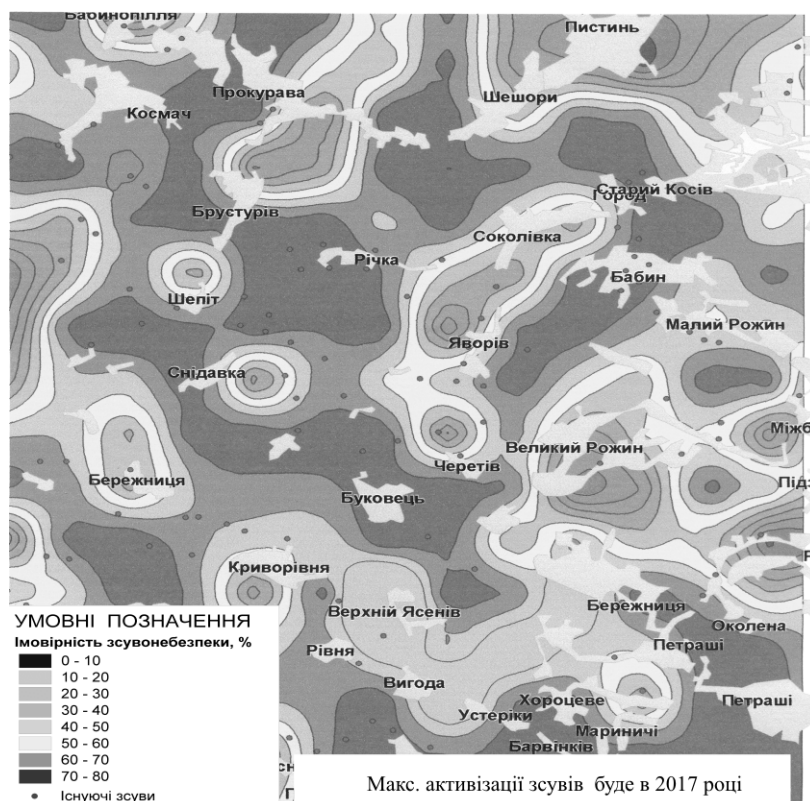


Рис. 2 – Приклад прогнозної карти імовірності розвитку зсувів на окремій ділянці експериментальної площі.

Практичною реалізацією розроблення математично формалізованого алгоритму прогнозу розвитку ЕГП є створення автоматизованих постійнодіючих моделей (АПМ). АПМ - це складні людино-машинні інформаційно-обчислювальні комплекси, що реалізують на основі оперативної обробки результатів поточних натурних спостережень і їх прогнозування з використанням відповідних математичних моделей на ЕОМ, вироблення управлінських рішень (рекомендацій) по захисту територій у випадку можливої активізації ЕГП і здійснення заходів по забезпеченню нормального функціонування об'єктів, що знаходяться в зоні впливу ЕГП.

В подальшому розглядаються питання розробки системи прогнозування на регіональному, локальному і об'єктовому рівнях. Регіональний рівень прогнозування відповідає масштабам 1 : 200 000 - 1 : 50 000. Результати прогнозу передаються державній геологічній службі, обласним та районним держадміністраціям, управлінням з питань надзвичайних ситуацій для врахування при плануванні природоохоронних заходів, проектуванні промислових споруд, громадських об'єктів, здійснення рекреаційних заходів, плануванні туристичного бізнесу, а також виявлення локальних об'єктів, небезпечних з точки зору розвитку ЕГП. Локальний рівень досліджень відповідає масштабам 1 : 5000 - 1 : 200. Це рівень дослідження окремих об'єктів і промислових споруд, будівельних майданчиків, окремих схилів, територій в межах населених пунктів, територій планового відпочинку. Результати досліджень безпосередньо визначають еколого-геологічний стан територій і використовуються для прийняття технічних рішень, а також на рівні безпосереднього впровадження рекреаційної діяльності.

Важливим завданням є відновлення рекреаційно-туристичного потенціалу в зонах техногенного впливу, зокрема на території ліквідованих гірничопромислових комплексів. Порушені гірничопромисловою діяльністю території після завершення експлуатації родовища можуть повертатись в історичні природні умови, набувати нових природних краєвидів або ставати новими рекреаційними територіями регіону.

Питання, які слід вивчати та розв'язувати на стадії ліквідації підприємства наступні: на скільки природно-техногенна система гірничого комплексу буде забезпечувати екологічну рівновагу в регіоні, зберігати стійкість антропогенного ландшафту, проявляти здатність до відновлення або самовідновлення з врахуванням планованих відновлювальних та рекультиваційних робіт. Всі постав-

лені завдання можна вирішувати на основі детального аналізу екологічної ситуації території впливу гірничопромислового району та виконанням прогностичних оцінок з використанням різноманітних методів та заходів. Отримані результати узгоджуються із програмою дій по ліквідації підприємства та дозволяють розпланувати систему моніторингу території в післяліквідаційний період.

