СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сборник научных трудов Выпуск 9

БУДІВНИЦТВО ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Збірник наукових праць Випуск 9

Зарегистрирован 27.04.2001 г. серия KB № 5089 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 «Крымская академия природоохранного и курортного строительства» 2004

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, Ємельянов М.П., канд. техн. наук, Жигна В.В., канд. техн. наук, Куркчи У.М., докт. техн. наук, Лінченко Ю.П., канд. техн. наук, Морозов О.Д., канд. техн. наук, (зам. головного редактора), Панюков Е.Ф., докт. техн. наук, (головний редактор), Саломатін В.М., докт. геол.-мін. наук, Пчелинцева Т.І., (відповідальний секретар), Сараев О.Д., канд. філос. 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

Затверджено до друку згідно протоколу засідання вченої ради КАПКБ № 10 від 27.05.2004 р.

Адреса редакції: 95006 м. Сімферополь, вул. Павленко, 5, КАПКБ, корпус 2, к 410.

© Кримська академія природоохоронного та курортного будівництва, 2004

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, Емельянов М.П., канд. техн. наук, Жигна В.В., канд. техн. наук, Куркчи У.М., докт. техн. наук, Линченко Ю.П., канд. техн. наук, Морозов А.Д., канд. техн. наук, (зам. главного редактора), Панюков Э.Ф., докт. техн. наук, (главный редактор), Саломатин В.Н., докт. теол.-мин. наук, Пчелинцева Т.И., (ответственный секретарь), Сараев А.Д., канд. филос. 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

Утвержден к печати согласно протокола заседания ученого совета КАПКС № 10 от 27.05.2004 г.

Адрес редакции: 95006 г. Симферополь, ул. Павленко, 5, $KA\Pi KC$, корпус 2, κ 410,

© Крымская академия природоохранного и курортного строительства, 2004

Оглавление

Раздел 1. Строительные конструкции, здания и сооружения	6
Ажермачев Г.А. Особенности проектирования сооружений континентального шельфа, эксплуатируемых при отрицательных температурах	6
Ажермачев С.Г. Усиление балок с перфорированными стенками	8
Ажермачев С.Г. Приближенный способ определения общей массы палубных конструкций морских платформ (МП)	11
Емельянов М.П., Богуцкий Ю.Г. Обследование сводчатых перекрытий старинного здания	17
Морозова Е.В., Пересыпкин Ю.В. Опыт применения надстроек типа «Фламинго» для реконструкции жилого фонда малой и средней этажности	23
Митрофанов В.А., Бордюг А.А. Характерные коррозионные повреждения морских сооружений на континентальном шельфе	30
Раздел 2. Основания и фундаменты, механика и сейсмостойкость	34
Барыкин Б.Ю., Андронов А.В. Расчет анкерного крепления фундамента из перекрестных лент на склоне с учетом деформаций ползучести грунта	34
Бугаевский Г.Н. Силы инерции и сложное движение	40
Бугаевский Г.Н. Экспериментальное изучение реакции сооружения на механическое воздействие	44
Корниенко Н.В., Голуб В.П., Павленко П.В., Ращенко А.Н. Деформации здания на усиленном в процессе строительства основании	52
Корниенко Н.В., Пресняков А.Б. Применение вдавливаемых свай повышенной несущей способности в условиях плотной городской застройки	55
Мартынов Н.В. Практический вариант комплексного решения системы сейсмозащиты строительных объектов со скользящими поясами	58
Пуляевский А.А., Спрингер Н.Д. Исследования решений задач в расчетно- графических работах по теоретической механике с использованием программы MathCAD	65
Рогаченко Д.В. Состояние изученности развития экзогенных геологических процессов в юго-восточном Крыму	70

4	
Раздел 3. Строительные материалы и изделия	73
Лукьянченко М.А. Технология изготовления карбонатного кирпича на механоактивированной силикат-натриевой связке	73
Макарова Е.С., Федоркин С.И. Технология производства золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры.	76
Носатов В.Г.,Шмигальский В.Н., Горячих М.В. Технолого-экономические аспекты компьютерной оптимизации составов бетона	78
Рутенко В.С. О механизме изнашивания полимеров при динамическом воздействии водно-абразивной пульпы	80
Свищ И.С., Лавринев П.Г. Эффективность применения оптимизированных составов легких и тяжелых бетонов на основе местного вяжущего материала	85
Федоркин С.И., Любомирский Н.В., Братковский Р.В. Стеновой материал повы водостойкости на основе фосфогипса	
Фисенко Ю.А. Определение оптимального состава полимербетона на основе полиуретанового лака с использованием моделирования	91
Шепляков Ю.А., Олейник О.Н., Лавринёв П.Г Перспективы применения шлакощелочных вяжущих и бетонов в тоннельном строительстве	95
Шмигальский В.Н., Горячих М.В. Экосовместимость – важное свойство материалов	100
Шмигальский В.Н.,Горячих М.В. Логический анализ контроля компьютерной оптимизации состава цементобетонов	103
Раздел 4. Технология промышленного и гражданского строительства	105
Ковалев А.А. Оценка качества пневмомеханической установки сыпучих материалов по результатам расчета шнеконапорного механизма	105
Корохов В.Г. Технология изготовления сеток прокаткой	111
Морозов А.Д., Жидов С.Н., Чередниченко И.А. Исследования и создание нового пневмомеханического оборудования на основе методов физического моделирования	113
Терновий В. І., Махиня О. М. Очищення глинистого розчину, приготовленого гідравлічним імпульсним змішувачем, в технології "стіна в ґрунті"	119
Шмигальский В.Н., Хайруддинов А.М., Горячих М.В. Усовершенствованная технология формования железобетонных колец	123

Раздел 5. Техногенная безопасность	124
Аблязизова Д.Д. Проблемы утилизации промышленных и бытовых отходов в г. Симферополе	124
Боровский Б.И., Зажигин А.В., Коваленко С.А., Кожутова Н.А., Кошлань Л.Н., Пелюшенко С.Г. Вариантные расчеты газопроводов населенных пунктов	128
Маяк Т.Н. Современные подходы к выбору направления утилизации отходов в производстве строительных материалов	132
Стоянов В.У., Бакулина М.В., Аниканова Е.В. Очистка воздуха защитных сооружений в условиях чрезвычайных ситуаций	135
Раздел 6. Водообеспечение и водоотведение, гидромелиорация, теплоснабжение и энергетика	139
Захаров Р. Ю. Выбор типа здания оросительных насосных станций	139
Захаров Р.Ю. Экономическая эффективность выбора количества и марок насосных агрегатов по показателям эксплуатационных режимов оросительных насосных станций	143
Коваленко Н.А. Эффективность использования ветроустановок при перекачке воды	
Колесников В.Я., Анисимов С.Н., Сулейманов С.Л., Вайль А.И. Анализ теплопотребителей жилищно-общественного фонда г.Симферополя	148
Малыгин Н.Д., Стоянов В.У. Применение термоэлектрического генератора в источнике бесперебойного питания повышенной надежности для особо важных потребителей	153
Мякишев В.А., Копачевский А.М., Котовская Е.Е. Установки коллективного пользования для дополнительной очистки питьевой воды	
Сокальский А.Е., Герман М.В., Малыш И.П., Стоянов В.У. Критериальные основы оптимизации парка технических средств спасательных подразделений	
Стоянов В.У., Анисимов С.Н., Маркин А.В. Анализ тепловых процессов в грунтовых накопителях теплоты	163
Стоянов В.У., Бакулина М.В., Стоянов В.В. Тепловой накопитель для систем жизнеобеспечения защитных сооружений	167
Сулейманов С.Л. Оптимальный тепловлажностный режим в оранжереях и зимних садах, способы его поддерживания	170

Раздел 1. Строительные конструкции, здания и сооружения

УДК 624.014:551.351

Г.А. Ажермачев, к.т.н., доцент

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Особенности проектирования сооружений континентального шельфа, эксплуатируемых при отрицательных температурах

Рассматривается процесс обледенения конструкций морских сооружений в зависимости от эксплуатации при различных температурных режимах и солености воды. Приводятся адгезионные свойства некоторых конструктивных материалов и покрытий, которые могут быть использованы при проектировании конструкций морских сооружений, подвергающихся обледенению.

обледенение, конструкции, температура, соленость, адгезия

Многие страны ведут добычу нефти и газа на континентальном шельфе морей. Чаще это акватории незамерзающих морей. Однако в последние десятилетия всё больше специалистов привлекает шельф Северного ледовитого океана Канады и др., где по оценкам геологов имеются крупные запасы нефти и газа. Эти регионы характеризуются наличием ледовых полей или отдельных льдин, а также низкими температурами в течение продолжительного периода времени. Как правило, при разработке проектов сооружения, в частности морских стационарных платформ (МСП), эти факторы учитываются. Однако такой фактор, как обледенение конструкций часто выпадает из поля зрения проектировщиков. Неучет возможного обледенения может привести к неприятным последствиям, которые не только затрудняют эксплуатацию объекта, но и могут привести к аварии.

Обледенению подвергаются конструкции МСП, которые эксплуатируются в регионах с отрицательной температурой воздуха. К таким регионам относятся моря Северного Ледовитого океана, в северной части Атлантики и Тихого океана, Балтийское и Охотское моря и даже Азовское, Черное и Каспийское моря.

Обледенением называют образование льда на элементах конструкций, расположенных выше уровня воды. Лед образуется в результате накатывания воды или в результате воздействия водных брызг при отрицательной температуре воздуха и температуре воды ниже +6, 8°C [1.2]. Способствуют появлению обледенения ветер и волны.

Обледенение конструкций МСП не менее опасно, чем для кораблей, так как не только затрудняет технологические процессы, но и приводит к деформации и разрушениям конструкций.

Поэтому при разработке проекта МСП необходимо учитывать район строительства и гидрометеорологические условия данного района. Конструктивные решения таких сооружений не должны способствовать обледенению, т.е. в проекте следует предусмотреть мероприятия, снижающие возможность появления льда на конструкциях.

Большое значение имеет правильный выбор материала конструкций, которые могут подвергаться обледенению, их форма и покрытия.

Обледенение конструкций происходит особенно интенсивно при температуре воздуха от 0 до -20°С и при наличии ветра. Адгезия льда с поверхностью конструкции зависит от состояния материала [3.4] и может оцениваться следующими данными, (МПа):

Медь	0,86
Малоуглеродистая сталь	0,84
Нержавеющая сталь	0,81
Оцинкованная сталь	0,77
Целлофан	0,68
Цинк	0,63
Алюминий	0,62
Судовая краска	0,520,77
Силикатное стекло	0,43
Дерево	0,310,55
Эпоксидная смола	0,30
Плексиглас	0,28
Поливинилхлорид	0,22
Полистирол	0,20
Полистиролкумаровый лак	0,20
Полиэтилен	0,19
Ацетилцеллюлоза	0,18
Резина	0,140,35
Тефлон	0,12

Зная адгезионные свойства материалов и покрытий, необходимо выбрать их с меньшей адгезией.

Различают несколько степеней обледенения конструкций:

- 1. Слабое обледенение, когда скорость нарастания льда менее 2см/сутки
- 2. Умеренное обледенение 2...6 см/сутки
- 3. Сильное обледенение свыше 6 см/сутки Начало образования льда зависит от концентрации солей в воде [2.5]. При солености воды 1‰ температура замерзания равна 0,05°C, а при солености 35‰ соответственно – 1,92°C. С увеличением солености воды возрастает количество льда на поверхности конструкций. На обледенение сильное влияние оказывает высота волн, их крутизна и скорость ветра. Форма волны может резко изменять свое очертание при подходе к МСП и во время контакта с ее опорной частью. Однозначные рекомендации о более благоприятной конструктивной форме опорной части МСП с точки зрения обледенения дать трудно. Наименьшее обледенение будет наблюдаться у той конструкции, опорная часть которой не способствует появлению гребней волн и образованию брызг. Однако следует отметить, что решетчатые конструкции подвержены более интенсивному обледенению. Поэтому конструктивные решения МСП закрытого типа более благоприятны для районов, где может наблюдаться обледенение конструкций. Борьба с обледенением - очень сложный и дорогостоящий процесс.

выводы

Можно наметить некоторые рекомендации, которые снижают отрицательный фактор обледенения:

- 1. Механическое удаление льда (ручная сколка, применение пневматических молотков и др.)
- 2. Подогрев мест возможного обледенения до температуры 0...+1°С (в этом случае лед удаляется сам с вертикальных и наклонных лопастей, а на горизонтальных плоскостях легче убирается вручную)
- 3. Использование морской воды, нагретой до температуры +20°C и подаваемой по шлангу под давлением 0,7...1,4 МПа.
- 4. Использование нагретого пара под давлением 0,35...1,0 МПа.
- Использование отработанного газа в переносных газовых турбинах.
- 6. Использование специальных присадок в краски или покрытий конструкций, уменьшающих адгезию.
- Применение каменной соли со специальными ингибиторами, уменьшающими коррозию.
- Применение гидрофобных кремнеорганических полимеров в виде жидкости, смол, лаков и др. Эти вещества уменьшают адгезию в 3...4 раза по сравнению с металлом.
- 9. Замена металла пластмассами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Аксютин Л.Р. Обледенение судов. Л. Судостроение. 1979. 183 с
- 2. Георгиев Г.И. Обледенение судов на Черном море, ВИ-НИТИ. Экспресс- информация. Сер. Водный транспорт, 1976, № 34, с. 16...20
- 3. Панюшкин А.В., Ивейштейн З.И., Сергачева И.А. О некоторых термодинамических критериях при выборе материалов построения покрытий, мешающих адгезии льда конструкционным материалам. Труды ААНИИ. 1972, т. 298, с. 51...57.
- 4. Ивейштейн З.И. Борьба с обледенением надводных конструкций судна. В сб.: теоретические и экспериментальные исследования условий обледенения судов. Л. 1971, с. 124...133.
- 5. Борисенков К.П., Панов В.В., Молчанов В.Н. Некотрые результаты теоретических расчетов интенсивности обледенения судов. В сб.: теоретические и экспериментальные исследования условий обледенения судов. Л. 1971, с 6...15.

УДК 624.023.93

С.Г. Ажермачев, инженер

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Усиление балок с перфорированными стенками

Рассматривается напряженно-деформированное состояние балок с перфорированной стенкой. Приводится методика расчета усиления таких балок. Предлагается применять такие балки в палубных конструкциях морских платформ

балка с перфорированной стенкой, нагрузка, напряжение, прогиб, усиление, испытание, хрупкое разрушение

Стальные балки с перфорированной стенкой находят широкое применение в качестве конструкций покрытий и перекрытий, ездовых балок подвесных кранов и т.п. Они достаточно экономичны по расходу материала и стоимости. Такие балки с успехом применяют в сооружениях под распределенную и сосредоточенную нагрузки. Однако, в отдельных случаях при увеличении нагрузки или при значительных сосредоточенных нагрузках, в поясах, в зонах, примыкающих к опорам, могут возникнуть значительные суммарные напряжения, большую долю которых вызывают поперечные силы. Это может привести к отказу применения балок с перфорированной стенкой или потребует их усиления.

Экспериментальные исследования, а также опыт проектирования и эксплуатации балок с перфорированными стенками показывает, что наиболее эффективное усиление дает постановка наклонных ребер жесткости из уголков или круглой стали. При сосредоточенных нагрузках на балки (прогоны, опирание других конструкций и т.п.) лучшим оказывается вариант с восходящими раскосами, так как в этом случае перемычки стенки работают на растяжение и не требуется их укрепление от потери устойчивости.

В настоящей работе предложен приближенный метод расчета балок с усиленной перфорированной стенкой (рис.1).

Введем следующие обозначения:

 $m{Q}$ - поперечная сила в рассматриваемом сечении; $m{M}$ - изгибающий момент ; $m{E}$ - модуль упругости материала; $m{I}$ - момент инерции балки; $m{I}_0$ - момент инерции ослабленного отверстием сечения балки; $m{I}_{II}$ - момент инерции пояса балки; $m{A}_p$ - площадь сечения раскоса; $m{I}$ - длина раскоса; $m{a}$ - длина пояса в пределах отверстия; $m{L}$ - пролет балки; $m{I}_0$ - суммарная длина отверстий в стенке; $m{Z}$ - расстояние от центра тя-

жести пояса до верхней или нижней фибры; \boldsymbol{h} - расстояние от центра тяжести ослабленного отверстием сечения балки до точки, в которой определяется напряжение; \boldsymbol{b} - шаг отверстий; $\boldsymbol{\alpha}$ - угол наклона раскоса к поясу балки; \boldsymbol{f}_0 - прогиб в середине пролета однопролетной двугавровой балки с постоянной жесткостью.

Момент инерции перфорированной балки

$$I_1 = \frac{1}{L} [I_0 b + I(L - I_0)].$$

Усилие в раскосе можно записать

$$N_{p} = \frac{Q}{\sin \alpha + \frac{24I_{n}l}{A_{p}a^{3}\sin \alpha}}.$$
 (1)

Максимальные нормальные напряжения впоясе отместного изгиба

$$\sigma_M = \frac{6N_p l Z}{a^2 A_p \sin \alpha}.$$
 (2)

Нормальные напряжения в балке от общего изгиба

$$\sigma_0 = \frac{Mh}{I}.$$
 (3)

Прогиб балки в середине пролета

$$f = f_0 + \sum \frac{N_p l}{2EA_p \sin \alpha}.$$
 (4)

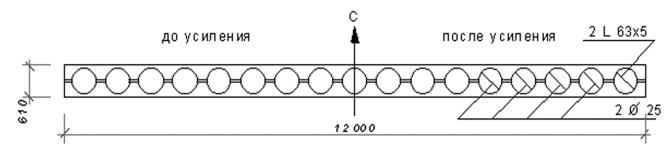


Рис.1. Балка с перфорированной стенкой до и после усиления.

Предлагаемая методика была использована при расчете усиления балок с перфорированными стенками, примененных в качестве ригелей промышленного объекта. Балки пролетом 12 м, изготовленные из двутавра №36, имели высоту 610 мм, по ним укладывали прогоны и легкую кровлю из профилированного настила. На расстоянии одного метра от опор к балкам подвешивали пути подвесного транспорта.

Проверочный расчет показал, что несущая способность и жесткость смонтированных балок значительно ниже требуемой. Потребовалось усиление балок в крайних третях пролета (рис. 1).

Для определения действительной несущей способности и жесткости сквозных ригелей, а также оценки точности выполненных расчетов были проведены натурные испытания существующей и усиленной балок.

Натурные испытания балок проводили на специальном стенде. Схема испытаний соответствовала действительным условиям работы ригелей в покрытии. Нагрузку прикладывали при помощи гидравлических домкратов в местах установки прогонов и прикрепления путей подвесного транспорта. Значение нагрузок контролировали манометрами и динамометрами. Напряжения в элементах балок замеряли тензометрами ТА- 2, прогибы - прогибомерами ПАО-6.

Экспериментальные исследования неусиленной балки подтвердили, что несущая способность сквозного ригеля ниже расчетной. Напряжения в поясах значительно превосходили расчетное сопротивление стали. Балка имела недопустимые прогибы. Высокий уровень напряжений и большие проги-

бы балки вызывались местными изгибами поясов от поперечных сил, что обычно не учитывается при расчете балок с перфорированными стенками.

Испытания усиленной балки показали, что при расчетной нагрузке она обладает достаточной несущей способностью и жесткостью. Экспериментальные значения напряжений в поясах и раскосах и прогибы балки в середине пролета приводены в таблице. Там же даны теоретические значения этих величин, определенные по предложенной выше методике.

Таблица

	Напрях	кения, МПа	Прогиб, мм	
Элемент, место	эксп.	теорет.	эксп.	теорет.
Первый раскос	77.1	81	-	-
Второй раскос	84	79.5	-	-
Пояс	73.5	74	-	-
Середина пролета	-	-	30.8	30

Из таблицы видно, что теоретические напряжения и прогибы усиленной раскосами балки близки к экспериментальным.

Хорошее совпадение теоретических напряжений и прогибов с экспериментальными позволяет рекомендовать предложенную методику расчета перфорированных балок, усиленных раскосами, в инженерной практике.

Несколько другая картина напряженнодеформированного состояния для балок с перфорированной стенкой должна быть в случае работы этих балок совместно со стальным настилом. Такое конструктивное решение мы будем иметь в случае использования таких балок в качестве несущих конструкций технологических палуб и площадок для приема вертолетов в морских платформах для разведки и добычи углеводородов на континентальном шельфе морей. Однако прежде чем балки с перфорированной стенкой рекомендовать к применению в таких сооружениях необходимо исследовать влияние включения в работу стального настила и исследовать картину напряженного состояния в стенке балки, в углах вырезов. Здесь наблюдаются высокие значения концентраторов напряжений, а учитывая, что балки будут воспринимать динамическую нагрузку, в этих зонах могут наблюдаться хрупкие разрушения. Предложенный способ усиления несколько смягчает влияние концентраторов напряжений, но в какой степени, можно будет судить после проведения исследований.

выводы

. После образования балки с перфорированной стенкой необходимо делать проверку напряженного состояния с учетом всех компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Металлические конструкции. /Под ред. Е.И. Беленя. м. Стройиздат. 1985. 560 с.
- 2. Проектирование металлических конструкций. /Под ред. В.В. Бирюлева. Л. Стройиздат. 1990. 432 с.
- 3. Справочник проектировщика. Металлические конструкции /Под ред. В.В. Кузнецова. Т.1. М. АСВ. 1998. 576 с.

УДК 624.045

С.Г. Ажермачев, инженер

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Приближенный способ определения общей массы палубных конструкций морских платформ (МП)

Предлагается приближенный способ определения общей массы палубных конструкций морских платформ, позволяющий на стадии вариантных проработок иметь данные по расходу стали на настил, подкрепляющие элементы и основные ригели в зависимости от компоновки балочной клетки.

масса, нагрузка, настил, балка, ригель

Палубные конструкции в своей основе состоят из листового настила и поддерживающих элементов (поднастильные балки, второстепенные балки, ригели и т.п.).

При вариантном проектировании МП в первую очередь оценивают расход стали на указанные элементы. Для этого приходится затрачивать довольно много времени, т. к. необходимо поэлементно определять расход стали. Какая-либо методика, позволяющая сделать предварительную оценку расхода стали на палубные конструкции МП, в настоящее время не существует. Ниже рассматривается попытка создания такой методики. Анализ осуществленных проектов из отечественной и зарубежной практики показывает, что она достаточно близко отражает реальную картину. Общий вес палубных конструкций можно записать

$$\boldsymbol{P} = \boldsymbol{P}_{\scriptscriptstyle H} + \boldsymbol{P}_{\scriptscriptstyle n\delta} + \boldsymbol{P}_{\scriptscriptstyle p}, \tag{1}$$

где ${\pmb P}_{n}$ — вес настила; ${\pmb P}_{n\delta}$ — вес поднастильных балок; ${\pmb P}_{p}$ — вес ригелей.

1. Определение веса настила

Приближенный вес настила может быть определен, если мы имеем заданную нагрузку на $1\,\mathrm{m}^2$ палубы и требования к жесткости настила.

$$P_{n} = \frac{15aBL\alpha_{n}\gamma}{4n_{0}\left(1 + \frac{72E_{1}}{n_{0}^{4}q^{n}}\right)},$$
 (2)

a — расстояние между поднастильными балками в см;

B и L – ширина и длина настила в см;

$$n_0 = \left| \frac{a}{f} \right|$$
 — заданное предельное отношение проле-

та настила к его предельному прогибу;

q'' — нормативная нагрузка на настил;

 $\alpha_{\mu} = 1,2$ — конструктивный коэффициент;

$$E_1 = \frac{E}{1 - v^2}$$

 υ – коэффициент Пуассона; γ (кг/см³) – плотность стали.

2. Определение веса поднастильных балок

Листовой настил подкрепляется поднастильными балками, ребрами жесткости и т.п.(рис. 1). Поднастильные балки могут быть самостоятельными элементами (двутавры, швеллеры или другие профили) или объединяться с настилом в единую систему, образуя сложный профиль.

Такие подкрепления иногда называют ребрами жесткости. Они могут быть в виде полосы, тавра, уголка, гофра, гнугого профиля и т.п. Для определения приближенного значения веса поднастильных креплений рассмотрим этот элемент, как самостоятельную конструкцию. В этом случае имеем простое решение для поставленной задачи.

На рис. 2 представлены схемы поднастильных балок и приходящаяся на них нагрузка.

При компоновке балочной клетки чаще всего встречаются либо вариант, показанный на рис. 2.а, либо на рис. 2.б. Если только $b \ge 2a$, то с достаточной точностью и для случая, когда ригели и поднастильные балки находятся на одном уровне, можно расчетную схему поднастильных балок принять по рис. 2.б.

a)

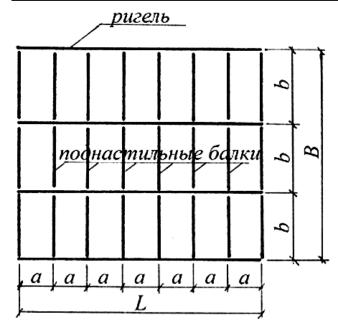


Рис. 1 Конструкция поднастильных балок

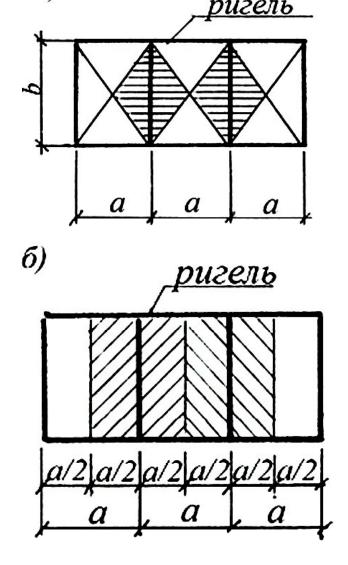


Рис.2. Варианты компоновки балочной клетки

Расчетная схема поднастильной балки по схеме 2.a, когда a = b, показана на рис. 3. В этом случае нагрузку на балку пролетом b запишем:

$$Q = \frac{qb^2}{2}, \kappa \epsilon, \qquad (3)$$

где $q = q'' \cdot \gamma_{H}$ — расчетная нагрузка на настил; γ_{H} — коэффициент надежности по нагрузке. Изгибающий момент в поднастильной балке:

$$M_{max} = \frac{Qb}{6} = \frac{qb^3}{12}, \kappa z \cdot cM \tag{4}$$

Требуемый момент сопротивления:

$$W_{1^{n6}} = \frac{Qb}{6R} = \frac{qb^3}{12R_v}, cm^3$$
 (5)

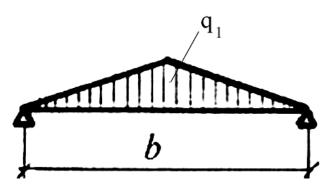


Рис.3 Расчетная схема поднастильной балки по схеме 2a.

Площадь поперечного сечения в случае использования проката (двутавр, швеллер) может быть выражена:

$$A_1 = \varphi \sqrt[3]{W_{1^{n6}}^2} = \frac{\varphi b^2}{2} \sqrt[3]{\frac{q^2}{18R_y^2}}, cm^2$$
 (6)

Здесь φ - коэффициент, принимаемый равным φ =1, если для поднастильной балки применяется двутавр или швеллер. Для случая, когда подкрепляющим элементом (поднастильная балка) служит тавр, то φ = 0,6...0,7.

Тогда вес поднастильной балки пролетом **b** будет:

$$P_{1^{n\delta}} = A_1 b \gamma = \varphi b \sqrt[3]{W^2_{1^{n\delta}}} \gamma, \kappa \varepsilon$$
 (7)

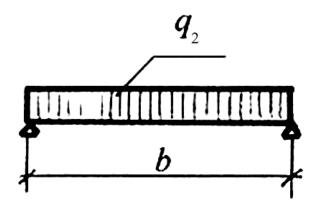
Для случая 2.б расчетная схема балки будет рис. 4.

Максимальный изгибающий момент:

$$M_{\text{max}} = \frac{qab^2}{8}, \kappa \varepsilon \cdot cM \tag{8}$$

Момент сопротивления:

$$W_{2n\delta} = \frac{qab^2}{8R_v}, cM^3 \tag{9}$$



Puc.4 Pacчетная схема поднастильной балки по схеме 26.

Площадь поперечного сечения поднастильной балки:

$$A_{1} = \varphi \sqrt[3]{W_{2^{n\delta}}^{2}} = \frac{\varphi b}{4} \sqrt[3]{\frac{q^{2}a^{2}b}{R_{y}^{2}}}, c M^{2}$$
 (10)

Вес поднастильной балки пролетом \boldsymbol{b} будет:

$$P_{2n\delta} = \frac{\varphi b^2}{4} \sqrt[3]{\frac{q^2 a^2 b}{R_y^2}} \gamma, \kappa \varepsilon \tag{11}$$

Обозначим

(m-1) — число панелей в палубе между ригелями,

$$\frac{L(m-1)}{B}$$
 - среднее число поднастильных балок по горизонтальному сечению.

Тогда общее количество поднастильных балок, подкрепляющих настил палубы, будет:

$$N = (m-1)\frac{L(m-1)}{B} = \frac{L}{B}(m-1)^{2} \quad (12)$$

Теоретический вес всех поднастильных балок получим (случай b = a)

$$P = N\varphi b\sqrt[3]{W_{n\delta}^2} \gamma =$$

$$= \frac{L}{R} (m-1)^2 \varphi b\sqrt[3]{W_{n\delta}^2} \gamma, \kappa z$$
(13)

или

$$P = \frac{\varphi b^{3} L}{\xi B} (m-1)^{2} \sqrt[3]{\frac{q^{2}}{R^{2}_{y}}} \gamma, \kappa z \qquad (14)$$

Здесь $\xi = 5,24$ — для треугольной нагрузки,

 $\xi = 4$ – для равномерно распределенной нагрузки.

Для случая $b \neq a$ теоретический вес всех поднастильных балок будет

$$P = \frac{\varphi b^2 L}{4B} (m-1)^2 \sqrt[3]{\frac{q^2 a^2 b}{R^2_y}} \gamma, \kappa z \qquad (15)$$

Для получения практического веса поднастильных балок необходимо полученный теоретический вес умножить на конструктивный коэффициент. Анализ построенных палубных конструкций дает среднее значение этого коэффициента $\alpha_{n\delta} = 1,3$, тогда формулы (14) и (15) соответственно примутвид:

$$P = \frac{\alpha_{n\delta} \varphi b^{3} L}{\xi B} (m-1)^{2} \sqrt[3]{\frac{q^{2}}{R^{2}_{y}}} \gamma, \kappa z \qquad (16)$$

$$P = \frac{\alpha_{n\delta} \varphi b^2 L}{4B} (m - 1)^2 \sqrt[3]{\frac{q^2 a^2 b}{R^2 y}} \gamma \qquad (17)$$

3. Определение веса ригелей

Ригели воспринимают полезную нагрузку от технологического оборудования и собственного веса настила, поднастильных балок и т.п.

Полную нагрузку на палубу можно представить в следующем виде:

$$G = P_{\scriptscriptstyle H} + P_{\scriptscriptstyle n\acute{o}} + P_{\scriptscriptstyle o\acute{o}} \tag{18}$$

Здесь $P_{o\delta}$ – общий вес оборудования

$$P_{o\delta} = qBL$$

Эту нагрузку можно записать в более развернутом виде с учетом выражения (2) и (14)

$$G = \frac{15aBL\alpha_{u}\gamma}{4n_{0}\left(1 + \frac{72E_{1}}{n_{0}^{4}q^{u}}\right)} + \frac{\varphi b^{3}L\gamma}{\xi B}(m-1)^{2}\sqrt[3]{\frac{q^{2}}{R^{2}_{y}}} + qBL, \kappa z$$
(19)

Или с учетом выражения (15)

$$G = \frac{15aBL\alpha_{n}\gamma}{4n_{0}\left(1 + \frac{72E_{1}}{n_{0}^{4}q^{n}}\right)} + \frac{\varphi b^{2}L\gamma}{4B}\left(m - 1\right)^{2}\sqrt[3]{\frac{q^{2}a^{2}b}{R^{2}_{y}}} + qBL, \kappa z$$
(20)

Погонная нагрузка на один ригель будет

$$P = \frac{G}{mI} \tag{21}$$

или

$$P = \frac{15aB\alpha_{n}\gamma}{4mn_{0}\left(1 + \frac{72E_{1}}{n_{0}^{4}q^{n}}\right)} + \frac{\varphi b^{3}\gamma}{\xi mB}(m-1)^{2}\sqrt[3]{\frac{q^{2}}{R_{y}^{2}}} + q\frac{B}{m}, \kappa z/cM$$
(22)

или

$$P = \frac{15aB\alpha_{n}\gamma}{4mn_{0}\left(1 + \frac{72E_{1}}{n_{0}^{4}q^{n}}\right)} + \frac{\varphi b^{3}\gamma}{4mB}(m-1)^{2}\sqrt[3]{\frac{q^{2}a^{2}b}{R_{v}^{2}}} + q\frac{B}{m}, \kappa z/cM$$
(23)

Расчетный изгибающий момент однопролетного ригеля:

$$M_p = \frac{pL^2}{8}, \kappa z \cdot c M \tag{24}$$

При наличии консольных участков следует учитывать эффект разгружения пролетного момента моментами на консолях.

Необходимый момент сопротивления ригеля:

$$W_p = \frac{M_p}{R_y}, c M^3$$
 (25)

Если ригель принимается из прокатного или сварного двутавра, то его площадь может быть определена

$$A_p = \varphi \sqrt[3]{W_p^2}, c M^2$$
 (26)

Учитывая, что высота ригелей, как правило, 1,2...2м и более, значение коэффициента **ф** можно принять равным единице.

Теоретический вес одного ригеля в этом случае будет

$$G_{p1}^{T} = AL\gamma = \gamma L\sqrt[3]{W_{p}^{2}}, \kappa \varepsilon$$
 (27)

а теоретический вес всех ригелей равен

$$G_p^T = m\gamma L_y^3 / \overline{W_p^2}, \kappa \varepsilon$$
 (28)

Практический вес всех ригелей получим умножением G_p^T на конструктивный коэффициент $\alpha_p = 1,4$.

Тогда выражение (28) запишется:

$$G_p = \alpha_p m L \gamma \sqrt[3]{W_p^2}$$
, $\kappa \epsilon$ (29)

В развернутом виде общий вес ригелей может быть записан:

$$G_{p} = \alpha_{p} \gamma m L_{3} \sqrt{\frac{M^{2}}{R_{y}^{2}}} = \frac{\alpha_{p} \gamma m L^{2}}{4} \sqrt[3]{\frac{P^{2} L}{R_{y}^{2}}}$$

или с учетом (23) будет

$$G_{p} = \frac{\alpha_{p} \gamma m L^{2}}{4} \times \left[\frac{L}{R^{2}} \left[\frac{15aB\alpha_{n} \gamma}{4mn_{0} \left(1 + \frac{72E_{1}}{n_{0}^{4} q^{n}} \right)} + \frac{\varphi b \gamma}{\xi m B} (m-1)^{2} \sqrt[3]{\frac{q^{2} a^{2} b}{R_{y}^{2}}} + q \frac{B}{m} \right]^{2}, KZ$$
(30)

Погонная нагрузка на ригель с учетом (2), (18), (30) запишется:

$$P = \frac{15aB\alpha_{n}\gamma}{4mn_{0}\left(1 + \frac{72E_{1}}{n_{0}^{4}q^{n}}\right)} + \frac{\alpha_{n\delta}\gamma\varphi b^{2}}{4mB}(m-1)^{2}\sqrt[3]{\frac{q^{2}a^{2}b}{R_{v}^{2}}} + \frac{qB}{m}, \kappa z/cM$$
(31)

Изгибающий момент в ригеле:

$$M_{p} = \frac{PL^{2}}{8} = \frac{L^{2}B}{32m} \left[\frac{15a\alpha_{n}\gamma}{n_{0}\left(1 + \frac{72E_{1}}{n_{0}^{4}q^{n}}\right)} + \frac{\alpha_{n\delta}\phi b^{2}\gamma}{B^{2}} (m-1)^{2} \sqrt[3]{\frac{q^{2}a^{2}b}{R_{y}^{2}}} + 4q \right]$$
(32)

$$W_{p} = \frac{M_{p}}{R_{p}} = \frac{15a\alpha_{n}\gamma}{n_{0}\left(1 + \frac{72E_{1}}{n_{0}^{4}q^{n}}\right)} + \frac{\alpha_{n\delta}\varphi\gamma b^{2}}{B^{2}}(m-1)^{2}\sqrt[3]{\frac{q^{2}a^{2}b}{R_{y}}} + 4q$$
(33)

Если для ригеля принимаются двутавр сварной или прокатный, то площадь поперечного сечения его может быть определена по формуле (6), т.е.

$$A_p = \varphi \sqrt[3]{W_p^2} \tag{34}$$

или с учетом (33)

$$A_{p} = \varphi_{3} \begin{cases} \frac{L^{2}B}{32mR_{p}} \times \\ \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} \frac{15a\alpha_{n}\gamma}{n_{0}\left(1 + \frac{72E_{1}}{n_{0}^{4}q^{n}}\right)} + \frac{\alpha_{n\delta}\varphi b^{2}\gamma}{B^{2}}(m-1)^{2} \sqrt[3]{\frac{q^{2}a^{2}b}{R_{y}^{2}}} + 4q \right\} \end{cases}$$
(35)

Отсюда теоретический вес ригеля

$$G_p^T = A_p \cdot L \cdot \gamma \tag{36}$$

Практический вес ригеля получится, если учесть конструктивный коэффициент $\alpha_p = 1,4$

$$G_p = \alpha_p \cdot A_p \cdot L \cdot \gamma \tag{37}$$

Вес всех ригелей

$$\sum G_p = \alpha_p m A_p L \gamma \tag{38}$$

В случае сквозного ригеля в виде фермы площадь пояса в первом приближении может быть принята:

$$A_{np} = \frac{W_p}{h} \tag{39}$$

где h — высота сквозного ригеля.

Расход металла на решетку можно принять в пределах 30 % расхода материала на пояса, тогда общий вес одного ригеля можно записать:

$$G_p^{c\kappa} = 2.6 A_{np} L \gamma \alpha_{c\kappa}$$
 (40)

Здесь $\alpha_{c\kappa} = 1.4$ – конструктивный коэффициент для сквозного ригеля.

На все ригели расход металла составит:

$$\sum G_p^{c\kappa} = 2.6 m A_{np} L \gamma \alpha_{c\kappa}$$
 (41)

выводы

Вышеизложенный приближенный способ определения общего расхода металла, полученный для палуб морских платформ, может быть применен при определении общей массы металлоконструкций площадок вертолетно-посадочного комплекса морских платформ, площадок обслуживаний в промзданиях и других сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Металлические конструкции. /Под ред. Е.И. Беленя. М. Стройиздат. 1985. 560 с.
- 2. Справочник проектировщика. Металлические конструкции /Под ред. В.В. Кузнецова. Т.1. М. АСВ. 1998. 576 с.

УДК 699:81

М.П. Емельянов, к.т.н., доцент, Ю.Г. Богуцкий, инженер

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Обследование сводчатых перекрытий старинного здания

Представлены некоторые материалы обследования старинного особняка постройки первой половины XIX века. Особенностью объекта являются сводчатые перекрытия из камней пильного известняка невысокой прочности крымских месторождений. На основании расчетного моделирования сооружения обоснована возможность его эксплуатации при выполнении ремонтных работ.

Обследование зданий, сводчатые перекрытия, моральное и физическое старение, расчетный анализ сооружений, каменная кладка, камень, раствор

Здание, которое необходимо было обследовать с целью подготовки предложений по его ремонту и реставрации, расположено в г. Симферополе и по архивным данным было построено в 1826 г. Этот объект известен как «Дача графа Воронцова» в загородном парке «Салгирка».

Парк расположен в долине реки Салгир ниже Симферопольского водохранилища. Естественного замачивания грунтов подземными водами поблизости от объекта не отмечено. Практически замачивание несущих конструкций здания - стен и подвала происходит вследствие воздействия атмосферных вод. Грунты вследствие длительного давления от массы здания с течением времени повысили свою несущую способность, и отсутствие деформаций и трещин по стенам здания свидетельствует об удовлетворительном состоянии оснований сооружения. Однако стены подвалов и наружные стены первого этажа имеют значительные поверхностные дефекты.

С целью сохранения памятника архитектуры были выполнены обследование несущих конструкций сооружения и реставрационные работы.

Конструктивная система жесткая, с несущими каменными стенами. Основной вопрос при обследовании здания был связан с определением возможности ремонта подвалов с сохранением существующих несущих конструкций, которые были возведены более 150 лет назад.

Конструктивный план подвала приведен на рис. 1. Часть подвала перекрыта сводчатым каменным перекрытием с поперечными арочными диафрагмами. Сводчатые перекрытия подвала в замке имеют высоту от 2,2 м до 3,65 м (рис. 2,3). Толщина сводчатого перекрытия, выполненного из известняка-ракушечника, составляет 340 мм.

Прочность камней перекрытий и раствора устанавливали по результатам испытания образцов-цилиндров, отобранных из каменных стен и сводов (Табл.1).

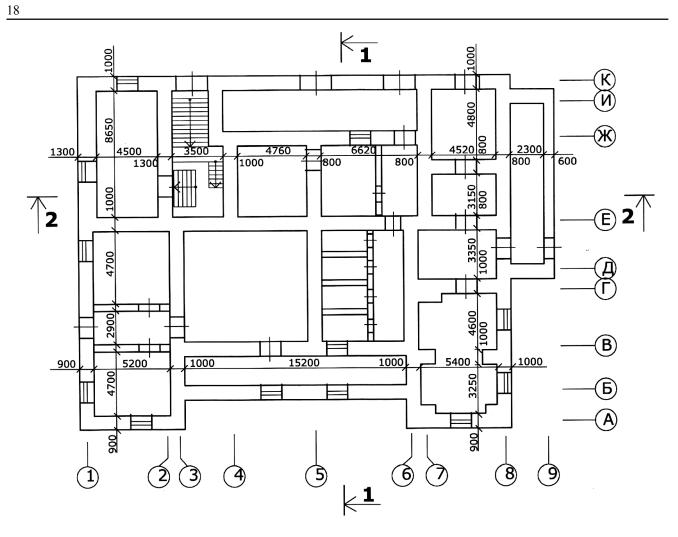


Рис1. Схема цокольной части здания

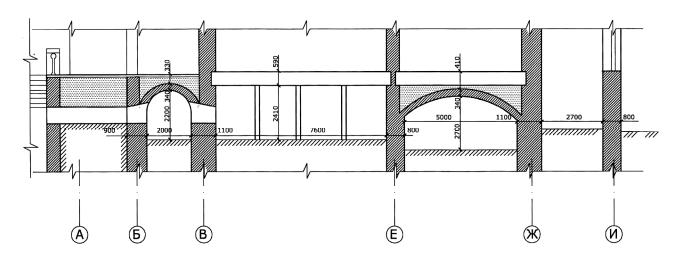


Рис 2. Разрез 1-1

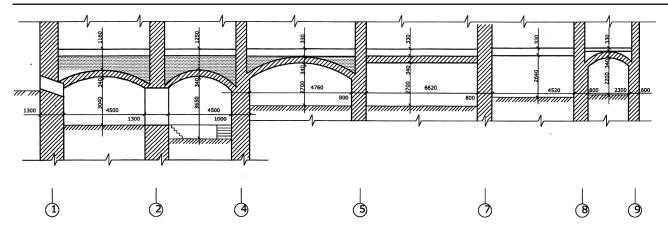


Рис 3. Разрез 2-2

Фундаменты здания бутовые из рваного известняка с различным заглублением от 2,59 м до 0,35 м и шириной от 600 до 1300 мм. Отсутствие характерных трещин в здании вследствие неравномерных осадок оснований свидетельствует об удовлетворительной работе этих конструктивных элементов.

Стены подвала до опирания сводчатого или деревянного перекрытия выполнены также из природных камней рваного известняка неправильной формы, а выше из камней пильного известняка и имеют конструктивную толщину от 600 до 1000 мм. Также из камня ракушки выложены своды и арки диафрагмы. Вместе с тем в каменной кладке отмечены отдельные включения из камня неправильной формы, которые встречаются в стенах - диафрагмах. Вся каменная кладка выполнена на известковом растворе.

Общее состояние стен удовлетворительное. В основном, там, где сохранена первоначальная каменная кладка сводов и стен, качество каменной кладки нормальное.

В целом прочность камней каменной кладки стен может приниматься не менее марки 150, прочность камней сводов — не менее 4. Прочность растворной составля-

ющей стен и сводов должна приниматься в соответствии с маркой 5.

Обследование прочности материалов подвального помещения проводили в конструкциях сводов и сводов-диафрагм. Основанием сводов являются стены, выполненные из рваного камня. Толщина сводов составила 340 мм, диафрагм — 680 мм, что соответствует 1/2 или полной толщине пильного блока камня.

Согласно нормативным рекомендациям своды требуется выполнять сплошными. Любые отверстия, ослабления, изменения жесткости сечений создают неблагоприятные условия для работы конструкции.

Существующее сводчатое перекрытие подвала имеет проемы, которые создают неблагоприятные условия.

Прочностные параметры каменных конструкций определены в конструктивных деталях, которые определяют несущую способность всего сооружения. Характерные сечения и участки конструкций определены на основании расчетного моделирования сводчатых перекрытий.

Результаты испытания кернов отобранных из стен, сводов и арок

№ образца	Конструкция	Н, см	Диаметр образца, см	Площадь Аі, см2	Разрушающая нагрузка Ni, кгс	Прочность приведенная к стандартному образцу Rcж, кгс/см2
1	2	3	4	5	6	7
1	Свод	6,1	6,2	30,2	124,1	4,1
2	Свод	6	6,2	30,2	151	5
3	Свод	5,9	-/-/-	-/-/-	130,6	4,3
4	Свод	6,3	-/-/-	-/-/-	163	5,4
5	Перемычка	6,2	-/-/-	-/-/-	2286	75,7
6	Перемычка	6,1	-/-/-	-/-/-	2452	81,2
7	Свод	6,1	-/-/-	-/-/-	244,6	8,1
8	Свод	6,3	-/-/-	-/-/-	235,6	7,8
9	Свод	6	-/-/-	-/-/-	193,3	6,4
10	Свод	5,9	-/-/-	-/-/-	214,4	7,1
11	Свод	5,8	-/-/-	-/-/-	260	8,6
12	Свод	6	-/-/-	-/-/-	271,8	9
13	Свод	6,1	-/-/-	-/-/-	238,6	7,9
14	Свод	6,2	-/-/-	-/-/-	274,8	9,1
15	Свод	6	-/-/-	-/-/-	151	5
16	Свод	5,9	-/-/-	-/-/-	160,1	5,3
17	Свод	5,8	-/-/-	-/-/-	214,4	7,1
18	Свод	5,9	-/-/-	-/-/-	202,3	6,7
19	Свод	6	-/-/-	-/-/-	241,6	8
20	Свод	6	-/-/-	-/-/-	274,8	9,1

- расчетное сопротивление каменой кладки стен сжатию Rcж=2,5 кг/см2 [11];
- расчетное сопротивление каменой кладки сводчатого перекрытия сжатию Rcж=1,4 кг/см2 [11].

Обследуемое здание имеет несимметричную конструктивную схему и неравномерное распределение жесткостей конструкций и масс. Фактически здание выполнено без швов, что связано с отсутствием на период возведения здания нормативных документов, регламентирующих проектирование и строительство в сейсмических районах, которые впервые были введены в действие с 1957 года [9].

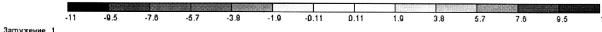
С целью оценки напряженного состояния несущих элементов перекрытия подвала был выполнен расчет перекрытия с использованием программного комплекса «Лира-Windows», который предназначен для численного исследования на ЭВМ прочности и устойчивости конструкций и реализует численный метод дискретизации сплошной среды – метод конечного элемента.

При построении расчетной схемы перекрытия подвала использованы прямоуголь-

ные, четырехугольные и треугольные конечные элементы оболочки нулевой кривизны. Геометрические параметры и параметры жесткости конечных элементов, моделирующих работу перекрытий и стен подвала, принимали в соответствии с результатами, полученными при обследовании (см. табл. 1).

При сборе нагрузок на перекрытие учитывали все слои, обнаруженные в результате вскрытия при обследовании, объемный вес материалов принимали по результатам лабораторного определения на отобранных образцах.

В результате расчета получены все компоненты напряженного и деформированного состояния при статическом загружении вертикальной нагрузкой. Результаты расчета сводчатого перекрытия в осях «Б-В/3-6» приведены на рис. 4, перекрытия в осях «Е-К/1-3» - на рис. 5.



Загружение 1 Изополя напряжений по Nx Единицы измерения - т/м2

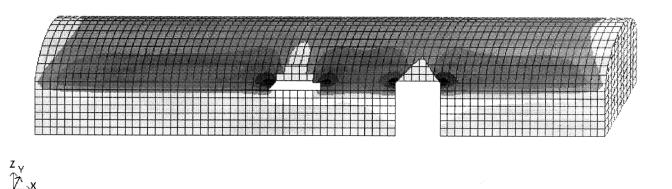


Рис. 4. Результаты расчета свода в осях Б-В/3-6: - мозаика напряжений Nx, т/м2;

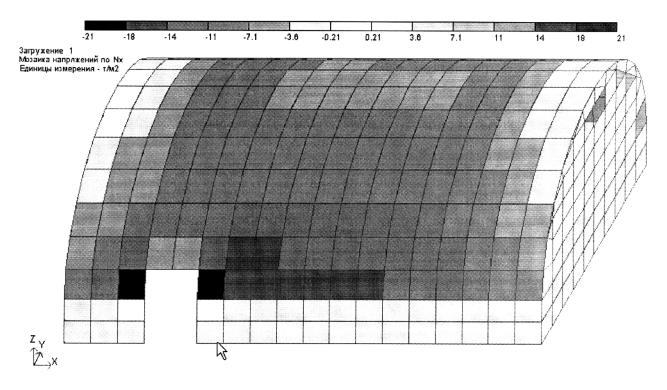


Рис. 5. Результаты расчета свода в осях E-К/1-3: - мозаика напряжений Nx, т/м2;

Расчеты перекрытия подвала здания на существующие воздействия показывают его удовлетворительную работу при всех предусмотренных нормами нагрузках. Расчетное сопротивление каменой кладки сводчатого перекрытия сжатию Rcж=1,4 кг/см2, что больше напряжений возникающих в перекрытии при проектных нагрузках (в осях «Б-В/3-6»: Nx,max=1,1 кг/см2; в осях «Е-К/1-3: Nx,max=1,2 кг/см2). Расчетное сопротивление каменой кладки стен сжатию

Rcж=2,5 кг/см2, что больше напряжений возникающих в стенах при проектных нагрузках (в осях «Б-В/3-6»: Nx,max=1,5 кг/см2; в осях «Е-К/1-3: Nx,max=1,8 кг/см2).

В целом, несущие конструкции перекрытия подвала здания находятся в состоянии, пригодном для нормальной эксплуатации при условии выполнения ремонта гидроизоляции помещений.

выводы

- Анализ напряженного состояния конструкций позволяет выделить участки и сечения, в которых напряжения при нагружении сооружения имеют наибольшие значения. Сравнение расчетных и фактических прочностных характеристик дает основание объективно оценивать надежность сооружения.
- Расчетный анализ работы сооружения при фактических нагрузках и состоянии материалов дает основание допускать дальнейшую эксплуатацию сооружения без замены и усиления несущих конструкций.
- Несмотря на невысокое качество основных строительных материалов и длительный срок эксплуатации здания в неблагоприятных условиях состояние каменного перекрытия подвала в целом не вызывает опасения аварийной ситуации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые. Методы определения прочности при сжатии и изгибе. М.: Изд-во стандартов, 1985.
- 2. ДБН В.1.1-1-94 Проектирование и строительство гражданских зданий из блоков и камней пильных известняков крымских месторождений в сейсмических районах/Госкомградостроительство Укараины.- К.: Укрархстройинформ, 1995.
- 3. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП П-22-81) /ЦНИИСК им. Кучеренко.- М.: ЦИТП, 1989.
- 4. Расчет и конструирование частей жилых и общественных зданий: Справочное проектировщика/ П.Ф. Вахненко, В.Г. Хилобок, Т.Н. Андрейко, М.Л. Яровой; под ред. П.Ф. Вахненко.- К.: Будівельник. 1987.
- СНиП П-22-81. Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования/Госстрой СССР М.: Стройиздат, 1983.

УДК 69.059.38:711.4

Е.В. Морозова, инженер, Ю.В. Пересыпкин, инженер.

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Опыт применения надстроек типа «Фламинго» для реконструкции жилого фонда малой и средней этажности

В статье представлены основные задачи по реконструкции жилого фонда городов Украины. Рассмотрены различные методы реконструкции по конструктивным решениям и способам проведения. Обоснована целесообразность применения надстроек типа «Фламинго» при реконструкции зданий малой и средней этажности. Рассмотрен опыт Украины, некоторых стран СНГ и дальнего зарубежья по реконструкции жилого фонда

реконструкция, надстройка «Фламинго»

Реконструкция жилой застройки, являющаяся частью общих проблем развития города, направлена на обеспечение наилучших условий проживания, производственной деятельности и отдыха населения, на удовлетворение его материальных и духовных потребностей, создание благоприятной окружающей среды. Мероприятия по реконструкции тесно связаны с решением комплекса социально-экономических, архитектурно-планировочных и санитарно-гигиенических проблем.

Реконструкция жилого фонда должна проводиться с обязательным повышением потребительских качеств жилища, в том числе за счет:

- увеличения жизненного цикла домов на 35-40 лет;
- переоборудования и перепланировки квартир с целью повышения их комфортабельности;
- снижения эксплуатационных затрат на отопление на весь период жизненного цикла домов на 30-40% за счет повышения теплозащитных качеств ограждающих конструкций и создания домов с широким корпусом путем пристройки дополнительного пролета (до 18-20 м);

Проекты реконструкции застройки городских участков, кварталов и микрорайонов должны учитывать современные требования градостроительной политики:

- увеличение плотности жилой застройки;
- создание новой номенклатуры объектов социально-бытовой инфраструктуры жилых массивов;
- соблюдение норм экологической безопасности;
- соблюдение карты инсоляции, освещенности зданий;
- придания градостроительному и архитектурному облику застройки индивидуальной выразительности, присущей данному региону, городу и местности.

С целью определения градостроительной ценности существующей застройки рекомендуется груп-

пировка жилого фонда по капитальности домов, а потом в составе каждой группы по степени физического износа. В соответствии со степенью пригодности для дальнейшей эксплуатации жилой фонд делится на следующие категории [1]:

- опорный фонд, который по своим качественным характеристикам может сохраняться на протяжении всего расчетного срока;
- фонд непригодный для проживания в связи с физическим или моральным износом или вследствие расположения в неблагоприятных условиях;
- фонд, который временно сохраняется и особой ценности не представляет, но на протяжении какого-либо времени может еще эксплуатироваться (старый, малоценный, физически и морально устаревший).
- аварийный фонд, расположенный в подвалах и приспособленных помещениях, а также в неблагоприятных горно-геологических условиях, в зонах санитарной вредности промышленных предприятий, в опасных зонах терриконов, на сдвижных, заболоченных и других участках.

Особую группу составляют дома первых массовых серий, постройки 50-80х годов. Нормативный срок проведения капремонта и реконструкции этих домов исчерпывается, однако значительная часть их имеет достаточный запас несущей способности, при практически полном моральном износе. Это говорит в пользу реконструкции таких домов, в ходе которой решаются вопросы сохранения существующего жилого фонда и его восстановления, а также повышение уровня комфорта квартир и архитектурной выразительности застройки в целом. Таким образом, появляется возможность создавать новые жилые площади, которые целесообразны не только с учетом дефицита жилья, но и как возможный источник компенсации инвестиций в реконструкцию. Учитывая,

что жилые дома первых массовых серий, часто размещенные в центральных районах города, обеспеченных социальной, транспортной и инженерной инфраструктурой, продажа вновь созданных жилых площадей, сдача их в аренду может обеспечить инвесторам прибыль.

Проблема реконструкции этих домов должна решаться на основе приобретенного опыта реконструкции в нашей стране, ближнем зарубежье и за границей. Для подготовки научной основы проведения реконструкции домов и повышение качества среды районов массового жилищного строительства 50-80 г.г важно изучить и обобщить значительный опыт таких городов, как Москва, Санкт-Петербург, Киев, Рига, а также опыт таких стран, как Франция, Германия, Англия, Дания, где реконструкция жилых районов получила наибольшее развитие [2, 3, 4, 5].

Особенностью развития строительства за границей есть то, что рядом с новым строительством и ремонтно-восстановительными работами, расширяются объемы реконструкции зданий и сооружений. Так, в США объем средств, которые выделяются на перестройку жилых домов, возрос за период с 1987 года по 1990 год на 20% и в 1992 году был равный затратам на новое строительство. Эта тенденция характерна и для Японии, где большое внимание уделяют восстановлению зданий. За период с 1986 года по 2005 год объем нового строительства в этой стране составил на 20% меньше, чем за предшествующие 15 лет. Во Франции к середине 1993 года (за 23 года) завершена реконструкция всего пятиэтажного фонда домов первого послевоенного поколения, которая повысила его потребительские качества и тепловую эффективность в 1,5-2 раза и преобразила вид городской застройки. Реконструкция и модернизация застройки выполнялась в рамках государственной программы "NLV". В 1993 году было принято постановление Правительства объединенной Германии "Об экономии тепловой энергии". На данное время проводится массовая реконструкция индустриальных домов на территории бывшей ГДР. Значительные работы по реконструкции, включая утепление домов и надстройку мансардных этажей, проводятся в Дании, Финляндии, Словении и других Европейских странах. Таким образом, стратегический курс на реконструкцию жилых домов, в особенности индустриального производства первых массовых серий, в последние 8-10 лет занимает одно из главных мест в жилищной политике всех европейских стран.

Анализ существующего опыта проведения реконструкции домов позволил сформулировать основные способы ее реализации:

- реконструкция домов без отселения жильцов;
- реконструкция домов с отселением жильцов;
- снос существующих домов, переселение жильцов и строительство нового жилья на месте снесенного.

Учитывая недостаточность аварийного фонда и необходимость резкого увеличения объемов реконструкции, наиболее целесообразна в нашем регионе реконструкция без отселения. При этом возможны различные схемы:

- в кварталах с плотной застройкой, где по архитектурно-градостроительным соображениям невозможно значительное повышение этажности, реконструкция может быть ограничена капитальным ремонтом с сооружением эркеров, лоджий и мансардных этажей;
- в кварталах менее плотной застройки, где имеется возможность расширения существующих корпусов, может быть использована смешанная система каркасно-панельной застройки с пристройкой и надстройкой дополнительных объемов;
- при возможности радикальной надстройки до 12-16 и более этажей использовать метод «Фламинго», когда надстраиваемая часть не передает нагрузки на существующую;
- смешанный вариант часть надстраиваемого здания опирается на самостоятельные опоры, часть — на существующее здание при достаточной несущей способности его конструкций.

Начало эксперимента по реконструкции жилых домов первых массовых серий застройки было положено в нашей стране и в Российской Федерации еще в 1970-х годах. Позднее возобновились эти работы в середине 90-х годов и на данное время проводятся во всех городах Украины.

Проблемой реконструкции зданий методом надстройки на самостоятельных опорах занимались еще с 1970-х годов. В частности институтом «КрымНИИпроект» были проведены ряд комплексных исследований с целью выявления новых эффективных способов преобразования городов Крыма, в результате чего были разработаны предложения по надстройке малоэтажных зданий методом «Фламинго» и сформулированы следующие градостроительные последствия его применения [6]: существенно увеличится эффективность ис-

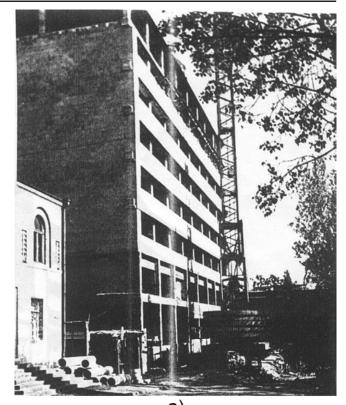
пользования городской территории путём увеличения плотности жилого фонда; изменится очерёдность преобразования города с учётом возможностей надстройки зданий одновременно с застройкой свободных территорий и сносом малоценного жилого фонда; увеличится реальный выход жилого фонда при исчерпанных резервах свободных территорий города.

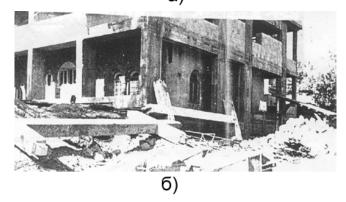
В то время появился некоторый опыт практического применения метода «Фламинго»: с применением железобетонных конструкций были надстроены дома в Симферополе (рис.1) и Ереване (рис.2); с применением металлических кон-



Рис. 1. Реконструкция двухэтажного жилого дома понул. втургенева в т. истеренью поле получил двух до реконструкции жилого малоэтажного фонда методом надстройки типа "Фламинго", разработанные в Киевском государственном техническом университете строительства и архитектуры (КГТУСА) [7] под руководством М.М. Жербина (рис.4). Предложения основаны на новой концепции модернизации существующих зданий с надстройкой их до любого количества этажей, в том числе и массовых типовых, с использованием для основных несущих конструкций эффективных легких стальных конструкций [5].

В Российской Федерации в настоящее время одним из основных центров по научным исследованиям и практической реконструкции малоэтажной жилой застройки является Новосибирск, в муниципальной собственности которого 26 млн. м² жилья. Из них— 46% нуждается в капитальном ремонте и реконструкции[8].





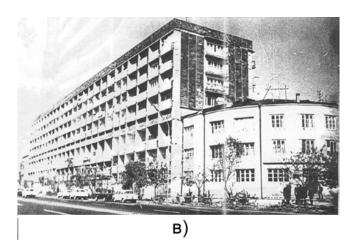
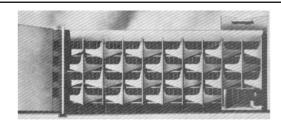


Рис. 2. Реконструкция жилых домов в г. Ереване

а-по пер. Баракутяна надстроены два одноэтажных жилых дома, объединённые семиэтажной надстройкой; б-в по пр. Саят-Нова надстроены трехэтажные жилые дома четырьмя этажами.



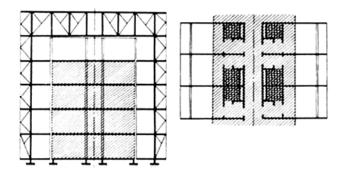


Рис. 3. Реконструкция здания санатория им. Пальмиро Тольятти

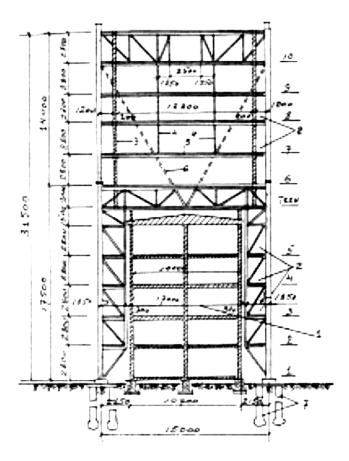


Рис. 4. Конструктивное решение несущей рамы надстройки из легких стальных конструкций предложенное КГТУСА

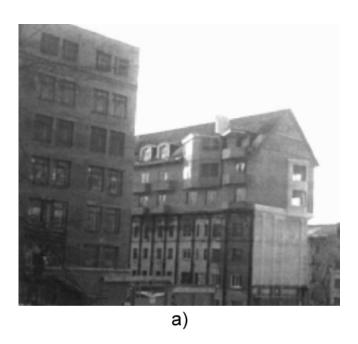
Примером является осуществляемый в Новосибирске проект реконструкции по смешанной схеме жилого дома по ул. Октябрьской. Над 4-х этажным существующим домом возведены два этажа и мансарда (рис.5а). Реконструкция осуществляется без отселения жильцов и без привлечения бюджетных средств. При реконструкции дома на практике реализован принцип теплоснабжения надстраиваемой части за счет экономии тепла при утеплении существующей.

В другом примере практической реализации реконструкции жилых зданий осуществлены нестандартные технические решения по усилению грунтов основания как прямыми, так и наклонными сваями. Система вертикальных колонн, установленных на консолях буронабивных свай и с помощью скользящего шарнира прикрепленных к стенам, обеспечивает эффект обоймы и меняет расчетно-конструктивную схему наружных стен, что исключает дальнейшие их деформации и трещинообразование (рис.5в). При этом масса надстраиваемого здания увеличивает этот эффект. Для усиления центральной внутренней стены использована технология горизонтального прокола. Разработаны и внедрены технические решения по устройству перекрытия под существующей кровлей, с изменением стропильной системы с оригинальной системой включения лежней в работу и сооружением наружных приставных лифов. Проект надстройки многоэтажного здания обеспечивает прирост площадей на 75% и может быть реализован без отселения жильцов.

Представлены конкретные предложения по вариантам конструкторских разработок модернизации и реконструкции панельных жилых домов. Так серия 1-468 при реконструкции позволяет получить более высокие эксплуатационные характеристики (рис.5б):

- увеличить жилую площадь за счет уширения корпуса здания до 3 м при демонтаже наружных панелей, имеющих значительный износ (до 60%);
- надстроить здание до 3-х этажей с мансардой без усиления внутренних стен, и до 9 этажей — с применением наружного каркаса и решетчатой оболочки;
- устройство фундаментов под несущий внешний каркас в виде буроинъекционных и буронабивных свай;
- планировочные характеристики жилых домов после реконструкции практически полностью

отвечают современным требованиям, предъявляемым к проектам жилых домов.





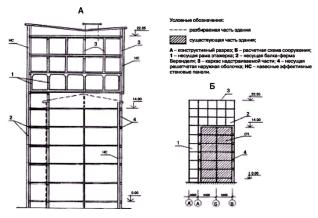


Рис. 5. Реконструкция домов в г. Новосибирске

а- реконструкция жилого дома по ул. Октябрьской; б- перспективный фасад домов серии 1-468 после реконструкции; в- конструктивное решение надстройки с эффектом обоймы.

В Крымской академии природоохранного и курортного строительства также накоплен определенный опыт разработки и внедрения проектов по реконструкции домов средней и малой этажности методом их надстройки. Так кафедрой «Железобетонных конструкций» совместно с Ялтинским филиалом ПКТИ «Крымпроектреконструкция» разработан проект надстройки четырёх этажного дома до шести этажей методом «Фламинго». Два надстраиваемых этажа опираются на железобетонные пилоны. По рекомендациям и техническим решениям кафедры «Железобетонных конструкций» выполнены реконструкции гостиницы «Времена года» с надстройкой двух этажей и пяти корпусов с надстройкой мансарды в бывшем НИИ им. Сеченова в г. Ялта. Кафедрой «Металлических и деревянных конструкций» было выполнено вариантное проектирование конструктивного решения надстройки для реконструкции двухэтажного здания размерами 15х135 м в плане в г. Евпатория, проект которой разрабатывался ГПИИ «Крымпроектреконструкция». Планировалась надстройка двух этажей с мансардой. Было предложено два варианта надстройки с верхним и нижним несущим остовом. Для дальнейшей разработки был принят вариант с нижним несущим остовом, как обладающий меньшим расходом стали.

Исследования, проводимые в данном направлении, позволили произвести классификацию над-

строек и определить основные принципы по выбору конструктивных решений и материалов[6].

Верхняя часть остова надстройки может решаться однородной, выполненной по единой конструктивной схеме на всю высоту надстройки или неоднородной, состоящей из двух или более различных конструктивных схем. Однородное решение верхней части остова возможно с применением рамной, рамно-связевой и шарнирно-стержневой схем. При неоднородном решении верхней части остова возникает необходимость в одном или нескольких усиленных элементах, которые являются опорой для промежуточных вертикальных несущих элементов (колонн), не имеющей другой опоры и фундамента. Усиленные, как правило, большепролётные элементы могут выполняться в виде ферм, балок-стенок, структур и т.п. с предварительным напряжением и, если устраивается технический этаж, могут быть развиты на всю высоту этажа. Расположение усиленных элементов может предусматриваться в уровне нижнего или верхнего этажа надстройки.

В зависимости от расположения опорных стоек по отношению к существующему зданию, можно выделить три типа надстроек методом "Фламинго": с наружным расположением всех опорных стоек; с частичным расположением опорных стоек внутри габаритов надстраиваемого здания; с внутренним размещением всех опорных стоек.

Проектирование несущей системы связано, прежде всего, с выбором материала. Свойства стали и железобетона общеизвестны, однако в зданиях повышенной этажности, к которым можно отнести надстройки, применение стальных несущих конструкций имеет ряд дополнительных преимуществ по сравнению с железобетонными, а именно:

- относительно меньший удельный вес, в связи с чем снижается стоимость фундаментов, появляется возможность членения конструкции на монтажные элементы более крупных размеров, что снижает расходы на реконструкцию в целом;
- конструктивные удобства для прикрепления ограждающих конструкций и инженерных коммуникаций, а также возможность размещения последних в пределах габаритов колонн и строительной высоты перекрытий;
- меньшие размеры сечения колонн, возможность создания большепролётных перекрытий, допускающих более свободную планировку и транс-

- формацию помещений, что улучшает использование помещений и приводит к снижению эксплутационных расходов;
- широкий выбор прокатных и гнутых профилей и возможность создания сечений различной конструктивной формы в сочетании с более высокой точностью изготовления и простотой монтажных соединений позволяет ускорить возведение надстройки;
- возможность возведения каркаса в стеснённых условиях, без отселения жильцов, с использованием вертолётов без применения большого количества подъёмных механизмов.

Недостатки стальных конструкций— малая огнестойкость и подверженность коррозии—эффективно устраняются с помощью защитных мероприятий, стоимость которых составляет $1-2\,\%$ стоимости здания.

Основное преимущество железобетона состоит в том, что его применение обеспечивает более высокую огнестойкость и долговечность здания.

При поиске более экономичных конструктивных решений инженеры часто используют сочетание положительных свойств стали и бетона. Так, в смешанных решениях одни элементы системы выполняются из стали, а другие— из железобетона. Например, в зданиях со стальным каркасом плиты перекрытий почти всегда железобетонные, а для обеспечения жёсткости здания нередко используют железобетонные диафрагмы и стволы. В зданиях с железобетонным каркасом отдельные наиболее нагруженные элементы (колонны нижних этажей, ригели больших пролётов) часто делают стальными.

Основные функции ограждающих конструкций обусловлены санитарно-гигиеническими и эстетическими требованиями, противопожарной защитой, долговечностью здания и его оборудования. Особенно важны теплоизоляционные функции ограждений. Вместе с тем некоторые ограждающие конструкции (перекрытия, стенки лифтовых шахт и лестниц) выполняют ответственные несущие функции, участвуя в общей пространственной работе конструктивной системы здания.

Наружные стены выполняются обычно следующим образом:

в виде кладки толщиной 25-40 см из эффективного кирпича, лёгких керамических и бетонных камней, камней из местного природного материала с включением заполнения в работу каркаса либо с поэтажным опиранием на перекрытия;

- из лёгкобетонных панелей толщиной 20-30 см или многослойных панелей толщиной 12-20 см, состоящих из плоских или профилированных обшивок (асбестоцементных, металлических, пластмассовых), эффективного угеплителя и пароизоляции с тонкой внешней облицовкой из керамических плиток, естественного камня или с защитным цветным покрытием;
- в виде витражей из стекла и непрозрачных листовых обшивок, заполняющих лёгкий каркас, подвешенный к несущим конструкциям здания на каждом этаже или через несколько этажей. Для внугренних стен и перегородок применя-

ют:

- кладку толщиной 10-25 см из эффективного кирпича или гипсовых плит, при необходимости с внутренним слоем звукоизоляции;
- легкобетонные панели толщиной 6-20 см;
- многослойные панели (или собираемые на месте многослойные перегородки с лёгким каркасом) из гипсокартонных и древесноволокнистых, асбестоцементных и металлических обшивок с внутренним слоем из лёгкого материала с высокими звукопоглощающими свойствами.

Перекрытия и покрытия выполняют в здании несущие и ограждающие функции и состоят из несущей части, многослойного пола, включающего основание и звукоизолирующий слой, и подвесного потолка для скрытого размещения инженерных коммуникаций, улучшения вида помещений и повышения огнестойкости помещения. В высотных зданиях эффективно используются монолитные плиты из лёгкого бетона по стальному профилированному настилу, выполняющему роль опалубки и арматуры.

выводы

- 1. В ситуации, сложившейся в Украине, реконструкция жилого фонда по сравнению с малочисленным новым строительством имеет преимущественное направление, прежде всего по экономическим соображениям.
- Учитывая недостаточность аварийного фонда и необходимость резкого увеличения объемов реконструкции, наиболее целесообразна в нашем регионе реконструкция без отселения жильцов.
- Применение надстроек типа «Фламинго» для реконструкции жилого фонда позволит значительно увеличить коэффициент использования земельных ресурсов в крупных городах и провести реконструкцию без отселения жильцов.
- Разнообразие конструктивных решений надстроек и применение новых конструкционных и отделочных материалов позволит свободно произвести перепланировку помещений, получить различные по архитектурной выразительности фасады, преобразив, таким образом, облик современного города.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Барашиков А.Я., Гомілко В.О., Малишев О.М. Технічна експлуатація будівель і міських територій: Підручник. К.: Вища школа, 2000. 112с.
- Дзюба В.Б. Проектні варіанти реконструкції п'ятиповерхівок // Міське господарство України. 1994. №2. С. 9.
- Нелепов А.Р. Опыт реконструкции пятиэтажек первого поколения // Жилищное строительство. — 1997. — № 7.
- Реконструкция и модернизация жилой застройки 50-70 годов // Проблемы больших городов: Обз. инф. Вып. 16. — М., 1988.
- Жербин М.М., Большаков В.И. Новая концепция модернизации и надстройки существующих малоэтажных жилых зданий до любого количества этажей // «Вістник ПДА-БА» № 2. (додаток) – Днепропетровск, 1998. – 50 с.
- Трушиныш Я.К. Методические рекомендации по преобразованию жилой застройки старых жилых районов в городах Крыма с применением метода «Фламинго». – Симферополь: 1975.
- Жербин М.М. Применение стальных конструкций при надстройке существующих жилых зданий до любого количества этажей // Сб. трудов Международной конференции «Металлостроительство 96» т.2. - Донецк – Макеевка, 1996. – 131 с.
- 8. Митасов В.М. Опыт реконструкции городского много этажного жилья без отселения жильцов. // Архитектура и строительство Сибири. 2002. №1-2(3-4).

В.А. Митрофанов, к.т.н, доцент, А.А. Бордюг, инженер

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Характерные коррозионные повреждения морских сооружений на континентальном шельфе

Выполнено обследование девяти (9) морских стационарных платформ (МСП). Обследование выполнялось методами визуально-оптического и инструментального контроля. Получены данные по толщинометрии основных конструкций МСП, выполнена детальная фотосъёмка характерных коррозионных повреждений, проведен анализ коррозионного воздействия на различные группы конструкций МСП.

коррозия, лакокрасочное покрытие, опорная нога

На сегодняшний день коррозия металлов и защита их от коррозии является одной из важнейших научно-технических и экономических проблем.

Технический прогресс во многих отраслях промышленности тормозится из-за нерешенности ряда коррозионных проблем. Это приобрело особую актуальность в промышленно развитых странах с большим металлофондом, особенно в последние годы в связи с все более широким использованием в промышленности высокопрочных материалов, особо агрессивных сред, высоких температур и давлений. В этих условиях значительно возрос удельный вес потерь, вызываемых коррозией.

Вопросы защиты от коррозии морских сооружений весьма актуальны как вследствие их металлоемкости, так и в связи с агрессивными средами и жесткими условиями эксплуатации конструкций.

Выполненное обследование МСП позволяет сделать определенные выводы в отношении характера и направленности коррозионных повреждений аналогичных сооружений. Обследование выполнялось методами визуально-оптического и инструментального контроля (толщинометрия основных конструкций МСП).

Очевидно, что в ходе анализа должна учитываться специфика условий эксплуатации конструкций МСП, поэтому в общем виде условно выделены три (3) основные зоны коррозии сооружения:

- -подводная;
- -переменного смачивания;
- -верхнего строения.

Подводная зона

В зависимости от условий эксплуатации и состояния средств противокоррозионной защи-

ты, скорость коррозии подводной части сооружения изменяется в широких пределах. Например, при отсутствии эффективных средств защиты на подводной части опорного блока имеют место интенсивные язвенные поражения до 1 мм/год. В случае электрокоррозии опорного блока под действием блуждающих токов или вследствие неправильного электроснабжения сварочных работ при достройке или ремонте.

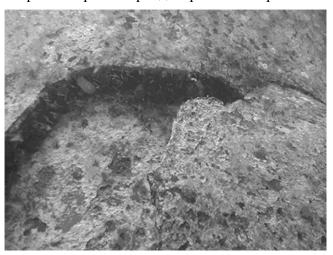


Рис.1 Разрушение ноги опорного блока МСП LAM 10 (1976г.) в подводной зоне

Как правило, для защиты подводной части корпуса от коррозии обычно используются водостойкие лакокрасочные покрытия и катодная защита.

Зона переменного смачивания

Зона переменного смачивания, так же как и подводная часть сооружения, подвергается воздействию морской воды, однако имеются и специфические отличия, влияющие на характер коррозии:

- повторно-периодическое воздействие морской воды и атмосферы;
- воздействие плавающего слоя нефтепродуктов:
- механическое разрушение лакокрасочного покрытия при швартовках и т.п.

Поэтому средняя скорость коррозии в зоне переменного смачивания несколько больше, чем в подводной части блоков(0,05-0,20 мм/год), а максимальная скорость язвенной коррозии составляет до 1 мм/год.

Данные факты подтверждаются выполненной фотосъёмкой и детальным инструментальным обследованием (толщинометрией) опорных ног платформы.

Так, например, на МСП Z35 (1980г.) средняя толщина ног опорных блоков составляет 9,5 мм, хотя присутствуют участки с ярко выраженным характером язвенной коррозии (рис.2). С увеличением срока эксплуатации (МСП Z32 – 1977г.) язвенные поражения приводят к частичному разрушению опорных ног блоков (см. рис.3). Далее, на МСП Z4 (1967г.), язвенные поражения привели к разрушению одной из ног опорного блока с полным оголением «тела» сваи (см. рис.4).

В качестве средства эффективной защиты в зоне переменного смачивания используют лакокрасочные покрытия, причем к ним предъявляют дополнительные требования: стойкость в морской воде, атмосфере и при периодическом воздействии нефтепродуктов.



Рис.2 Опорная нога блока МСП Z35 (1980г.) в зоне переменного смачивания



Рис.3 Частичное разрушение опорной ноги блока МСП Z 32 (1977г.) в зоне переменного смачивания



Рис.4 Полное разрушение опорной ноги блока МСП Z 4 (1967г.) в зоне переменного смачивания

Зона верхнего строения

Несмотря на высокую коррозионную агрессивность морской атмосферы, надводная часть сооружения является сравнительно благополучной конструкцией вследствие ее доступности для осмотра и восстановления лакокрасочных покрытий в течение всего периода эксплуатации. Средняя скорость коррозии этих конструкций не превышает 0,1 мм/год.

Для палуб характерны те же коррозионные воздействия, что и для надводных конструкций, однако имеют место некоторые дополнительные специфические факторы: скопление воды в застойных зонах и механические истирающие

воздействия. В зависимости от величин и сочетания различных факторов скорость коррозии настила открытых палуб изменяется в пределах от 0,1 до 1,0 мм/год.

Для конструкций верхнего строения характерна та же общая тенденция коррозии, что и для остальных зон. При эксплуатации конструкций в период от 20-27 лет наблюдается резкое ухудшение состояния конструкций (появление зон интенсивной язвенной коррозии, частичного разрушения элементов), см. рис.5, 6, 7.



Рис. 5 Частичное разрушение настила палубы МСП Z 35 (1980г.) в месте скопления воды

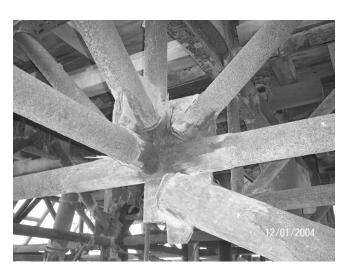


Рис. 6 Коррозионные повреждения узла сопряжения ферм подвышечного постамента на МСП Z 32 (1977г.)