Проведений аналіз аварій та катастроф спровокованих гірничопромисловою діяльністю та систематизація екологічних наслідків цієї діяльності вказує на необхідність оцінки напружено-деформованого стану порід в місцях розвитку геомеханічних та інженерно-геологічних порушень та оцінки геохімічних змін в місцях накопичення гірничих відходів. Вивчення та прогнозування небезпечних геологічних процесів та явищ є важливою складовою забезпечення екологічної безпеки території [4].

Післяліквідаційна система геоecологічного моніторингу залежить від реалізованої програми відновлення території. У випадку відсутності належного та вчасного фінансування рекультиваційних робіт необхідною умовою залишається питання вивчення процесів самовідновлення елементів довкілля: гідрогеологічний режим регіону, активізація зсувонебезпечних процесів.

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.

Розробка чіткої зональної класифікації території гірничопромислового комплексу дозволить вибрати екологічну модель відновлення території [5]. Наприклад, перший тип території - ландшафти, які володіють високими рекреаційними показниками. Збереженість їх повинна забезпечуватись інженерним облаштуванням, постійним відновленням рослинного покриву, локалізацією джерел підвищеного навантаження. Інший тип ландшафтів – ландшафти, які можуть використовуватись для отримання сільськогосподарської продукції. Слід також виділити зони ландшафтів придатних для промислового та цивільного будівництва та ландшафти для створення кутків дикої природи. Звичайно, у виділенні зон майбутнього використання території слід враховувати географічне районування. Кожна екологічна група, що відповідає конкретній зоні освоєння території, однозначно визначає допустимий рівень техногенного впливу та критичні розміри зміненого ландшафту.

Детальний аналіз стану навколишнього середовища території гірничопромислового комплексу в період завершення періоду оптимального функціонування підприємства служить вихідними параметрами з розробки плану ліквідації та технічної програми рекультивації.

Вихідними даними для проведення моніторингу є карти розміщення об'єктів техногенного впливу, якими є гірничі виробки, зони накопичення промислових відходів з короткою інформацією кожного з них (висота (м), ширина (м), площа заснування (м²), об'єм складеної породи (м³)). Результатом проведених досліджень є карти з виділенням зон техногенного впливу кожного джерела. Ця інформація є складовою інформаційно-довідкової системи по території комплексу на період завершення експлуатації. Частина інформації буде представляти наявні екологічні втрати природно-техногенної системи, наприклад, виділенні зони закислення (глибина, площа, інтенсивність розповсюдження), ареали забруднення ґрунтів, ґрунтових вод, провали (глибина (м), діаметр (м), кут нахилу (градус), площа (м²)). Обов'язковою умовою моніторингу є виділення втрат потенційних, що представляються у вигляді виділених зон напружено-небезпечних ділянок території.

Територія гірничого комплексу часто є зоною підвищеного ризику і перелік тих небезпек (ймовірність заподіяння шкоди народному господарству, матеріальним цінностям, здоров'ю людини), інформація про них, які вона несе повинні бути доступні для громадськості. Оптимізувати систему обміну інформацією можна шляхом створення інформаційно-довідкової системи гірничопромислового комплексу.

Розроблена структура інформаційно-довідкової системи гірничого комплексу, яка доступна користувачам широкого загалу. Основними складовими системи є: картографічна база: місцезнаход-

ження гірничопромислового району, виділена площа гірничого відводу, техногенний ландшафт гірничодобувного підприємства, екологічні карти району (геомеханічні порушення, гідрогеологічні порушення, зони підвищеного екологічного ризику); фотографії окремих складових техногенного ландшафту (відвали, кар'єр, хвостосховища, технологічний комплекс, стволи рудників, акумулюючі ємності із зонами екологічного ризику); текстова інформація про складові техногенного ландшафту (час експлуатації, потужність, площі, об'єми об'єктів та перелік основних екологічних небезпек вказаного об'єкта).

Інформаційно-довідкові системи (ІДС) такого типу реалізована як Web-сторінка. Картографічна інформація подається у растровій формі, а відносна інтерактивність карт забезпечується так званими активними зонами поблизу найбільш важливих об'єктів, з допомогою яких здійснюється вибір об'єкта на карті та пошук його характеристик.

ВИСНОВКИ

Сформульовано основні шляхи збереження та відновлення рекреаційно-туристичного потенціалу територій різноманітних за своїми природно-техногенними умовами, зокрема

- використання системи прогнозування ЕГП при комплексній дії просторово-часових природно-техногенних факторів для визначення ступеня безпеки територій;
- прогнозування стану довкілля в межах впливу гірничих підприємств із формуванням інформаційно-довідкової системи на стадії ліквідації для управління екологічною безпекою територій.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Адаменко О.М. Стратегія регіональної екологічної безпеки Івано-Франківської області / Зб. Соціально-економічні дослідження в перехідний період. - Львів, 2005. - Вип.5 (XLIX). - С. 168-175.
2. Обґрунтування вибору геофізичних, геологічних та геоморфологічних параметрів для оцінки зсувонебезпечності і методика їх комплексної інтерпретації / Е.Д.Кузьменко, Д.Н.Ляшук, В.Д.Чебан, Л.В.Штогрин // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. – Зб.наук.праць. – Київ, 2005. –С.333-349.
3. Кузьменко Э.Д., Карпенко А.Н., Журавель А.М. Аналитическая геоинформационная система пространственно-временного прогнозирования оползневых процессов // Матеріали VI Міжнар. наук. конф. “Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища”. – Київ: Київський національний університет – 2005. – С. 16-18.
4. Шкіца Л.Є. Методологія геоекологічного аналізу гірничопромислових комплексів // Екотехнологии и ресурсосбережение. - 2006. - №1. - С.53-55.
5. Шкіца Л.Є. Трансформація гірничих комплексів після завершення експлуатації // Вісник Кременчуцького політехнічного університету. – 2006. - Випуск 2 (37) частина 2. - С.113-115.

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

УДК 628.1

Бойчук С.Д., Сафонов А.Н., Мороз В.В., инженеры

Симферопольское производственное предприятие водопроводно-канализационного хозяйства

Мякишев В.А., к.т.н. доцент; Котовская Е.Е., аспирантка

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Основные работы Симферопольского водоканала по выходу из кризиса водоочистных технологий

Представлена обобщенная характеристика качества воды в четырех водохранилищах Симферополя, дана критическая оценка эффективности очистки воды на водоочистных сооружениях города, отмечены причины отказа ряда потребителей от применения водопроводной воды. Представлены работы симферопольского водоканала по обеспечению качества питьевой воды и ресурсосбережению.

Вода, качество, загрязнение, очистка, стандарт, потребитель, технология, эффективность, затраты, программа работ.

Проблема чистой воды сегодня выходит на одно из первых мест, становится определяющей для существования человечества. Качество питьевой воды зависит, во-первых, от экологического состояния источников природной воды, во-вторых, от обеспечения барьерной функции водоочистного комплекса населенного пункта.

Основной источник в Симферополе водохранилище «Межгорное» получает днепровскую воду из Северо-Крымского канала. До поступления в Северо-Крымский канал днепровские воды принимают частично очищенные сточные воды городов и поселков с населением около 30 млн. человек. Поэтому подаваемая из Днепра в крупные города Крыма вода загрязнена природными и синтетическими органическими соединениями, в отдельные периоды в ней содержатся нефтепродукты, фенолы, формальдегиды, цианиды, синтетические поверхностно-активные вещества, различные удобрения и ядохимикаты, а также пестициды, карбофос, метафос, тригалометаны, ДДТ и другие.

Воду из поверхностных источников до поступления в городской водопровод очищают на очистных сооружениях, построенных 30-40 лет назад и морально устаревших, которые не являются барьерами для сложных по составу загрязнений антропогенного происхождения. Действующие водоочистные комплексы очищают воду до норм только от взвешенных веществ и продуктов природной цветности. Большая часть искусственных органических веществ, растворенных солей и токсичных веществ, ионов металлов не задерживаются в коммунальных отстойниках и фильтрах.

Количество опасных загрязнений в воде увеличиваются при обеззараживании обрабатываемой воды хлором, при этом в ней образуются побочные продукты хлорирования (хлорорганические соединения). Также применение для очистки воды коагулянтов приводит к резкому увеличению концентрации ионов алюминия. Эти искусственно добавленные токсичные компоненты также не удаляются из питьевой воды при дальнейшей очистке на городских сооружениях.

Идентифицированные в лаборатории Центральной санитарно-эпидемиологической станции Украины более 300 химических компонентов днепровской воды, представляют угрозу здоровью потребителям воды, потому что большая часть их транзитом проходит через все водопроводные сооружения в краны потребителей [1]. Ученые свидетельствуют, что хлорорганические соединения в питьевой воде могут приводить к мутагенным и токсическим эффектам в организме человека, провоцировать ослабление иммунной системы, снижать репродуктивную функцию, вызывать дефекты развития, повышать уровень заболеваемости эндокринной и нервной систем. Наличие галогенметанов в потребляемой воде оказывают влияние

на желудочно-кишечный тракт, мочевыводящие пути, хлороформ приводит к заболеваниям рака почек и печени. Очень неблагоприятные статистические показатели заболеваемости и смертности во всех возрастных категориях населения Крыма свидетельствуют о неудовлетворительной экологической и гигиенической обстановке в регионе.

Водораспределительные сети и протяженные водоводы, проложенные 30-50 лет назад, являются источником вторичного загрязнения транспортируемой питьевой воды. На внутренних поверхностях труб скапливаются взвеси, органические загрязнения, микробы, а также продукты коррозии металла. В трубопроводах одновременно протекают процессы окисления скопившейся на стенках органики, размножения бактериальной среды в случаях отсутствия хлора в воде. При резких изменениях скорости движения воды в трубах происходит смыв части перечисленных загрязнений и последующее попадание их потребителям.