Рис. 7 Язвенное поражение стойки подвышечного постамента на МСП Z 32 (1977г.)

При дальнейшей эксплуатации (свыше 30 лет) металлоконструкции приходят в аварийное состояние, наблюдается повсеместная коррозия, разрушение элементов и узлов соединения (см. рис.8, 9).



Рис. 8 Сквозная коррозия настила палубы на МСП Z 32 (1977г.)

В качестве средства защиты надводных конструкций используются лакокрасочные покрытия, выполняющие как защитные, так и декоративные функции.

На основании приведенных выше материалов можно утверждать, что разработка и практическое использование эффективных средств противокоррозионной защиты позволят не только уменьшить потери металла и средств, но и снизить металлоемкость, уменьшить расход ресурсов при строительстве, увеличить эксплуатационный период и в целом уменьшить



Рис. 9 Разрушение узла сопряжения ферм палубы на МСП Z 32 (1977г.)

себестоимость и повысить рентабельность морских сооружений.

Поскольку одним из основных средств противокоррозионной защиты морских сооружений являются лакокрасочные покрытия, то вполне понятно, насколько важны и актуальны вопросы применения эффективных лакокрасочных материалов и качественного их нанесения. Экономический анализ того или иного варианта нанесения покрытия строится на основе сопоставления затрат и эффективности (функциональных качеств, долговечности) полученного покрытия. Наиболее показательно сопоставлять затраты по стоимости окрашивания 1м² поверхности.

В общей стоимости окрашивания конструкций и эксплуатационных расходов весьма большую роль играет качество краски и относительно небольшую роль - ее цена. Например, стоимость качественной окраски с предварительной пескоструйной обработкой составляет от 30 до 50\$ за 1м², в том числе стоимость хорошей краски, расходуемой на 1м², составляет в среднем около 4\$, т.е. около 10 % от стоимости окраски. Использование дешевой краски невысокого качества позволит снизить общие расходы на 4-6 %, но приведет к необходимости более раннего возобновления покрытия, что обойдется намного дороже.

Очевидно, что квалифицированное решение задач противокоррозионной защиты реального объекта должно основываться на всестороннем учете всех влияющих обстоятельств:

конструкции объекта, среды, окружающих условий, эксплуатационных факторов. Анализ этих обстоятельств позволит сначала определить возможные коррозионные повреждения, а затем правильно наметить конкретные методы и средства защиты.

выводы

- Срок нормальной эксплуатации конструкций морских сооружений лежит в пределах до 20 лет. В период эксплуатации » 20 – 27 лет наблюдается резкое ухудшение состояния металлоконструкций (интенсивная язвенная коррозия). При эксплуатации свыше 30 лет металлоконструкции приходят в непригодное состояние, наблюдается повсеместная коррозия, интенсивное разрушение несущих конструкций платформы;
- Окрашенные металлоконструкции МСП сохраняют свои функциональные свойства в течение длительного периода эксплуатации (свыше 25 лет). Проведенный визуальный осмотр подтверждает, что в местах сохранившегося покрытия на металлоконструкциях отсутствуют следы коррозионного воздействия. Данный факт подтвержден проведенной толщинометрией окрашенных конструкций;
- 3. Качество краски и способ её нанесения на конструкции имеет существенное значение с точки зрения увеличения срока эксплуатации МСП. Хорошо зарекомендовавшими себя с этой стороны являются покрытия норвежской фирмы «Jotun», которые пользуются международным признанием на судостроительных и судоремонтных верфях всего мира, а также нефтебуровых установок на ведущих морских нефтедобывающих объектах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Защита от коррозии протяженных металлических сооружений. Глазков В.И., Зиневич А.М., Котик В.Г. и др. М., изд-во «Недра», 1969, 311стр.
- 2. Справочник по контролю качества строительства жилых и общественных зданий / М.М. Шулькевич, Т.Д. Дмитриенко, А.И. Бойко. 2-е изд., перераб. и доп. К.: Будівельник, 1986. 328с.
- 3. Газовая промышленность. Энергетическая безопасность. А.В. Мурадов (РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина). «Защита от коррозии объектов нефтегазового комплекса». Вып.2, 2002г., с.67-69.
- 4. Фокин Г.С. Коррозия и защита от коррозии. Энциклопедия международных стандартов. – М. ВИНИТИ, 1994г.

Раздел 2. Основания и фундаменты, механика и сейсмостойкость

УДК 624.15.001.24

Б.Ю. Барыкин к.т.н., доцент, А.В. Андронов к. ф-м. н., доцент

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Расчет анкерного крепления фундамента из перекрестных лент на склоне с учетом деформаций ползучести грунта

В статье рассмотрен расчета анкерного крепления фундамента из перекрестных лент на склоне с учетом деформаций ползучести грунта

фундаменты, перекрестные ленты, здания на склоне

Комплекс зданий и сооружений, разработанный КАПКС совместно с КрымНИИпроектом, является весьма перспективным для застройки склоновых территорий Южного берега Крыма [1].

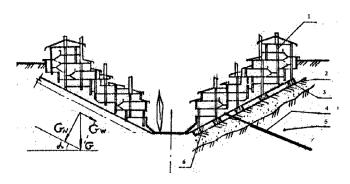
Основным типом фундамента, применяемым в зданиях этого комплекса, является перекрестно-балочная система, уложенная на выровненную поверхность склона и передающая на него нормальную составляющую от веса сооружения. Наклонная составляющая реакции основания воспринимается удерживающими конструкциями в основном в виде монолитных свайных ростверков [2].

Проведенные в последние годы экспериментальные и теоретические исследования таких типов фундаментов указывают на возникновение существенных проблем, особенно в вопросах обеспечения устойчивости наклонных оснований в процессе возведения и монтажа зданий [2,3]. Поэтому необходимость разработки экономичных и надежных удерживающих конструкций для такого типа зданий является решающей.

Исходя из этого в КАПКС, в качестве одного из вариантов удержания здания, сооружения на склоновом основании, предложено решение с применением анкерного крепления фундаментной решетки (рис. 1). В этом случае возможно использование анкеров как преднапряженных, так и без преднапряжения, которые закрепляются на фундаментной ленте и прорезают покрывающие слои грунта с заделкой в коренных породах основания, включаясь в работу под действием наклонной составляющей нагрузки от веса здания, сооружения.

Места установки анкеров определяют по эпюре изгибающих моментов в расчетных нормальных сечениях продольных балок фундамента. Анкера прикрепляются к продольным балкам в зоне действия максимального пролетного изгибающего момента

 M_{sp} . Выполнение этого условия позволяет существенно уменьшить действующие пролетные моменты M_{sp} и соответственно процент армирования балок. При значительных внешних нагрузках возможно многорядное расположение анкеров.



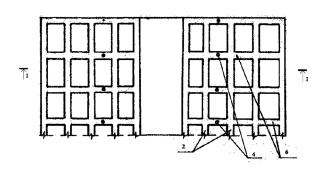


Рис. 1.Здание, сооружение на склоне с креплением анкерами

1-здание, сооружение; 2-поперечные ленты фундамента; 3- покрывающие слои грунта; 4- анкера; 5- коренные грунты; 6- продольные ленты фундамента Рассмотрим условие равновесия системы «анкер - грунт - фундаментная балка» (рис. 2), в которой выделяются три основные части: зона заделки, с помощью которой анкерное усилие передается на грунт, свободная часть, позволяющая распределять напряжения между грунтом и сооружением и опорная часть, где непосредственно производится закрепление анкеров.

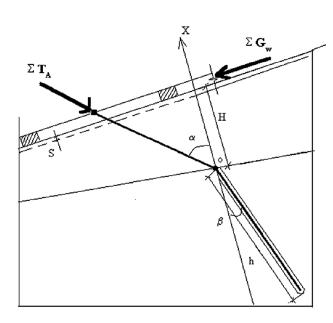


Рис. 2. Расчетная схема анкерного крепления фундамента на склоне

Получим, что

$$\sum G_W = \sum T_A \sin \alpha + \sum T_A \cos \alpha f . \quad (1)$$

где: $\sum G_W$ - суммарная сдвиговая составляющая веса здания, сооружения, направленная вдоль поверхности склона; $\sum T_A = T_A n$ - суммарное усилие в растянутых анкерах; α - угол между перпендикуляром к поверхности склона и натянутым анкером; $f = tg\phi$ - коэффициент внутреннего трения грунта; ϕ - угол внутреннего трения грунта, n - количество анкеров. В этом случае считаем, что усилие натяжения во всех анкерах одинаково, вследствие симметричности их крепления относительно оси фундаментной решетки и перемещения подошвы фундамента параллельно поверхности склона.

Тогда усилия в анкерах и их количество находится из условия (1)

$$T_A = \frac{\sum G_W}{n(\sin\alpha + \cos\alpha \, tg\phi)}.$$
 (2)

Нормальная к поверхности склона составляющая веса здания, передаваемая через наклонную ленту, определяется в виде

$$\sum G_N = n T_A \cos \alpha . \tag{3}$$

Необходимая площадь поперечного сечения анкера A_{sA} и глубина h его заделки в коренные грунты определяются исходя из значения усилия T_A в соответствии с требованиями [4].

Проведенный математический анализ выражения (2) показал, что минимальное значение усилие T_A имеет место, когда натянутый трос анкера располагается под углом

$$\alpha_1 = \frac{\pi}{2} - \varphi. \tag{4}$$

Таким образом, получаем, что оптимальный угол расположения анкера должен быть равен углу внутреннего трения грунта ϕ . Под этим же углом необходимо и бурить скважину анкера.

Однако, как показывают исследования, грунт является упруговязким материалом, и его напряженно-деформированное состояние меняется с течением времени [5,9]. Это обуславливается в первую очередь реологическими свойствами скелета грунта, а именно процессами ползучести грунта под лентой и в заделках анкеров. Если учесть эти факторы, то задача поиска оптимального угла, под которым должны буриться скважины, существенно усложняется.

Приведем один из вариантов решения этой задачи, который, по нашему мнению, позволит получить максимальный экономический эффект от применения такого типа удержания перекрестно-балочного фундамента здания на наклонной поверхности склона.

Используем расчетную схему системы, приведенную на рис.2, считая, что ее перемещения происходят в полярной системе координат, основная ось которой ОХ является перпендикуляром к поверхности склона. Ее направление будет положительным, если она ориентирована вверх, к подошве фундамента здания. Центр

оси ОХ расположен на границе слоев грунта и совпадает с точкой пересечения оси анкера в ненапряженном состоянии с границей коренных пород. Тогда выражение, связывающее основные геометрические параметры системы, будет следующим

$$S(t) + ((L_0 - h) + \Delta L_0(t) + + R(t)) \cos \alpha(t) = H + h_{b_a}$$
 (5)

где S(t) - нормальная осадка поверхности склона от действия натяжения анкера от веса здания; L_0 - первоначальная длина ненапряженного анкера; h - длина заделки анкера в коренные грунты; $\Delta L_0(t)$ - удлинение троса анкера при его натяжении; ; R(t) - радиальное перемещение точки заделки анкера в коренные грунты; H - расстояние от точки пересечения оси анкера с коренными породами до поверхности склона; h_{b_a} -высота сечения фундаментной балки вместе с необходимыми анкерными креплениями (шайбами, подкладками, головками и т.п.).

В первом приближении будем считать, что анкер работает в упругой стадии. Тогда, пользуясь законом Гука, получим

$$\frac{T_A(t)}{A_{sA}} = E_{sA} \frac{\Delta L_0(t)}{L_0}.$$
 (6)

где: E_{sA} - модуль упругости материала, из которого изготовлен анкер; A_{sA} - площадь поперечного сечения анкера. Тогда

$$\Delta L_0(t) = \frac{T_A(t) L_0}{E_{sA} A_{sA}}.$$
 (7)

Для описания деформаций ползучести будем использовать теорию наследственности Больцмана - Вольтерры, уравнение которой в случае линейных свойств деформации при многократном загружении имеет вид интегрального уравнения Вольтерры 2-го рода [6]

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma(t)}{E} + \frac{1}{E} \int_{0}^{t} K(t - \tau) \ \sigma(\tau) d\tau$$
 (8)

Это уравнение достаточно точно описывает деформируемость скелета дисперсных грунтов и впервые применено В.А. Флориным [7].

В этом случае, принимая в качестве расчетной модели грунта модель Винклера с одним коэффициентом жесткости \boldsymbol{k}_{zp} , постоянным под подошвой ленты фундамента, по аналогии с (8) можно записать два основных уравнения, описывающих деформации ползучести покрывающего слоя грунта под подошвой ленты и в заделке анкера с учетом выражения (3)

$$S(t) = \frac{1}{l_b k_{zp}} \sum G_N(t) + \frac{1}{l_b k_{zp}} \int_0^t K_1(t - \tau) \sum G_N(\tau) d\tau =$$

$$= \frac{n}{l_b k_{zp}} \left(T_A(t) \cos \alpha(t) + \int_0^t \delta e^{-\delta_1(t - \tau)} T_A(\tau) \cos \alpha(\tau) d\tau \right);$$
(9)

$$R(t) = \frac{\begin{pmatrix} T_{A}(t) + \\ + \int_{0}^{t} K_{2}(t - \tau) T_{A}(\tau) d\tau \end{pmatrix}}{k_{I}} = \frac{1}{k_{I}} \begin{pmatrix} T_{A}(t) + \\ + \int_{0}^{t} \omega e^{-\omega_{2}(t - \tau)} T_{A}(\tau) d\tau \end{pmatrix}.$$
 (10)

где I_b - ширина зоны распределения нагрузки от анкера под подошвой ленты фундамента; $K_1(t-\tau)=\delta \ e^{-\delta_1(t-\tau)}$ - ядро ползучести покрывающих грунтов, принято по рекомендациям [9]; $K_2(t-\tau)=\omega \ e^{-\omega_1(t-\tau)}$ - ядро ползучести грунта на контакте с заделкой; $\delta, \delta_1, \omega, \omega_1$ - параметры ядер ползучести, которые определяют опытным путем по методике, изложенной в [8];

 k_I - коэффициент, который учитывает линейные деформации заделки анкера в грунте.

Так как под воздействием анкерной нагрузки в зоне заделки возникают сложные сдвиговые напряжения, а сопротивление грунта срезу и прочность его сцепления с цементной заделкой имеют решающее значение для обеспечения надежной работы анкера, необходимо создать условия для затухания деформаций ползучести в заделке. Это обеспечивается, согласно [4], ограничением действующих касательных напряжений значением длительной прочности контакта цементного раствора и грунта. Эти особенности учитываются при нахождении длины и диаметра заделки, а также при определении коэффициента \boldsymbol{k}_I . Последний находится как соотношение между анкерным усилием и перемещениями в заделке без учета фактора времени.

Из рассмотрения расчетной схемы (рис. 2) имеем

$$(L_0 - h)\cos\beta = H + h_{b_a}. \tag{11}$$

Подставляя выражения (7), (9), (10) в соотношение (5), получим интегральное уравнение, связывающее параметры $T_{\rm A}(t)$ и $\alpha(t)$

$$\frac{n}{l_{b}k_{cp}} \left\{ T_{A}(t) \cos \alpha(t) + \frac{1}{l_{b}k_{cp}} \left\{ + \int_{0}^{t} \delta e^{-\delta_{1}(t-\tau)} T_{A}(\tau) \cos \alpha(\tau) d\tau \right\} + \cos \alpha(t) \times \left[\frac{1}{k_{l}} \left(T_{A}(t) + \frac{1}{l_{b}} \omega e^{-\omega_{2}(t-\tau)} T_{A}(\tau) d\tau \right) + \frac{1}{l_{b}} \left\{ - \frac{1}{l_{b}} \left(T_{A}(t) + \frac{1}{l_{b}} \omega e^{-\omega_{2}(t-\tau)} T_{A}(\tau) d\tau \right) + \frac{1}{l_{b}} \right\} \right\} = H + h_{b_{a}}$$

$$= H + h_{b_{a}}$$
(12)

С учетом уравнения (11), деля обе части уравнения (12) на $\cos \alpha(t)$ окончательно будем иметь

$$T_{A}(t) D_{s} + \frac{n}{l_{b}k_{cp}} \int_{0}^{t} \frac{\delta e^{-\delta_{1}(t-\tau)} T_{A}(\tau) \cos \alpha(\tau)}{\cos \alpha(t)} d\tau + \frac{1}{k_{l}} \int_{0}^{t} \omega e^{-\omega_{2}(t-\tau)} T_{A}(\tau) d\tau =$$

$$= (H + h_{b_{a}}) \left(\frac{1}{\cos \alpha(t)} - \frac{1}{\cos \beta} \right)$$
(13)

где
$$D_s = \frac{n}{l_b \ k_{co}} + \frac{H + h_{b_a}}{E_{sA} \ A_{sA} \ cos \ \beta} + \frac{1}{k_l}$$
.

Уравнения (2) и (13) являются полной системой уравнений, которые описывают поведение системы «грунт-анкер-фундамент» в течение всего периода эксплуатации и устанавливают зависимость между T_A и α от времени.

Для нахождения оптимального угла β необходимо рассмотреть два случая при различных вариантах по времени, а именно при t=0 и $t=\infty$, так как такой прием существенно упрощает вычисления.

При t=0 соответствующие функции $T_A(t)$ и $\alpha(t)$ принимают следующие значения

$$T_{A_0} = \frac{\sum G_W}{n \left(\sin \alpha_0 + \cos \alpha_0 \, tg \, \varphi \right)}, \qquad (14)$$

$$T_{A_0} D_s = (H + h_{b_a}) \times \times (1/\cos\alpha_0 - 1/\cos\beta).$$
 (15)

При $t=\infty$ рассмотрим два основных предела

$$\lim_{t\to\infty} T_A = T_\infty \; ; \; \lim_{t\to\infty} \alpha(t) = \alpha_\infty \quad (16)$$

где $T_{\infty} < \infty$; $\alpha(t) < \pi/2$ Анализ уравнения (13) показывает, что функции $T_A(t)$ и $\alpha(t)$ дважды дифференцируемые по времени t на интервале $[0,\infty]$. Тогда из существования пределов (16) будем иметь

$$\lim_{t_{max\to\infty}} dT_A / dt \big|_{t=t_{max}} = 0;$$

$$\lim_{t_{max}\to\infty} d^2 T_A / dt^2 \mid_{t=t_{max}} = 0 , \qquad (17)$$

$$\lim_{t_{max}\to\infty} d\alpha / dt \mid_{t=t_{max}} = 0;$$

$$\lim_{t_{max\to\infty}} d^2 \alpha / dt^2 \Big|_{t=t_{max}} = 0.$$
 (18)

где t_{max} - максимальный срок эксплуатации анкерного крепления.

Чтобы получить уравнение, связывающее T_{∞} и α_{∞} , необходимо дважды продифференцировать уравнение (13) по t с учетом вида ядер ползучести и перейти к пределу при $t \to \infty$. При этом необходимо ввести следующие обозначения

$$\lim_{t \to \infty} \int_{0}^{t} \frac{\delta e^{-\delta_{1}(t-\tau)} T_{A}(\tau) \cos \alpha(\tau)}{\cos \alpha(t) d\tau} = A_{1}, \quad (19)$$

$$\lim_{t \to \infty} \int_{0}^{t} \omega e^{-\omega_{2}(t-\tau)} T_{A}(\tau) d\tau = A_{2}.$$
 (20)

Тогда используя выражения (16-18), применяя обозначения (19), (20) и группируя, получим

$$\frac{n A_1}{l_b k_{zp}} + \frac{A_2}{k_l} = (H + h_{b_a}) \times \times (1/\cos\alpha_{\infty} - 1/\cos\beta) - T_{\infty} D_w$$
(21)

$$\frac{n A_1 \delta_1}{l_b k_{zp}} + \frac{A_2 \omega_1}{k_l} = \left(\frac{n \delta}{l_b k_{zp}} + \frac{\omega}{k_l}\right) T_{\infty}; \quad (22) \qquad \text{где } C = \frac{n \delta}{l_b k_{zp} \delta_1} + \frac{\omega}{k_l \omega_1}$$

$$\frac{n A_1 \delta_1^2}{l_b k_{zp}} + \frac{A_2 \omega_1^2}{k_l} = \left(\frac{n \delta \delta_1}{l_b k_{zp}} + \frac{\omega \omega_1}{k_l}\right) T_{\infty}. (23)$$

После преобразований имеем

$$T_{\infty} \left(\frac{D_{w} + n \delta}{l_{b} k_{zp} \delta_{1}} + \frac{\omega}{k_{l} \omega_{1}} \right) =$$

$$= (H + h_{b_{a}}) (1/\cos \alpha_{\infty} - 1/\cos \beta)$$
(24)

Рассматривая выражение (3) при $t \to \infty$ получим второе уравнение системы, связывающее параметры T_{∞} и α_{∞}

$$T_{\infty} = \frac{\sum G_{w} \cos \varphi}{n \left(\sin \left(\alpha_{\infty} + \varphi \right) \right)}.$$
 (25)

Таким образом, имеем четыре уравнения (14), (15), (24) и (25), в состав которых входят пять неизвестных величин, а именно T_0 ; α_0 ; T_∞ ; α_∞ и β . Необходимо установить пятое уравнение, которое позволит определить единственное решение системы, относительно угла β .

Предположим, что оптимальным будет угол В, при котором соблюдается условие соотношения углов $\alpha_0 < \alpha_1 < \alpha_\infty$, тогда по усилию натяжения анкера выполняется соотношение

$$T_0 = T_m = T \tag{26}$$

Найдем, используя выражения (14), (15), (24), (25), соотношение между начальным α_0 и конечным α_∞ углами положения анкера в покрывающих грунтах

$$\frac{(D_w + C)}{\sin(\alpha_w + \varphi)} - \frac{D_w}{\sin(\alpha_0 + \varphi)} =$$

$$= n(H + h_{b_a}) \times$$

$$\times \frac{(\frac{1}{\cos \alpha_w} - \frac{1}{\cos \alpha_0})}{(\sum G_w \cos \varphi)}$$
(27)

где
$$C = \frac{n \delta}{l_b k_m \delta_1} + \frac{\omega}{k_L \omega_1}$$

Тогда из (14) и (25) с учетом уравнения (26)

$$sin(\alpha_{\infty} + \varphi) = sin(\alpha_{0} + \varphi),$$

откуда $\overline{\alpha}_{\infty} = \pi - 2\varphi - \overline{\alpha}_{0}$ (28)

Таким образом,

$$(\overline{\alpha}_{\infty} + \overline{\alpha}_{0})/2 = \pi/2 - \varphi = \alpha_{1}.$$

Подставив (28) в (27) получим тригонометрическое уравнение относительно $\overline{\alpha}_0$

$$\frac{C}{\sin(\overline{\alpha}_{0} + \varphi)} =$$

$$= -\frac{n(H + h_{b_{a}})}{\sum G_{w} \cos \varphi} \left(\frac{1}{\cos(\overline{\alpha}_{0} + 2\varphi)} + \frac{1}{\cos \beta} \right)$$
(29)

Для решения уравнения (29) введем обозначения

$$W = 1 + \left(\left(\frac{2n \left(H + h_{b_a} \right)}{\left(C T_A \right)} \right)^2 \right)^{-1/2}; \quad (30)$$

$$\theta = \arccos(W)$$

Тогда (29) принимает вид

$$\cos(2\overline{\alpha}_0 + 2\varphi - \theta) = -W \cos 2\varphi. \tag{31}$$

В этом случае угол $\bar{\alpha}_0$ определится из решения уравнения (31) :

$$\overline{\alpha}_0 = \frac{\pi}{2} - \varphi - \frac{\begin{pmatrix} arccos(W\cos 2\varphi) - \\ -arccos(W) \end{pmatrix}}{2}. \quad (32)$$

Подставляя (32) в (14) будем иметь

$$T_{A} = \frac{\sum G_{w} \cos \varphi}{n \cos \left(\frac{\arccos (W \cos 2\varphi) - }{-\arccos (W)} \right)}$$
(33)

Производя подстановку (33) и (32) в выражения (14) и (15) окончательно получим выражения для оптимального угла $\overline{\beta}$

$$\beta = \arccos \begin{bmatrix} \left(1 + \frac{T_A}{E_{sA} A_{sA}}\right) \times \\ \times \left(\frac{1}{\cos \alpha_0} - \\ \times \left(-\frac{T_A}{H + h_{b_a}} \left(\frac{n}{l_b k_{cp}} + \\ + \frac{1}{k_l}\right)\right)^{-1} \right]$$
(34)

ВЫВОДЫ

- Предложена система интегральных и алгебраических уравнений, позволяющих описать поведение системы «основание склона — анкер - фундамент» с учетом основных положений наследственной теории ползучести грунтов.
- На основании математического анализа разработан один из вариантов решения задачи оптимизации угла наклона скважины под анкер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Барыкин Б.Ю. Принципы биопозитивности // Строительство и техногенная безопасность / Сб. научн. тр. Крым. акад. природоохр. и курорт. стр-ва. Симферополь: КАПКС, 2000.- С.26-28.
- Барыкин Б.Ю. Применение перекрестно-балочных фундаментов для строительства зданий и сооружений на сложном рельефе// Строительные конструкции / Межведомственный сб. научн. работ, вып.53, Механика грунтов и фундаментостроение.- Киев: НИИСК, 2000.- С.323-330.
- Барыкин Б.Ю. Опыт построение метода расчета прочности наклонных сечений перекрестно-балочных фундаментов при застройке склоновых территорий // Строительные конструкции / Межведомственный сб. научн. работ, вып. 59, Научно-технические проблемы современного железобетона.- Киев: НИИСК, 2003.- С. 151-156.
- Вишневский П.Ф. Современные методы анкерного крепления в строительстве.- М.: Воениздат, 1981.- 248 с.
- Мурзенко Ю.Н. Расчет оснований зданий и сооружений в упругопластической стадии работы с применением ЭВМ.-Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1989.- 135 с.
- Колтунов М.А. Ползучесть и релаксация.- М.: Высш. школа, 1976.- 277с.
- 7. Флорин В.А. Расчет оснований гидротехнических сооружений. М.: Госстройиздат, 1948.- 188 с.
- 8. Цытович Н.А. Механика грунгов. М.: Высш. школа, 1983.-288 с.
- 9. Шукле Л. Реологические проблемы механики грунтов.- М.: Стройиздат, 1976. — 486 с.

УДК 531.8

Г.Н. Бугаевский д. ф-м. н., профессор

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Силы инерции и сложное движение

Принцип Даламбера широко используется в проектных расчетах, в задачах строительной механики без достаточного разъяснения смысла этого принципа. В данной статье рассматриваются основные понятия инерциальной системы отсчета и понятие сил инерции как поправок, необходимых для описания реальных закономерностей в ньютоновых инерциальных система отсчета.

Принцип инерции, силы инерции, силы Даламбера, «потерянные силы».

1. Понятие сил инерции и сил Даламбера

Задачи теоретической механики практически во всей учебной литературе составлены для специально подобранных «удобных» углов и моментов времени. Считается, что решение таких задач дает навыки использования классических законов, теорем, приемов. Предполагается, что этого достаточно для того, чтобы инженер на основе таких навыков мог решать нестандартные, не учебные задачи, возникающие в реальных условиях, в производстве.

Вместе с тем, разделу кинематики, который посвящен сложному движению точки, в учебной литературе по механике обычно уделяется недостаточное внимание. Скорости и ускорения точки выражают в виде векторных сумм, содержащих «относительные» и «переносные» слагаемые. Для вектора ускорения обе эти величины представляют в виде векторных сумм касательной и нормальной составляющих. Получающиеся векторы имеют разное направление в пространстве. Учебную задачу ставят для такого момента времени, в который, по возможности, составляющие вектора ускорения взаимно параллельны, «антипараллельны», взаимно перпендикулярны.

Даже для такого единственного момента времени на заключительном этапе составляющие ускорения приходится проектировать на оси временной вспомогательной системы координат с тем, чтобы полный вектор можно было построить из таких суммарных проекций на оси. Это, на наш взгляд, приводит к тому, что студент не получает никакой руководящей идеи для решения задач (связанных со сложным движением), в произвольные моменты времени, при произвольных ориенти-

ровках векторов. Нетрудно показать хотя бы на отдельных примерах, что в практической работе специалисту приходится решать задачи, связанные со сложным движением.

При рассмотрении реакции зданий и сооружений на сейсмическое воздействие анализ процесса движения отдельных точек во времени заменяют обобщенными понятиями главных частот и форм колебаний, справедливых для модели многомассового вертикально стоящего маятника или пространственной модели в варианте В.К. Егупова. При этом сама реакция сооружения рассматривается в виде распределения ступенчатых статических смещений в точках модели сооружения. Какова динамическая реакция на внешнее воздействие не только такой упрощенной модели, но тем более сооружения произвольной конфигурации?

Выход из строя различного типа механизмов, двигателей связывают обычно с центробежными силами, разрушающими связи. В каких элементах механизма при увеличении скоростей или нагрузок предельные силы могут возникать быстрее, чем в других частях, каковы скорости нарастания этих сил в разных элементах?

Ответы на эти и подобные вопросы требуют решения задач о сложном движении точек и материальных систем в более полной постановке. Оно связано с такими принципиальными, «идеологическими» проблемами классической механики, как понятие инерциальности систем отсчета, трактовка понятий сил инерции и сил Даламбера.

Как известно, первый и второй фундаментальные законы Ньютона справедливы именно в инерциальных системах координат, т.е. в системах, движущихся равномерно и прямо-

линейно или покоящихся. Ж. Лагранж в книге [1] по этому поводу говорит следующее:

- «...каждое движение, сообщенное телу, является по своей природе равномерным и прямолинейным;
- различные движения, сообщенные одновременно или последовательно одному и тому же телу, складываются таким образом...», как ... «если бы каждое из них в действительности существовало отдельно в теле».

«В этих-то двух законах и содержатся известные принципы силы инерции и сложного движения» (стр. 293). Лагранж говорит далее о том, что Галилей открыл оба эти принципа. Заметим: «принцип силы инерции», а не принцип инерции. Под «принципом силы инерции» подразумевается приверженность любого тела к инерциальному т.е. равномерному и прямолинейному движению. Под принципом инерции Даламбера в тот период подразумевался принцип потерянных сил. В предисловии "От издательства" редакторы упомянутой книги Л.Г. Лойцянский и А.И. Лурье говорят следующее: «Даламбер (1717—1783) в своем «Трактате динамики» (1743) выдвинул в качестве основного принципа динамики системы обобщение принципа Якова Бернулли (1654—1705), сводящее условия движения системы к условию ее равновесия под действием потерянных сил. Приобретя широкую известность, трактат Даламбера тем не менее не смог сыграть роли систематической сводки аппарата аналитической динамики материальных систем, ибо оказался лишь малоупорядоченным набором примеров на приложение принципа равновесия потерянных сил, не содержащим никаких методически стройных и единообразных приемов составления дифференциальных уравнений движении материальных систем». Сочетание вариационного принципа виртуальных перемещений Лагранжа и принципа Даламбера равновесия под действием потерянных сил привело к так называемому общему уравнению динамики материальных систем.

За посленьютоново время стало ясно, что инерциальных систем, строго говоря, нет не только в земных условиях, но и в космосе. Следовательно, неинерциальность систем отсчета является, по существу, также фундаментальным свойством окружающего нас реального мира.

Использование непосредственно законов Ньютона является успешным в тех практических случаях, когда рассматривается механический процесс в ограниченной области пространства в течение достаточно короткого промежутка времени. В качестве примера могут служить механические процессы, протекающие на некотором участке поверхности Земли (хотя вращающаяся Земля является неинерциальной системой отсчета). Но и в этом случае, если для изучаемого явления систему, связанную с Землей, нельзя считать инерциальной, используют «принцип Даламбера», т.е. добавляют потерянные силы и переводят динамические уравнения в условия статического равновесия.

Что должно при этом входить в понятие потерянных сил или в понятие сил инерции? Каковы критерии (прежде всего, количественные) принятия той или иной системы координат в качестве инерциальной? Понятно, что реальное движение всегда представляет длинную иерархию движений, так сказать «вложенных одно в другое». Поэтому решение каждой конкретной задачи было бы целесообразно начинать с оценки возможности использования одной неподвижной, инерциальной системы координат и оценки пределов погрешностей, обусловленных ЭТИМ упрощением. Если погрешность при этом окажется больше точности наблюдений, следует решать задачу с использованием подвижных систем. Тогда всё должно сводиться к сложному движению точки или системы точек. При этом смещение, скорость и ускорение каждой из точек приходится определять из правил сложения движений. Однако при необходимости изучения процесса движения во времени уже нельзя ограничиваться «удобными» моментами времени и углами. Нужно уметь определять смещение, скорость и ускорение точки в подвижной системе координат как функций времени.

Такую задачу можно решать, используя проекции векторных уравнений сложного движения на оси координат. Ниже приведены выражения, определяющие эти векторы в системе, принятой в качестве абсолютной:

$$\vec{v}_{rM} = \vec{v}_M - \vec{v}_O - \left[\vec{\omega}_e, \vec{r}_M\right], \tag{1}$$

$$\begin{split} \vec{a}_{rM} &= \vec{a}_{M} - \vec{a}_{o} - 2 \big[\vec{\omega}_{e}, \vec{v}_{rM} \big] - \\ &- \big[\vec{\omega}_{e}, \big[\vec{\omega}_{e}, \vec{r}_{M} \big] \big] - \big[\vec{\epsilon}_{e}, \vec{r}_{M} \big] \end{split} , \tag{2}$$

где \vec{r}_M , \vec{v}_M , \vec{a}_M , \vec{v}_O , \vec{a}_O , \vec{v}_{rM} , \vec{a}_{rM} , $\vec{\omega}_e$, $\vec{\epsilon}_e$ есть, соответственно, радиус-вектор в подвижной системе координат точки M, движение которой изучается, векторы скорости и ускорения поступательного движения точки M и подвижной системах отсчета, векторы скорости и ускорения переносного вращательного движения подвижной системы в абсолютной.

Для динамических расчетов особенно важно второе выражение. Умножив его на массу движущейся точки, получим слева силу, действующую на эту точку в подвижной системе координат, а справа — силу, приложенную к точке в абсолютной системе, и все остальные силы как силы инерции, приложенные к точке, реально существующие за счет неинерциальности подвижной системы — поступательного или вращательного движения ее начала в абсолютной системе,

$$-m\vec{a}_0$$

и вращательного движения подвижной системы с переносной угловой скоростью $\vec{\omega}_e$ и переносным угловым ускорением $\vec{\epsilon}_e$:

$$-2m\left[\vec{\omega}_{e}, \vec{v}_{rM}\right],$$

$$-m\left[\vec{\omega}_{e}, \left[\vec{\omega}_{e}, \vec{r}_{M}\right]\right],$$

$$-m\left[\vec{\varepsilon}_{e}, \vec{r}_{M}\right].$$

Первый из этих векторов является силой Кориолиса, второй сводится к силе, значение которой определяется осестремительным ускорением, третий является силой инерции, связанной с вращательным ускорением.

На основании равенств (1) и (2):

$$\vec{v}_{M} = \vec{i} v_{Mx} + \vec{j} v_{My} + \vec{k} v_{Mz} = \begin{cases} v_{Ox} + \dot{x}_{M} + \omega_{ey} z_{M} - \omega_{ez} y_{M} \\ v_{Oy} + \dot{y}_{M} + \omega_{ez} x_{M} - \omega_{ex} z_{M} \\ v_{Oz} + \dot{z}_{M} + \omega_{ex} y_{M} - \omega_{ey} x_{M} \end{cases}, \quad (3)$$

$$\begin{cases}
a_{Ox} + \dot{x}_{M} + 2(\omega_{ey}\dot{z}_{M} - \omega_{ez}\dot{y}_{M}) + \\
+ \omega_{ex}(\vec{\omega}_{e}, \vec{r}_{M}) - x_{M}\omega_{e}^{2} + \varepsilon_{ey}z_{M} - \\
- \varepsilon_{ez}y_{M} \\
a_{Oy} + y_{M} + 2(\omega_{ez}\dot{x}_{M} - \omega_{ex}\dot{z}_{M}) + \\
+ \omega_{ey}(\vec{\omega}_{e}, \vec{r}_{M}) - y_{M}\omega_{e}^{2} + \varepsilon_{ez}x_{M} - \\
- \varepsilon_{ex}z_{M} \\
a_{Oz} + z_{M} + 2(\omega_{ex}\dot{y}_{M} - \omega_{ey}\dot{x}_{M}) + \\
+ \omega_{ez}(\vec{\omega}_{e}, \vec{r}_{M}) - z_{M}\omega_{e}^{2} + \varepsilon_{ex}y_{M} - \\
- \varepsilon_{ey}x_{M}
\end{cases}, (4)$$

где
$$(\vec{\omega}_e, \vec{r}_M) = \omega_{ex} x_M + \omega_{ey} y_M + \omega_{ez} z_M$$
.

Для решения задач сложного движения с помощью выражений (3) и (4) задаются уравнения переносного - поступательного и вращательного движений подвижной системы в неподвижной (абсолютной) и уравнения относительного движения точки в подвижной системе. Это позволяет определять компоненты абсолютной скорости и абсолютного ускорения как функции времени.

2. Использование общего уравнения динамики материальной системы

Как известно, наблюдения за движением небесных тел, выполненные Тихо Браге и обобщенные Иоганном Кеплером, привели к установлению следующих трех законов Кеплера:

- 1. Все небесные тела движутся по плоским орбитам с соблюдением закона площадей.
- 2. Орбиты тел Солнечной системы представляют собой конические сечения, в одном из фокусов которых находится Солнце.
- 3. Квадраты звездных времен обращения планет по их орбитам пропорциональны кубам больших полуосей этих орбит.

Если эти законы представить в математической форме, пользуясь полярной системой координат, то результат приведет к следующему выводу: ускорение точки, движущейся по орбите - коническому сечению, являющееся центральным и направленное к центру движения, всегда обратно пропорционально квадрату радиуса-вектора:

$$a = a_r = -\frac{\mu}{r^2} .$$

Здесь уже присутствуют основные черты ньютоновского закона всемирного тяго-

тения:
$$\vec{F} = -\vec{r}^0 \gamma \frac{M}{r^2} m$$
 - направленность силы

к центру движения и обратная пропорциональность ее квадрату расстояния между взаимодействующими массами m и M. Коэффициент μ является величиной, постоянной для данного центрального тела. Если вычислить ее для Земли и принять r = R, т.е. считать тело с массой m, лежащим на поверхности Земли, то оказывается, что ве-

личина
$$\frac{\mu}{R^2} = \frac{\gamma M_3}{R^2} = g$$
, т.е. совпадает с ус-

корением притяжения тела к Земле. Это убедило Ньютона в том, что природа сил взаимного притяжения в космосе и на Земле является единой. Таким образом, еще в 17м веке было найдено, что движение космических тел не является свободным и, в частности, тела Солнечной системы движутся в неинерциальной системе отсчета по траекториям, которые в эвклидовом пространстве являются криволинейными. Поскольку в гравитационных полях изопотенциальными являются поверхности сфер, траектории инерциального движения в них являются криволинейными. Для объяснения наблюдаемого движения привлекались силы инерции, а именно центробежные силы.

«Потерянные силы» в принципе Даламбера (которые в отдельных работах по теоретической механике и до настоящего времени называются то силами инерции, то фиктивными силами) не являются реальными силами, поскольку были введены Бернулли и Даламбером лишь для перевода динамических уравнений движения в форму условий равновесия материальной системы. В этом смысле общее уравнение динамики системы, являющееся выражением принципа Лагранжа-Даламбера, также можно рассматривать в качестве недостаточно последовательного, незавершенного приема решения задач динамики.

Вернемся к вопросу о содержании понятия силы инерции. Поскольку описание механического движения может сводиться к описанию явления в подвижной системе координат, оно должно опираться на выражения (1) и (2). Если исходить из достаточности одной подвижной системы координат и из определения сил инерции как суммы:

$$-m\vec{a}_{0}-2m\left[\vec{\omega}_{e},\vec{v}_{rM}\right]-$$

$$-m\left[\vec{\omega}_{e},\left[\vec{\omega}_{e},\vec{r}_{M}\right]\right]-$$

$$-m\left[\vec{\varepsilon}_{e},\vec{r}_{M}\right]=-m\vec{a}_{J}$$

то состав сил инерции можно считать исчерпывающим и общее уравнение динамики — действительно общим.