Более десяти лет назад в стране утвердили новый стандарт качества питьевой воды с показателями соответствующими мировому уровню (СанПиН «Вода питьевая» № 383). Однако в последние годы пришли к выводу, что работа городских и сельских водопроводов в этом направлении не дала требуемых и реальных результатов из-за отсутствия средств. По данным санитарно-эпидемиологической службы периодически происходит нарушение стандарта качества воды в водопроводной сети большинства городов и поселков по бактериологическим, токсикологическим и органолептическим показателям. В государственных инстанциях сейчас в спешном порядке разрабатывают новые, вероятно промежуточные, стандарты по качеству питьевой воды. Уже сейчас возникают вопросы, будут ли созданы в государственном законодательстве реально действующие механизмы финансирования дорогостоящих проектов по модернизации водопроводов и решения проблемы производства водопроводной воды с европейским качеством.

Оказавшись перед угрозой реального вреда здоровью потребители водопроводной воды часто отказываются от неё и активно принимают альтернативные решения. Один из них – это употребление бутылкированной воды, которая часто сомнительного производства и качества, а стоимость её в 1000 и более раз дороже водопроводной.

Другой вариант получения воды для питья заключается в применении бытовых (кухонных) аппаратов для доочистки водопроводной воды. При этом стоимость её в десятки раз меньше, чем воды реализуемой в бутылках.

В самых крупных городах страны начали применять для этих целей водоочистные установки коллективного пользования (в многоквартирном доме или группе домов). Однако, их цена и правильная эксплуатация пока недоступны для большинства жителей.

Сейчас на рынке предлагают тысячи вариантов квартирных водоочистных аппаратов и установок, различных по качеству и цене. В рекламных сопроводительных характеристиках они наделяются порой фантастическими свойствами, которые не подтверждаются в самом начале эксплуатации или через месяц работы. Если посмотреть рекламный буклет некоторых фильтров, то гарантирована почти полная очистка воды от всех металлов, радионуклидов, пестицидов, запахов и микробов. Проведение исследования фильтрованной воды в аттестованных лабораториях не подтверждают эти её свойства, даже по содержанию органики эффект очистки водопроводной воды не превышает 5 %. Чтобы избежать обмана жители стремятся приобретать фильтры известного производителя, сертифицированные, с гарантией на большой срок эксплуатации.

В развитых странах в середине прошлого столетия начали на государственном уровне принимать конкретные меры по разработке новых методов подготовки питьевой воды, оборудования, реагентов, приборов контроля. Правительства государств жестко контролируют и делают инвестиции для реконструкции водоочистных комплексов, модернизации существующих технологических линий и лабораторий. В результате последовательной работы многие водопроводы западных стран разработали и применили на практике комплексные высокотехнологичные проекты в целях производства высококачественной питьевой воды.

Примером конкретных действий, направленных на решение проблемы обеспечения со-

временного качества воды, следует признать ряд работ Симферопольского водоканала, часть которых выполнена совместно с кафедрой водоснабжения и санитарной техники Национальной академии природоохранного и курортного строительства:

1. Проанализированы гидрохимические и гидробиологические показатели качества воды по 40 показателям четырех водохранилищ в динамике за 5 лет, выявлены закономерности появления максимальных показателей загрязненности с целью выработки эффективных методов глубокой очистки воды и оперативного управления водоочистной технологией. Рассчитаны временные параметры и численные уровни загрязненности воды по общепринятой классификации, оценено влияние процессов трансформации загрязнений и самоочищения в водоеме. Дана оценка качественного состава природных и некоторых антропогенных органических загрязнений в природной воде (по степени гидрофильности и гидрофобности, по происхождению функциональных групп, по выяснению причин аномального роста концентрации нехарактерных для источника органических веществ) [2]. Дана эколого-гигиеническая оценка качества воды водохранилища «Межгорное», определен класс водохранилища согласно проекту ДСТУ «Источники централизованного питьевого водоснабжения».

2. Выявлена эффективность работы очистных сооружений города с поверхностными источниками и основные факторы влияния на качество очистки, которые свидетельствуют о том, что в отдельные периоды года показатели очищенной воды не соответствуют международным нормам по мутности, перманганатной окисляемости, ионам тяжелых металлов. Оценены барьерные возможности каждого процесса технологии водоподготовки относительно лимитирующих показателей качества воды, которые необходимо корректировать.

3. В результате проведения технологического моделирования процесса очистки водохранилищной воды с использованием крупномасштабной опытной установки разработана новая технология для ВОС гидроузла «Межгорное». По предложенной технологии воду Северо-Крымского канала предусматривается очищать по схеме «контактный префильтр - скорый фильтр - сорбционный фильтр». Внедрение данной технологии позволит получить питьевую воду с показателями качества в соответствии с европейскими нормами [3].

4. Технологические показатели рекомендуемой технологии:

- требуемый эффект (по СанПиН № 383) очистки днепровской воды по показателям мутность, цветность, перманганатная окисляемость, остаточный алюминий получен при скоростях фильтрования 8...10 м/ч, при продолжительности фильтроцикла – 23 часа и предельных потерях напора менее 1,8 м;
- применение на водоочистной станции метода контактной коагуляции с использованием высокомолекулярного реагента типа ПолиДАДМАХ (компания SNF FLOERGER, Франция, предприятие «СЛАФ», Киев) позволяет даже в условиях низких температур уменьшить содержание органических веществ и побочных продуктов хлорирования в очищенной воде на 18-42 %;
- при характерных значениях исходной загрязненности воды доза реагента ПолиДАДМАХ составила 0,04-0,1 мг/л, что примерно в сто двадцать раз меньше дозы сернокислого алюминия в аналогичных условиях;
- применение коагулянта ПолиДАДМАХ позволяет получать объем осадка ВОС в 1,5 – 1,9 раза меньше, чем при обработке воды сернокислым алюминием, тем самым сократить расходы на обезвреживание технологических стоков ВОС;
- внедрение коагулянта ПолиДАДМАХ позволяет сократить затраты на приобретение реагентов для очистки воды в 1,4 раза и значительно уменьшить эксплуатационные затраты по эксплуатации громоздкого реагентного хозяйства водоочистной станции.
- выполненное по методике технологического моделирования, фильтрования реальной водохранилищной воды через зернистую загрузку и последующей сорбции в зернистом слое активированного угля позволило определить основные конструктивные параметры и режимные показатели процессов, подготовить рекомендации по использованию предлагаемой технологии (основные её параметры представлены в таблице).

Рекомендуемые показатели работы осветлительно-сорбционных фильтров

Тип фильтра	Вид загрузки	Пористость, %	Высота загрузки, м	Размер гранул, мм	Скорость фильтрования, м/ч	Фильтро-цикл, час
Крупнозернистый префильтр	кусовой пенопласт	48-62	0,5-0,8	10-30	8-10	110-150
Скорый, осветлительный, двухслойный	1 ступ. – антрацит;	46...58	1,0	0,6...1,8	7...11	24
	2-песок кварцев.	40...52	0,5	0,5...1,5		
Сорбционный	Уголь, АГ-3	80	1.6	0,5...3,0	7...11	720-1000

В результате анализа главных факторов, влияющих на процессы подготовки и транспортировки питьевой воды, разработана развернутая рабочая программа перевода всех сооружений системы городского водопровода на работу в соответствии с требованиями СанПиН «Вода питьевая» № 383 [4]. Поэтапное выполнение рабочей программы позволит решить следующие задачи:

- обеспечить повышенную барьерную функцию сооружения в отношении не только природных примесей (цветность и мутность, гидробионтов), но и веществ антропогенного происхождения: нефтепродукты, фенолы, пестициды, СПАВ, соли тяжелых металлов, азотные соединения, болезнетворные вирусы;
- предотвратить образование токсичных хлорорганических соединений в процессе хлорирования воды, содержащей в большом количестве растворенные органические вещества;
- обеспечить гибкость в управлении процессами водоочистки в различные периоды изменения качества воды, на разных по назначению и принципу действия сооружений, входящих в единую технологическую цепочку станции.

Основные работы Симферопольского водоканала по внедрению прогрессивных технологий и оборудования:

1. В последние годы работниками Симферопольского водоканала на Аянском гидроузле изменена технологическая схема обеззараживания воды путем применения установки ультрафиолетового облучения воды, (фирма «Berson», Нидерланды) и дозаторов раствора гипохлорита натрия. Это позволило отказаться от применения жидкого хлора на данной системе водоснабжения.

2. На водопроводных очистных сооружениях гидроузлов «Межгорное» и «Партизаны» созданы и введены в действие системы аммонизации воды с целью сокращения образования тригалогенметанов. На хлораторных этих гидроузлов установлены автоматические системы дозирования хлора производства фирмы «Wallace and Tiernan» (Англия), что позволило снизить образование хлорорганических соединений при хлорировании воды и уменьшить расход хлора.

3. После проведения успешных производственных испытаний нового коагулянта в 2005 году была приобретена установка фирмы SNF FLOERGER (Франция) по приготовлению раствора и высокоточному автоматическому дозированию ПолиДАДМАХ. Все указанное оборудование разместилось на площадке размером 2х3 м возле вихревых смесителей. Поэтому применение данного метода приготовления раствора коагулянта сделало ненужным весь громоздкий и высокзатратный комплекс имеющегося реагентного хозяйства водоочистой станции.

4. На четырех ВОС Симферополя начаты работы по замене дренажно-распределительных систем с гравийными слоями скорых водоочистных фильтров на полимерные трубчатые дренажи производства фирм «Полисток» и «Экотон» (Харьков). Одновременно с этими работами устаревшая и дефицитная загрузка фильтров из кварцевого песка заменяется на антрацит-фильтрант (фирма

«Промэнергосервис». Луганск), что позволило достичь более высоких показателей по степени очистки воды и получить суточную экономию промывной воды до 1000 куб. м.

5. С целью оптимизации работы насосных станций и снижения энергозатрат было проведено обследование фактических режимов работы всех водопроводных и канализационных насосных станций. В случае перерасхода электроэнергии и с учетом всех требований по подаче и напору принимали решение о способе изменения или регулирования режима работы, например, устанавливали частотные преобразователи, подбирали насосы с промежуточными характеристиками, либо заменяли старые агрегаты на насосы с новыми, уточненными оптимальными характеристиками. В каждом случае экономия электроэнергии составляла от 15% до 45%, а окупаемость мероприятий - от 3 месяцев до 2 лет.