Следовательно, силы инерции нужно рассматривать как корректирующие величины, позволяющие пользоваться законами Ньютона для описания движения в неинерциальной системе координат.

Такой подход к описанию сложного движения точки или материальной системы, использующий определения выражений (3) и (4), может дать специалисту единую методологию определения сил, действующих в подвижной (не ньютоновой) системе координат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лагранж Ж. Аналитическая механика, т. I, М., Л., Гос. изд. техн.-теор. лит., 1950, 594 с.

УДК 624.04+550.34

Г.Н. Бугаевский, д.ф-м. н., профессор

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Экспериментальное изучение реакции сооружения на механическое воздействие

Показано, что моделирование реакции сооружения на сейсмическое воздействие должно опираться не на статическое представление о распределении частот и форм главных колебаний, а на динамический отклик сооружения, на колебательный процесс конструкции под действием сейсмических волн. Приведены результаты экспериментальных определений отклика грунта и сооружения на искусственное механическое воздействие

спектр, компонента, сейсмометрический канал, инструментальная калибровка, идентификация, велосиграмма.

В проекте ДБН раздел «Расчеты на сейсмические воздействия» посвящен в основном «Спектральному методу расчета». Это название связано с использованием моделей сооружения — консольной и пространственной, с помощью которых определяют частоты и формы главных колебаний. Формы колебаний являются распределением статических смещений узлов сооружения, обусловленных приложением ступенчатых сил инерции к сосредоточенным массам. Эти силы пропорциональны максимальному ускорению, которое отвечает максимальной интенсивности сейсмического воздействия, возможной в данной точке территории по картам сейсмического районирования.

Таким образом, «спектральный метод», строго говоря, лишь условно можно назвать динамическим. В то же время, необходимость определения динамического отклика сооружения на любое механическое воздействие стала актуальной. Уместно, в связи с этим, привести слова советского сейсмолога В.М. Фремда о том, что физические, расчетные динамические и математические модели в теории сейсмостойкости играют роль рабочих гипотез, что их оправданием могут служить только результаты тщательных инженерно—сейсмометрических наблюдений и научно-инженерного анализа последствий землетрясения.

Инструментальная калибровка и идентификация сейсмометрических каналов

Постановка таких наблюдений требует строгой инструментальной калибровки сейсмометрических каналов. Кафедра механики и сейсмостойкости сооружений КАПКС проводит соответствующие исследования в течение пятнадцати лет [1-6]. На рис.1 представлена фотография стенда для калибровки и испытаний сейсмометрической аппаратуры, разработанного кафедрой и аттестованного Крымским центром стандартизации, метрологии и сертифика-

ции. (см. ниже). На рис. 2, 3 и 4 приведены его характеристики.



Рис.1. Стенд для калибровки и испытаний сейсмометрической аппаратуры

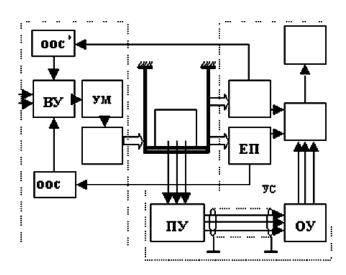


Рис.2. Структурная схема стенда.

ВУ – входной усилитель, УМ – усилители мощности, ЭДП – электро-динамические преобразователи, СП – сейсмоприемники, ИП – индуктивный преобразователь, ЕП – емкостной преобразователь, ПУ – предварительные усилители, ОУ – оконечные усилители, АЦП – аналогоцифровой преобразователь

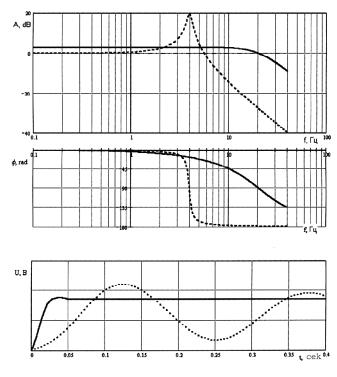


Рис. 3. Амплитудные, фазовые характеристики; единичный скачок

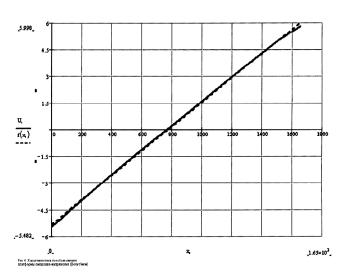


Рис.4. Характеристика преобразователя платформы смещение-напряжение (Вольт / мкм)

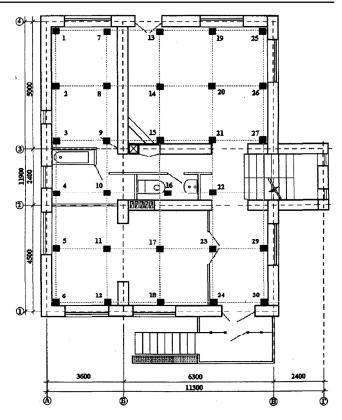


Рис.5. План первого этажа. Показана прямоугольная сетка расположения трехкомпонентных комплектов и номера точек.

Краткая справка о стенде

- 1.Стенд предназначен для калибровки универсальных сейсмоприемников типа С-5-С, СМ-3КВ и т. п. (предусмотрена возможность установки горизонтальных приемников типа СГК, СГК-М3, СГКД и т.п.).
- 2. Вертикальные смещения платформы стенда не превышают 0,5% от соответствующего горизонтального смещения.
- 3. Площадь платформы стенда $500 \times 500 \text{ мм}^2$.
- 4. Грузоподъемность платформы 400 Н обеспечивает возможность идентификации нескольких каналов путем одновременной прокачки в общем режиме.
- 5. Рабочий частотный диапазон платформы 0.01-25 Гц (с возможностью расширения в сторону высоких частот).
- 6. Максимальные амплитуды смещений платформы ±1 мм.
- 7. Силовой привод платформы управляется электрическим сигналом гармонической, квазисейсмической или случайной формы.

- 8. Электрическое питание биполярное ± 15 В.
- 9. Кинематические параметры (перемещение, скорость) истинного движения платформы параллельно с сигналом от сейсмоприемников преобразуются в электрические сигналы и выводятся для их регистрации в цифровой форме. Стенд используется для калибровки и идентификации комплектов сейсмоприемников СМ-3КВ, применяемых в экспериментах кафедры.

Регистрация отклика реального здания на механическое возлействие

Один из основных экспериментов был посвящен исследованию индивидуального двухэтажного жилого дома в с. Дубки (рис.5). Здание имеет подвал под всем домом. Высота подвала - 2,8 м, первого этажа - 3,3 м, второго этажа - 2,8 м.

Несущие стены - по осям A, Б, В и по осям 2, 3 на промежутке Б-B, остальные стены - самонесущие.

Подвал сложен из ФБС-40, класс бетона В-12,5 - В-15. Первый и второй этажи сложены из альминских пильных блоков толщиной 400-500 марки М75-125. Железобетонный сейсмопояс перекрытия подвала выполнен монолитным, сейсмопояс перекрытия 1-го и 2-го этажей сложен из УПБ со сваркой выпусков арматуры и замоноличиванием стыков. Перекрытия из панелей ПК, связаных с сейсмопоясом арматурой ф 10 А-III, стыки замоноличены. Ориентировочная масса здания около 500 тонн.

Один из комплектов калиброванной аппаратуры находился в постоянной точке наблюдений на грунте на расстоянии 11 м от здания, второй использовался для наблюдений в здании. Комплект аппаратуры в здании устанавливался последовательно в 80 узлах прямоугольной объёмной сетки, нижний уровень которой представлен на рис.5. Регистрацию сигнала от обоих комплектов сейсмоприёмников осуществляли в память ЭВМ с помощью программ АЦП L-Card. Обработку информации производили, в основном, с помощью программы GeMiS. В качестве источника ударного воздействия использовано

устройство типа подъёмного крана, которое обеспечивало стабильную высоту подъёма и постоянное положение точки удара в 40 м от здания. Основные параметры устройства: высота подъёма груза – 550 см; масса груза - 100 кг

Всего было зарегистрировано 80 ударов, по одному в каждой точке здания.

Работа выполнена в отсутствии финансирования по инициативе кафедры МиСС силами ее сотрудников и студентов. Запись реакции грунта проводили в реальных условиях села (движение транспорта, работа тракторов). Запись реакции здания осуществляли также без прекращения бытовой деятельности. Поэтому в исходных велосиграммах и в их спектрах должны были проявляться случайные помехи. Диапазон шкалы $0 \div 49 \Gamma$ ц.

Рис. 6 содержитв качестве примера монтаж 15 спектров записей реакции грунта в постоянной его точке, выбранных случайным образом из результатов регистрации 80 ударов. Спектры представлены в единых масштабных единицах для каждой из компонент х, у, z. Приведенные на этих рисунках результаты говорят о высокой степени повторяемости сигнала, зарегистрированного в одной точке.

Подборки спектров отклика здания по компоненте X содержатся для точек профилей 1-го этажа на рис.7: 01-06, 07-12, 19-24, 25-30; 2-го этажа на рис.8: 13-24, 19-24, 25-30; 3-го этажа на рис.9: 13-18, 19-24, 25-30. Каждая из подборок представлена в единых масштабных единицах. Ясно видна повышенная реакция на повторяющееся воздействие по компоненте X в точках здания 7-10, 19-21, 25-27 первого, второго и третьего этажей. Вместе с тем, на третьем этаже в точках 13, 19 и 25, непосредственно примыкающих к внешней поперечной стене «активной» стороны здания, максимумы спектров компоненты Х относительно понижены. Это свидетельствует о сложном распределении реакции соответствующего крыла здания по отношению к вынуждающим воздействиям на частотах от 2 до 17 Гц с резко преобладающим максимумом в интервале 4÷5 Гц.

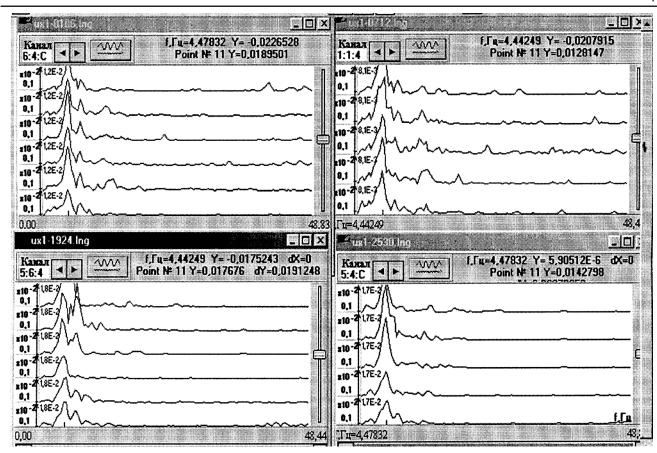


Рис. 6. Спектры записей компонент x, y, z ударов, полученных в одной точке грунта.

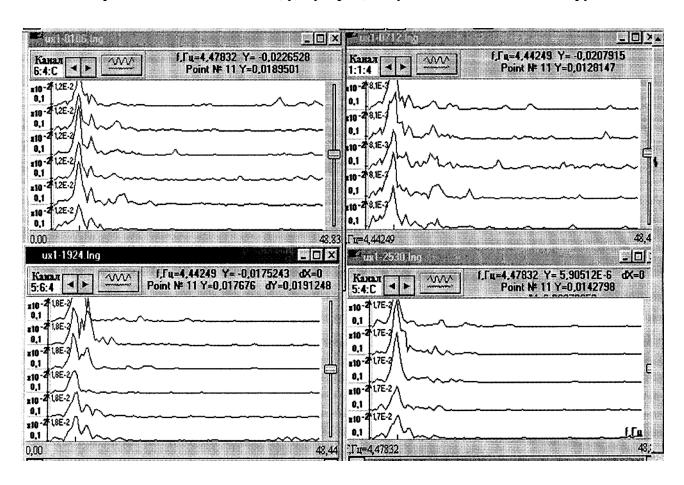


Рис.7. Спектры *х* -компоненты в точках первого этажа 01-06, 07-12, 19-24, 25-30.

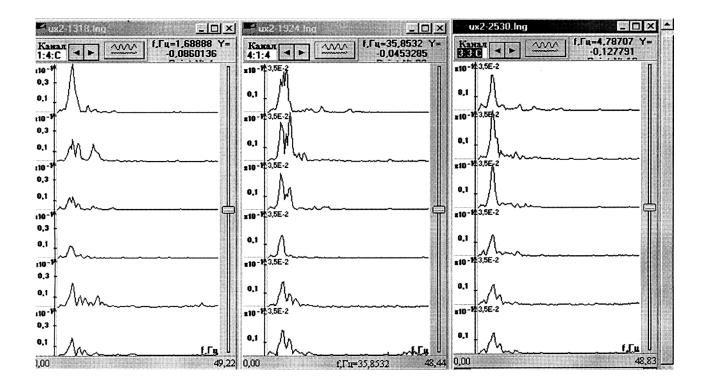


Рис. 8. Спектры x-компоненты в точках второго этажа 13-18, 19-24, 25-30.

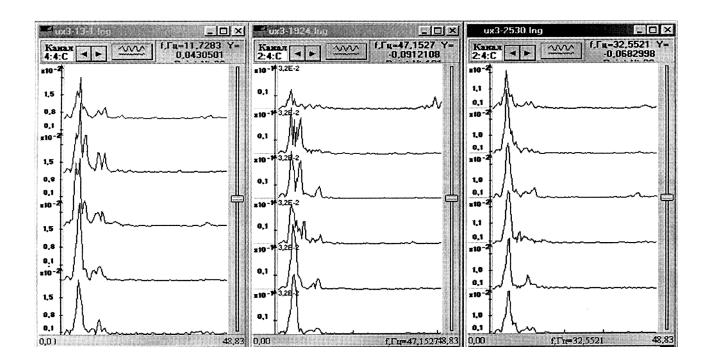


Рис. 9. Спектры *x* -компоненты в точках третьего этажа 13-18, 19-24, 25-30.

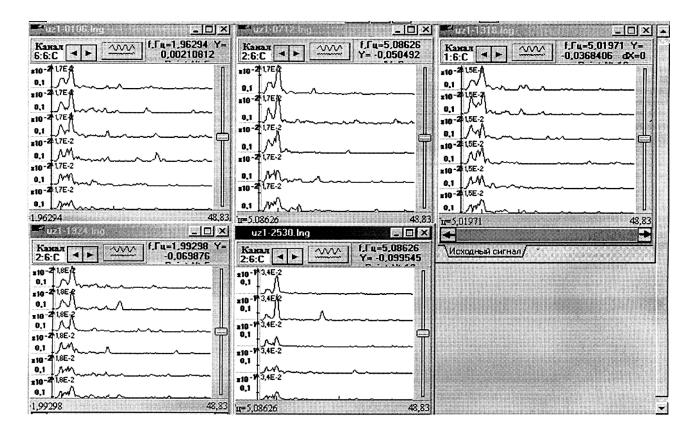


Рис.10. Спектры *z* -компоненты в точках первого этажа 01-06, 07-12, 13-18, 19-24, 25-30.

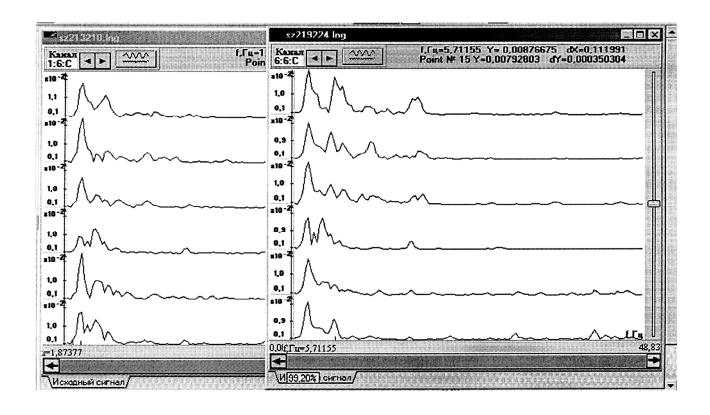


Рис.11. Спектры *z*-компоненты в точках второго этажа: 13-18, 19-24.

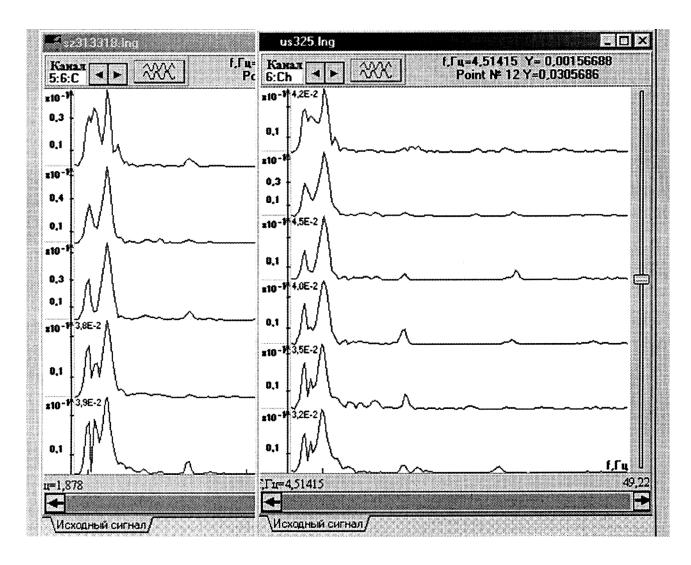


Рис.12. Спектры *z* -компоненты в точках третьего этажа: 13-18, 25-30.

Компонента Y во всех точках здания имеет максимумы спектров в 3-5 раз более низкие, чем компонента X.

Спектры компоненты Z (рис.10) для точек первого этажа: 01-12, 13-24, 25-30 также отражают определенную «асимметричность реакции здания». Спектры компоненты Z второго этажа характеризуются большей сложностью. Здесь проявляются две преобладающих частоты — около 2 и 5 Гц и неуверенно выделяющийся максимум на частоте около 17 Гц (см., например, рис.11).

Наконец, спектры откликов в точках третьего этажа (например, 13-18, 25-30 - рис. 12) отличаются большой простотой. В них абсолютно преобладающими являются максимумы на частотах около 1.8-2 и 4-5 Гц. Наблюдения, выходящие за рамки данной статьи, показали, что частота 1.93 Гц является для всех точек здания наиболее

низкой частотой собственных колебаний здания (которую в терминах «главных колебаний») можно было бы назвать частотой основного тона. Как отмечалось выше, частота 4-5 Гц является частотой вынуждающих воздействий, проявившихся в данном эксперименте (при заданных условиях возбуждения).

В отдельных частях здания наблюдается общее для группы смежных точек усложнение спектров отклика, проявление в них более высокочастотной реакции на воздействие. Полученные результаты, по-видимому, свидетельствуют о более сложной реакции сооружения, чем это следует из представлений о главных частотах и формах колебаний.

Конечно, исследованное здание, построенное с постоянным участием владельцев здания, сделано с хорошим качеством ра-

бот. Это, а также общая его конфигурация, близкая к кубу, не давали надежд на выявление значительных аномалий реакции в пространстве здания.

Тем не менее, полученные результаты позволяют сделать следующие основные выводы.

выводы

- 1. Инструментальная калибровка сейсмометрических каналов обеспечивает:
- устойчивую воспроизводимость записи повторяющегося воздействия;
- чувствительность сейсмического спектрально-динамического зонирования (ССДЗ), достаточную для связи спектров отклика с конструктивными особенностями здания.
- 2. Методика ССДЗ объектов может быть:
- распространена на выявление зон в сооружении с повышенным градиентом полей напряжений или полей деформации;
- использована (в дополнение к сейсмическому микрорайонированию) для построения карт зонирования территорий по энергии реакции

грунта на сейсмическое воздействие в определенных частотных диапазонах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Бугаевский Г.Н., Белов В.П. Однокомпонентный стенд для испытаний сейсмометрической аппаратуры. В сб.: Инженерносейсмометрическая служба страны (сбор, обработка и использование инфомации. Тез. докл. школы-семинара (Махачкала,14-18 октября 1987г.) Махачкала, Изд. МСССС при През. АН СССР, 1987, с. 33-34
- 2. Бугаевский Г.Н., Степанюк А.Ю. Экспериментальное исследование реакции зданий и сооружений на механическое воздействие. В сб: «Динамические системы», вып. 13, 1994. Киев, изд. «Либідь», 1994, с. 85-92.
- 3. Бугаевский Г.Н., Байков А.Г. Сейсмоприемник линейных перемещений для регистрации реакции сооружения на сейсмическое воздействие. В сб.»Строительные материалы и строительные конструкции. Тез. докл. IV Междун. Конф. ICMB'96. Днепропетровск, 1996, с. 142-143.
- Бугаевский Г.Н., Белов В.П., Нестеренко С.Д., Геращенко А.А. Стенд для испытаний и калибровки сейсмометрической аппаратуры. Строительство и техногенная безопасность. Сб.науч.тр, вып.5. Симферополь, КАПКС, 2001,с.92-97
- 5. Бугаевский Г.Н., Нестеренко С.Д. Сейсмологический мониторинг в Сибири и на Дальнем Востоке (100-летие сейсмической станции «Иркутск». «Арт-пресс», Иркутск, 2002. С. 120-123).
- 6. Бугаевский Г.Н., Сафонов В.А. Разработка единого универсального сейсмо- приемника. Строительство и техногенная без-опасность. Сб. науч. тр., вып. 7. Симферополь, КАПКС, 2002, с. 126-130.

УДК 624.138

Н.В. Корниенко, В.П. Голуб, П.В. Павленко, А.Н. Ращенко

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

Деформации здания на усиленном в процессе строительства основании

Приведен опыт уплотнения основания при помощи пневмопробойника под фундаментной плитой жилого здания в процессе его возведения. Подтверждена эффективность такого уплотнения геодезическими наблюдениями за осадками здания в период строительства.

уплотнение, плитный фундамент, осадки здания, измерение давления под подошвой фундамента

В строительстве нередко приходится производить усиление оснований и фундаментов в процессе строительства. Причиной тому: внесение поправок в ранее разработанные проекты; наличие изменений в инженерно-геологических условиях, обнаруженных при устройстве котлована; произвольное изменение заказчиком или строителями глубины заложения, ширины фундаментов, несущей способности свай; ошибки при проектировании и в производстве работ по устройству оснований и фундаментов и пр. Примером этому может служить строительство жилого здания в г. Киеве на плитном фундаменте. По данным изысканий площадка строительства была сложена делювиальными и водно-ледниковыми песками и супесями, общая мощность которых достигала 28 м. Здание имело сложную форму в плане (см. рис. 1). Его пространственная жесткость дополнительно обеспечивалась монолитным железобетонным каркасом, устраиваемым в пределах подвальной части и первого-второго этажей здания (здесь здание было выполнено с неполным каркасом, а выше - с несущими кирпичными стенами). Здание кирпичное, шести- и девятиэтажное. Рассматривая вариант свайного фундамента, пришли к заключению, что в пределах пятна здания длина свай могла изменяться от 6...8 до 20...24 м. Поэтому, учитывая, что в верхней части повсеместно находились мелкие пески средней плотности с показателями e = 0.50...0.55, c = 2.5...4 кПа, $\phi = 30...33$ 0, E = 29...38 МПа, приняли решение устроить плитный фундамент с толщиной плиты 0.7 м. Недостатком этого варианта было то, что в мелких песках встречались супеси и суглинки, которые имели переменную мощность от 3.4 до 6.8 м. К тому же, на отдельных участках пески подстилали пластичные супеси. Супеси и суглинки обладали пониженными прочностными и деформационными свойствами. Для пылеватых пластичных супесей Ір = 0.04...0.06,

e=0.61...0.70, c=11 кПа, $\phi=21$ °, E=7...18М-Па; для суглинков тугопластичных и мягкопластичных Ір=0.10...0.12, e=0.56...0.64, c=20...31кПа, $\phi=19...20$ °, E=4...18 МПа. Коренные отложения залегали на глубине 18...22 м. Грунтовые воды находились на глубине около 10 м от поверхности.

В процессе производства работ по подготовке основания и устройства плитного фундамента было установлено, что принятая отметка заложения подошвы плиты не в полной мере учитывает изменчивость кровли песков несущего слоя, а супеси, залегавшие над этими песками, оказались в отдельных местах под подошвой фундамента. Мощность этих супесей изменялась от 0 до 2.7 м. Это вызвало опасение, что будуг развиваться неравномерные деформации основания, которые также могут привести к появлению трещин в фундаментной плите.

С целью выяснения мощности и распространения в плане ослабленных участков основания под пятном здания было выполнено динамическое зондирование ручным зондом на глубину до 3.0...3.5 м от уровня подошвы фундаментов. Оно позволило установить, что участки ослабления основания под подошвой фундамента на глубину до 0.5...2.7 м расположены по периметру здания (см. рис. 1).

Так как армирование плиты и ее геометрические размеры были рассчитаны как для плиты на упругом основании с модулем деформации E = 30 МПа, было принято решение о необходимости улучшения основания в пределах супесей непосредственно под подошвой фундаментной плиты за счет локального уплотнения при помощи пневмопробойника ИП 4603A.

Это решение было продиктовано еще и тем, что фундаментная плита была частично возведена (выполнена бетонная подготовка толщиной 100 мм, уложены арматурные сетки и уложен бетон

на ограниченной части плиты), что исключало возможность уплотнения слабого грунта с поверхности. Поэтому в выполненных элементах бетонной подготовки и фундаментной плиты устраивались отверстия Ø 160...170 мм, в которые вставлялись вертикальные гильзы из металлических труб Ø 159 мм длиной 750 мм таким образом, чтобы полностью пройти толщину будущей фундаментной плиты. После набора бетоном проектной прочности через эти отверстия пробивалась полость на глубину до 2...3 м ниже подошвы фундамента (это определялось мощностью супесей под подошвой фундамента). В полость подавалась песчано-щебеночная смесь в соотношении 1:1 в объеме до 0.06 м³ на 1 м пог полости. Она дополнительно уплотнялась до отказа. Верхняя часть полости в пределах бетонной плиты заполнялась бетоном класса В 20. Положение точек уплотнения в плане показано на рис. 1.

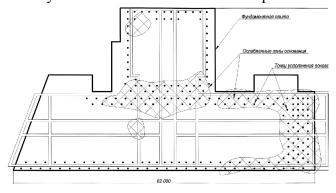


Рис.1 Схема расположенния ослабленных зон и точек уплотнения основания в пределах пятна задния

Практически в основании под плитой формировались цилиндрические столбы уплотненного щебнем грунта общим диаметром 0.45...0.50 м, ядро которых было сформировано смесью с модулем деформации Е = 50 МПа. Плотность грунта в промежутках между точками уплотнения контролировалась на специально незабетонированных участках плиты, в том числе при помощи динамического зондирования ручным зондом. Величина модуля деформации в пределах уплотненной супеси составила 22.5...27 МПа.

Для оценки эффективности такого метода местного уплотнения грунта под подошвой плитного фундамента проводили геодезические наблюдения за деформациями здания.

С этой целью по наружным стенам здания в уровне цоколя были установлены 10 марок (см.

рис. 2). Нивелирование по маркам выполняли высокоточным нивелиром. Наблюдения производили в период возведения здания и до окончания строительства. Дополнительно значение давления на грунт основания контролировали при помощи гидравлических датчиков, установленных в уровне подошвы плитного фундамента. Положение этих датчиков в плане показано на рис. 2. Значение давления на грунт основания зависело от количества этажей, конструктивного решения здания и положения датчика в плане плиты. К концу строительства это давление составляло в среднем 200...230 кПа, что соответствовало расчетным значениям.

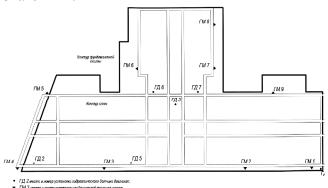


Рис.2. Схема установки гидравлических датчиков давления и геодезических марок.

ГД2- место и номер установки гидравлического датчика давления; ГМ3-место и номер установки геодезической марки на цоколе

Результаты наблюдений приведены в табл. Таблица.

Осадки марок за период строительства здания

	Осадка марок, мм, дата замера 25.05.2000 24.06.2000 25.07.2000 05.10.2000			
№марки	25.05.2000	24.06.2000	25.07.2000	05.10.2000
Rp100	0	0	0	0
1	0	3.7	4.9	5.1
2	0	2.4	3.6	*
3	0	2.9	3.7	*
4	0	3.1	4.2	10
5	0	3.2	6.4	9.3
6	0	0.5	4.9	10.1
7	0	1	4.8	6.6
8	0	3.2	6.4	9.2
9	0	2.4	5.5	9.3
10	0	3.4	8.6	12.5

Примечание: * - марки нарушены в процессе выполнения облицовочных работ.

На период первого замера 25.05.2000 г. давление на подошве фундаментов составляло 70...100 кПа. Таким образом, при изменении давления до 200...230 кПа деформации основания составили в основном 0.9...1.2 см. Предполагая, что при меньших давлениях с начала возведения фундаментов до первого замера деформации нарастали линейно, можно считать, что величина общей осадки фундаментной плиты не превысила 2.5 см. Учитывая, что основание в пределах сжимаемой толщи сложено преимущественно песками, мощность сжимаемой толщи для здания не превышала 10 м. Расчетное значение осадки здания на плитном фундаменте при модуле деформации E = 25 МПа

(среднее с учетом уплотнения) составляло 2.1 см. Таким образом, значение осадки основания за период наблюдения практически полностью было реализована. Можно предположить, что во времени с прибавлением полезной нагрузки осадки возрастут до 3...3.5 см. Однако, это значительно ниже предельной средней осадки для этого класса здания Su = 10 см.

вывод

Проведенные наблюдения подтвердили эффективность локального уплотнения грунтов основания под подошвой фундаментов с использованием пневмопробойника ИП 4603 А. Проведенное уплотнение позволило добиться равномерных осадок основания, не превышающих допустимых.

* Примечание главного редактора:

К сожалению авторы не указали местоположение 6-ти и 9-ти этажной частей здания на плане. Вполне вероятно, что осадки основания фундаментной плиты не привысили бы нормативного значения и без усиления, так как толща слабых грунтов составила 5-20% сжимаемой толщи на ограниченных участках плана и запас по деформациям основания после усиления оказался тройным.

УДК 624.155

Н.В. Корниенко, А.Б.Пресняков

Киевский национальный университет строительства и архитектуры.

Применение вдавливаемых свай повышенной несущей способности в условиях плотной городской застройки

На данном этапе развития фундаментостроения наблюдается тенденция освоения строительных площадок в условиях плотной городской застройки, что приводит к поиску новых рациональных решений по устройству фундаментов. В этих условиях целесообразно использование вдавливаемых свай, которые обладают целым рядом преимуществ по сравнению с буронабивными, буро-инъекционными и забивными сваями.

вдавливаемые сваи, установка для погружения свай, плотная городская застройка

В современных условиях новое строительство и реконструкция существующих зданий и сооружений в крупных городах проводится, как правило, на участках старой застройки. При этом новые здания возводятся чаще всего на участках существования ветхой застройки, подлежащей сносу, а соседние здания, в том числе и имеющие архитектурно-историческое значение, сохраняются. В этих условиях, при проектировании оснований и фундаментов, необходимо учитывать такие дополнительные требования:

- влияние устраиваемых фундаментов на окружающую застройку должно быть минимальным; так чтобы соседние здания не получили чувствительных дополнительных деформаций и тем более не были бы подвержены разрушению;
- фундаменты реконструируемых зданий должны быть надёжными. Их деформации во времени должны быть минимальными;
- проведение работ по их устройству или усилению должно быть безопасным.

Этим требованиям удовлетворяет, в подавляющем большинстве случаев, устройство свайных фундаментов из буронабивных, буро-инъекционных и вдавливаемых свай.

Опыт строительства показывает, что устройство буронабивных и даже буроинъекционных свай часто бывает причиной неравномерной деформации оснований соседних зданий. Особенно это характерно при наличии в основаниях слабых водонасыщенних грунтов: пылеватых песков, текучих супесей, заиленных и заторфованых супесей и суглинков. Положительным же при

устройстве буронабивных и буроинъекционных свай является отсутствие динамических нагрузок на основание (а значит и на соседние здания) при их устройстве и возможность достижения несущей способности практически любого уровня от 400 до 2500 кН. По этому показателю обычные вдавливаемые сваи уступают буронабивным и буроинъекционным сваям, хотя при устройстве вдавливаемых свай не допускается вынос грунта из-под фундаментов соседних зданий, что в большей мере гарантирует их целостность и сохранность. Так как обычное оборудование для вдавливания свай на базе экскаваторов и кранов позволяет достичь несущей способности в 400...800 кН, то область их применения резко снижается.

Поэтому была предпринята попытка повышения значения вдавливающего усилия за счет создания новой конструкции вдавливающего агрегата с тем, чтобы достичь несущей способности одиночной сваи до 900...1500 кН.

Так, после постепенного улучшения была создана установка для погружения свай любой конструкции, названая УВУ-250 (рис.1) Принимая во внимание то, что габариты вдавливающей установки во многом определяются объёмом пригруза, данный агрегат имеет значительные размеры и предназначен для использования на открытых строительных площадках. В свою очередь, это предопределило способ применения установки на рельсовом ходу 5 с дополнительным перемещением вдавливающего агрегата 4 вдоль его рабочих балок 2 (см. рис. 1, 2). При разработке конструкции установки ставилась задача обеспечения ми-

нимальных размеров выступающих частей установки за ось вдавливания свай, что позволяло бы проведение работ по вдавливанию свай непосредственно возле существующего здания. С другой стороны, величина этого расстояния не должна была вызвать дополнительных деформаций основания соседнего здания. Так удалось уменьшить это расстояние до 0.5 м и тем самым обеспечить производство работ установки для возможных случаев пристройки.

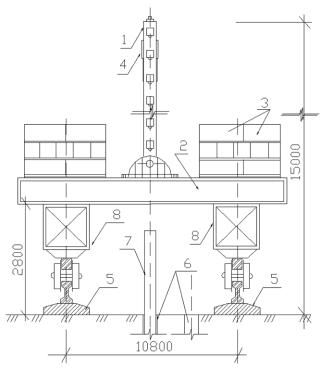


Рис. 1. Схема вдавливающей установки.

1-"шахта"; 2-рабочая балка; 3-пригрузы; 4-домкрат; 5-подкрановая линия; 6-лидирующая скважина; 7-свая; 8-пригрузочная балка.

Технология процесса вдавливания

Перемещение установки происходит по сборным инвентарным подкрановым линиям 5 при максимальной ширине между осями пригрузочных балок 8...10.8 м и, в то же время, по рабочим балкам 2, перпендикулярно движению установки, осуществляется перемещение "шахты" 1, что позволяет выполнять работы в пределах всего пятна захватки. Работа агрегата обеспечивается гусеничным или пневмоколёсным краном грузоподъёмностью 10 т.

Сваю подают краном к рабочим балкам 6, где она центрируется в вертикальном положении при помощи установленного там же кондуктора. После этого, на голову сваи устанавливается домкрат 4, перемещающийся в вертикальном направлении в пре-"шахты". Домкрат позволяет создавать вдавливающее усилие до 2500 кН. Вдавливание сваи осуществляется с автоматическим шаговым перемещением домкрата через 0.8 м по высоте до отметки головы сваи, превышающей на 1.2 м отметку поверхности площадки. Дальнейшее заглубление сваи осуществляется с применением дополнительного инвентарного трубчатого оголовка. При этом отметка головы сваи относительно поверхности площадки не ограничивается. Существующая возможность постоянного контролирования вдавливающего усилия позволяет обеспечивать близкую несущую способность каждой сваи в свайном поле.

При наличии залегания с поверхности плотных слоев грунта и невозможности их продавливания, дополнительным оборудованием предусмотрено устройство лидирующих скважин, диаметр которых принимается обычно на 5...10 см меньше диаметра сваи.

В качестве вдавливаемых свай можно использовать, как типовые, так и сваи специальных конструкций (например, трапециидального сечения, с уширениями по боковой поверхности и др.).

Обычно установка обеспечивает погружение свай длиной до 12 м, однако существует возможность увеличения их длины до 14...16 м за счет предварительно устраиваемой лидирующей скважины глубиной 2...4 м. При большей длине или других условиях вдавливания, применяются составные сваи. Имеется опыт погружения составных свай на глубину 22...32 м.

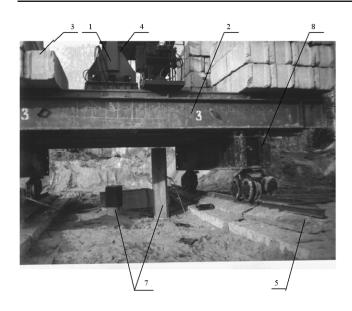


Рис. 2.Установка УВУ-250 в работе. (Масса установки 30 т, масса пригруза 170т.) (Обозначения элементов установки см. рис. 1).

Установка УВУ-250 позволяет вдавливать в обычных грунтовых условиях до 10...12 свай (длиной 12 м) в смену.

Статические испытания свай, после их "отдыха", выполняются при помощи этой же установки. Несущая способность одиночных свай в разных грунтовых условиях г. Киева обеспечивала требуемое значение расчетной нагрузки по проектам и составляла 600...1520 кН.

Геодезический контроль на многочисленных площадках подтвердил, что в процессе устройства свайных фундаментов таким методом соседние здания дополнительных деформаций не имеют.

вывод

Предложенный метод устройства вдавливаемых свай является конкурентоспособным не только с буронабивными и буроинъекционными сваями, но и с забивными. Это подтверждает сравнение испытаний свай, устроенных разными методами в различных инженерно-геологических условиях.

* Примечание главного редактора:

При создании установки такого нагружения более перспективна рычажная конструкция, обеспечивающая вдавливание сваи под свободной консолью балки. При этом можно на порядок уменьшить вес пригруза и обеспечить вдавливание свай практически вплотную с фундаментом существующего здания. В будующем авторам целесообразно рассмотреть такой вариант

УДК699.841

Н.В. Мартынов, инженер

Крымская академия природоохранного и курортного строительства.

Практический вариант комплексного решения системы сейсмозащиты строительных объектов со скользящими поясами.

Практический вариант комплексного решения системы сейсмоизоляции со скользящим поясом, в котором объединяются положительные свойства ряда активных систем сейсмозащиты при минимизации их отрицательных составляющих. Системы приобретают новые технические свойства и возможности, представляющие большой практический интерес.

активная сейсмозащита, амортизатор, опорные пластины, оболочка, резинометаллическая опора, сейсмоизолирующие прокладки, подушки, скользящие пояса, опоры, упор-ограничитель смещений, экструзивный демпфер, энергопоглотители.

Идея систем активной сейсмозащиты строительных объектов на базе использования сил внешнего трения основывается на возможности существенного снижения горизонтальных нагрузок за счет проскальзывания элементов активной сейсмозащиты друг относительно друга. Часть энергии, сообщаемая изолируемому объекту, затрачивается при этом не на преодоление сопротивления связей в конструкции, а на преодоление сил трения скольжения. При этом обеспечивается жесткая кинематическая связь изолируемого объекта с колеблющимся объектом до тех пор, пока суммарная инерционная сила в системе не превысит порога сил трения. Значение этого порога зависит от коэффициента трения и от конфигурации поверхности скольжения. Поглощение энергии колебаний и ее рассеяние при относительном проскальзывании элементов активной сейсмозащиты строительного объекта весьма значительны, что позволяет с одной стороны существенно снизить сейсмическую нагрузку, а с другой подобрать фрикционную пару так, чтобы система не срабатывала на ветровые нагрузки. [1-2]

В качестве фрикционной пары могут использоваться различные материалы: сыпучие песок, глина, щебень; естественные и искусственные камни; различные металлы; разного рода полимеры и пластмассы; органические и естественные смазки и т.д. Следовательно, параметры системы и эффективность сейсмозащиты в значительной мере определятся выбором коэффициента трения. В зависимости от используемой фрикционной пары внешнее трение подразделяют на сухое (Кулоново) и вязкое (Ньютоново) трение: к сухому трению относят трение сыпучих или плотных материалов, а к

вязкому - трение с использованием вязких жидкостей.

Активная сейсмозащита строительных объектов на базе использования сил внешнего трения получила название - сейсмозащита со скользящими поясами или опорами, а элементы фрикционной пары - наименование сейсмоизоляционных «прокладок» или «подушек».