6. На насосной станции второго подъема Партизанского гидроузла после замены двух насосов марки Д1250-125 на насосы марки Д1600-90 удалось привести их работу в новый режим с максимальным КПД, в результате выполнения этих мероприятий снижение годового расхода электроэнергии составило 3 млн. кВт. час. Всего за последние пять лет на насосных станциях водоканала было заменено более 70 устаревших насосных агрегатов на современные и высокоэффективные насосы ведущих мировых производителей: FLYGT (Швеция), WILO, EMU (Германия).

7. Начиная с 1999 года в Симферопольском ППВКХ проводится активная политика по применению труб из полимерных материалов при замене старых и прокладке новых трубопроводов. Предприятием приобретено необходимое сварочное оборудование и производится прокладка полиэтиленовых трубопроводов диаметром до 500 мм, (применяется полиэтилен третьего поколения типа РЕ 100). В результате на балансе ППВКХ сейчас числится 71,5 км пластмассовых трубопроводов или 9% от общей протяженности водопроводной сети. Одновременно, в зависимости от конкретных условий эксплуатации, применяют трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) с внутренним цементно-песчаным покрытием [5].

8. В настоящее время заканчивается строительство лабораторного корпуса предприятия и начато комплектование дорогостоящими приборами и оборудованием для выполнения всех анализов качества исходной и питьевой воды для водопроводов Крыма, с учетом современных требований (включая показатели разнообразных форм органических и токсичных веществ).

ВЫВОДЫ.

1. Выполненное внедрение новых технических решений на объектах Симферопольского водоканала применение разработанной технологии глубокой очистки днепровской воды и способов эффективной промывки сетей позволят производить и поставлять потребителям полноценную питьевую воду, не содержащую хлорорганические соединения, например, самый распространенный галогенметан - хлороформ.
2. Наряду с работами по четырем водоочистным сооружениям города перед исполнительной властью и предприятием водоканал стоит сложная и неотложная задача - по санации и перекладке большей части водоводов и разводящих сетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Милюкин М.В. Аналитические проблемы выделения, концентрирования, идентификация и определения микропримесей органических соединений в водах. Киев: Химия и технология воды. № 1, 1998.
2. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Том 2. /Справочное, учебное пособие. Вологда – Москва, 2001.
3. Котовская Е.Е. Оперативное регулирование показателей качества воды в источнике с целью сокращения рисков в системе водоснабжения. /Сборник докладов Международного Конгресса ЕТЕВК-2007. Ялта.
4. Слипченко В.А., Слипченко А.В., Брацун А.Я. Создание национальной нормативной базы водопроводно-канализационного хозяйства Украины. /Сборник докладов Международного Конгресса ЕТЕВК-2007. Ялта.
5. Бойчук С.Д., Сафонов А.Н. Внедрение новой техники и энергосберегающих технологий на объектах Симферопольского ППВКХ.

Борисов Б.М., к.т.н.; Щитцов Л.Д., инженер, Горбунов Р.В., инженер.

Крымский научно-исследовательский центр Института гидротехники и мелиорации

Украинской академии аграрных наук

Санитарно-надёжные конструктивно-технологические параметры угольно-гранодиоритных фильтров и технико-экономических показателей станций водоочистки

Приведены результаты расчётов конструктивно-технологических параметров угольно-гранодиоритных фильтров и технико-экономических показателей станций водоочистки, обеспечивающих санитарно-гигиенические параметры очищенной воды.

Конструктивно-технологические параметры, технико-экономические показатели, угольно-гранодиоритные фильтры, фильтрующий слой, фильтрующая загрузка.

Современный период развития общества, характеризуемый взаимоисключаемыми процессами развития экологического кризиса и информационной революции требует поиска новых путей развития. Одним из направлений последнего является необходимость разработки и внедрения новых технологий, которые способствовали бы решению проблемы всевозрастающего воздействия экологического кризиса. Нами была разработана система очистки природных вод на основе угольно-гранодиоритных фильтров [1], которая была внедрена на производственных очистных сооружениях ОАО «Мелитопольского пивоваренного завода», ООО «Чугуевского завода минеральных вод», (Харьковского ЗАТ) ООО «Західпиво» Ровенской области, ООО «Экстракт CO₂» г. Кировограда, ОАО «Завод Березовские минеральные воды» Харьковской области. Анализ и обработка полученных опытных данных позволила установить количественную и качественную связь между различными параметрами процесса очистки воды в угольно-гранодиоритных фильтрах, а именно: загрязненностью исходной воды, параметрами загрузки и результирующим параметром t_3 – временем санитарно-защитного действия фильтрующего слоя. Формализация накопленных экспериментальных данных дала возможность получить математическое выражение для определения t_3 , значение которой находится в зависимости от концентрации загрязнений в исходной воде, C_n ; скорости фильтрования воды, V_ϕ ; эквивалентного диаметра d_3 и высоты слоя фильтрующей загрузки, X :

Полученное математическое выражение для определения санитарно-надёжной высоты фильтрующего слоя X имеет вид:

$$X = \frac{t_3 + 7d_3 \cdot 10^{-2} + 4,2V_\phi + 4C_n - K}{27,1} \quad (1)$$

В формуле (1) K – эмпирический коэффициент, учитывающий физико-химические свойства воды, загрязнений, фильтрующей загрузки, (опытное значение $K = 59,4$), X – высота фильтрующего слоя, в метрах; d_3 – эквивалентный диаметр зерен загрузки, в мм; V_ϕ – скорость фильтрования воды; C_n – концентрация коллоидно-дисперсных загрязняющих ингредиентов в воде поступающей на фильтр, мг/дм³.