Большой вес здания, сооружения и атмосферные воздействия, отбирающие и приносящие влагу в песчаные и глинистые «подушки», со временем существенно изменяют их первоначальные свойства - песок и глина спрессовываются до каменного состояния или превращаются в мелкую пыль, что ведет к изменению физических свойства и коэффициента трения «подушек» во времени. [2]

Новые возможности в использовании элементов с сухим трением появились за счет графитовых смазок, капроно- и нейлоно-графитовых вкладышей, особенно фторопласта-4 — политетрафторэтилена и фторопласта-3 — политрифторхлорэтилена. Данные материалы обладают стабильными прочностными свойствами во времени, низким коэффициентом трения и низкой себестоимостью.

Конструктивно системы сейсмоизоляции, использующие в качестве фрикционной пары элементы с низким коэффициентом трения, представляют собой скользящий пояс, состоящий из ряда опор с пластинами с низким коэффициентом трения скольжения [3-4]. Пояс вводится между несущими конструкциями здания и фундаментом или непосредственно в фундамент. Рис. 1. представляет разрез пояса в горизонтальной плоскости. При слабых колебаниях ускорение основания передается зданию, как

при жесткой связи с фундаментом. При увеличении ускоренния основания - силы трения

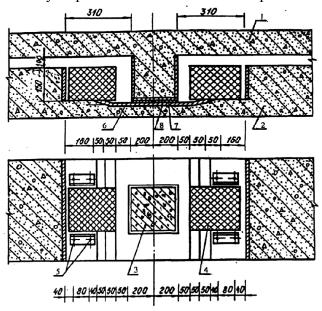


Рис. 1. Вариант конструктивного решения сейсмозащиты со скользящими опорами:

1 — железобетонный ростверк; 2 — жесткий ограничитель горизонтальных перемещений; 3 — опора ростверка; 4 — упругий ограничитель горизонтальных перемещений; 5 — анкерный болт; 6—закладная деталь; 7 — пластина фторопласта-4; 8 — пластина из нержавеющей стали.

преодолеваются и здание начинает проскальзывать относительно фундамента, что приводит к ограничению инерционных сил, возникающих в выше лежащих этажах, и для сейсмозащиты является фактором положительным. Однако при этом возникает проблема обеспечения устойчивости сооружения. При сползании сооружения с фундамента, оно может потерять свою проектную устойчивость. Для ограничения взаимных горизонтальных перемещений объекта относительно его фундамента в систему сейсмоизоляции приходится вводить упругие (резинометаллические) и жесткие (железобетонные) ограничители. Первые – нужны для смягчения динамического воздействия (удара), вторые – для обеспечения общей устойчивости системы [2-5].

Опыт проектирования и строительства отмеченных выше объектов в ЦНИИСК им. Кучеренко [2, 6] показал, что данная система сейсмоизоляции может быть успешно использована для сооружений с жесткой конструктивной схемой. К достоинству данной системы следует отнести то, что она не требует создания до-

полнительных сложных, высокоточных узлов (сейсмоизолирующий пояс может быть легко выполнен как в заводских условиях, так и в условиях строительной площадки). Это не исключает высокой культуры производства и дополнительного контроля качества производства работ. Так при отсутствии строгой горизонтальности скользящих опор и дефектного соединения элементов сейсмозащиты (заклинивания сдвигаемых поясов за счет загрязнений фрикционных пластин) или при замене фрикционной пары на не предусмотренную проектом, имеет место значительное расхождение расчетной и реально получаемой картины поведения сейсмоизолируемого объекта, что недопустимо [2, 6].

Обычно в строительной практике, ввиду малой горизонтальной жесткости и прочности строительных объектов по сравнению с вертикальной жесткостью и прочностью, основное внимание уделяется расчету на горизонтальные сейсмические воздействия. Однако опыт реальных землетрясений показывает, что и вертикальная составляющая сейсмического воздействия может быть довольно значительной. Так, например, в случае Чилийского землетрясения 1985 г. вертикальное ускорение грунта достигало 0.85 g, при Газлийском 1976 г. - 1,2 g, а при землетрясении в Империал Вэли (штат Калифорния, США) в 1979 г. - 1.66 g [7]. Чтобы обеспечить объекту по настоящему эффективную и надежную сейсмозащиту, наряду с горизонтальной составляющей необходимо учитывать и вертикальную составляющую.

Для восприятия вертикальной составляющей в активной сейсмозащите технологически наиболее подходящими являются резинометаллические опоры и экструзивные демпферы. В настоящее время в строительной практике используется несколько вариантов резинометаллических опор: французский, новозеландский, американский и итальянский. Несмотря на конструктивные различия опор, в целом, это система чередующихся стальных листов с неопреном (фторопластом) со свинцовыми (Новая Зеландия и Япония) или резиновым (США) сердечниками (рис. 2).

Для предотвращения чрезмерной осадки зданий под нагрузкой от собственного веса, опоры выполняют жесткими в вертикальной плоскости и, в то же время, чтобы обеспечить воз-

можность упругого бокового перемещения, с малой жесткостью в горизонтальной плоскости

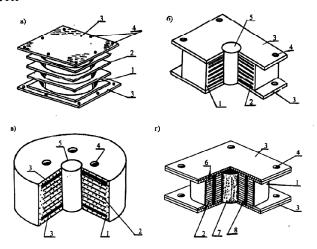


Рис. 2. Конструктивные схемы систем активной сейсмозащиты строительных объектов с помощью резинометаллических опор:

а) вариант опоры используемый во Франции (фирма GAPESC); б) вариант опоры используемый в Новой Зеландии; в) вариант опоры используемый в Японии; г) вариант опоры используемый в США; 1 — слой каучука (резины); 2 — внутренний стальной лист; 3 — опорная стальная пластина; 4 — отверстия для крепления опор к конструкциям сооружения; 5 — свинцовый сердечник; 6 - слой тефлона (или фторопласта); 7 — центральный резиновый стержень; 8 — периферийный резиновый стержень.

(в 360 раз меньше ее жесткости в вертикальной плоскости) [3, 5].

Благодаря упругим свойствам неопрена, опоры обладают высокой прочностью при сжатии, растяжении и кручении. Гарантированный срок службы опор составляет лишь 50 лет, что для многих строительных конструкций, учитывая время их эксплуатации, является явно недостаточным. Из-за большой жесткости пружин они мало эффективны при больших значениях закручивающих усилий, связанных с наличием эксцентриситета межу центром масс и центром жесткости строительного объекта. Они мало эффективны также при больших значениях вертикального сейсмического воздействия.

Принцип работы энергопоглотителей, в отличие от резинометаллических опор, основан на использовании пластических деформаций вещества (различных металлов), что и предопределяет иные его технические и конструктивные

возможности. Так специалистами Новой Зеландии предложена конструкция экструзивного поглотителя энергии, ведущего себя как «Кулонов демпфер». Конструкции экструзивных поглотителей энергии двух типов показаны на рис. 3.

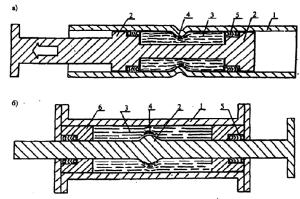


Рис.3. Конструкции экструзивных энергопоглотителей, разработанных в Новой Зеландии:

а) энергопоглотители типа I; б) энергопоглотители типа II; 1 - цилиндр; 2 - поршень (стрежень с уплотнением); 3 - свинец; 4 - экструзивное отверстие; 5 - уплотнение; 6 - вкладыш.

Достоинством таких поглотителей является то, что они имеют небольшие размеры, и представляют возможность использования в зданиях различных архитектурно-конструктивных схем и возможность легкой замены в случае необходимости [8].

Как показывает практика, экструзивные демпферы хорошо снижают вертикальную нагрузку, однако из-за своей строгой однонаправленности они малоэффективны при горизонтальных нагрузках.

Само собой напрашивается решение объединить положительные свойства отмечаемых систем активной сейсмозащиты и по возможности устранить или минимизировать их отрицательные особенности.

Определим условия, которым должна удовлетворять комплексная сейсмозащита:

Во-первых, она должна быть компактной, и по возможности конструктивно простой, что позволит изготовлять и собирать ее в заводских условиях. Это улучшает общее качество сейсмозащиты строительного объекта в целом и обеспечивает унификацию и типизацию сейсмозащиты.

Во-вторых, сейсмозащита должна представлять собой сейсмоизолирующий узел, со-

стоящий из элементов трения скольжения, обеспечивающих смещение (проскальзывание) строительного объекта по отношению к своему фундаменту. Для обеспечения общей устойчивости системы, она должна быть снабжена упором-ограничителем вертикальных и горизонтальных смещений. Наконец, она должна состоять из амортизирующих элементов, служащих для снижения вертикальной и горизонтальной составляющей сейсмического воздействия.

Итак, сейсмоизолирующий узел должен состоять из двух частей, свободно смещаемых друг относительно друга в горизонтальной плоскости (рис. 4. поз. 3), между которыми должны располагаться элементы трения скольжения (рис. 4. поз. 6). Одновременно с этим, части нового узла должны быть амортизаторами.

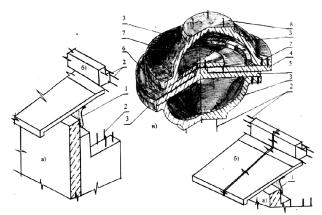


Рис. 4. Практический вариант комплексного решения системы сейсмозащиты со скользящим поясом (конструкции инженера Мартынова Н.В.):

а) элементы фундамента или этажа установки сейсмоизолирующего узла; б) ригельная балка подвала или балка этажа установки сейсмоизолирующего узла; в) сейсмоизолирующий узел; 1 - гибкая теплоизоляционная защита фундамента здания или сооружения; 2 – анкерующие стержни конструкций и стержни крепления сейсмоизолирующего узла; 3 - опорные оболочки сейсмоизолирующего узла; 4 - двутавровая и 5 кольцевая опорные пластины; 6 - фрикционные элементы; 7 - обечайка; 8 - опорная площадка для установки ригельных балок.

Решить поставленную задачу можно только посредством оптимального использования формы сейсмоизолирующего узла. Если, например, взять за основу упругую оболочку в виде эллипсоида или гиперболоида вращения, то получим необходимый по условиям задачи упру-

го-жесткий амортизатор, реагирующий как на вертикальную, так и на горизонтальную нагрузку. При этом, по форме амортизатор будет похож на «грецкий орех», состоящий из двух совмещенных торцами друг с другом упругих оболочек (рис. 4, поз. 3). В качестве материала амортизатора наиболее предпочтительными являются упругие металлы, например, титан, нержавеющая сталь, а также легированная сталь, упругая бронза и латунь, со специальным влагозащитным покрытием и т.д. Менее эффективно, но также возможно использование железобетона и углепластиков. [9].

Размещая элементы сейсмоизолирующего узла внутри «ореха» (оболочки), получаем защитный футляр (корпус), обеспечивающий защиту ответственным элементам сейсмозащиты от попадания в них строительного мусора, пыли и влаги.

Для обеспечения общей устойчивости системы сейсмоизолирующему узлу не хватает упора-ограничителя вертикальных и горизонтальных смещений сейсмоизолируемого объекта. Если одну из опорных пластин выполнить в форме двутавра (рис. 4. поз. 5), а вторую сделать кольцевой (рис. 4., поз. 4) и расположить ее между полками двугавра, то параллельность двутавровой опорной пластины позволит свободно, в рамках кольца, смещаться кольцевой опорной пластине. Тавровые полки опорной пластины являются ограничителем смещений в горизонтальной и вертикальной плоскостях. С одной стороны, опорные пластины обеспечивают общую устойчивость системе, с другой стороны, - соединение опорных пластин образует упругую «рессору». В результате сейсмического воздействия при движении сейсмозащищаемого объекта вверх элементы опорных оболочек выгибаются, в то же время, за счет сил упругости они стремятся вернуться в исходное положение, чем и обеспечивают соединению свойства упругого амортизатора. Кроме этого, опорные пластины выполняют роль своего рода обвязок, обеспечивающих жесткость и прочность оболочек по их торцам, а так же они служат распределителями напряжения от вертикальной составляющей нагрузки по контакту соприкосновения упругих оболочек [9].

Если снабдить торцы оболочек наклонной «обечайкой» (рис. 4, поз. 7), получим «тарельчатую» пружину. За счет сил упругости при сня-

тии нагрузки «обечайка» возвращается в свое проектное положение, а при приложении нагрузки — выгибается и принимает горизонтальное положение. Возможность дополнительного регулируемого влияния на значение динамической нагрузки и на частотные параметры системы «сейсмоизоляция-строительный объект», обеспечивается непосредственно при изготовлении обечайки, т.е. посредством придания «обечайке» соответствующего наклона и размеров сечения.

Сердечник тавровой опорной пластины (рис. 4, поз. 5) можно заменить на экструзивный демпфер (рис. 3.) и тем самым за счет рассеивания энергии движения посредством внутреннего трения демпфера снять еще часть (около 2-3 раз) динамической составляющей сейсмического воздействия. [8]

Система легко монтируема. А конструкция полученного сейсмоизолирующего узла позволяет устанавливать его в разных уровнях объекта, что является весьма необходимым условием, например, при устройстве здания или сооружения на крутом склоне или при реконструкциях, связанных с наращиванием этажности существующей застройки. Единственным обязательным при этом условием, как, в общем-то, и для всех остальных видов активной сейсмозащиты с элементами сухого трения, является обеспечение горизонтальности всех сейсмоизолирующих узлов сейсмозащиты.

В зависимости от условий применения сейсмозащиты, в качестве элементов трения может быть использован очень широкий спектр фрикционных пар трения (рис. 4 поз. 6). Наиболее экономична и эффективна система при использовании фрикционной пары фторопласт-металл, фторопласт-фторопласт, графит-металл (под графитом подразумеваются графитовые смазки и графитовые вкладыши, например, капроно- и нейлонографитовые вкладыши). Учитывая то, что у фторопласта и графита коэффициент трения скольжения около 0.04-0.08, то теоретически уменьшение сейсмического воздействия возможно от 12 до 25 раз. Разумеется в реальных условиях с учетом того, что объект сейсмозащиты не должен реагировать на ветровые воздействия (как постоянную ветровую составляющую, так и на импульсные порывы ветра), с учетом трения в сейсмоизолирущем узле и инженерных коммуникациях, эффективность сейсмозащиты значительно меньше. В целом эффективность сейсмозащиты зависит от многих факторов, в частности, от конфигурации, габаритов, сопротивления ветровому воздействию по боковой поверхности объекта, от конструктивного решения коммуникационных узлов, их трения и жесткости.

Данные затруднения компенсируются за счет соответствующих конструктивных мероприятий, например, посредством последовательной установки элементов сейсмозащиты в несколько рядов друг над другом. При этом общее уменьшение сейсмического воздействия, без учета трения и сопротивления в соединительных стыках и коммуникациях, будет определяться общим коэффициентом трения $f_{\text{общ.}} = f_1 * f_2 * ... * f_n$ по каждому составному узлу. Это открывает дополнительные и довольно значительные возможности по эффективной и надежной сейсмозащите строительных объектов.

Кроме значительного снижения инерционной составляющей сейсмического воздействия на строительные объекты, сейсмозащита позволяет снижать не только инерционную, но и частотную характеристику сейсмического воздействия. Аналогично тому, как за счет регулировки или подстройки частоты мы улучшаем слышимость той или иной радиостанции, мы можем регулировать и подстраивать элементы активной сейсмозащиты на интересующие нас частоты. При этом параметры сейсмозащиты подбираются из условия полного снятия резонанса и биений, как в самом строительном объекте, так и в его элементах, по возможности отфильтровываются вредные для здоровья человека частоты. Разумеется, наиболее существенное влияние на частотные параметры оказывают габариты, конфигурация, масса подземной и надземной части строительного объекта, и их конструктивные особенности. И, тем не менее, возможность управляемого изменения параметров сейсмозащиты является существенным средством в достижении эффективной сейсмозащиты строительных объектов.

Конструктивные особенности сейсмозащиты позволяют использовать ее для испытаний и исследований любых строительных объектов. По существу это готовый испытательный стенд. Не хватает лишь источника динамического воздействия и соответствующей регистрирующей аппаратуры.

Нет нужды говорить о большом разнообразии зданий и сооружений, отличающихся друг от друга габаритами, планировкой, конструкциями, материалами, способами изготовления и возведения. А все в целом - значительно отличает один строительный объект от другого. Конечно, аналоги типовых, конструктивных элементов здания или сооружения проходят всестороннюю проверку и апробацию. Однако никто не может точно сказать, как будет себя вести та или иная конструкция при пространственном сейсмическом воздействии в составе других элементов, составляющих строительный объект. Поэтому серийные здания и сооружения дополнительно подвергаются вибрационным испытаниям. Правда, в отличие от сейсмического воздействия, приходящего от грунта, вибрационное воздействие прикладывается к верхней части строительного объекта. Связано это с большой диссипацией грунта, охватывающего фундамент здания или сооружения, большим трением и жесткостью соединения фундамента здания или сооружения с его надземной частью. Естественно, это отражается на реальной работе строительного объекта и ведет к различного рода поправкам полученных результатов. В отличие от традиционных способов испытаний строительных объектов вибрационными воздействиями, комплексная сейсмозащита позволяет подводить воздействие непосредственно к низу строительного объекта и тем самым, без раскачки его фундамента, не тратя понапрасну энергию на вибрацию фундамента, корректно получать результаты, адекватно отражающих условия реальной работы строительного объекта при землетрясениях. После таких вибрационных испытаний, мы получаем возможность гарантировано сдавать заказчику готовые строительные объекты, накапливать соответствующую статистику поведения конструкций и сооружений. Обобщение статистики в дальнейшем позволит строить оптимальную сейсмозащиту строительных объектов.

Кроме динамических исследований строительных объектов, установка элементов сейсмоизоляции в несколько ярусов, открывает возможность в составе строительных объектов проводить динамические исследования других систем, элементов и узлов сейсмозащиты.

Данная система сейсмозащиты успешно решает и столь серьезную проблему, как реконструкция старинных и современных зданий, не нарушая их внешнего облика. В целом, не составит особых сложностей установить ее в фундаменте в месте расположения ответственных несущих элементов, например, в месте расположения колонн каркаса, стыковки стеновых панелей или пересечения несущих стен. Для этого, достаточно последовательно в стенах и конструкциях установки сейсмозащиты сделать выемку для расположения элементов сейсмозащиты, расположить элементы в образованной выемке, а затем надежно соответствующим образом закрепить их с фундаментом и верхом строительного объекта. И после установки всех элементов сейсмозащиты прорезать по периметру все стены подвала, например, горизонтальной баровой машиной или плазменным резаком. Разумеется, прежде чем резать верх стен фундамента из кирпича, камня или бута, верх стен фундамента до зоны прорезки следует усилить, например, железобетонными или стеклопластиковыми рубашками. Кроме этого, в случае необходимости под верх стен фундамента можно подвести соответствующее дополнительное металлическое или железобетонное усиление. При этом осуществляется все это постепенно от одного элемента сейсмозащиты до другого. Конечно, здание подвергается конструктивным изменениям, но, во-первых, они минимальны, во-вторых, изменения в основном охватывают лишь подвал или стены фундамента и цокольной части, а, следовательно, в большинстве случаев прикрыты от взоров стороннего наблюдателя. В тех случаях, когда элементы сейсмозащиты все же видны, их несложно замаскировать или придать им форму, не портящую внешний вид объекта сейсмозащиты.

Наравне с небольшой себестоимостью фрикционных элементов сейсмозащиты, невысока и стоимость корпуса.

Таким образом, компактность, простота установки и изготовления, низкая стоимость, высокая эффективность и надежность, легкость маскировки, возможность унификации и тиражирования всех элементов сейсмозащиты при

гарантированном качестве работ делают систему одной из самых лучших в области эффективной и надежной сейсмозащиты.

выводы:

- Рассмотренная система сейсмозащиты конструктивно является простой в исполнении, компактной, индустриальной и высоко эффективной.
- 2. Система активной сейсмозащиты успешно решает проблему реконструкции старых и современных зданий.
- Система открывает возможность строительства на склоновых сейсмоактивных территориях.
- Конструктивные особенности сейсмозащиты позволяют влиять и регулировать частотные параметры системы «сейсмозащита-строительный объект».
- 5. Сейсмозащита на своей конструктивной основе (базе) позволяет успешно сопоставлять и исследовать большинство имеющих место систем и элементов сейсмозащиты, а также проводить динамические исследования большинства зданий и сооружений и тем самым набирать статистический материал для последующего теоретического обобщения и сравнения.

Система активной сейсмозащиты обеспечивает возможность контроля и гарантируемой сдачи объекта в эксплуатацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Фрикционные фундаментные опоры сейсмостойких сооружений (Франция)//Сейсмостойкое строительство. Реф. сб./ЦИНИС, сер.14 -1979.-Вып.12.-С. 1-4.
- 2. Поляков С.В., Килимник Л.Ш., Черкашин А.В. Современные методы сейсмозащиты зданий. М.: Стройиздат, 1989. -320 с.
- Брянцева Н.В. Совершенствование и внедрение конструктивных решений зданий с системами сейсмоизолирующих скользящих опор.//Строительство и архитектура. Серия 14. Строительство в особых условиях. Сейсмостойкое строительство. Экспресс-информация. Отечественный и зарубежный опыт., М.: ЦНИИС. 1991 г. Выпуск 10, стр. 3-6.
- 4. Чуднецов В.П., Солдатова Л.Л. Здания с сейсмоизоляционным скользящим поясом и упругими ограничителями перемещений.//Строительство и архитектура. Серия – 14. Сейсмостойкое строительство. Научно-технический реферативный сборник. Отечественный и зарубежный опыт. М.: ЦНИС. Выпуск 5, стр. 1-3.
- 5. Казина Г.А., Килимник Л.Ш. Конструкции сейсмостойких зданий в зарубежном строительстве.//Обзор. М.: ЦИНИС, 1974.
- 6. Поляков С.В., Килимник Л.Ш., Солдатова Л.Л. Исследование зданий с сейсмоизолирующим поясом в фундаменте.- М.: Стройиздат. 1984.- 32 с.
- 7. Алексин П.А., Грайзер Г.Н. Плетнев Н.Н., Штейнберг В.В., Зайнутдинов К.С. Колебания грунта при сильных Газлийских землетрясениях 1976 г.// Строительство и архитектура. Серия 14. Сейсмостойкое строительство. Научно-технический реферативный сборник. Отечественный и зарубежной опыт.. М.: ЦНИИС, 1976 г. Выпуск 11, стр. 5-11.
- 8. An extrusion energy absorber suitable for the protection of structures during an earthquake.- «Earthquake Engineering and structural dynamic», 1976, v. 4, n 3, p.251-259.
- 9. Патент Украины № 6279 Е 02 d27/34. 1994, бюл. №8-1.

УДК

А.А. Пуляевский, инженер, Н.Д. Спрингер, инженер

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Исследования решений задач в расчетно-графических работах по теоретической механике с использованием программы *MathCAD*

Данная статья является итогом проводимых авторами на протяжении семи лет лабораторно-практических занятий по теоретической механике. Разработаны и рекомендованы к применению Методические указания для студентов строительной специальности. Преследуемая цель: научить студентов использованию ПК и проведению научно-исследовательских работ. Данная методика развивает у студентов творческий подход к самостоятельному решению ряда основных инженерных задач, связанных со строительством. По материалам статьи сделан доклад «Методика компьютерного решения задач по теоретической механике в проблемной постановке» на научной международной конференции 20.04.2000 г. в КАПКС, в решении которой было рекомендовано «…ввести программу "MathCAD Professional", как основной инструмент математических расчетов, в курс обязательной дисциплины для студентов строительных специальностей».

Теоретическая механика первой из учебных дисциплин естественно-научного профиля использует математические знания студентов, позволяя составить расчетную модель технического устройства или явления, выбрать метод решения и определить искомые зависимости.

В связи с широким внедрением компьютерной техники и компьютерных технологий в учебный процесс возникла необходимость в разработке циклов задач по теоретической механике (статика, кинематика, динамика) и методики их решения с использованием современных персональных компьютеров (ПК). Умение работать с ПК – необходимый элемент современной инженерной деятельности, поэтому использование их в учебном процессе высшей школы весьма актуально. Цель применения ПК для решения учебных задач - интенсификация учебного процесса, приобретение студентами навыков работы с ПК, активизация и организация учебной работы, улучшение качества выполнения курсовых работ и расчетно-графических заданий. При решении этих задач используется программа "MathCAD Professional", которая позволяет преодолеть технические трудности при вычислениях и сосредоточить внимание на главной задаче - выделении существенных черт изучаемых явлений, представлении их в виде достаточно простой схемы, подлежащей количественному и качественному анализу.

- I. Решение задач статики, в основе которых лежат законы равновесия твёрдого тела или системы тел, часто связано с громоздкими вычислениями. Стремление получить правильный конечный результат зачастую приводит к тому, что на первый план выдвигается вычислительная работа, а не исследование решаемой задачи. Без приобретения навыков анализа и решения этих задач невозможно усвоение курсов сопротивления материалов, строительной механики, строительных конструкций и т.д. Задача статики по определению реакций связей при равновесии системы тел с использованием программы "MathCAD Professional" состоит в следующем:
 - 1. Разделить составное тело на отдельные его части, проведя сквозные сечения по внутренним связям.
 - 2. Изобразить активные силы.
 - 3. На основании принципа освобождаемости от связей заменить внешние и внутренние связи для каждого отдельного тела соответствующими реакциями.
 - 4. В случае плоской системы сил для каждого из тел составить три уравнения равновесия.
 - 5. Исследовать поведение реакций опор и давлений в соединительных шарнирах в зависимости от угла наклона одной из заданных сил.

В качестве примера рассматривается равновесие строительной конструкции, со-

стоящей из трёх твёрдых тел, соединенных друг с другом шарнирами В и D (рис.1)

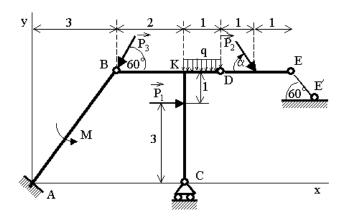


Рис.1. Строительная конструкции, состоящая из трёх твёрдых тел, соединенных друг с другом шарнирами В и D.

Конструкция разъединяется в шарнирах В и D и рассматривается равновесие каждой части в отдельности.

В случае многосоставной конструкции получается система из п неоднородных линейных алгебраических уравнений, стандартная форма которых имеет вид:

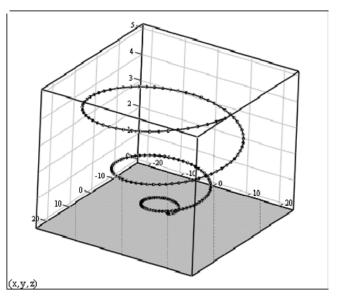
Эту систему уравнений можно записать в виде одного матричного уравнения

$$AX = B$$
,

где A — квадратная матрица n -го порядка, элементами которой являются коэффициенты при неизвестных; X — вектор-столбец неизвестных, B — вектор-столбец свободных членов, некоторые из которых являются функциями угла α (см.рис.1).

Для решения этого уравнения в программе "MathCAD Professional" имеется функция *lsolve*, дающая табличное и графическое решения. Графики позволяют наглядно изучить характер изменения найденных реакций, а так же определить, при каких углах α они имеют максимальное и минимальное значения.

II. При изучении кинематики точки в трехмерном пространстве преимущество использования ПК в том, что оно позволяет решать задачу для любого диапазона времени и производить численный анализ полученного решения в зависимости от изменения ряда исходных параметров задачи. Решение же этих задач вручную в силу дефицита времени, отводимого на учебный процесс, крайне затруднительно и носит ограниченный характер.



Пусть движение точки задано уравнениями:

$$x = 5 \cdot t \cdot \cos(4 \cdot t) M,$$

$$y = 5 \cdot t \cdot \sin(4 \cdot t) M,$$

$$z = 0.2 \cdot t^{2} M.$$

Исследовать скорость, касательное, нормальное и полное ускорения точки, а также радиус кривизны траектории в зависимости от времени t. Построить траекторию, а также ее проекции на три координатные плоскости.

Пространственная кривая создается командой 3 - D *Scatter Plot* (Трехмерный точечный график пространственной кривой).

В данной задаче траекторией точки является коническая спираль (рис.2), проекция которой на плоскость ху представляет собой архимедову спираль. Движение точки в пространстве и в проекциях на координатные плоскости можно наблюдать с помощью команды *Animate*.

III. В технике часто встречается плоско-параллельное (плоское) движение твердого тела, при котором все его точки движутся в плоскостях, параллельных некоторой неподвижной плоскости.

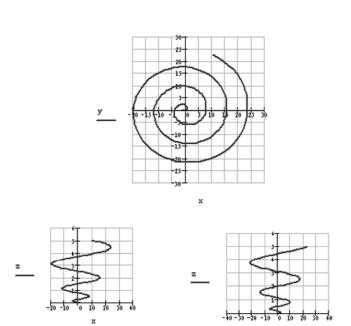


Рис.2. Траектория движения точки в пространстве и в проекциях на координатные плоскости.

Большинство современных механизмов и машин, в том числе и строительных, имеют звенья, совершающие только плоские движения. Такие механизмы называются плоскими. Плоские механизмы обычно представляют собой совокупность нескольких звеньев - твердых тел, соединенных между собой с помощью различного вида связей (цилиндрических шарниров, ползунов и т. п.) в единую кинематическую цепь.

Основное внимание при изучении данной темы уделено кинематическому анализу плоского механизма с одной степенью свободы, т.е. такой механической системы, для которой задание закона изменения во времени одной переменной (угла, угловой скорости или компоненты линейной скорости) однозначно определяет движение всех звеньев механизма. Такие механизмы, применяемые во многих областях техники, являются основными преобразователями поступательного движения во вращательное и наоборот.

Обычно расчет плоского механизма выполняется для какого-либо фиксированного его положения, но при этом определяются кинематические характеристики лишь в данный момент времени. Результаты расчета не дают возможности судить, в частности, о том, каковы экстремальные свойства этих характеристик. Применение ПК позволяет сравнительно просто освоить методику аналитического и графоаналитического исследования кинематики плоских механизмов. Для этого требуется:

- составить дифференциальные уравнения для определения угловых скоростей и углов поворота звеньев механизма, а также скорости какой-либо его точки;
- решить полученную систему нелинейных уравнений с помощью ПК на выбранном интервале времени;
- построить графики.

Данная задача решается в такой последовательности:

- 1. Пронумеровать звенья кинематической цепи.
- 2. Показать на рисунке углы, определяющие положение звеньев (углы следует вводить последовательно, проходя от первого до последнего звена цепи, принимая за полюсы точки, в которых звенья соединяются друг с другом, и отсчитывать их значения против хода часовой стрелки от положительного направления горизонтально расположенной оси X).
- 3. Составить систему уравнений для определения углов и угловых скоростей звеньев, а также скорости какой-либо точки механизма.

Для этого следует записать уравнения для определения скоростей точек звеньев механизма, на которые наложены кинематические связи. Такими связями являются мгновенный центр скоростей колеса или неподвижный шарнир (запрещено движение по направлениям осей X и У), а также ползун или ось колеса (запрещено движение в направлении одной из осей). При определении скоростей этих точек следует последовательно переходить от одного полюса к другому с помощью теоремы сложения скоростей при использовании подвижной системы координат.

1. Разрешить систему уравнений, в которую входят только искомые угловые скорости.

- 2. Решить полученную систему дифференциальных уравнений с помощью программы "MathCAD Professional", используя численный метод Рунге - Кутта с постоянным значением шага.
- 3. Провести анализ полученных результатов. Один из вариантов задания (рис.3):

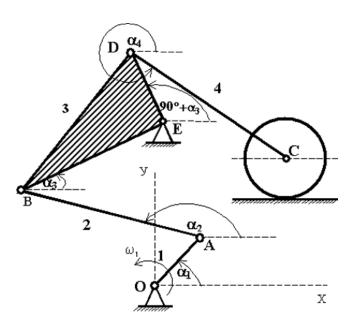


Рис.3. Расчетная схема движения механизма.

Требуется:

- составить кинематические дифференциальные уравнения движения механизма, определяющие изменения во времени, углов поворота и угловых скоростей звеньев, а также скорости точки \boldsymbol{C} ;
- решить полученную систему уравнений с помощью ПК на выбранном интервале времени;
- построить графики зависимостей $\alpha_2(\alpha_1), \, \alpha_3(\alpha_1), \, \alpha_4(\alpha_1)$, $\omega_2(t), \, \omega_3(t), \, \omega_4(t)$ и $V_C(t)$;
- проверить аналитически решение задачи для начального положения механизма.

IV. Для практического освоения и закрепления умения и навыков решения задач динамики материальной точки с использованием персонального компьютера и программы "MathCAD Professional" применяется следующая методика решения:

1. Выбрать систему координат.

- 2. Для произвольного положения точки указать все силы, приложенные к ней.
- 3. Составить основное векторное уравнение динамики .
- 4. Спроектировать полученное уравнение на выбранные оси координат, т.е. получить дифференциальные уравнения движения материальной точки.
- 5. Задать начальные условия.
- 6. Решить полученные дифференциальные уравнения с учетом начальных условий, используя рекомендации теории обыкновенных дифференциальных уравнений.

В качестве примера рассматривается полет мотоциклиста от точки отрыва с учетом сопротивления воздуха.

Требуется:

- 1. Определить горизонтальную дальность полета и максимальную высоту подъема мотоциклиста; минимальную скорость мотоциклиста в полете; скорость мотоциклиста в точке приземления.
- 2. Сравнить движения мотоциклиста в пустоте и в воздухе.
- 3. Создать анимацию, демонстрирующую полет мотоциклиста во времени.

Решение задачи приводит к системе обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка, записанных в каноническом виде, которые не интегрируются в элементарных функциях.

Численное решение этой системы уравнений по методу Рунге-Кутта с постоянным шагом производится с помощью матричной функции *rkfixed* (•,•,•,•,•), зависящей от пяти аргументов: начального момента времени; начальных условий; конечного момента времени, которое подбирается исходя из условия задачи; числа разбиений промежутка времени (от количества которых зависит точность счета); правой части системы полученных уравнений, записанных в нормальной форме Коши.

С помощью команды *Animate*, воспроизводится анимация, демонстрирующая наглядное различие движений тела в воздухе и в пустоте.

Из таблиц или графиков находятся искомые величины движения мотоциклиста в пустоте и в воздухе. Дополнительно предлагается провести следующие исследования:

- 1. Проверить решение задачи без учета сопротивления воздуха, введя её исходные данные в программу.
- 2. Выяснить максимальное значение скорости падения мотоциклиста в воздухе.
- 3. Найти время полета мотоциклиста.
- 4. Определить, при каком угле наклона начальной скорости горизонтальная дальность полета мотоциклиста будет наибольшей.
- Определить ускорение мотоциклиста в полете.

V. Во многих областях техники приходится рассматривать колебательные движения механических систем, т.е. такие движения, при которых точки системы перемещаются последовательно то в одну, то в другую сторону относительно их некоторого среднего положения. Теория колебаний механических систем – один из самых обширных и развитых разделов в теоретической механике, имеющий большое прикладное значение. Сюда относятся вибрации машин и их деталей, возникающие при различных условиях, вибрации инженерных сооружений и их отдельных элементов и т.д. С одной стороны, вибрации, возникающие в результате динамического воздействия различных факторов, при неблагоприятных условиях могут вызвать недопустимые деформации и напряжения. Для уменьшения их вредного влияния используют разнообразные гасители колебаний, искусственное демпфирование и виброизоляцию. С другой стороны, механизация ряда производственных процессов, таких, как бетонирование, забивка свай, формовка и уплотнение, вызывают настоятельную необходимость целенаправленного создания вибраторов, виброплощадок и т. п. Для измерения параметров вибраций необходимо разрабатывать специальные приборы: вибрографы, сейсмографы, акселерометры и др. При отсутствии сил сопротивления и возмущающих сил колебания называются собственными или свободными. От динамических характеристик этих колебаний (частот и форм собственных колебаний) зависит реакция зданий на сейсмическое воздействие. Решение этих проблем невозможно без глубокого изучения теории колебаний.

Колебательные движения механических систем удобно описывать уравнениями Лагранжа в обобщенных координатах. При составле-

нии уравнений обобщенные координаты отсчитывают от положения устойчивого равновесия, относительно которого и происходят колебания механических систем. В большинстве случаев эти уравнения нелинейны и их интегрирование связано с большими трудностями.

Последовательность составления и решения уравнений Лагранжа:

- 1. Определить число степеней свободы движения материальной системы.
- 2. Выбрать обобщенные координаты q_i , i = 1,...,s.
- 3. Найти обобщенные силы Q_i , соответствующие этим координатам.
- 4. Выразить кинетическую энергию в обобщенных координатах.
- 5. Найти частные производные $\frac{\partial T}{\partial q_i}$, $\frac{\partial T}{\partial q_i}$.
- 6. Составить дифференциальные уравнения Лагранжа в обобщенных координатах.
- 7. Проинтегрировать уравнения с помощью программы «MathCAD Professional», используя метод Рунге-Кутта с постоянным шагом решения.
- 8. Выполнить анализ полученного решения и, при необходимости, перейти в решении от обобщенных координат к декартовым.

вывод

Использование программы «MathCAD Professional» дает возможность расширить рамки решаемых задач, оценить влияние в некоторой области изменения отдельных параметров на получаемый результат, что способствует более глубокому пониманию изучаемого материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики, т.2, М., Наука, 1985.
- 2. Бугров Я.С., Никольский С.М. Элементы линейной алгебры и аналитической геометрии. М.: Наука, 1985.
- 3. Пискунов Н.С. Дифференциальные и интегральные исчисления, т.1, М., Наука, 1989.
- 4. Яблонский А.А. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике, Москва, Высшая школа, 1985
- Методические указания к выполнению расчетно- графических работ по курсу теоретической механики с использованием ЭВМ. Раздел «Кинематика» / Сост.: А.С.Апостолюк, С.Я.Свистунов, О.Н.Юдин. - Киев: КПИ, 1985. - 28 с.
- 6. М.Херхагер, Х.Партоль. Mathcad 2000: полное руководство, Киев, ВНУ, "Ирина", 2000.

УДК 553.1 (477.75)

Д.В. Рогаченко, инженер

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Состояние изученности развития экзогенных геологических процессов в юговосточном Крыму

Рассматривается естественное развитие экзогенных геологических процессов (ЭГП) в Юго-Восточном Крыму на примере Ускутской долины с целью определения степени инженерно-геологической изученности для рекреационного освоения территории. Приводятся рекомендации по природоохранным мероприятиям и мониторингу изучения ЭГП.

экзогенные геологические процессы, инженерно-геологические условия, стационарное изучение ЭГП, природоохранные мероприятия и сооружения.

Юго-восточный Крым является одним из перспективных районов для расширения рекреационного освоения. В то же время он относится к территориям Крыма, где эколого-геологические условия недостаточно полно изучены. Поэтому одной из важнейших задач на данном этапе является оценка состояния изученности и выбор основных направлений доизучения эколого-геологических условий.

Объектом исследований является Юго-Восточный Крым и район долины р. Ускут(рис.1).

Этот район нельзя отнести к хорошо изученным в эколого-геологическом отношении территориям, что обусловлено малозаселенностью, отсутствием промышленного и гражданского строительства, очень слабой рекреационной освоенностью [1, 3, 5]. Для курортного освоения территории, его изучение должно выполняться в нескольких направлениях:

- оценка устойчивости пород;

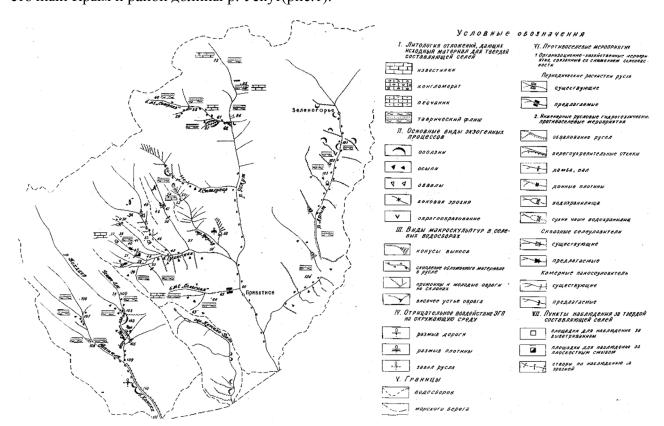


Рис.1. Схема распространения ЭГП в долине реки Ускут

- установление особенностей распространения и прогноз экзогенных геологических процессов (ЭГП), что необходимо для предупреждения чрезвычайных ситуаций, устойчивости фундаментов зданий, сооружений, дорог;
- выявление и характеристики геопатогенных зон;
- определение микроклиматических условий для гражданской и курортной застройки;
- оценка водных ресурсов для целей водоснабжения.

Исследуемая территория Юго-Восточного Крыма включает в себя бассейны рек: Ускута с левым притоком Арпатом и балку Канаку. Все три водотока относятся к селевым с разной степенью временной повторяемости и мощности селей. Верховья водотоков заложены в верхнеюрских породах, преимущественно конгломератах, а среднее, нижнее течение и многочисленные притоки прорезают флишоидные породы таврической серии, в основном аргиллитового состава, которые исключительно податливы к процессам выветривания и способствуют прохождению селей в бассейне [5].

Геолого-геоморфологические и гидрологические условия в этом районе сложные. Особенности геоморфологических условий отображены в работах Рухлова Н.В. [4], Сокольникова Ю.Н [5] и др., в которых дан подробный анализ речных долин горной части Крыма, а также детальная инженерная морфодинамика берега.

В работах по геологическому изучению приводятся данные о структурно-тектонических, неотектонических, сейсмических, гидрогеологических, климатических, ландшафтных условиях. Изучение геологического строения Ускутской долины впервые выполнял Госгеолком в конце XIX века в виде геологической съёмки по профилю р. Ускут –Карасу Базар (Белогорск). В 1933 году по этой территории составлена карта геологического районирования. Повышенный интерес к геологии Приветненской долины был вызван в 60-ые годы прошлого века в связи с изучением ртутных проявлений сотрудниками института минеральных

ресурсов (ИМР) Морозовым В.И. (1978 г.) и Крымской Комплексной геологической экспедицией.

Экзогенные геологические процессы изучали на различных уровнях (картирование, стационарное наблюдение на оползневых участках - например, стационар Приветное, в настоящее время относящийся к Крымскому отделению Украинского государственного геолого-разведочного института (КО УкрГГРИ); натурное моделирование различных условий развития оползней (оползень Ставлухар). Работы выполняли преимущественно государственные геологические предприятия (ГГП) Крымгеология, КО УкрГГРИ и Южэкогеоцентр. Наиболее изучены следующие процессы: сели, оползни, абразии, эрозия; их описания показывают состояние изученности объекта и предмета исследований [1, 2, 3].

Одновременно с оценкой геоморфологических, геологических, гидрогеологических условий и развития ЭГП изучали возможность защиты берегов от абразии и оползней. Первыми морскими берегозащитными сооружениями (конец XIX —начало XX в.в.) были волноотбойные подпорные стенки, которым придавалось в плане прямолинейное очертание — как аналог устойчивого естественного берега. Затем их стали сопровождать набросом из крупногабаритных блоков — как аналог естественных обвальных берегов.

Высокая стоимость волноотбойных стен и недостаточная их надежность обусловили необходимость перехода от пассивных к активным методам защиты, т.е. сооружение должно не пассивно противопоставлять свою массу энергии волн, а активно управлять ею. К таким сооружениям относятся подводные и надводные волноломы и буны; последние введены в отечественную практику П.К. Божичем, а волноломы – только в 1939-40 г.г. Е.Е. Китраном.

Как пример обобщения результатов исследований можно рассматривать схему распространения ЭГП, литологии отложений, показателей отрицательного воздействия ЭГП, инженерных русловых гидротехнических противоселевых мероприятий

и пунктов наблюдений за твердой составляющей селей (см. рис. 1).

выводы

- 1. Приведенный анализ изученности района показывает, что в последние 20-30 лет преимущественно выполняли:
- обследование селеопасных бассейнов с целью оценки образования твердой составляющей селей;
- локальные режимные маршрутные наблюдения за оползнями морского и эрозионного генезиса с определением скорости движения на оползневом Приветненском стационаре;
- определение на отдельных участках скорости плоскостного смыва для пополнения твердой составляющей селей и оценки скорости заиления водохранилищ;
- фрагментальные наблюдения за скоростью абразии, в основном, в границах абразионных оползней
- 2. Эти исследования позволяют оценивать особенности развития ЭГП на ограниченных территориях.
- 3. Для региональной оценки развития ЭГП в пределах Юго-Восточного Крыма необходимо выполнить районирование этой территории по условиям их развития, оценить влияние этих процессов на окружающую среду.
- 4. При создании рекреационного района необходимо выполнение работ на уровне мониторинга с регулярными обследованиями (не реже двух раз

в год) всего района с целью оценки динамики ЭГП и их экологической опасности, которая может возникнуть при более активном освоении этой территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Гольдин Б.М. Особенности гидрологического режима селеопасных бассейнов Крыма. «Конференция по вопросам изучения селевых потоков и мер борьбы с ними». Симферополь, 16-19 июля 1957 г. Киев. Тезисы докл. АН УССР»; 1957, с.13-14.
- 2. Иванов Б.Н., Лущик А.В., Романюк О.С. Методические рекомендации по организации наблюдений на селевых стационарах Украины. г. Симферополь, 1978, 50 с
- 3. Коломенский Н.В., Дроздов С.В., Дрюк Е.И., Иванова И.Н. Оползни района Алушта Приветное на южном берегу Крыма. В кн.: Материалы совещ. По вопросу изучения оползней и мер борьбы с ними. К., Изд-во КГУ, 1964, с. 104-105.
- 4. Рухлов Н.В. Обзор речных долин горной части Крыма. Изд. Отдела земельных улучшений, Пг., 1915, 491 с.
- 5. Сокольников Ю.Н. Инженерная морфодинамика берегов и её приложения. –К.: Наукова думка, 1976, 224 с.

Раздел 3. Строительные материалы и изделия

УДК 666.9.022.3

М.А. Лукьянченко, инженер

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Технология изготовления карбонатного кирпича на механоактивированной силикат-натриевой связке

Разработана технология изготовления строительных материалов на основе механоактивированного силикатнатриевого вяжущего с добавкой известняка и пиритных огарков путем модифицирования этим вяжущим известнякового заполнителя. Изучены структура и физико-механические свойства полученных материалов.

механоактивация, технология, силикат-глыба, пиритные огарки, известняк, силикат-натриевые связки

В последнее время в Украине в целом и Крыму в частности, наметился существенный подъем строительного производства. Все в большем объеме требуется мелкоштучный стеновой материал, который бы отвечал современным требованиям, предъявляемым к строительным материалам.

Наряду с этим очень остро стоит вопрос об угилизации отходов и попутных продуктов производств промышленности Крыма. Предлагаемая технология изготовления карбонатного кирпича дает возможность использования попутных продуктов производства камнедобывающих и химических предприятий Крыма для производства строительных материалов. Это в значительной степени скажется на улучшении экологической обстановки в регионе.

Вопросы получения строительных материалов с использованием в качестве вяжущего силикат-глыбы достаточно глубоко изучены Татурбиевым Б.Д. [1]. Однако, высокая стоимость силикат-глыбы приводит к повышению себестоимости изделий, что предопределяет поиск новых технологий для уменьшения расходов этого связующего при сохранении физико-механических характеристик материалов. Одним из перспективных технологических направлений в области производства строительных материалов является использование механохимической активации сырья, которая приводит к интенсификации процессов формирования структуры строительных материалов на основе вторичного сырья и позволяет улучшить качественные характеристики сырья и перевести некондиционное вторичное сырье в кондиционный продукт для производства строительных материалов [2]. Это происходит за счет механохимических эффектов, заключающихся в увеличения степени аморфизации материалов, их диссоциации, образования сети микродефектов, обладающих повышенным запасом энергии.

Целью данной работы является рассмотрение технологии изготовления лицевого кирпича на ос-

нове механоактивированного силикат-натриевого вяжущего с добавкой известняка и пиритных огарков путем модифицирования этим вяжущим известнякового заполнителя.

Технологическая схема производства лицевого кирпича на основе известняковых попутных продуктов камнедобычи и механоактивированного вяжущего, содержащего силикат-глыбу, пиритные огарки и часть известняковых попутных продуктов приведена на рис. 1.

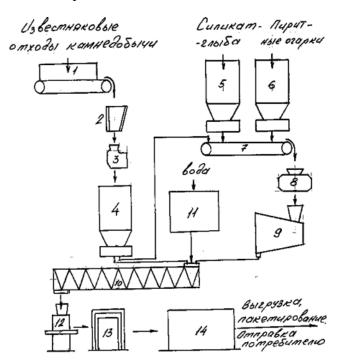


Рис. 1. Технологическая схема производства лицевого кирпича на основе попутных продуктов камнедобычи, силигат-глыбы и пиритных огарков с использованием механоактивации:

1- ящичный подаватель; 2- щековая дробилка; 3-молотковая дробилка; 4, 5, 6 – бункер; 7 – транспортер; 8 двухвалковая дробилка 9- высокоскоростная роторная мельница – активатор; 10 – лопастной смеситель; 11 – бак с водой; 12 – пресс полусухого прессования; 13 – автомат- укладчик; 14 туннельная сушилка.

Известняковые попутные продукты камнедобычи фракции 0 ÷ 250 мм загружают ковшовым погрузчиком в ящичный подаватель (1). Из ящичного подавателя материал направляют в щековую дробилку (2), где ее дробят до кусков крупностью не более 30 мм, а затем в молотковой дробилке (3) измельчают до 0÷3 мм и накапливают в бункере (4). Силикат-глыбу и пиритные огарки загружают в бункеры (5) и (6). Из бункера (4) часть дробленого известняка дозируют на транспортер (7) для приготовления вяжущего в смеси с силикат-глыбой и пиритными огарками, которые также дозируют на транспортер (7) и бункеров (5) и (6) соответственно. Необходимость ввода части известняка в вяжущее связана с образованием оксида кальция при высокоскоростной механоактивации известняка, который, взаимодействуя с аморфным кремнеземом активированной силикат-глыбы, образует в процессе твердения вяжущего гидросиликаты кальция, способствующие повышению прочности изделий. Количество известняка, вводимого в вяжущее, составляет $5 \div 10\%$ (мас.) от всего объема смеси. В целом, состав сырьевой смеси следующий: известняковые попутные продукты камнедобычи - 70 ÷ 85% (мас.), силикатглыба - $10 \div 20\%$, пиритные огарки - $5 \div 10\%$. Далее, транспортером (7) компоненты вяжущего подвергают валковому разупрочнению в двухвалковой дробилке (8), измельчению и механоактивации в высокоскоростной роторной мельнице-активаторе (9). Затем активированное вяжущее сразу из мельницы направляют в лопастной смеситель (10), куда из бункера (4) дозируют остальную часть известняка и воду из бака (11). В смесителе (10) получают гомогенизированную смесь с формовочной влажностью 8÷10% (мас.), из которой на прессе полусухого прессования (12) при удельном давлении 25÷30 МПа прессуют лицевой кирпич. Процесс прессования кирпича показан на рис.3.

На рис.2 показан общий вид промышленного цеха по производству лицевого кирпича, расположенного в районе Бештерекского месторождения известняка (г. Симферополь).



Рис. 2 Общий вид цеха по производству лицевого кирпича в НПФ ЭСПО



Рис. 3. Полусухое прессование лицевого кирпича

Опрессованный кирпич автоматом-укладчиком (13) размещают в вагонетки и направляют в туннельную сушилку (14) на термообработку. Режим термообработки показан на рис.4. Он включает два периода: период пропаривания, при максимальной температуре $90 \div 95^{\circ} C$ в течение 4 часов (с учетом подъема температуры) и период сушки при максимальной температуре $180 \div 200^{\circ}C$ в течение 6 часов. Весь период термообработки длится 10 часов. В период пропаривания происходит гидратация гидросиликатов натрия, силикат-глыбы, гидратация оксидов кальция, взаимодействие компонентов смеси. В период сушки изделий в результате обезвоживания интенсифицируется процесс кристаллизации новообразований с получением прочного и водостойкого материала. После термообработки в сушилке (14) изделия пакетируют и отправляют на склад готовой продукции для отгрузки потребителю. Готовый кирпич после пропаривания и сушки показан на рис.5.

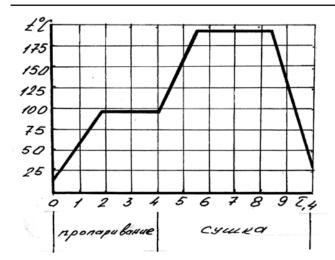


Рис.4. Режим термообработки лицевого кирпича

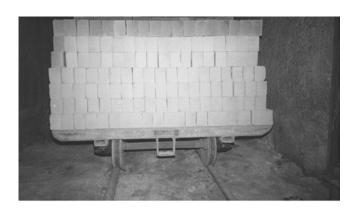


Рис. 5. Лицевой кирпич после пропаривания и сушки

На основании приведенной технологической схемы (см. рис. 1) разработан технологический регламент опытно-промышленного производства лицевого кирпича на основе попутных продуктов камнедобычи и подземного строительства. Регламентом предусмотрен выпуск лицевого кирпича M200 и M250 размером 250×120×88 мм в объеме 5 млн. шт. условного кирпича. Опытно-промышленное производство рассчитано на переработку 20 тыс. м³ известняковых попутных продуктов камнедобычи и подземного строительства при освоении Бештерекского месторождения известняка (г. Симферополь).

Физико-механические характеристики лицевого кирпича, изготовленного при различных скоростях и времени перемешивания, приведены в таблице 1.

Таблина 1

Физико-механические свойства лицевого кирпича

Состав сырьевой смеси	Скорость еремешивания, об/мин	Длительность перемешивания, с	Предел прочности (МПа) при		
сырь) vədəш Э	ицД перел	сжатии	изгибе	
1	2	3	4	5	
Известняковые		60	15,1	3,1	
попутные продукты –	25	90	15,3	3,1	
80%;		120	16,1	3,3	
Силикат-глыба		60	18,0	3,6	
— 10%;	50	90	19,5	3,8	
- 1070,		120	20,0	4,2	
Пиритные		60	21,2	4,2	
огарки – 10%	1 X() I		24,4	4,4	
		120	24,6	4,5	
Известняковые		60	17,3	3,5	
попутные продукты –	25	90	17,2	3,4	
70%;		120	17,6	3,5	
Силикат-глыба	50	60	17,1	3,9	
− 20%;	30	90	20,7	4,0	
		120	21,1	4,1	
Пиритные		60	21,6	4,2	
огарки – 10%	80	90	26,0	4,7	
01 upkn 1070		120	26,1	4,7	

вывод

Модифицирование известняковых попутных продуктов камнедобычи и поземного строительства механоактивированным вяжущим на основе безводной силикатнатриевой связки, известняка и пиритных огарков позволило получить стеновой материал (лицевой кирпич) с прочностью до 24,6 МПа при снижении расхода силикат-глыбы до 10%, а также подтвердить возможность использования в технологии изготовления кирпича процесс модифицирования веществ малыми частицами [3].

- 1. Тотурбиев Б.Д. Строительные материалы на основе силикат-натриевых композиций.-М.:Стройиздат, 1988.-208 с.
- 2. Федоркин С.И. Механоактивация вторичного сырья в производстве строительных материалов. Симферополь: Таврия, 1997.-180с.
- 3. Лукьянченко М.А. Технология получения известняковых строительных материалов на основе механоактивированного силикат-натриевого вяжущего //Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов КАПКС, №8. Издательство КАПКС. —Симферополь, 2003, С 100…103.

УДК 666.3.046

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

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Технология производства золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры.

Предложена и апробирована в лабораторных условиях технология получения золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры, позволяющая снизить расход глинистого компонента и уменьшить температуру обжига изделий

технология, зола, глина, стеклобой, каркасно-сотовая структура, золокерамический материал

Существующий уровень производства стеновой керамики значительно отстает от современных требований. Это связано с высокой энергоёмкостью, использованием на предприятиях физически и морально устаревшего оборудования, не позволяющего обеспечить необходимую степень переработки сырьевых смесей и расширить сырьевую базу за счет использования многокомпонентных смесей на основе отходов промышленных производств [1]. Значительный интерес для производства стеновой керамики представляет использование золошлаковых отходов ТЭС. В настоящее время на территории Украины накоплено более 100 млн. тонн золошлаковых отходов [2], которые являются серьезным источником загрязнения окружающей среды и вызывают нарушение сложившихся в природе экологических связей.

Несмотря на широкое использование зол ТЭС в качестве основного компонента золокерамических материалов, их производство отличается повышенной энергоёмкостью. Температура обжига этих изделий колеблется в пределах 1000-1150 °С, что превышает температуру обжига изделий на основе легкоплавких глин. Снижение температуры обжига керамических изделий может быть достигнуто применением в составе сырьевых шихт добавокплавней, например, щелоче- и железосодержащих компонентов [3].

Получение качественных золокерамических изделий возможно при содержании в сырьевой шихте 30-40% (мас.) глинистого компонента [3].

В настоящей работе изложены результаты исследований, целью которых являлась разработка технологии изготовления золокерамических материалов с пониженной температурой обжига и уменьшенным расходом глинистого компонента.

Технология базируется на патентных разработках, обеспечивающих получение материалов наполненной каркасно-сотовой структуры [4, 5]. Суть технологии заключается в получении гранул из золы ТЭС методом гранулирования, нанесения на полученные гранулы тонкого слоя глинистого компонента, содержащего добавку-плавень, полусухое прессование изделий и их последующий обжиг. Технологическая схема производства представлена на рис. 1.

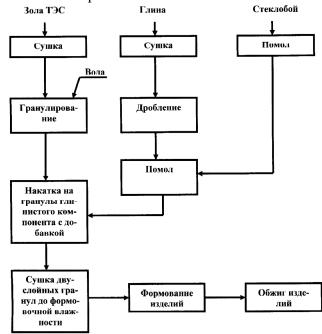


Рис. 1 Технологическая схема производства золокерамических изделий наполненной каркасно-сотовой структуры.

В качестве сырьевых компонентов при отработке технологии в лабораторных условиях была использована зола Приднепровской ГРЭС и глина Зеленогорского месторождения АР Крым. В глину для понижения температуры обжига вводили молотый стеклобой Симферопольского стеклотарного завода в количестве 10 % (мас.). Формование образцов-цилиндров размером 5 х 5 см осуществляли на гидравличес-

ком прессе при удельном давлении прессования 20МПа. Отформованные изделия обжигали в муфельной печи при 930-950 °C. На рис. 2 приведена внутренняя структура образцов.

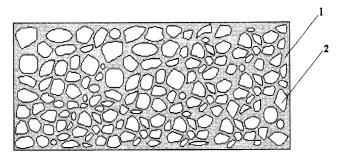


Рис.2. Структура золокерамических образцов наполненной каркасно-сотовой структуры (1 – каркас, 2 – соты).

Внутренняя структура образцов представляет собой прочный керамический каркас 1 (см. рис. 2), который образует замкнутые ячейки – соты 2, заполненные золой. Механическую нагрузку при механических испытаниях образцов воспринимает керамический каркас. Этот каркас в основном определяет механическую прочность образцов.

В табл. 1 приведены результаты определения физико-механических характеристик образцов в зависимости от толщины стенок каркаса. Толщину стенок каркаса регулировали путем варьирования в тарельчатом грануляторе времени накатки глиняного порошка с добавкой стеклобоя на зольные гранулы. Средний размер ячеек-сот для испытываемых образцов составлял 5-7 мм.

Таблица 1.

Физико-механические свойства золокерамических образцов наполненной каркасно-сотовой структуры в зависимости от толщины стенок каркаса.

Средняя	Предел	Средняя	Водопо-	Морозо-
толщина	прочности при	плотность,	глощение,	стойкость,
стенок	сжапии, Мпа	кт/м ³	%	ЦИКЛЫ
каркаса, мм				
0,2	9,5	1340	20,5	< 50
0,5	14,2	1375	18,3	< 50
1	17,6	1405	17,4	50
1,5	20	1430	17	50
2	20,4	1456	15,6	50

Анализ полученных результатов показывает, что по предлагаемой технологии могут быть получены

золокерамические материалы, соответствующие, например, марке кирпича М150-М200 по ДСТУ БВ.2.7-61-97. Оптимальная толщина стенок каркаса находится в пределах 1 - 1,5 мм.

С использованием метода микроскопического количественного анализа структуры было определено объемное содержание каркаса (глины с добавкой) в золокерамических образцах. При толщине стенок каркаса 1–1,5 мм и среднем размере ячеек-сот 5-7 мм количество глины с добавкой стеклобоя составило 13–17%, что в 2,3 раза меньше, чем при получении золокерамических материалов по традиционной технологии. Кроме того, снижена температура обжига на 70-100 °С по сравнению с температурой обжига золокерамических изделий, изготавливаемых обычным смешиванием компонентов.

Для получения более высоких физико-механических характеристик золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры намечена программа исследований по изучению зависимости этих характеристик от геометрических параметров структуры и свойств материала каркаса и наполнителя сот.

вывод

Разработана технология производства золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры. Технология отработана в лабораторных условиях, показана возможность получения золокерамических материалов марок М150 и М200 при пониженном расходе глинистого сырья и более низкой температуре обжига.

- 1. Телющенко И.Ф., Сай В.И., Огородник И.В. Современная технология и способы направленного регулирования свойств строительной керамики//Строительные материалы и изделия.-2001. №5-6.-С.22-23.
- 2. Голубничий А.В., Зарубіна Н.В. Застосування золошлаків ТЭС у виробах з важких бетонів для малоповерхневого будівництва//Строительные материалы и изделия. 2001. №3.-С.27-28.
- Дё И. Интенсификация физико-химических процессов при обжиге керамических стеновых материалов на основе зол ТЭС: Автореф. диссертации канд. технич. наук: 50.17.11/Алма-Атинский НИПИСМ МПСМ СССР.- Алма-Ата, 1987. – 20 с.
- 4. Устьянов В.Б., Иващенко В.В. Ячеистозаполненная керамика.//Стекло и керамика.-1985. № 5.—С. 29-30.
- 5. Патент 2044642 RU, МПК 6 B28B11/06. Способ производства декоративных изделий/С.И. Федоркин. № 92003738; Заявл. 19.10.92; Опубл. 27.09.95.Бюл.№ 27.

УДК 691.54.661

В.Г. Носатов, В.Н. Шмигальский, д.т.н, профессор

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

М.В. Горячих, к.т.н.

Университет экономики и управления

Технолого-экономические аспекты компьютерной оптимизации составов бетона

В статье показаны возможности программы оптимизации состава цементобетонов различного назначения для случаев наличия и возможностей выбора нескольких баз снабжения предприятия исходными материалами. бетон, компоненты, оптимизация, стоимость, эффективность, экономичность, свойства материалов, исходные параметры

Основная задача оптимизации состава бетона заключается в поиске такого соотношения компонентов, которое обеспечит заданные свойства изделий и смеси при наименьшей их себестоимости.

Используя зависимости, изложенные в [1-2], возможно получить соотношения компонентов в бетоне, обеспечивающие требуемые строительно-технические свойства и наименьшую себестоимость. Для этого необходимы данные по предъявляемым к нему требованиям, стоимости его составляющих и сочетаемости крупных и мелких заполнителей.

Вышеупомянутые зависимости реализуются при помощи компьютерной программы, которая дает возможность быстрого расчёта составов бетона с различными требованиями на основе одних и тех же заполнителей, что способствует предварительному технологическому и экономическому анализу способа производства.

Наибольшая эффективность применения программы наблюдается при возможности выбора нескольких вариантов сочетаний компонентов. Для расчёта необходимо ввести данные по параметрам бетона, цементам, заполнителям, добавкам, а также заполнить базу данных по сочетаниям заполнителей, что, при большом количестве компонентов занимает значительное количество времени.

По мере ввода данных программными средствами проверяется соответствие введённых значений допустимым во избежание грубых ошибок и в дальнейшем, по мере увеличения количества записанных компонентов и

параметров бетона, необходимость во вводе значений существенно уменьшится.

Перед расчётом оператор (подразумевается, что это технолог либо человек, действующий по его указаниям) выбирает необходимый бетон, заполняя строку с его параметрами, и данные по компонентам. Программой автоматически устраняются заполнители с наибольшей крупностью, большей, чем допустима в изделии и на это оператору обращать внимание нет необходимости.

В случае наличия тонкодисперсных добавок либо добавок-модификаторов первоначально рассчитывается вариант без них, а затем с ними, что служит основой для экономической оценки их применения. После произведения расчёта выводятся для просмотра все составы, предварительно отсортированные по стоимости. Для корректировки (в случае необходимости после проверки удобоукладываемости и прочности бетона), отмечается состав, требующий проведения этой работы, указываются фактические знаечения этих показателей и производится перерасчёт только этого состава. Надо заметить, что для этих расчётов требуется небольшое количество времени (не более минуты).

Рассмотрим принцип функционирования программы на примере. При выбранном количестве компонентов, приведённых в табл. 1, программа рассчитывает 48 вариантов составов, 4 из которых в качестве примера приведены в табл. 2. Из неё видно, что наиболее экономичный состав получен на портландцементе М400,

загрязнённых заполнителях, тонкодисперсной добавке и добавке-модификаторе УПБ-М.

	Показатель	1	2	
	араметры бетона	453		
	Класс бетона	15 N		
	Коэффициент изменчивости	0,14		
	Максимум В/Ц	0,5	55	
1.4.	Удобоукладываемость	3 0	СМ	
1.5.	Необходимый объём	265	. v ³	
1.5.	продукции	203	М	
2. ∐	ементы			
2.1.	Идентификатор	Ц1	Ц2	
2.2.	Вид	ПЦ	ШПЦ	
2.3.	Активность (или марка)	43,5 МПа	42,0 MΠa	
	Нормальная густота (или		·	
2.4.	коэффициент изменения	1	1,15	
	водопотребности)		,	
2.5.	Стоимость 1 т.	180 грн.	165 грн.	
3. K	рупные заполнители	•	•	
	Идентификатор	К1	К2	
	Вид (гравий или щебень)	Г	Щ	
	Наибольшая крупность	40 мм	20 мм	
	Плотность в куске	2,67 кг/л	2,65 кг/л	
5. 1.	1210 HOOLD D RYCKE	2,07 10751	2,00 10731	
3.5	Загрязнённость (по сравнению	Да	Нет	
0.0.	с требованиями стандарта)	7	1101	
	С ПСООВаниями Станлаотат			
3.6.		25 грн.	30 грн.	
	Стоимость 1 т.	25 грн.	30 грн.	
4. N	Стоимость 1 т. 1елкие заполнители			
4. N 4.1.	Стоимость 1 т. 1елкие заполнители Идентификатор	M1	M2	
4. N	Стоимость 1 т. 1елкие заполнители Идентификатор		M2 Мелкозернис	
4. N 4.1. 4.2.	Стоимость 1 т. Гелкие заполнители Идентификатор Вид	М1 Стандартный	M2 Мелкозернис тый	
4. N 4.1. 4.2. 4.3.	Стоимость 1 т. Телкие заполнители Идентификатор Вид Плотность	М1 Стандартный 2,64 кг/л	M2 Мелкозернис тый 2,59 кг/л	
4. M 4.1. 4.2. 4.3. 4.4.	Стоимость 1 т. Телкие заполнители Идентификатор Вид Плотность Загрязнённость	M1 Стандартный 2,64 кг/л Нет	M2 Мелкозернис тый 2,59 кг/л Да	
4. N 4.1. 4.2. 4.3. 4.4. 4.5.	Стоимость 1 т. белкие заполнители Идентификатор Вид Плотность Загрязнённость Стоимость за 1 т.	М1 Стандартный 2,64 кг/л Нет 27 грн.	M2 Мелкозернис тый 2,59 кг/л	
4. N 4.1. 4.2. 4.3. 4.4. 4.5. 5. r _n	Стоимость 1 т. Мелкие заполнители Идентификатор Вид Плотность Загрязнённость Стоимость за 1 т. и d _m по каждому сочетанию за	M1 Стандартный 2,64 кг/л Нет 27 грн. полнителей	M2 Мелкозернис тый 2,59 кг/л Да	
4. N 4.1. 4.2. 4.3. 4.4. 5. r _n 5.1.	Стоимость 1 т. Телкие заполнители Идентификатор Вид Плотность Загрязнённость Стоимость за 1 т. и d _m по каждому сочетанию за М1 и К1	М1 Стандартный 2,64 кг/л Нет 27 грн. полнителей 0,57	M2 Мелкозернис тый 2,59 кг/л Да 22 грн.	
4. M 4.1. 4.2. 4.3. 4.4. 4.5. 5. r _n 5.1.	Стоимость 1 т. Мелкие заполнители Идентификатор Вид Плотность Загрязнённость Стоимость за 1 т. и d _m по каждому сочетанию за	М1 Стандартный 2,64 кг/л Нет 27 грн. полнителей 0,57 0,62	M2 Мелкозернис тый 2,59 кг/л Да 22 грн.	
4. M 4.1. 4.2. 4.3. 4.4. 4.5. 5. r _n 5.1.	Стоимость 1 т. Мелкие заполнители Идентификатор Вид Плотность Загрязнённость Стоимость за 1 т. и d _m по каждому сочетанию за М1 и К1 М1 и К2	М1 Стандартный 2,64 кг/л Нет 27 грн. полнителей 0,57 0,62 0,55	М2 Мелкозернис тый 2,59 кг/л Да 22 грн. 820 800	
4. N 4.1. 4.2. 4.3. 4.4. 4.5. 5. r _n 5.1. 5.2. 5.3.	Стоимость 1 т. Телкие заполнители Идентификатор Вид Плотность Загрязнённость Стоимость за 1 т. и d _m по каждому сочетанию за М1 и К1 М1 и К2 М2 и К1 М2 и К2	М1 Стандартный 2,64 кг/л Нет 27 грн. полнителей 0,57 0,62	M2 Мелкозернис тый 2,59 кг/л Да 22 грн. 820 800 830	
4. M 4.1. 4.2. 4.3. 4.4. 4.5. 5. r _r 5.1. 5.2. 5.3. 6. T	Стоимость 1 т. Телкие заполнители Идентификатор Вид Плотность Загрязнённость Стоимость за 1 т. и d _m по каждому сочетанию за М1 и К1 М1 и К2 М2 и К1 М2 и К2 онкодисперсная добавка	М1 Стандартный 2,64 кг/л Нет 27 грн. полнителей 0,57 0,62 0,55 0,58	М2 Мелкозернис тый 2,59 кг/л Да 22 грн. 820 800 830 810	
4. M 4.1. 4.2. 4.3. 4.4. 4.5. 5.1. 5.2. 5.3. 6. T 6.1.	Стоимость 1 т. Иелкие заполнители Идентификатор Вид Плотность Загрязнённость Стоимость за 1 т. и d _m по каждому сочетанию за М1 и К1 М1 и К2 М2 и К1 М2 и К2 онкодисперсная добавка Идентификатор	М1 Стандартный 2,64 кг/л Нет 27 грн. полнителей 0,57 0,62 0,55 0,58	М2 Мелкозернис тый 2,59 кг/л Да 22 грн. 820 800 830 810	
4. M 4.1. 4.2. 4.3. 4.4. 4.5. 5. I _r 5.1. 5.2. 5.3. 6. T 6.1.	Стоимость 1 т. Телкие заполнители Идентификатор Вид Плотность Загрязнённость Стоимость за 1 т. и d _m по каждому сочетанию за М1 и К1 М1 и К2 М2 и К1 М2 и К2 онкодисперсная добавка Идентификатор Вид	M1 Стандартный 2,64 кг/л Нет 27 грн. полнителей 0,57 0,62 0,55 0,58 ТД	М2 Мелкозернис тый 2,59 кг/л Да 22 грн. 820 800 830 810	
4. M 4.1. 4.2. 4.3. 4.4. 4.5. 5. I _r 5.1. 5.2. 5.3. 6. T 6.1. 6.2.	Стоимость 1 т. Мелкие заполнители Идентификатор Вид Плотность Загрязнённость Стоимость за 1 т. и d _m по каждому сочетанию за М1 и К1 М1 и К2 М2 и К1 М2 и К2 онкодисперсная добавка Идентификатор Вид Плотность	М1 Стандартный 2,64 кг/л Нет 27 грн. полнителей 0,57 0,62 0,55 0,58 ТД Бой ки	М2 Мелкозернис тый 2,59 кг/л Да 22 грн. 820 800 830 810 Ц1 рпича	
4. M 4.1. 4.2. 4.3. 4.4. 4.5. 5.1. 5.2. 5.3. 5.4. 6. T 6.1. 6.2. 6.3.	Стоимость 1 т. Мелкие заполнители Идентификатор Вид Плотность Загрязнённость Стоимость за 1 т. и d _m по каждому сочетанию за М1 и К1 М1 и К2 М2 и К1 М2 и К2 онкодисперсная добавка Идентификатор Вид Плотность Стоимость 1 т.	M1 Стандартный 2,64 кг/л Нет 27 грн. полнителей 0,57 0,62 0,55 0,58 ТД	М2 Мелкозернис тый 2,59 кг/л Да 22 грн. 820 800 830 810 Ц1 рпича	
4. M 4.1. 4.2. 4.3. 4.4. 5. T _s 5.1. 5.2. 5.3. 6. T 6.1. 6.2. 6.3. 6.4. 7. J	Стоимость 1 т. Мелкие заполнители Идентификатор Вид Плотность Загрязнённость Стоимость за 1 т. и d _m по каждому сочетанию за М1 и К1 М1 и К2 М2 и К1 М2 и К2 онкодисперсная добавка Идентификатор Вид Плотность Стоимость 1 т. обавки-модификаторы свойств	М1 Стандартный 2,64 кг/л Нет 27 грн. полнителей 0,57 0,62 0,55 0,58 ТД Бой ки 2,75 12 г	М2 Мелкозернис тый 2,59 кг/л Да 22 грн. 820 800 830 810 Ц1 прпича кг/л рн.	
4. M 4.1. 4.2. 4.3. 4.4. 5. I _T 5.1. 5.2. 5.3. 6. T 6.1. 6.2. 6.3. 7. //	Стоимость 1 т. Мелкие заполнители Идентификатор Вид Плотность Загрязнённость Стоимость за 1 т. и d _m по каждому сочетанию за М1 и К1 М1 и К2 М2 и К1 М2 и К2 онкодисперсная добавка Идентификатор Вид Плотность Стоимость 1 т. обавки-модификаторы свойств Идентификатор	M1 Стандартный 2,64 кг/л Нет 27 грн. полнителей 0,57 0,62 0,55 0,58 ТД Бой ки 2,75 12 г	М2 Мелкозернис тый 2,59 кг/л Да 22 грн. 820 800 830 810 Ц1 рпича кг/л рн.	
4. M 4.1. 4.2. 4.3. 5. I _n 5.1. 5.2. 5.3. 6.1. 6.2. 6.3. 6.4. 7. J 7.1. 7.2.	Стоимость 1 т. Мелкие заполнители Идентификатор Вид Плотность Загрязнённость Стоимость за 1 т. и d _m по каждому сочетанию за М1 и К1 М1 и К2 М2 и К1 М2 и К2 онкодисперсная добавка Идентификатор Вид Плотность Стоимость 1 т. обавки-модификаторы свойств Идентификатор Вид Вид	М1 Стандартный 2,64 кг/л Нет 27 грн. полнителей 0,57 0,62 0,55 0,58 ТД Бой ки 2,75 12 г	М2 Мелкозернис тый 2,59 кг/л Да 22 грн. 820 800 830 810 Ц1 прпича кг/л рн.	
4. M 4.1. 4.2. 4.3. 4.4. 5. I _T 5.1. 5.2. 5.3. 6.1 6.2. 6.3. 6.4. 7. //	Стоимость 1 т. Мелкие заполнители Идентификатор Вид Плотность Загрязнённость Стоимость за 1 т. и и и по каждому сочетанию за М1 и К1 М1 и К2 М2 и К1 М2 и К2 онкодисперсная добавка Идентификатор Вид Плотность Стоимость 1 т. обавки-модификатор Вид Пдентификатор Вид Процент Снижения	M1 Стандартный 2,64 кг/л Нет 27 грн. полнителей 0,57 0,62 0,55 0,58 ТД Бой ки 2,75 12 г	М2 Мелкозернис тый 2,59 кг/л Да 22 грн. 820 800 830 810 Ц1 рпича кг/л рн.	
4. M 4.1. 4.2. 4.3. 5. I _n 5.1. 5.2. 5.3. 6.1. 6.2. 6.3. 6.4. 7. J 7.1. 7.2.	Стоимость 1 т. Мелкие заполнители Идентификатор Вид Плотность Загрязнённость Стоимость за 1 т. и d _m по каждому сочетанию за М1 и К1 М1 и К2 М2 и К1 М2 и К2 онкодисперсная добавка Идентификатор Вид Плотность Стоимость 1 т. обавки-модификаторы свойств Идентификатор Вид Процент снижения водопотребности	М1 Стандартный 2,64 кг/л Нет 27 грн. полнителей 0,57 0,62 0,55 0,58 ТД Бой ки 2,75 12 г	М2 Мелкозернис тый 2,59 кг/л Да 22 грн. 820 800 830 810 Ц1 рпича кг/л рн. ДМ2 ПФМ-БС	
4. M 4.1. 4.2. 4.3. 5. I _n 5.1. 5.2. 5.3. 6.1. 6.2. 6.3. 6.4. 7. J 7.1. 7.2.	Стоимость 1 т. Мелкие заполнители Идентификатор Вид Плотность Загрязнённость Стоимость за 1 т. и и и по каждому сочетанию за М1 и К1 М1 и К2 М2 и К1 М2 и К2 онкодисперсная добавка Идентификатор Вид Плотность Стоимость 1 т. обавки-модификатор Вид Пдентификатор Вид Процент Снижения	M1 Стандартный 2,64 кг/л Нет 27 грн. полнителей 0,57 0,62 0,55 0,58 ТД Бой ки 2,75 12 г	М2 Мелкозернис тый 2,59 кг/л Да 22 грн. 820 800 830 810 Ц1 рпича кг/л рн. ДМ2 ПФМ-БС	

Таблица 1

Исходные данные

		Показатель	Состав	Идентификатор
		1	2	3
Bapı	иант	г с минимальной се	ью	
	1	В, л	140	
1	2	Ц, кг	255	Ц1
	3	М, кг	578	M2
	4	К, кг	1302	К1
	5	ТД, кг	45,83	ТД1
	6	ДМ, кг	0,77	ДМ1
		Ст. м ³ , грн.	93	
		Общая ст., грн.	24626	
Доп	олн	ительные варианты		
	1	В, л	149	
	2	Ц, кг	270	Ц1
	3	М, кг	631	M2
16	4	К, кг	1337	K1
10	5	ТД, кг		
	6	ДМ, кг	0,54	ДМ2
	7	Ст. м ³ , грн.	98	
	8	Общая ст., грн.	25977	
	1	В, л	183	
	2	Ц, кг	332	Ц2
	3	М, кг	563	M2
32	4	К, кг	1227	К2
32	5	ТД, кг		
	6	ДМ, кг	1	ДМ1
	7	Ст. м ³ , грн.	106	
	8	Общая ст., грн.	27991	
	1	В, л	177	
	2	Ц, кг	322	Ц1
	3	М, кг	640	M1
46	4	К, кг	1211	К2
48	5	ТД, кг		
	6	ДМ, кг		
	7	Ст. м ³ , грн.	113	
	8	Общая ст., грн.	29881	

Таблица 2

Результаты расчёта

вывод

Разработана методика и программа для анализа целесообразности применения компонентов и технологических возможностей производства с целью обеспечения оптимального состава и минимальной себестоимости бетона заданных параметров.

- 1. Методические указания к оптимизации состава цементобетонов различного назначения с применением компьютера /Сост. М.В. Горячих, В.Н. Шмигальский. Симферополь: КАПКС, 2002. 20 с.
- 2. Горячих М.В., Носатов В.Г., .Шмигальский В.Н. Выбор рациональных баз снабжения предприятий железобетонных изделий компонентами бетона / Строительство

УДК: 678.01: 538

В.С. Рутенко к.т.н., доцент

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

О механизме изнашивания полимеров при динамическом воздействии водноабразивной пульпы

Исследован механизм изнашивания реактопластов, термопластов и элластомеров водно-абразивным потоком. Установлено, что в основе механизма изнашивания действуют механо-химические явления, на протекание которых существенное влияние оказывает кислород и трибоусловия процесса изнашивания.

Полимер, изнашивание, конструкционные материалы, водно-абразивная пульпа

Представление о механизме изнашивания органических полимеров под воздействием гидроабразивной среды, например потоком пульпы, позволит более эффективно использовать полимерные материалы как конструкционные, а также для защиты быстро изнашивающихся поверхностей гидротранспортного и другого строительно-технологического оборудования.