Пользуясь формулой (1) можно рассчитать и значения T_n – время, в течение которого величина потерь напора в фильтрующем слое достигает предельных значений, которые находятся в пропорциональной зависимости от T_3 .

Нормативная зависимость между ними определяется соотношением:

$$T_3 = 1,1 - 1,3T_n \quad (2)$$

Сопоставление опытных значений T_3 и T_n показывает, что для антрацитно-гранодиоритных фильтров справедливо соотношение

$$T_3 = 1,17 - 1,3T_n \quad (3)$$

а отличие опытных значений T_n от расчетных T_n находится в пределах 7–14 %.

Поэтому формулы (1 – 3) были использованы в расчетах по определению строительно-техно-

логических размеров угольно-гранодиоритных фильтров.

Значения необходимых высот фильтрующих загрузок для различных V_{ϕ} и T_3 оказались равными:

$$X_{7(24)} = \frac{24 + 0,08 + 29,4 + 20,0 - 59,4}{27,1} = 0,52 \text{ м}$$

$$X_{7(36)} = \frac{36 + 0,08 + 29,4 + 20,0 - 59,4}{27,1} = 0,96 \text{ м}$$

$$X_{7(48)} = \frac{48 + 0,08 + 29,4 + 20,0 - 59,4}{27,1} = 1,42 \text{ м}$$

$$X_{8(24)} = \frac{24 + 0,08 + 33,6 + 20,0 - 59,4}{27,1} = 0,68 \text{ м}$$

$$X_{8(36)} = \frac{36 + 0,08 + 33,6 + 20,0 - 59,4}{27,1} = 1,13 \text{ м}$$

$$X_{8(48)} = \frac{48 + 0,08 + 33,6 + 20,0 - 59,4}{27,1} = 1,57 \text{ м}$$

$$X_{9(24)} = \frac{24 + 0,08 + 37,8 + 20,0 - 59,4}{27,1} = 0,83 \text{ м}$$

$$X_{9(36)} = \frac{36 + 0,08 + 37,8 + 20,0 - 59,4}{27,1} = 1,28 \text{ м}$$

$$X_{9(48)} = \frac{48 + 0,08 + 37,8 + 20,0 - 59,4}{27,1} = 1,72 \text{ м}$$

$$X_{10(24)} = \frac{24 + 0,08 + 42,0 + 20,0 - 59,4}{27,1} = 1,0 \text{ м}$$

$$X_{10(36)} = \frac{36 + 0,08 + 42,0 + 20,0 - 59,4}{27,1} = 1,43 \text{ м}$$

$$X_{10(48)} = \frac{48 + 0,08 + 42,0 + 20,0 - 59,4}{27,1} = 1,87 \text{ м}$$

Результаты рассчитанных суммарных высот антрацитно-гранодиоритных загрузок, обеспечивающих нормативное качество очищенной воды, приведены в табл. 1.

Диаметры антрацитно-гранодиоритных фильтров рассчитывали по $Q_{\text{макс}}$ и скорости фильтрования $V_{\phi} = 5 - 10$ м/час, а строительную высоту двухслойных фильтров - определяли в зависимости от толщины антрацитно-гранодиоритного слоя и размеров, необходимых для размещения в сооружениях верхних и нижних сборно-распределительных систем воды.

Расчетные параметры напорных двухслойных водоочистительных установок, привязанных к расчетным высотам антрацитной и гранодиоритной фильтрующих загрузок приведены в табл. 1.

В табл. 2 приведены результаты технико-экономических сравнений вариантов водоочистных станций (блок кварцевых фильтров) обезжелезивания воды с водоочистными сооружениями (блок фильтров) для дезодорации и обезжелезивания воды с различной суточной производительностью.

Анализируя данные, приведенные в табл. 2., можно сделать вывод, что строительная стоимость предлагаемых напорных угольно-гранодиоритных фильтров в 2002 – 2003 гг. была при-

мерно постоянной.