Изнашивание полимера в указанных условиях представляет процесс разрушения его поверхности в результате динамического взаимодействия с твердыми частицами движущегося потока. Гидродинамическая закономерность движения жидкости обеспечивает скольжение твердой частицы относительно поверхности. Наряду с этим турбулентное движение потока не исключает возможности ударных явлений, особенно в начале акта встречи частицы с поверхностью. Установлено, [1,2] что и в случае косого удара в момент контакта реализуется трение скольжения. Таким образом, изнашиваемая поверхность полимера в движущемся водно-абразивном потоке испытывает высокочастотные ударные механические воздействия, а при скольжении твердых частиц в поверхностном слое возникает сложное напряженное состояние: перед частицей существует зона сжатия, а за частицей – зона растяжения [3].

Сущность процессов, протекающих на поверхности полимера при трении в воде впервые раскрыта в работе [4], где показано, что на поверхности трения полимера образуются активные свободные радикалы, которые реагируют с кислородом, растворенным в воде. Известно, что вода по отношению к полимерам является физически активной средой. Вызывая набухание полимера, она ослабляет поля межмолекулярных сил и облегчает диффузию кислорода в полимер [5].

Методом ЭПР установлено, что энергия высокочастотных ударов и механическое напряжение приводят молекулярную структуру полимера в активное состояние [6]. В макромолекуле происходит увеличение межатомных расстояний и ослабление связей в основной цепи и боковых группах или разрыв ковалентных связей с образованием активных радикалов. В первом случае имеем явление механической активации химической деструкции макромолеуклы (окисление, гидролиз, аминолиз), во втором — прямая механодеструкция молекулы полимера.

Приведенный анализ динамического взаимодействия водно-абразивного потока и полимера позволяет предположить, что изнашивание сопровождается не только поверхностными явлениями, вызванными трением компонентов пульпы о поверхность, но и механо-химическими превращениями в поверхностном объеме полимера.

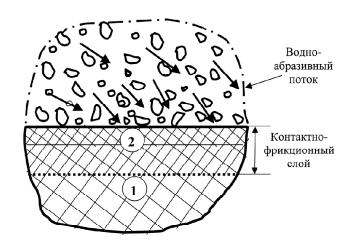


Рис.1 Изнашиваемая поверхность полимера.

1- основной полимерный материал, 2- контактнофрикционный слой.

Изнашиваемую поверхность полимера можно представить схематично (рис.1), где границы слоев проведены условно.

В присутствии продиффундировавшей воды и кислорода именно слой 2 испытывает максимальные напряжения от динамического контактного взаимодействия с твердыми частицами и жидкостью [7]. Из вышеприведенных рассуждений вытекает, что в слое 2 возможен процесс механоактивируемой химической и механической деструкции полимера с образованием свободных и перекисных радикалов. Этот смешанный процесс можно представить известной схемой:

$$RH \xrightarrow{\text{механоактивация}} + O_2 \rightarrow ROOH$$

$$RH \xrightarrow{\text{механодеструкция}} R'$$

$$RH + ROOH \rightarrow RO' + R' + H_2O$$

Очевидно, в данных условиях общий процесс деструкции будет иметь автокаталитический характер и в зависимости от свойств полимера протекать избирательно. Любая из форм механоактивируемой деструкции вызовет значительное уменьшение молекулярного веса полимера, и соответственно, ухудшит его механические свойства и стабильность.

Несмотря на то, что водная среда обеспечивает хороший теплоотвод, при экспериментах на расстоянии 0,3 мм от поверхности образцов полимеров наблюдалась высокая температура (рис.2), являющаяся результатом трения при взаимодействии частиц с изнашиваемой поверхностью. Скольжение абразивных частиц угловатой формы по поверхности полимера вызывают, вследствие малой площади контакта, возникновение высоких контактных давлений и связанных с этим локальных вспышек температур, значительно превышающих температуру зафиксированную термопарой. Высокая температура, наличие мехноактивированного слоя 2 и воздействие окислителя - воды насыщенной кислородом вызывает интенсивное протекание термоокислительного процесса [5]. Это приводит к образованию глубоко деструктированного низкомолекулярного слоя с низкими механическими свойствами, толщина которого, вероятно, определяется градиентом температуры.

Такая интерпретация механизма физико-химических явлений при разрушении поверхности полимера водно-абразивным потоком хорошо согласуется с приведенными результатами экспериментов.

По методике, описанной в [8], исследовали изнашивание высокополимеров с различными химическими и физико-механическими свой-



Рис.2 Температура на изнашиваемой поверхности полимерного образца в зависимости от интесивности воздействия пульпой:

1, 3, 5-при обычном составе пульпы, 2, 4, 6-при добавлении в пульпу антифрикционного компонента (галловая кислота).

ствами: термореактивная композиция — эпоксидная смола ЭД-6 отвержденная фенолоформальдегидной смолой РФН — 60, термопластичный полимер — полиамид П-68 и полиуретановый эластомер на основе СКУ-ПФЛ. Температуру измеряли с помощью проволочной термопары, установленной на расстоянии 0,3 мм от поверхности испытываемых образцов.

Полученные закономерности процесса изнашивания исследовавшихся полимеров выражены графиками зависимости скорости изнашивания полимера (И, см³/час) от скорости движения (м/сек) образца в пульпе, т.е. от интенсивности динамического воздействия, и представлены на рис.3. Из графиков видна общая закономерность изнашивания полимеров — при достижении определенной скорости движения пульпы относительно поверхности (названа критической) происходит изменение наростания скорости изнашивания в сторону увеличения.

Для проверки гипотезы о механизме изнашивания полимеров водно-абразивным потоком было использовано уже изученное явление взаимодействия антиоксидантов с активными структурными частицами, образующимися при трении полимера и их стабилизации [9]. В случае предполагаемого механизма деструкции полимера антиоксидант, реагируя с образующимися активными концами органических молекул (*R'; ROO'; ROOH*), должен приостановить или замедлить цепные процессы деструкции [10], что качественно выразится в сохранении механических свойств поверхностного слоя и уменьшении износа полимера. Этот процесс имеет следующую схему:

$$R' + IH \rightarrow RH + I'$$

 $R' + I' \rightarrow IR$
 $I' + RO \rightarrow ROI$

I' — малоактивный радикал антиоксиданта.

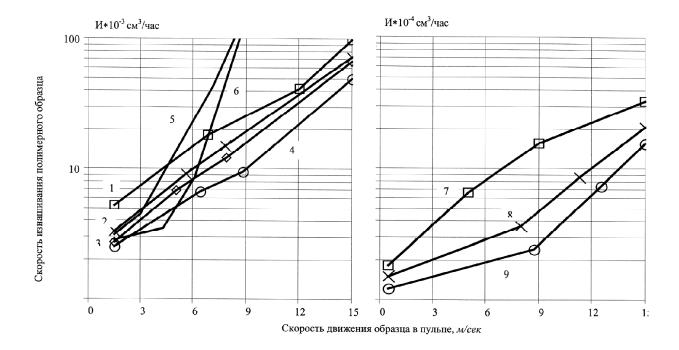


Рис.3. Скорость изнашивания полимерных композиций в зависимости от интенсивности воздействия пульпой.

Не стабилизированные полимеры, при обычном составе пульпы: 1-полиамид П-68, 7-эластомер СКУ ПФЛ; пульпа с антифрикционной добавкой: 2-полиамид П-68, 6-эпоксидная смола ЭД-6, 8-эластомер СКУ ПФЛ. Стабилизированные полимеры, при обычном составе пульпы: 3-полиамид П-68; пульпа с антифрикционной добавкой: 4- полиамид П-68, 5-эпоксидная смола ЭД-6, 9-эластомер СКУ ПФЛ.

Антиоксиданты вводили в состав полимера и в пульпу. Полиамид содержал 5 % сенергической смеси п—диоксибензола и N—фенил-β-нафтиламина, вводимой в расплав полимера.

Для выявления влияния фрикционного фактора на процесс изнашивания в экспериментах создавали различные трибоусловия на поверхности полимерных образцов путем введения в гидроабразивную пульпу антифрикционной добавки — галловой кислоты, в количестве 10%.

Результаты экспериментов представлены на рис. 3. Кривые характеризуют изнашивание полимеров: 1-полиамида П-68 в пульпе без добавок, 2 -полиамида с добавкой в пульпу галловой кислоты, 3 - стабилизированного антиоксидантами полиамида в пульпе без добавок, 4 - стабилизированного полиамида в пульпе с галловой кислотой. Как видно, присутствие антиоксидантов существенно влияет на характер и величину износа полимера. Это особенно заметно в диапазоне докритических скоростей. Наибольший эффект наблюдается для стабилизированного полиамида в присутствии галловой кислоты, являющейся, как известно, не только антиокислителем, но и поверхностно активным веществом, уменьшающим коэффициент трения полимеров в воде [9]. Этим можно объяснить значительное понижение температуры на поверхности образцов в присутствии галловой кислоты в пульпе, рис.2.

Введение антиоксидантов в термореактивную композицию не привело к заметному изменению в изнашивании (рис.3, график 5), однако при введении в пульпу галловой кислоты износ уменьшается (рис.3, график 6).

Это явление можно объяснить тем, что трехмерная структура термореактивной композиции значительно замедляет миграцию антиоксданта и в поверхностном слое полимера сохраняется концентрация гидроперекисей и свободных радикалов [6]. Галловая кислота, находящаяся в пульпе, уменьшает тепловые эффекты на поверхности, связанные с трением и окислительными процессами. Влияние антиоксиданта на изнашивание полиуретанового эластомера

представлено графиками 8 и 9 на рис. 3. Для стабилизации эластомера на основе СКУ ПФЛ была взята синергическая смесь (4% антиоксидантов: тиалкофен МБП, бисалкофен МЦП и трит. бутилмочевина). Для данного вида полимера, заметное влияние присутствия антиоксидантов на износостойкость эластомеров оказывается в диапазоне критической скорости и выше. Это объясняется различным количеством энергии, необходимой для протекания механохимических процессов [6]. Абразивные частицы со скоростью и энергией, способными вызвать механоактивацию и механодеструкцию макромолекул жесткого полимера, при соударении с эластомером лишь упруго деформируют валентные углы звеньев его структуры. При сопоставлении кривых износа нестабилизированного эластомера (рис. 3, график 7) и стабилизированного (рис. 3, график 8) можно сделать вывод, что влияние антиоксидантов начинает проявляться при скоростях выше критической. Это говорит о том, что увеличение интенсивности изнашивания эластомеров обусловлено появлением механодеструктированного слоя 2, который у жестких полимеров наблюдается при докритических скоростях. Уменьшение износа в широком диапазоне скоростей наблюдается при введении в воду 10% галловой кислоты (рис.3, график 9), температура на поверхности трения в этих условиях также уменьшается (рис.2, график 6).

выводы

Теоретический анализ и приведенные результаты экспериментов подтверждают высказанную гипотезу о механизме изнашивания высокополимеров под действием водно-угольного потока.

Поверхностный объем жестких полимеров в результате механо- и термореактивации интенсивно реагирует с кислородом, содержащемся в водно-абразивной среде, что приводит к уменьшению молекулярного веса и, соответственно, к значительному ухудшению механических свойств поверхностного слоя. Разупроченный деструктированный слой механически легко сдирается выступами абразивных частиц, а возможно вымывается водой. Этот вид изнашивания предполагает постоянное наличие разупроченного слоя, т.е.

$$V_{\text{decmp}} > V_{\text{mex.pa3pyu.}}$$

С увеличением скоростей потока и энергии частиц происходит изменение в кинетике образования и разрушения деструктированного слоя. Точка излома кривой в координатах «скорость изнашивания — скорость движения» соответствует установлению зависимости:

$$V_{\text{decmp}} < V_{\text{mex.paspyuu}}$$

т.е. дальнейшее изнашивание полимера идет с преобладанием прямого механического разрушения.

У эластомеров механодеструкцию гибких молекулярных звеньев (возникновение деструктивного слоя) вызвать значительно труднее, т.о. изнашивание их обусловлено главным образом только термоокислительными явлениями, про-

текающими в слое 1. Этим можно объяснить повышенную износостойкость эластомеров в водно-абразивном потоке.

- 1. Непомнящий Е.Ф. Трение и износ под воздействием струи твердых тел и расчет сил трения и износа М., «Наука» 1971.
- 2. Стыллер Е.Е. Трение при ударе. В сборнике трудов «О природе трения твердых тел». Минск, «Наука и техника», 1971.
- 3. Карагельский И.В. Трение и износ. М., «Машиностроение» 1968.
- 4. Кутьков А.А., Вишняков В.И. Новые исследования в области трения и износа машин. Ростов, 1968.
- 5. Тагер А.А. Физико-химия полимеров М., «Химия», 1968.
- 6. Барамбойм Н.К. Механохимия высокомолекулярных соединений. М., «Химия», 1971.
- 7. Степанов О.М. Исследование напряженного состояния поверхностных слоев материалов при трении скольжения. Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического семинара. Повышение надежности и долговечности деталей машин и механизмов. Хабаровск, 1976.
- Рутенко В.С. Методика лабораторных исследований изнашивания материалов деталей технологического оборудования углеобогатительных фабрик. Сборник трудов Новочеркасского политехнического института «Прикладная механика», т319. Новочеркасск, 1979г.
- 9. Кутьков А.А., Виноградов Г.В. Исследование влияния ингибиторов коррозии на износостой-кость и антифрикционные свойства пары трения сталь полиамид при работе в водопроводной и морской воде. В сб.трудов Новочеркасского политехнического института "Вопросы теории трения износа и смазки", т215, Новочеркасск 1975.
- Линштейн Р.А. О механизме действия ингибиторов окисления. В сб.: Присадки к маслам. М. "Химия", 1978.
- 11. Каргин В.А., Платс Н.А. Высокомолекулярные соединения. М. "Химия", 1969.

УД К. 691.54.661

И.С. Свищ, к.т.н., доцент, П.Г. Лавринев, к.т.н., доцент

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Эффективность применения оптимизированных составов легких и тяжелых бетонов на основе местного вяжущего материала

Показана технико-экономическая эффективность применения составов легкого и тяжелого бетонов при проектировании объемных блок комнат

бетон, смесь, шлакопортландцемент, компоненты, оптимизация, прочность, удобоукладываемость, корректировка, эффективность, стоимость, блок

Как известно, по конструктивному решению существует несколько типов зданий. В частности, в данной статье речь идет о зданиях жилищного назначения. К ним относятся здания блочного, крупнопанельного, объемноблочного и монолитного домостроения.

Во всех возводимых зданиях обязательно присутствуют конструктивные железобетонные элементы, изделия или конструкции, которые характеризуются различным составом бетонов. Задача оптимизации составов бетонов на легких и плотных заполнителях состояла в том, чтобы получить составы бетонов с заданной прочностью, средней плотностью, удобоукладываемостью и экономической целесообразностью. В задачах указывалось, что вяжущее вещество, применяемое в составах бетонов, должно быть местного производства с определенопытным путем свойствами. Оптимизировали составы бетонов по методике П ф Шмигальского В.Н.

Выбранная методика предусматривает назначение водопотребности по формуле:

$$B_c = 5\Pi + 150 \tag{1}$$

Далее проводили назначение водоцементного соотношения:

$$B/U = R_u(0.6 - 0.0014B) + 0.09$$
 (2)

Вместо R_u подставляли в формулу приведенную активность, которую подсчитывали по формуле:

$$R^{np}_{\ u} = 0.95(R+r) - 31.8 \tag{3}$$

Расчет оптимального соотношения между мелким и крупным заполнителями производили по формуле:

$$r_o \left(2 - \frac{d_m}{V_3^a} \right) \cdot r_m \tag{4}$$

Требуемую прочность бетона подсчитывали по формуле:

$$R_{mp} = \frac{B_{\kappa}}{1 - 1.64V} \tag{5}$$

Затем проводили определение расхода цемента Ц и абсолютного объема заполнителей V^a .

$$\mathbf{H} = \mathbf{B}/(\mathbf{B}/\mathbf{H}) \tag{6}$$

$$V^{a}_{3} = 1000 - (B + \mathcal{U}/\rho_{u} + \epsilon)$$
 (7)

Далее опытным путем определяли rm и dm, то есть максимальное соотношение мелкого заполнителя к крупному заполнителю и максимальный абсолютный объем кубометра уплотненной смеси сухих заполнителей при r_m соответственно:

$$d_m = (1000 - V_{min}^n) \tag{8}$$

Затем производили определение расхода крупного и мелкого заполнителей К и М по формулам:

$$K = \rho_{\kappa} \cdot V^{a_{3}} / (1 + r_{o}) \tag{9}$$

$$M = K \cdot r_o \cdot (\rho_M / \rho_K) \tag{10}$$

Теоретически рассчитанные составы корректировали в лабораторных условиях по удобоукладываемости, средней плотности и прочности.

В исследовании применяли следующие исходные компоненты. В качестве минерального вяжущего вещества был принят шлакопортландцемент Бахчисарайского цементного завода, активностью $R=33.8~\mathrm{M\Pi a}$, плотностью $\rho=3000~\mathrm{kr/m}^3$, насыпной плотностью $\rho_{_{H}}=1300~\mathrm{kr/m}^3$. В качестве легкого крупного заполнителя был принят керамзитовый гравий фракции $10-20~\mathrm{mm}$, насыпной плотности $500~\mathrm{kr/m}^3$, прочностью на сдавливание в цилиндре $1.5~\mathrm{H/mm}^2$, а так же щебень из мраморовидного известняка Крымских карьеров фракции $5-10~\mathrm{mm}$, плотностью $\rho=2620\mathrm{kr/m}^3$, насыпной плотностью $1520~\mathrm{kr/m}^3$. В качестве мелкого заполнителя использовали песок речной кварцевый Приднепровс-

кий с модулем крупности $M_{\kappa} = 1,8$, плотностью $\rho = 2610 \text{ кг/м}^3$, насыпной плотностью ρ_{μ} $= 1490 \text{ кг/м}^3$. В результате проведенных расчетов были получены теоретические составы конструкционных легких бетонов со средней плотностью $\rho_0 = 1600...1800 \text{ кг/м}^3$ и обычных тяжелых бетонов со средней плотностью ρ_0 = $2300...2400 \text{ кг/м}^3$, с тремя заданными характеристиками по прочности, удобоукладываемости и средней плотности. Для всех составов среднюю арифметическую кубиковую прочность задавали в пределах $R=25,8...27,0 \text{ H/мм}^2$, удобоукладываемость в составах № 1, 3 – ОК = 6 - 8 см, а составах № 2, 4 - OK = 14 - 16 см, т.е. бетонные смеси относятся к разряду подвижных и особо подвижных. В результате проведенного расчета были получены следующие составы бетонов, представленные в табл. 1.

Таблица 1. Результаты теоретических расчетов составов бетона на пористых и плотных заполнителях

Nº	Состав	Расход	Расход	Расход	Расход	Средняя
п/п	бетона	вяжущего,	крупного	мелкого	воды,	плотность
		кг/м ³	заполнителя,	заполнителя,	л/м ³	бетона,
			кг/м ³	кг/м ³		кг/м ³
1	2	3	4	5	6	7
1	1	434	397	518	191	1540
2	2	602	361	385	229	1577
3	3	517	1043	530	212	2302
4	4	540	1024	421	254	2239

Примечание: Составы бетонов 1 и 2 – на керамзитовом гравии; составы 3 и 4 – с применением мраморовидного щебня.

На основании проведенных лабораторных исследований представленные составы бетонов (табл.1) были откорректированы с учетом удобоукладываемости, прочности и средней плотности. Результаты откорректированных составов, фактическая удобоукладываемость, прочность и средняя плотность указаны в табл. 2.

Определение предела прочности на осевое сжатие образцов кубов из бетона на легком и плотном заполнителях проводили, как в 28-ми суточном возрасте естественного твердения (Состав №1*), так и после тепловлажностной обработки (Составы №2*, №3**, №3**, №4**). Режим тепловлажностной обработки составов был принят следующий — общий режим ТВО 13 часов, подъем температуры с 20° С до 85° С - 2 часа, время изотермической выдержки образцов кубов при 85° С - 8 часов, время охлаждения до $35-40^{\circ}$ С - 3 часа.

Таблица 2.

Результаты откорректированных составов бетонов на пористых и плотных заполнителях

Nº	Состав	Расход	Расход	Расход	Расход	Средняя	OK,	R,
п/п	бетона	вяжущего,	крупного	мелкого	воды,	плотность,	СМ	H/mm ²
		кг/м ³	заполнителя,	заполнителя,	л/м ³	кг/м ³		
			кг/м ³	кг/м ³				
1.	1*	539	400	535	270	1744	6	27
2.	2*	712	347	278	280	1617	14,5	26,4
3.	3**	656	414	520	314	1706	6	22,1
4.	3**	624	1043	530	236	2358	7	33,2
5.	4**	609	1024	540	276	2320	14	26,5

Примечание: где ОК — осадка конуса; R — среднее арифметическое значение предела прочности на осевое сжатие стандартных образцов кубов размером 15x15x15 см, а также образцов кубов размером 10x10x10 см с учетом переходного коэффициента, равного 0,91.

Таблица 3.

Для определения экономической целесообразности применения в производстве скорректированных составов бетонов за основу была принята комплексная методика расчета экономической эффективности производства объемных блоков многоэтажного здания жилищного назначения. Методика состоит из суммарных показателей экономической эффективности стоимости компонентов бетонных смесей, приготовления состава бетонов на пористых и плотных заполнителях, расчета объемной блок-комнаты с целью подбора массы арматурных элементов (объемную блок-комнатупри действии эксплуатационных нагрузок рассчитывали на программном комплексе «ЛИРА 9.0»), транспортных затрат на перевозку объемных блок комнат. В первом варианте применяли составы 1 и 2 (табл.2) на легком крупном заполнителе. Во втором варианте использовали составы 3 и 4 (табл.3) на плотном заполнителе. В обоих вариантах использовали конструктивно-техническое решение объемной блок-комнаты с диафрагмами жесткости. Результаты экономической эффективности приведены в табл. 3.

выводы

- 1. Экономически эффективнее производство объемных блоков из легкого керамзитобетона.
- 2. Резерв снижения себестоимости продукции заложен в применении менее дорогих, но более надежных теплоизоляционных материалов, в использовании в бетонах суперпластифицирующих добавок, которые приводят к снижению расхода цемента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Методические указания к оптимизации состава цементобетонов различного назначения с применением компьютера /Сост. М.В. Горячих, В.Н. Шмигальский. -Симферополь, КАПКС, 2002. 20с.
- 2. Лушпаева П.П. Строительные материалы Крыма. Симферополь: Таврия, 1987. 160 с.

Результаты экономической эффективности применения исследованных составов бетонов

		•			
№	Наименование	Единицы	Вариант 1	Вариант 2	
п/п	показателей	измерения			
1	2	3	4	5	
1	Общая масса				
	объемной	T.	13,01	17,29	
	блок комнаты				
2	Расход бетона	M^3	6,9	6,9	
3	Стоимость бетона	грн.	1413 -19	1000 - 64	
4	Стоимость	LIMI	545 - 79	631-29	
	арматуры	грн.	3 4 3 = 19	031 – 29	
5	Транспортные	IMI	94 - 86	257-29	
	расходы	грн.	9 4 = 00	231-29	
6	Стоимость				
	теплоизоляционны		<i>A</i> 111	701	
	х материалов	грн.	411	701	
7	Общая стоимость	17011	2464 - 84	2590 - 22	
	объемного блока	грн.	2 404 - 84	2390 - 22	

Примечание: Транспортные расходы рассчитаны согласно СНиП IV. 4. 82. Стоимость арматурной стали, рассчитана исходя из цен на металл в 2003г.

- 3.Иванов И.А. Технология легких бетонов на искусственных пористых заполнителях. М., Стройиздат, 1977. 287 с.
- 4. Баженов Ю.М. Бетонные смеси. М., Издательство ACB, 2003. 500 с.
- СНиП 1V.4.82. Строительные нормы и правила. Часть 1V. Сметные нормы и правила. Глава 4. Правила определения сметных цен на материалы, изделия и конструкции и сметных цен на перевозки грузов для строительства. – М., Стройиздат, 1982. – 141 с.
- 6. Руководство по технико-экономической оценке способов формования бетонных и железобетонных изделий. М., Стройиздат, 1978. 137 с.

УДК 691.33

С.И. Федоркин, д.т.н., профессор, Н.В. Любомирский, к.т.н., доцент,

Р.В. Братковский, инженер

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Стеновой материал повышенной водостойкости на основе фосфогипса

Исследовано влияние известковой суспензии на повышение водостойкости фосфогипсовых изделий, полученных способом полусухого прессования.

фосфогипс, фосфогипсовое вяжущее, известковая суспензия, полусухое прессование, водостойкость

На современном этапе развития строительства Украины особенно важное значение имеет внедрение в производство товарной продукции дешевых и эффективных сырьевых ресурсов. Наиболее перспективным с этой точки зрения является техногенное сырье, включающее, главным образом, различные попутные и побочные продукты промышленности. Использование техногенного сырья представляет дополнительные возможности экономии денежных средств, а также решения ресурсных и природоохранных задач — замена первичных сырьевых ресурсов вторичными, освобождение значительных земельных угодий от отвалов, исключение затрат, связанных с эксплуатацией отвалов.

Одной из наиболее сложных проблем угилизации техногенного сырья является проблема угилизации фосфогипса, в основном из-за содержания вредных примесей (фосфатов и фтора), отрицательно влияющих на основные свойства (водопотребность, сроки схватывания) гипсового вяжущего. Вопросу угилизации отвалов фосфогипса в производство гипсовых вяжущих посвящено много работ [1-6]. Большие сложности при переработке фосфогипса в гипсовые вяжущие представляет нейтрализация вредных примесей. Предлагаемые в научно-технической литературе методы связаны либо с использованием большого количества воды для промывки ФГ, либо с загратами большого количества тепла (термический метод) [7]. Наиболее простым и технологичным является способ нейтрализации примесей фосфогипса в суспензии извести, приводящей к образованию нерастворимых в воде фосфатов и фторидов, которые несущественно влияют на технические свойства гипсовых вяжущих и имеют относительно высокую температуру диссоциации, и, кроме того, способствуют повышению водостойкости материалов на основе фосфогипсового вяжущеro [8].

Научный и практический интерес представляет изучение влияния известковой суспензии на водостойкость образцов из фосфогипсового вяжущего и получение фосфогипсоизвесткового стенового материала повышенной водостойкости методом полусухого прессования.

В связи с этим целью данной работы является обоснование возможности получения водостойкого стенового материала на основе фосфогипсового вяжущего методом полусухого прессования, путем введения в состав сырьевой смеси в качестве жидкости затворения известковой суспензии.

В данной работе использовали фосфогипс ГАК «Титан» (г. Армянск, Крым), получаемый в процессе производства фосфорной кислоты при переработке апатитового сырья Кольского полуострова (Россия) и зарубежных фосфоритов.

Таблица 1

Химический состав фосфогипса ГАК «Титан», % по массе

SiO_2	$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	CaO	MgO	SO ₃	P_2O_5	CaSO ₄ 2H ₂ O
0.8	1.01	32.6	0.71	45.4	0.96	96.52

Из табл. 1 видно, что содержание вредных примесей фосфатов (P_2O_5) составляет 0,96 %. Химический показатель марочности сырья \mathbf{K}_{M} и отношение \mathbf{SO}_3 к \mathbf{CaO} [9] довольно высоки ($\mathbf{K}_{\mathrm{M}}=0,955,\mathbf{SO}_3/\mathbf{CaO}$ 1,395), что позволяет предположить о достаточно хороших прочностных свойствах получаемого гипсового вяжущего.

Фосфогипсовое вяжущее (ФГВ) получали путем тепловой обработки фосфогипса ГАК «Титан» в сушильном шкафу в температурном интервале 140–170°C в течение сугок.

Таблица 3

Прочность фосфогипсовых образцов

Количество воды	Предел прочности при сжатии образцов, МПа			
затворения,%	нормального твердения	высушенных		
10	10	12.7		
14	21	26.5		
18	27.4	33.7		
22	33.8	39.6		
26	40.7	49.4		

Сравнивая прочностные показатели фосфогипсовых образцов с различным количеством воды затворения (см. табл. 3) видно, что с увеличением содержания воды в формовочной смеси прочность растет. Это можно объяснить улучшением формовочной консистенции смеси, более равномерным распределением воды вокруг зерен ФГВ и, как следствие, более плотной структурой прессованного материала, а также более полной гидратацией фосфогипсового вяжущего. Причем прочность образцов, подвергавшихся сушке перед испытаниями в течение 1 суток, в среднем на 20 - 27 % выше прочности опытных образцов, твердевших в нормальных условиях. Однако при увеличении воды затворения в сырьевой смеси ФГВ до 26 %, консистенция смеси такова, что смесь сложно перемешать - она «забивает» барабан смесителя, налипая на его перемешивающие лопатки и стенки. При прессовании смеси, увлажненной до 26 %, наблюдается выдавливание воды из пресс-формы и, кроме того, вследствие большой вязкости смеси, она прилипает к стенкам формы, из-за чего становится практически невозможным извлечение отформованных опытных образцов из пресс-формы. Таким образом, оптимальной формовочной влажностью сырьевой смеси следует считать интервал 18 – 22 %.

Результаты исследования прочности и водостойкости образцов, изготовленных методом полусухого прессования из сырьевой шихты влажностью 20 % на основе фосфогипсового вяжущего, затворенного водой и

Опытные образцы на основе (ФГВ) в виде цилиндров диаметром и высотой 2,8 см получали методом полусухого прессования при удельном давлении 300 кгс/см². Для затворения ФГВ использовали воду и известковое молоко плотностью 1,08 -1,12 г/см³. Известковое молоко получали фильтрацией гидратированной в течение суток системы: комовая известь – вода при B/T = 3. Определение водопотребности и сроков схватывания ФГВ проводили по стандартным методикам по ДСТУ БВ. 2.7-82 – 99. Испытания на прочность при сжатии и водостойкость проводили на опытных образцах-цилиндрах в возрасте 1, 3 и 7 сугок нормального твердения по стандартным методикам согласно ДСТУ БВ. 2.7-42 – 97. Часть образцов перед испытаниями высушивали при температуре $60~^{\circ} C$.

Выявлено, что время начала и конца схватывания при затворении ФГВ известковой суспензией больше, чем при затворении водой приблизительно в 2,5 раза. (табл.2)

Таблица 2

Водопотребность и сроки схватывания фосфогипсового вяжущего в зависимости от жидкости затворения

Жидкость затворения	Нормальная густота,%	1 *	ватывания, иин
		начало	конец
Вода	105	11	14
Известковое молоко	105	27	40

Следуя данным табл. 2 по нормальной густоте фосфогипсового вяжущего установлено, что необходимо повышенное его увлажнение по сравнению с строительным гипсом. Если нормальная густота гипсового теста 50 – 70 %, то у теста фосфогипсового вяжущего она выше в 1,7 раза и составляет соответственно 85 – 130 %. Для строительного гипса количество воды затворения при полусухом прессовании при оптимальных условиях формования составляет около 10% [10]. В связи с этим сырьевые смеси ФГВ увлажняли до 10, 14, 18, 22 и 26 %. Оптимальную влажность оценивали на массах ФГВ, загворенных водой, путем оценки консистенции сырьевой смеси при перемешивании. Прочность при сжатии опытных образцов-цилиндров определяли в возрасте 7 суток. (табл. 3.)

известковой суспензией, представлены в табл. 4.

Таблипа 4

Физико-механические св	войства	образцов	на основе ФГВ
------------------------	---------	----------	---------------

		Жидкость				затворения			
		вода			ИЗ	ввестковое	молоко		
r, cyt	предел прочности при сжатии, МПа		размягчения цение по 2,%		предел прочности при сжатии, МПа		размягчения	ие по	
Возраст,	в сухом состоянии	в насыщен- ном водой состоянии	ффициент	1 2 3 1	в сухом состоянии	в насыщенном водой состоянии	коэффициент разм	водопоглощение массе,%	
1	29.7	21.2	0.76	14	28	22.3	0.8	13	
3	32.8	22.4	0.7	14	29.3	23.1	0.79	11	
7	39.1	25.2	0.64	11	36.7	28.3	0.77	9	

Из табл. 4 видно, что затворение фосфогипсового вяжущего известковым молоком приводит к повышению водостойкости прессованных образцов. Коэффициент размягчения образцов с известковой суспензией в сравнении с образцами, затворенными водой, выше в зависимости от возрастов образцов на 5-20 % и составляет 0,77 - 0,80. Фосфогипсовые образцы при водном затворении отличаются от образцов, затворенных известковой суспензией, большим водопоглощением по массе, в среднем на 2 %. Некоторое снижение предела прочности при сжатии фосфогипсовых образцов при затворении известковой суспензией в сравнении с образцами, затворенными водой (например, в возрасте семи суток 36,7 МПа против 39,1 МПа), можно объяснить замедленной гидратацией фосфогипсового вяжущего в среде известкового молока. Плотность отформованных образцов методом полусухого прессования составляет в среднем $1,9 \, г/cm^3$.

выводы

Проведенные исследования показали, что возможно получать водостойкий стеновой материал на основе фосфогипсового вяжущего, применяя в качестве жидкости затворения известковую суспензию. Коэффициент размягчения фосфогипсоизвестковых образцов в сравнении с образцами, затворенными водой, выше на 5 — 20 % и составляет 0,77 — 0,80, водопоглощение снижается в среднем на 2 %.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Стонис С.Н., Кукляускас А.И., Бачаускене М.М. Особенности получения строительного гипса из фосфогипса // Строительные материалы. 1980. № 2.
- 2. Будников П.П., Ростенко К.В. Фосфогипс как сырье в производстве гидравлических вяжущих // Строительные материалы. -1966. -№ 11.
- 3. Ломовцева С.Б. и др. Вяжущие свойства полугидрата сульфата кальция отхода производства экстракционной фосфорной кислоты // Химическая промышленность. 1971. № 11.
- Воробьев Х.С. Состояние и перспективы развития производства и применения в строительстве гипсовых материалов, изделий и конструкций // Строительные материалы. – 1980. – № 2.
- 5. Getting rid of phosphogypsum I. Can technology provide the answer to a montainous waste problem? Phosphorus and Potassium, 1977, №87.
- 6. Мещеряков Ю.Г. Гипсовые попутные промышленные продукты и их применение в производстве строительных материалов. Л.: Стройиздат, 1982.
- 7. Костенко А.С. Переработка сульфат-содержащих отходов химических производств. К.: Наукова думка, 1989.
- 8. Мещеряков Ю.Г., Иванов О.И., Опекунов С.А. Технология производства вяжущего из фосфогипса. // Строительные материалы. 1992. № 4.
- 9. Долгорев А.В. Вторичные сырьевые ресурсы в производстве строительных материалов: Физико-химический анализ: Справочное пособие. М.: Стройиздат, 1990.
- 10. Строительные материалы: Справочник // Болдырев А.С. и др. М.: Стройиздат, 1989.

УДК 620.197.7:621.643-034.14

Ю.А. Фисенко, инженер

Крымская академия природоохранного и курортного строительства.

Определение оптимального состава полимербетона на основе полиуретанового лака с использованием моделирования

Фундаментальные работы, проведенные в 70-80-х годах в ИХВС АН Украины (г.Киев) и ИВС РАН (г.Санкт-Петербург), позволили решить ряд важных вопросов, связанных со структурой гибридных матриц и характером взаимодействия различных фаз друг с другом и с дисперсными частицами наполнителя в термопласте[1]. При этом механизм взаимодействия наполнителя с термореактивными смолами разработан в значительно меньшей степени, оптимизация рецептур в зависимости от прочностных и деформативных свойств наполненных конструкционных композитов изучены мало и фрагментарно. К наполненным композитам строительного назначения, в т.ч. конструкционным полимеррастворам, для восстановления сплошности и монолитности бетона предъявляются определенные требования, связанные со спецификой ремонтно-восстановительных работ. Отдельные требования могут быть удовлетворены за счет использования в рецептуре конструкционных полимеррастворов различных видов отвердителей и наполнителей в оптимальных сочетаниях и соотношениях. Исследования, приведенные в данной работе, направлены на решение этих вопросов. Критериями оптимизации рецептурного содержания отвердителя и наполнителя по принятым технологическим и конструкционным параметрам, как правило, служат подвижность (вязкость) полимерраствора, его прочностные и деформативные параметры в отвержденном состоянии.

Согласно[1,2] при введении в полимерную матрицу небольшого количества наполнителя нарушается межмолекулярная упорядоченность структуры полимерной смеси. Вблизи частиц наполнителя возникает ориентированная и более напряженная неравновесная структура, образующиеся связи макромолекул с поверхностью наполнителя, которые выступают как дополнительные узлы пространственной структуры сетки. Однако, их недостаточно для образования общей структуры композита. Поэтому,

как правило, наблюдается незначительное изменение прочностных параметров композиции. Дальнейшее повышение концентрации наполнителя увеличивает способность отдельных частиц дисперсной формы образовывать в среде полимера цепочные или кластерные структуры, возникающие вследствие эффективных соударений и сближений частиц наполнителя в полимерном связующем. Ребиндер П.А. [3,4] связывал возникновение таких структур с возможностью сцепления частиц наполнителя через тонкие адсорбционно-сольватные слои полимера. Возникающие цепочные структуры из частиц активного наполнителя начинают выступать как усиление композита, поскольку в плоскости разрыва уже находятся более прочные связи между частицами наполнителя. Кроме того, вследствие межфазных взаимодействий и физико-химических изменений полимера в поверхностных слоях, вокруг частиц наполнителя образуются полимерные чехлы с измененными свойствами. Характер межфазных взаимодействий зависит от значения соотношения поверхностных энергий наполнителя и матрицы, поэтому ограничение числа возможных конформаций макромолекул и их сегментной подвижности, а также сшивка ими частиц наполнителя приводят в итоге к изменению характера упаковки молекул в граничном слое и способствуют повышению упругости и прочностных параметров композита [1,5,6]. Энергетическая концепция упрочнения наполненных композитов предложена также Ф. Ленгом [1], он объясняет это взаимодействием развивающейся трещины с частицами наполнителя, приводящими к ее торможению. В соответствии с его теоретическим анализом и расчетом, общая энергия, затрачиваемая на разрушение композита, возрастает за счет необходимых энергетических затрат на образование новых поверхностей трещины, ее ветвления и удлинения общего фронта растущей трещины. С этой позиции рост степени наполнения полимерной матрицы приводит к росту препятствий для свободного развития трещин, изменению условий перенапряжений на краях трещин, релаксации общих напряжений и перераспределению их на большее число центров с образованием микротрещин. Вследствие этого увеличивается уровень среднего напряжения, приводящего к общему разрушению композита, и соответственно повышаются его прочностные параметры. При дальнейшем повышении степени заполнения композита нарастает дефицит полимерного связующего, необходимого для образования полимерного чехла вокруг каждой дисперсной частицы наполнителя. В этих условиях начинается дробление пленочной структуры полимера, агрегатирование несвязанного наполнителя в сухом виде и интенсивного порообразования, что сопровождается общим снижением прочности композита.