Таблица 1

Строительно-технологические параметры угольно-гранодиоритных фильтров

Наименование параметров фильтров	Значение параметров фильтров при различной продолжительности фильтроциклов, час			Примечание
	24	36	48	
1	2	3	4	5
I. Высота фильтрующей загрузки, м				Внутренний диаметр напорного фильтра равен 1,4 м
При $Q_{\text{час}}^{\text{max}}=10,29 \text{ м}^3/\text{час}$	0,83	1,27	1,73	
$Q_{\text{час}}^{\text{max}}=11,76 \text{ м}^3/\text{час}$	1,07	1,52	1,96	
$Q_{\text{час}}^{\text{max}}=13,23 \text{ м}^3/\text{час}$	1,31	1,76	2,20	
$Q_{\text{час}}^{\text{max}}=14,70 \text{ м}^3/\text{час}$	1,50	1,93	2,37	
II. Строительная высота фильтра, м				
При $Q_{\text{час}}^{\text{max}}=10,29 \text{ м}^3/\text{час}$	2,25	2,69	3,31	
$Q_{\text{час}}^{\text{max}}=11,76 \text{ м}^3/\text{час}$	2,51	2,94	3,39	
$Q_{\text{час}}^{\text{max}}=13,23 \text{ м}^3/\text{час}$	2,77	3,24	3,64	
$Q_{\text{час}}^{\text{max}}=14,70 \text{ м}^3/\text{час}$	2,98	3,45	3,86	

Однако в настоящее время в результате инфляции стоимость оборудования таких установок фильтров составляет для станций производительностью $200 \text{ м}^3/\text{сутки}$ – 40 – 42,0 тыс. грн., для очистных сооружений $Q = 400 \text{ м}^3/\text{сутки}$ – 68 – 70,0 тыс. грн. Несмотря на это, в сравнении с другими технологиями, например, блок кварцевых фильтров с углеванием воды, стоимость предлагаемых установок фильтров для обезжелезивания и дезодорации воды в 1,5 – 2,0 раза меньше.

Результаты расчетов и выполненных производственных апробаций дали возможность разработать рекомендации по проектированию фильтровальных сооружений с крымским горным гранодиоритным песком и угольными фильтрами.

Согласно рекомендации двухслойные угольно-гранодиоритные фильтры предназначены для очистки поверхностных и подземных вод до нормативных санитарно-гигиенических требований ГОСТ «Вода питьевая», СанПиН на станциях любой производительности и утверждены решением расширенного технического совета института «Крымгипроводхоз», используются для проектирования четырех типов фильтровальных сооружений для систем коммунального, сельскохозяйственного и частного секторов Украины.

Технико-экономические показатели станций водоочистки с различными технологическими схемами

Станции обезжелезивания (блок фильтров) воды по проектам «Союзводоканалпроект» в 1985-1990гг.				Напорные двухслойные угольно-гранодиоритные фильтры по проектам института «Крымгипроводхоз» (технологии КФ ИГиМ УААН)			
Разработчик проекта	Наименование населенного пункта	Производительность, м ³ /сутки	Строительная стоимость, тыс. грн.	Наименование населенного пункта	Производительность, м ³ /сутки	Строительная стоимость, тыс. грн.	Год внедрения
«Союзводоканалпроект»	п.г.т. Багерово, АРКрым	400,0	109,33	г. Чугуев, Харьковской обл.	400,0	69,36	2002
	п.г.т. Черноморский, АР Крым	800,0	258,13	п.г.т. Квасилов, Ровенской обл.	240,0	41,43	2003
	с. Аксановка, Запорожской обл.	200,0	59,52	г. Кировоград	200,0	39,68	2003

ВЫВОДЫ

1. Проведенные опытно-производственные исследования работы антрацитно-гранодиоритных фильтров на объектах внедрений подтвердили их технологическую и санитарно-гигиеническую эффективность для очистки подземных вод, поскольку содержание железа в исходной воде, $C_0 = 3-4,0$ мг/дм³ снижается до значений 0,1 – 0,2 мг/дм³ в фильтрате, сероводородный запах с 4 – 5 баллов – до 0 – 2 баллов, концентрация фтора – до и ниже нормативных требований.
2. Внедрение предлагаемых установок напорных двухслойных фильтров, в сравнении с типовыми, позволит увеличить производительность очистных сооружений в 1,5 – 2,0 раза, при тех же площадях фильтрования, снизить эксплуатационные затраты на промывку фильтров в 2 – 4 раза, за счет более редких (один раз в 24 – 48 часов) промывок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов Б.М. Угольно-гранодиоритные фильтры в технологиях очистки подземных вод // Вісник Інженерної академії України. – К.: 2007, Вип.1. – С.131 – 134.

Збірник наукових праць
«Будівництво та техногенна безпека»
21/2007

Сборник научных трудов
«Строительство и техногенная безопасность»
21/2007

Под общей редакцией докт. техн. наук Э.Ф. Панюкова
Технический редактор Т.И. Пчелинцева

Компьютерная верстка К.А.Янушковский
В.А.Белавский

Компьютерный набор авторский

Подписано в печать 21.12.2007. Формат 60x84 1/8. Гарнитура Times
Усл. п. л. 10 . Тираж 350 экз.

Подготовлено к печати в РИО «Национальной академии природоохранного и
курортного строительства»

Отпечатано в РИО «Национальной академии природоохранного и курортного
строительства»

95006 г. Симферополь,
ул. Павленко 5 к. 410 тел. (0652) 58-93-42

E-mail: rio@ecopro.crimea.ua