В отдельных случаях оптимизировать прочность композита можно увеличением дисперсности наполнителя. Отмечается, что дисперсность наполнителя может вызывать большее влияние на прочностные параметра композита, чем химическая природа наполнителя или модификация его поверхности[1,2,5,7,8]. Это явление связывают с повышением поверхностной энергии при уменьшении размера частиц наполнителя, а также с повышением возможности сорбции наполнителем продуктов деструкции компонентов адгезива. Чрезмерно высокая дисперсность наполнителя нежелательна из-за повышения опасности к агрегатированию наполнителя в сухом виде. Согласно экспериментальным результатам [1,5,6] оптимальная дисперсность наполнителя для композитов строительного назначения типа клеев и мастик находится в пределах $3000-8000 \text{ см}^2/\Gamma$. При любой дисперсности наполнители, как правило, остаются полидисперсными материалами с различным характером взаимодействия с полимером. Для мелкодисперсных частиц определяющими факторами являются межфазные взаимодействия, капиллярные и поверхностные явления, а гравитационные взаимодействия и когезионная прочность самих частиц малозначимы. В то же время для крупнозернистых наполнителей большую роль играет их гравитационное взаимодействие и связанная с этим плотность их укладки в полимерной матрице. По этой причине необходима классификация наполненных полимерных композитов в зависимости от размера частиц наполнителя. Клеям, мастикам, шпаклевкам соответствуют композиты с тонкомолотым наполнителем, в том числе и с пигментами. При получении полимеррастворов, компаундов используются помимо тонкомолотых наполнителей и мелкозернистые наполнители с частицами, размер которых достигает до $3x10^{-3}$ м. С введением в полимер дополнительной фракции крупнозернистого наполнителя с размером частиц свыше 3×10^{-3} м получают полимербетоны. В зависимости от фракционного состава наполнителя формируется определенная структура композита. В свою очередь структура композита во многом определяет его конечные физико-механические и эксплуатационные свойства. Полимерной матрице наполненного композита соответствует субмикроструктура, определяемая физико-химическими взаимодействиями в полимерной смеси. Тонкодисперсный наполнитель формирует микроструктуру композита, мелкозернистому заполнителю соответствует мезоструктура, а крупнозернистый заполнитель определяет свойства макроструктуры композита. Оптимизация рецептуры наполнителей с учетом их вида и фракционного состава позволяет активно управлять процессом структурообразования наполненных композитов и создавать материалы с заранее заданными свойствами. Основные направления оптимизации, а также структурообразующие факторы для каждого структурного уровня и взаимосвязь особенностей структуры с направленным формированием и изменением требуемых физико-технических свойств материалов определены полиструктурной теорией [1,6,8]. В соответствии с этой теорией полимерные композиты представляются как полиструктурные материалы, общая структура которых объединяет множество взаимозависимых структур, формирующихся одна в другой. С инженерной точки зрения согласно этой теории оптимизацию и армирование структуры композитов наиболее целесообразно проводить по двум характерным уровням микроструктуры и макроструктуры. Другим важным положением этой теории является вывод о целесообразности прерывистой гранулометрии наполнителя. В наполненных системах прочность отдельных частиц наполнителя сочетается с упругими свойствами полимерной матрицы, которая объединяя отдельные частицы, перераспределяет и выравнивает напряжения на соседней частице. По этой причине в структуре частиц наполнителя, не способных передавать приложенную нагрузку, образуются локальные зоны перенапряжений, являющихся очагами преждевременного разрушения материала.

По нашим исследованиям [9] использование наполнителей в основном приводит к повышению прочности полимерраствора на 5-40%. Такая положительная особенность наполнителей, приводящая к упрочнению и улучшению эксплуатационных свойств полимерных композитов, является экономически эффективной, поскольку не требует затрат на создание новых материалов, а достижение эффекта происходит за счет их оптимального сочетания. Однако, эта проблема мало изучена и поэтому требовала специальной экспериментальной проверки.

С этой целью было проведено экспериментальное изучение свойств полимеррастворов, где в качестве наполнителя использовали отход производства антипирена на основе гидроокиси алюминия.

В результате проведенных экспериментов были получены модели прочностных характеристик наполненных полимербетонов с мелкодисперсными наполнителями.

Из полученных результатов следует, что прочностные характеристики полимеррастворного камня на основе полиуретанового лака УР-293 зависят от вида и содержания отвердителя, количества смолы, содержания воды в растворе и условий его эксплуатации. Особенно важно, что установлены области наибольшей прочности полимерных растворов с использованием различных количеств микронаполнителя, и также различных отвердителей. При этом сравнение экспериментальных результатов с результатами, полученными по моделям, показало, что их расхождение составляет 4-7%, что свидетельствует об их адекватности. Установленные экспериментальные факты позволяют надежно прогнозировать свойства исследуемых композиций в производстве, назначая составы требуемой прочности (марки раствора) при заданной подвижности, а также время на полимеризацию опытной смеси.

На основании проведенного анализа результатов экспериментов были выбраны оптимальные составы по прочностным показателям полимеррастворного камня, при этом учитывали реологические характеристики полимеррарстворной смеси и дешевизну составов (табл. 1).

Испытанием балочек 4х4х16 и кубов с размером ребра 2, 7, 10 см установлено, что аналогично цементным растворам, масштабный эффект наблюдается и в полимеррастворах. Причем наибольшая прочность принадлежит образцам с малым размером ребра, что обусловлено меньшей вероятностью нахождения в образце опасного дефекта (рис.1).

Таблица 1

Предельные значения физических показателей составляющих и свойств

полимеррастворов на основе подпурен в основе по	гана	
Наименование показателя ж д д д д д д д д д д д д д д д д д д	, and the second	
	го	
	ОК6 1241 1211 1211	
	31	
Количество лака УР-293, 500-584 454-	454-543	
KΓ/M	13 1 3 13	
Количество отвердителя, 35-54 40-	<i>(1</i>	
кг/м ³ 35-54 40-	40-64	
Количество наполнителя-	1.50	
антипирена , кг/м ³ 61-117 59-	59-150	
Количество песка, кг/м ³ остальное остал	остальное	
Подвижность, мм 223-245 208-	-236	
Начало полимеризации, 34-95 21-	21-67	
мин	-07	
Прочность при сжатии в	21-28	
возрасте 2-х суток при 18-33 21-		
твердении в воде, МПа		
Прочность при изгибе в	7-10	
возрасте 2-х суток при 6-12 7-		
твердении в воде, МПа		
Прочность при сжатии в	25-32	
возрасте 2-х сугок при 24-36 25-		
твердении в сухих		
условиях, МПа		
Прочность при изгибе в		
возрасте 2-х суток при 8-16 9-	9-13	
твердении в сухих		
условиях, МПа		
Прочность при сжатии в		
	-35	
твердении в воде, МПа		
Прочность при сжатии в		
возрасте 28 суток при 36-46 29-	-40	
твердении в сухих	TU	
условиях, МПа		

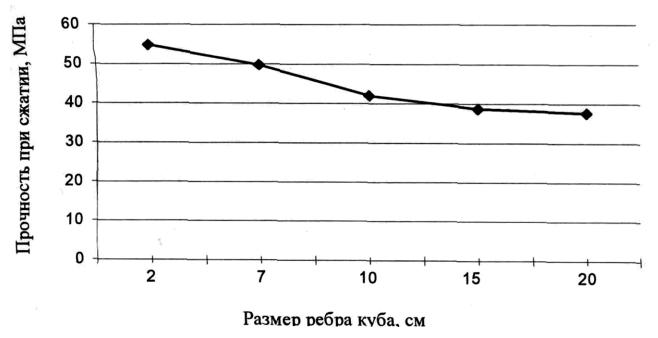


Рис 1. Зависимость кубиковой прочности полимеррастворного камня от размера образцов

Проведенные эксперименты позволили получить необходимые представления о реологических и прочностных характеристиках полимеррастворной смеси и камня. Однако для того чтобы утверждать о целесообразности их применения для восстановления бетона железобетонных сооружений в зоне переменного уровня воды необходимо произвести дополнительные исследования полимеррастворного камня в различных условиях эксплуатации, его адгезионную прочность к поверхности бетона, химическую и био- стойкость и др.

выводы

- 1. Исследованы реологические свойства полимеррастворов на основе полиуретанового лака УР-293. Установлено, что для торкретирования наиболее удобно применять полимеррастворные смеси с подвижностью эквивалентной 200 250 мм расплыва смеси на стандартном встряхивающем столе и сроками начала полимеризации более 25 мин.
- Оптимизированы прочностные свойства полимерного камня. Установлено, что прочностные характеристики полимеррастворного камня на основе полиуретанового лака УР-293 зависят от вида и содержания отвердителя, количества смолы и наполнителя, содержания воды в единице объема раствора и условий его эксплуатации. На основании проведенного анализа результатов экспериментов выбраны оптимальные составы по реологическим и прочностным показателям полимеррастворов.
- Разработаны модели, отражающие реологические и прочностные характеристики полиуретановых полимербетонов и позволяющие оптимизировать их свойства.

- 1. Соломатов В.И., Бобрышев А.Н., Химмлер Н.Г. Полимерные композиционные материалы в строительстве. -М.: Стройиздат, 1988. 312 с.
- 2. Бобрышев А.Н., Соломатов В.И., Прошин А. П. Механизм усиления прочности полимерных композитов дисперсным наполнителем // Химия и технология реакционноспособных олигомеров. Л.: ЛТИ.-1984.-С.8-11.
- 3. Ребиндер П.А. Структурообразование в дисперсных системах // Поверхностное явление в дисперсных системах. Современные проблемы коллоидной химии. -М.: Наука.- 1978. -С. 36^49.
- 4. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. М.: Наука, 1979. 381 с.
- 5. Елшин М.М. Полимербетоны в гидротехническом строительстве. М.: Стройиздат, 1980. 192 с.
- 6. Патуроев В.В. Полимербетоны. М.: Стройиздат, 1987. -286с.
- 7. Елшин И.М. Полимерные материалы в ирригационном строительстве. М.: Колос, 1974. 257 с.
- 8. Соломатов В.И. Технология полимербетонов и армополимерных изделий. М.: Стройиздат, 1981. 142 с.
- 9. Ю.А. Фисенко, А.Ю. Фисенко, С.И. Федоркин. Стойкость, долговечность и ремонтопригодность бетонов, эксплуатируемых в высокоагрессивных средах производства йода и брома. В сб. научных трудах «Строительство и техногенная безопасность». Симферополь. КАПКС. 2002, вып.7, с.228-230

УДК 666.9.015.42

Ю.А. Шепляков, к.т.н., доцент, О.Н. Олейник, к.т.н., доцент, П.Г. Лавринёв, к.т.н., доцент Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Перспективы применения шлакощелочных вяжущих и бетонов в тоннельном строительстве

Выполнен анализ целесообразности и обоснована перспективность применения шлакощелочных вяжущих и бетонов на основе модифицированных жидких стекол для применения в конструкциях эксплуатируемых в подземном и гидротехническом строительстве.

шлакощелочные вяжущие, шлакощелочные бетоны, жидкое стекло, прочность, коррозионная стойкость, водонепроницаемость

Тоннели позволяют значительно улучшить экономические показатели транспортных путей за счет сокращения расстояния транспортировки грузов, уменьшения уклонов, позволяют увеличить весовые характеристики и скорость движения транспорта. В сравнении с мостовым переходом тоннельное пересечение в случае преодоления водных препятствий имеет следующие преимущества: отсутствие помех судоходству; защищенность от внешних воздействий, в т.ч. ветра, льда и волн; удобство подходов к пересечению.

В настоящее время наиболее отработанным считается щитовой способ проходки тоннелей. Завершающим циклом этой технологии сооружения тоннелей является возведение обделки. При этом надежность и долговечность работы тоннеля существенно зависит как от условий эксплуатации, так и вида выбранного материала обделки туннеля. В зависимости от условий проходки и эксплуатации тоннеля применяют сборные (чугунные, стальные, каменные, бетонные, железобетонные) или монолитные (как правило, бетонные и железобетонные) обделки. Для подводных тоннелей сборные стальные или чугунные обделки из-за сложности герметизации их стыков и низкой коррозионной стойкости не применяют. Поэтому наиболее приемлемы обделки из бетона и железобетона. При соблюдении технологии строительства материал обделки должен работать на сжатие, значение которого зависит от горного давления и сейсмических нагрузок. Однако в случае слабых грунтов и плывунов на конструкцию тоннеля оказывает давление не только вышележащий слой грунта, но и вода, содержащаяся в нем, что требует повышения прочностных характеристик материала и его водонепроницаемости. При воздействии минерализованных вод дополнительным требованием к материалу является его коррозионная стойкость.

Выщелачивание и размягчение грунтов водой при нарушении гидрологических условий в процессе строительства понижают их устойчивость, увеличивают пластичность и создают предпосылки для сдвигов и пучений, а агрессивные воды разрушают бетон обделки туннелей. Вымывание водой частиц грунта ведет к его рыхлению и осадкам с возрастанием горного давления. [1]. Поэтому обделка требуют применения плотных коррозионно стойких бетонов. Наибольшее неблагоприятное воздействие при напоре воды в грунтах с большим коэффициентом фильтрации испытывают тонкостенные конструкции из бетона на обычном портландцементе. При этом наибольшей агрессивностью обладают кислые воды (рН<7), содержащие гидрокарбонат ионы и свободную углекислоту, а также ионы хлоридов, сульфатов и магния.

Известно, что коррозионная стойкость бетона зависит, прежде всего, от характеристик применяемого вяжущего. Вопросы повышения коррозионной стойкости вяжущих систем отражены в работах В.М. Москвина, В.И. Бабушкина, С.В. Шестопёрова и др. Характеристики стойкости шлакощелочных вяжущих в агрессивных средах приведены в работах В.Д. Глуховского, П.В. Кривенко, В.В.Гончарова, О.Н. Сикорского, Е.К. Пушкаревой, А.В. Мироненко и др. Большинство исследователей отмечают, что наилучшей коррозионной стойкостью обладают шлакощелочные вяжущие (ШЩВ) на основе растворимых силикатов, причем повышение содержания кремнезема в них увеличивает долговечность ШЩВ и бетонов в агрессивных средах. Однако в рассматриваемых работах не учитывали структурные особенности силикатного активатора твердения, интенсивно изменяющего свойства при вариации модуля в пределах от 1 до 2. Кроме того, силикатный модуль (Мс) активатора твердения как правило выбирали равным целочисленным значениям, что не является оптимальным (в работах достаточно широко исследованы свойства вяжущих и бетонов на основе жидких стекол с Мс=1, 2 и 3). Как показывают исследования [2], наиболее полно реализуется потенциал активатора твердения ШЩВ в интервале силикатных модулей 1,6+0,2, Такое модифицирование активатора твердения ШЩВ наиболее целесообразно проводить в процессе его получения гидротермальными методами. Установлено, что модифицирование активатора твердения позволяет существенно изменять технологические характеристики бетона. Однако, как показал анализ известных работ[4,5], исследование долговечности шлакощелочных вяжущих и бетонов при указанных характеристиках щелочного компонента ШЩВ в условиях гидростатического давления агрессивных вод практически не изучали. Это сдерживает применение рассматриваемых материалов в тоннельном строительстве. Следует отметить, что несмотря на многолетний опыт применения ШЩБ в строительстве для возведения тоннелей их практически не применяли.

Целью настоящей работы является обоснование технической целесообразности применения шлакощелочных бетонов в качестве материала обделки при строительстве транспортных тоннелей в сложных геологических условиях.

Методика изготовления образцов

Для получения шлакощелочных вяжущих в исследовании использовали молотый до удельной поверхности 300...350 м²/кг по Π CX-4 запорожский доменный гранулированный шлак следующего химического состава, %: SiO_2 - 38.2; Al_2O_3 - 5.61; Fe_2O_3 - 0.25; CaO - 45.2; MgO - 4.70; SO_3 - 2.29; MnO - 0.16; R_2O - 0.4; $\pi.\pi.\pi$ - 2.23; в качестве активатора твердения использовали модифицированное жидкое стекло, приготовленное по методике [[2].

В качестве инертных заполнителей для бетонов применяли запорожский речной песок, характеризуемый насыпной плотностью — 1420

кг/м³; содержанием глинистых и илистых частиц – 6-7%; модулем крупности – 1,36; пустотностью – 35-40%; водопоглощением по массе – 3,5 – 3,8%; остатком на сите 014 до 9% по массе; диорит Петропавловского месторождения фракций 0–5, 5–20, 20–40 характеризуемый средней плотностью – 2620–2730 кг/м3; водопоглощением по массе – 0,38 - 1,59%; пределом прочности при сжатии в воздушно-сухом состоянии – 62 - 143,5 МПа, в насыщенном водой состоянии – 50,9-139,0 МПа, после 25 циклов замораживания – 50,6 – 134 МПа. Соотношение заполнителей в бетоне подбирали расчетно-экспериментальным методом.

Для определения физико-механических характеристик из шлакощелочных бетонных смесей изготавливали кубы размерами 0,1х0,1х0,1 м и 0,15х0,15х0,15 м. Формование проводили методом виброуплотнения на стандартной виброплощадке. Предел прочности при сжатии всех образцов определяли на гидравлическом прессе П-125. Коррозионную стойкость шлакощелочных вяжущих оценивали на образцах размером 0,01х0,04х0,16 м путем их погружения в коррозионную среду с последующей выдержкой образцов в течение заданного времени. Обработку полученных результатов проводили методами математической статистики с доверительной вероятностью 0,95.

Ранее показано [2,3], что для получения наибольшей прочности при минимальном расходе щелочного компонента и повышенного связывания щелочного компонента оптимально применение жидкого стекла с модулем Мс около 1,5 и плотностью 1200 – 1250 кг/м³. Для изучения долговечности бетонов на шлакощелочном вяжущем с использованием силикатного компонента в интервале силикатного модуля Mc = 1.4 - 1.8 и плотности 1200 - 1250 кг/м3 применяли составы с содержанием шлака от 11,5% (250 кг/м3) до 20% (435 кг/м3). С учетом технологических особенностей получения изделий, а также ограничений по содержанию Na2O в ШЩВ Р/Ш бетона принимали в интервале 0,3 - 0,4. Исследовано 35 составов шлакощелочного бетона в течение 2 лет.

Анализ полученных результатов

При использовании растворов жидких стекол с высоким силикатным модулем необходимо учитывать особенность ШЩВ – сокращение сроков схватывания (рис. 1).

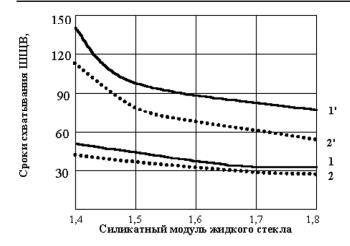


Рис 1. Влияние силикатного модуля растворов жидких стекол на сроки схватывания ШЩВ: 1, 1'—начало и конец схватывания при $\rho=1200~{\rm kr/m^3}; 2, 2'$ —при $\rho=1250~{\rm kr/m^3}$ соответственно

При увеличении модуля и плотности жидкого стекла, сроки схватывания существенно сокращаются. На рис. 1 представлены характеристики шлакощелочного теста, полученные на стеклах, подвергнутых нормализации путем нагревания с последующим охлаждением. Необходимо учитывать, что в

случае применения не нормализованных стекол сроки схватывания сокращаются в 1,5 – 2 раза.

Прочность шлакощелочного вяжущего, твердевшего в стандартных условиях, при увеличении силикатного модуля в исследуемом интервале снижается (рис. 2). Как видно из представленных зависимостей минимальная прочность вяжущего (при Мс = 1,8,

 $\rho = 1200$ кг/м3) соответствует 60 МПа, максимальная — более 80 МПа. (Для тоннельных конструкций в большинстве случаев требуются бетоны с классами прочности при сжатии B20 — B45 [1].)

При твердении образцов ШЩВ на модифицированном активаторе твердения в нормальных условиях происходит самоуплотнение структуры камня вяжущего, что приводит к снижению капиллярной пористости, и как следствие к повышению водонепроницаемости вяжущего. Полученный результат согласуется с результатами других исследований [4]. При одинаковой капиллярной пористости шлакощелочного и портландцементного вяжущего, в последнем в 3 раза больше микрокапилляров размером 10-7 м и в 4 раза меньше капилляров размером (3–8)х10-9 м. Это предопределяет более высокие физико-механические свойства ШЩВ. Таблица 1.

Прочностные характеристики ШЩБ

Содержание шлака в	M_c / ρ щелочного	ного Предел прочности при сжатии, МПа					
бетоне	компонента, кг/м ³	ТВО*	28 сут.	90 сут.	180 сут.	360 сут.	720 сут.
11,50%	1,4 / 1200	30	28,4	31,1	40,3	42	-
250 кг/м ³	1,4 / 1250	33,9	32,9	35	44	46,7	-
13,80%	1,5 / 1200	29,1	27	31	40,2	42	-
$300 \ \text{kg/m}^3$	1,5 / 1250	35	34,5	35,8	45,1	47	-
	1,8 / 1250	33,6	32,2	34	36,3	38,5	-
15%	1,4 / 1200	56,2	55	58,8	-	61,7	63,4
325,5 кг/м ³	1,6 / 1200	53,3	52,4	55,9	-	58,4	60,1
	1,8 / 1200	41,1	40	42,8	-	45	46,3
	1,4 / 1250	63	62,1	65,3	-	70	73,1
	1,6 / 1250	63,1	61,2	65	-	68	71
	1,8 / 1250	47,4	46,2	48,8	-	50,2	55
17,50%	1,4 / 1200	62	60	63,8	76,9	78	78,8
380 кг/м ³	1,6 / 1200	54,9	53,7	55	68,7	69,7	70
	1,8 / 1200	44	42,3	47	52,4	54,1	55,7
	1,4 / 1250	69	67,3	70,2	76	78	79,3
	1,6 / 1250	60,2	58	61,6	66	68	69,4
	1,8 / 1250	54,1	52,4	55,4	58	59,4	60,3
20%	1,6 / 1200	70,2	68	71,2	74	75,4	76,1
435 кг/м ³	1,6 / 1250	76	74,2	77	80	81,5	81,8
	1,8 / 1200	54	52,7	55,9	58,8	59,6	60
	1,8 / 1250	61,2	59,2	63,1	65,7	66,9	67,5

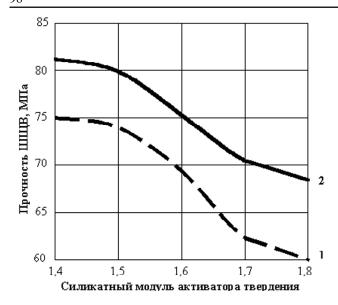


Рис. 2. Зависимость прочности шлакощелочного вяжущего от его силикатного модуля и плотности: $1-\rho=1200~{\rm kr/m^3}$; $2-\rho=1250~{\rm kr/m^3}$

Прочностные характеристики ШЩБ с различным содержанием шлака на основе модифицированных жидких стекол представлены в табл. 1.

Как следует из результатов, приведенных в табл. 1, прочностные характеристики бетонов на основе шлакощелочных вяжущих полностью удовлетворяют предъявляемым требованиям к материалам для подземного строительства. Снижение силикатного модуля, за счет повышения содержания активного Na,O, а также повышения активности силикатной составляющей активатора твердения приводят к повышению прочности вяжущего и бетона. Однако, увеличение содержания шлака, повышающего прочностные характеристики бетона, требует увеличения содержания актитвердения, ватора В основном определяющего стоимость ШЩБ.

Помимо прочностных характеристик конструкций наиболее важными свойствами являются морозостойкость, коэффициент стойкости и водонепроницаемость. Характеристики длительных испытаний образцов после 90 суток твердения представлены в табл. 2.

Таблица 2. **Характеристики длительных испытаний шлакощелочного бетона**

Сост	ав ШЩБ	Эксплуатационные характеристики ШЩБ				
Содержание		Морозостойкость, циклы	Коэффициент стойкости K_{c6} через 6 мес.	Водонепроницаемость при давлении воды, МПа		
11,50%	1,4 / 1200	35	разрушились	0,2		
11,3070	1,4 / 1250	45	0,46	0,2		
13,80%	1,5 / 1200	150	0,86	0,3		
13,0070	1,5 / 1250	180	0,89	0,3		
	1,4 / 1200	300	1,28	0,4		
15%	1,6 / 1200	300	1,35	0,4		
	1,8 / 1200	350	1,4	0,4		
	1,4 / 1250	380	1,32	0,5		
	1,6 / 1250	390	1,39	0,5		
	1,8 / 1250	410	1,48	0,5		
	1,8 / 1250	420	1,78	0,75		
17,50%	1,4 / 1200	430	1,32	0,7		
	1,6 / 1200	430	1,4	0,7		
	1,8 / 1200	420	1,43	0,7		
20%	1,6 / 1200	435	1,49	0,75		
	1,4 / 1250	450	1,55	0,8		
	1,6 / 1250	480	1,72	0,9		
	1,8 / 1250	более 500	1,85	1		

Как следует из представленных результатов исследования, морозостойкость и водонепроницаемость полученных бетонов существенно зависит от содержания шлака, модуля и плотности силикатного щелочного компонента. Применение бетона с содержанием шлака менее 13% существенно снижает его эксплуатационные характеристики, при увеличении количества шлака они значительно улучшаются.

При содержании шлака в ШЩБ менее 13% морозостойкость не превышает 50 циклов, даже в случае применения щелочного компонента высокой плотности (более 1250 кг/м³). В случае увеличения содержания шлака выше 15% и оптимальных характеристиках активатора твердения морозостойкость превышает 300 циклов. Полученные результаты согласуются с данными других исследователей [4, 5], известно также, что морозостойкость ЩШБ на основе силикатных щелочных компонентов может достигать 1300 циклов.

Коррозионная стойкость бетона зависит от стойкости вяжущего, которая существенно возрастает при увеличении силикатного модуля жидкого стекла за счет снижения содержания свободной щелочи в составе новообразований. Хранение образцов в морской воде в течение 6 месяцев показало, что прочность ШЩВ при содержании шлака до 13,8 % и щелочном компоненте с Mc = 1,4 - 1,9 снижается (Кс менее 1). Увеличение содержания шлака в бетоне, силикатного модуля и плотности активатора твердения существенно увеличивает коррозионную стойкость (K_c 1,28 – 1,85). Стойкость таких образцов в морской воде превышает стойкость сульфатостойкого портландцемента в аналогичных условиях ($K_{c6} = 0.55$). Такое увеличение стойкости ШЩБ в морской воде связано с особенностями гидратной, а, следовательно, и поровой структуры шлакощелочного камня.

Плотность и водонепроницаемость ШПЦВ на основе силикатного щелочного компонента увеличиваются с течением времени, причем, чем выше силикатный модуль щелочного компонента тем значительней их рост. Это связано с уменьшением содержания свободной щелочи в составе новообразований, а также с кальматирующим действием силикатной составляющей щелочного компонента, что существенно уменьшает пористость вяжущего в процессе твердения, увеличивая плотность и водонепроницаемость.

выводы

Шлакощелочные бетоны на основе модифицированных жидких стекол эффективны для производства изделий, подвергающихся воздействию агрессивных вод в условиях дополнительного гидростатического давления, и рекомендуются и для туннельного строительства.

- Тоннели и метрополитены. В.Г. Храпов и др. М.: Транспорт, 1989. 383 с.
- 2. Олейник О.Н., Шепляков Ю.А. Влияние свойств жидких стекол на технологические и прочностные характеристики шлакощелочных вяжущих // Строительство и техногенная безопасность. Выпуск 4. Симферополь: КАПКС, 2001 С.166-176.
- 3. Олейник О.Н., Шепляков Ю.А. Взаимосвязь содержания щелочного компонента в ШЩВ и характеристик шлакощелочного теста при проектировании ШЩБ // Строительство и техногенная безопасность. Выпуск 5. Симферополь: КАПКС, 2001 С. 62-64.
- 4. Серых Р.Л., Пахомов В.А. Конструкции из шлакощелочного бетона. М.: Стройиздат, 1988. 160 с.
- 5. П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьова. Довговічність шлаколужного бетону. – К: Будівельник, 1993. – 224 с.

УДК 666.97.035

В.Н. Шмигальский, д.т.н., профессор

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

М.В. Горячих, к.т.н.

Университет экономики и управления

Экосовместимость – важное свойство материалов

Показана необходимость учёта воздействия различных материалов на живые организмы и дано обоснование их нового свойства, названного экосовместимость.

свойства материалов, цвет, запах, излучение, восприятие, воздействие, взаимодействие, энергия, геополе, экологическая обстановка

В настоящее время свойства строительных материалов подразделяются на шесть основных групп: физические, химические, физико-химические, механические, технологические и эксплуатационные. Эти свойства, безусловно, дают значительную информацию о материалах. Но уже сейчас есть основания полагать, что принятая классификация не является исчерпывающей, ибо никак не учитывает степень воздействия материалов на людей. Ни одно из свойств материалов в этих группах не направлено на удовлетворение потребностей человека как сложной биоэнергоинформационной системы.

Давно уже замечено, что самочувствие людей напрямую зависит от того, в окружении каких материалов, мебели, цветовой гаммы и формы помещений, а также запахов, они находятся [1]. Аналогичные сведения есть и о животноводческих постройках, выполненных из разных материалов, где при прочих равных условиях (питание, содержание) привесы, продуктивность, болезни, падеж животных - существенно различные. По-видимому, на живые организмы воздействуют какие-то особые качества материалов, которые предлагаем назвать экосовместительными и дать им следующее определение: это такие свойства, недоучет которых может нанести ущерб живым организмам (ухудшить здоровье, работоспособность или психическое состояние). К ним можно отнести: цвет, запах, излучения и все виды полей.

Ещё В.И. Вернадский писал: "Излучает всё сущее в нашем мире, но живое способно изменять окружающие его поля, а неживое – нет". Сейчас уже уверенно можно констатировать, что человечество начинает осваивать мир биоэнергетики [2]. Недавно Г.А. Сергеев изобрел прибор (Крымские известия, 09.02.96 г.), который позволил установить, что и человек оказывает энергетическое воздействие на окружающую среду. Это можно не только фиксировать, но и замерять интенсивность. Надо полагать, что поскольку и материалы тоже имеют поля, излучающие энергию, естественно их взаимодействие, которое, очевидно, может быть как благоприятным, так и отрицательным. И это подтверждает практика: в одних помещениях хорошо живётся и работается, в других же - плохо. Особый дискомфорт многие чувствуют в квартирах, построенных из новых строительных материалов: пластиковые "стенки", пленки из синтетических смол, моющиеся и фотообои, искусственные ковровые покрытия, линолеум и т.д.

В настоящее время уже доказано, что одежда не только защищает человека от неблагоприятных погодных условий, но и может в той или иной степени влиять на состояние организма. Например, синтетические ткани нарушают природный энергообмен тела, взаимодействие его биополя с окружающей средой. Льняные ткани дают телу прохладу, шерстяные — согревающий эффект, а при постоянной носке истощают тело.

Есть ещё одно биоэнергетическое воздействие, порождаемое зелёными насаждениями: каждое дерево по-своему воздействует на человека. Например, осина, то-

поль и американский клен, являясь вампирами, отбирают энергию человека и под их кронами многим становится неуютно: головная боль, плохое самочувствие, изменение давления.

Изучение и правильное использование экосовместительных свойств находится пока в эмбриональном состоянии. Однако и нельзя утверждать, что о них ничего не было известно. Например, целью "янтарных экспедиций" на Балтику была добыча этого природного образования из смолы хвойных деревьев не только для украшений. Он считался панацеей от всех болезней. Египтяне называли его камнем жизни и здоровья, а римляне не сомневались, что контакт с янтарём может продлить молодость. В настоящее время уже известно, что янтарь "излучает" отрицательные ионы, которые благотворно действуют на живые организмы. Современными методами установлено, что камни и растения имеют своё биополе. И если оно взаимодействует с человеком, то он может подзаряжаться энергией или отдавать свою отрицательную, оздоровляя себя [3]. Когда наведённое геополе верно учитывается, то для человека получаются более комфортные условия проживания, близкие к природным [4]. Например, правильно выполненные торцовые полы из древесины создают лучшие условия для пребывания людей по сравнению с обычными, уложенными плашмя досками. По той же причине покрывать древесину лаком не рекомендуется. Лучше её отполировать. При вертикальной установке досок, бревен, свай, брусьев надо, чтобы комлевая часть всегда была внизу, и соблюдалась ориентация по сторонам света. Эти же правила должны выполняться при укладке природных штучных каменных материалов. Наилучшее их воздействие, когда в сооружении они установлены так, как находились в природных условиях. Так, в помещениях создаются условия, близкие к естественным.

При пересадке деревьев также надо сохранять их бывшую ориентацию в пространстве. Тогда они менее болезненно перенесут передислокацию, лучше приживутся и разовьются на новом месте [5].

Из выявленных пока экосовместительных свойств строительных материалов изучены и в наибольшей степени контролируются радиоактивные. Они могут обнаруживаться соответствующими приборами, и на них разработаны нормативы. Что касается таких свойств, как цвет и запах, то уже известно, что соответствующая окраска помещений повышает производительность труда до 20 %, существенно снижает травматизм, может радовать или печалить, подавлять или улучшать аппетит, изменять артериальное давление, частоту пульса и температуру тела, действовать раздражающе или успокаивающе, а запахами можно усыпить, успокоить, сделать человека раздражительным, вконец испортить ему настроение и даже убить [1].

Многим известно, что вдыхание паров креозота, дёгтя и ряда синтетических смол вызывает тошноту, головокружение, слезотечение, аллергию, астму и другие заболевания. Все асбестосодержащие изделия, а также материалы на основе каменноугольных смол являются канцерогенными и должны быть исключены из практики строительства, как это сделано во многих странах.

Особую опасность для здоровья людей представляют геопатогенные зоны, в которых концентрируются неблагоприятные излучения. Строить в таких местах помещения, где длительно будут находиться люди, нельзя: они заболевают, и довольно часто врачи не могут определить причины и найти эффективное лечение. Удаление из этих зон всегда улучшает состояние. Не рекомендуется даже разрабатывать в них карьеры, заготавливать дрова, пиломатериалы, сено, пасти скот, собирать грибы и ягоды: они будут вредно воздействовать на человека. Не случайно такие места люди в старину называли "гиблыми". К сожалению, до сих пор ни земельные участки под жильё и производственные здания, ни карьеры, ни зоны отдыха предварительно не проверяются, хотя уже имеются способы, которыми можно выполнять соответствующие обследования не только места будущего строительства или добычи камня, но и квартиры, дачи, санатории, учебные аудитории и другие необходимые помещения на предмет наличия геопатогенных зон, обусловленных излучением через разломы земной коры.

Следует иметь в виду и то обстоятельство, что разные материалы не одинаково воздействуют на людей. Эта селективность должна учитываться при оформлении интерьеров комнат, где проживает или длительно находится тот или иной человек. Безусловно, есть и рекомендации общего характера. Например, гео- и технопатогенные зоны вредны всем людям. Практически каждому человеку полезен донор N = 1 дуб, а также береза и сосна. Но тополь и осина – противопоказаны [3].

Биологический потенциал продолжительности жизни нынешнего человека составляет 120-140 лет. Но есть и рекордсмены. Например, доктор Ли (Китай), проживший 256 лет. Из Писания известны данные о том, что святые умирали в возрасте 700-1200 лет. Они жили в полной гармонии с природой и нравственностью, в благоприятной экологической обстановке, что современные люди утратили.

В Германии, где синтетические материалы с начала 30-годов получили наибольшее применение и распространение, был построен экспериментальный дом, все элементы которого и мебель были выполнены из пластмасс. Это строение оказалось практически не пригодным для длительного пребывания человека. А вот благоустроенные пещеры, облагороженные правильно ориентированной современной отделкой, естественными строительными материалами, являются не только комфортными для пребывания людей, но модными и дорогостоящими жилищами.

Количество подобных примеров и рекомендаций можно продолжить. Однако и приведённые свидетельствуют о необходимости и целесообразности включения экосовместимых свойств материалов в их общую классификацию, что безусловно, вызовет необходимость их дальнейшего, более углубленного изучения, а также рационального практического использования. Знание же и правильное использование пока мало учитываемых свойств материалов позволит создавать в помещениях

условия, максимально приближенные к природным, что с учётом индивидуальных особенностей людей будет способствовать обеспечению их более благоприятной среды обитания.

вывод

Показана необходимость правильного учёта нового качества материалов, которое названо экосовместимость. Игнорирование его может нанести ущерб живым организмам.

- 1. Шмигальский В.Н., Горячих М.В. Целительные цвета и запахи//Вестник физиотерапии и курортологии. Евпатория: ВИЗЕН, 1996. С. 34-36 с.
- 2. Тэд Эндрю. Искусство видеть и толковать ауру: Пер. с англ. М.: Центр астрологических исследований.- 1998.-160 с.
- 3. Грабовой И.И. Друидотерапия. Симферополь: Таврия Плюс, 1999.-192 с.
- 4. Грабовий І.І. Спосіб будівництва споруд.-Патент України №94096962 від 21.08.98 р.
- Шмигальский В.Н., Грабовой И.И. Экологические аспекты свойств и качества строительных материалов // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр. Симферополь: КАПКС. Вып. 8. 2003. С. 151-154.

УДК 691.54.661

В.Н. Шмигальский, д.т.н., профессор

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

М.В. Горячих, к.т.н.

Университет экономики и управления

Логический анализ контроля компьютерной оптимизации состава цементобетонов

Показана необходимость проведения логического анализа результатов оптимизации цементобетонов различного назначения на компьютере.

оптимизация, цементобетон, прочность, заполнители

Разработка и производственное применение первой компьютерной программы по оптимизации состава цементобетонов были осуществлены в 1975 г. [1] и опубликованы в [2-3]. Это стало возможным после нахождения достаточно точных математических зависимостей между требуемыми параметрами компонентов бетонной смеси, её свойствами и влиянием их на качество бетона. Им в первую очередь является прочность, которая зависит в основном от водоцементного отношения (В/Ц) [4]. Важнейшим свойством бетонной смеси является удобоукладываемость (консистенция). Она является функцией водосодержания (В) [5], а при постоянном В/Ц – количества цементного теста (ЦТ) вне пустот заполнителя [6].

Правильный подбор расхода инертных материалов базируется на минимальной пустотности их смеси [3,7-9], что способствует экономии вяжущего, позволяет рассчитывать оптимальное соотношение (r_0) между мелким (M) и крупным (K) заполнителями.

С началом использования компьютерной техники в учебном процессе сразу были созданы необходимые пособия для студентов [10-11] и в настоящее время эта работа является обязательным разделом дипломного проекта выпускников специальности «ТМД». Выполнено и соответствующее методическое обеспечение [12].

Однако практика использования компьютерной техники породила и негативные явления, когда студенты, получив иногда ошибочные расчёты, не умели их правильно оценить, и принимали за истину, не требующую проверки или доказательства. Причиной ошибок были: неправильное составление или ввод исходных данных, сбои в программе и т.д.

В связи с этим и на основании вышеизложенных закономерностей, выраженных соответствую-

щими формулами [12], был разработан метод логического анализа, позволяющий оценить правильность полученных результатов при компьютерной корректировке состава бетона. Так, если получена удобоукладываемость, не удовлетворяющая заданным требованиям, то при завышенной жёсткости расход воды по данным результатов расчета должен быть больше; пропорционально возрастает и количество цемента, а это обязательно повлечёт умень-

шение абсолютного объёма заполнителей (V_3^A), величины ($\mathbf{r_0}$), а также соответствующее снижение М и К.

В случаях, когда консистенция оказалась подвижнее требуемой, то в результатах корректировки величины В и Ц должны обязательно уменьшаться,

а
$$V_3^A$$
, r_0 , М и К – возрасти.

Если при контроле прочности, она оказалась ниже заданной, то при корректировке расход воды будет прежним, B/\coprod и r0 — уменьшатся, расход цемента должен возрасти, а количество мелкого и крупного заполнителей снизится .

В случае, если прочность бетона окажется выше требуемой, то В/Ц увеличится, расход же цемента снизится, а V_3^A , ${\bf r_0}$, М и К соответственно возрастут.

Так можно быстро оценить правильность не только полученных расчётов, но и составление новых компьютерных программ, которые в настоящее время развиваются в направлении обеспечения минимальной себестоимости бетона при возможности выбора баз снабжения его компонентами. Одна из таких программ уже получена [13] и проверена на практике.

вывод

Использование основных закономерностей, характерных для бетонных смесей и бетонов, позволяет логическим анализом оперативно обнаруживать ошибки при компьютерных расчетах его состава и своевременно вносить необходимые исправления.

- Шмигальский В.Н. Отчёт по научной теме №75063462 «Разработка и внедрение рекомендаций по опмимизации состава бетона с применением ЭВМ». – Рег. Б484387. – Кишинёв: КПИ. – 127 с.
- 2. Шмигальский В.Н. Котова Г.Д. Применение ЭВМ для корректировки состава бетона при изменении качества его компонентов // Архитектура и строительство. Межвузовский сборник КПИ. Кишинёв: «Штиинца». 1978. С. 57-67.
- 3. Шмигальский В. Н. Оптимизация состава цементобетонов. Кишинев: «Штиинца». 1981.-124 с.
- 4. Abrams D.A. Design of Concrete Mixtures. Chicago: LEWIS INSTITUTE, 1918. P. 69.
- 5. Сорокер В.И. Производственные расчёты состава бетона. М.: Стройиздат, 1933. 220 с.
- Pietsch R. Kennedyho methoda navrhovani betonovych smesi. – Vestnik ministerstva techniky. – Rocnik XXX . – Praha: 1950. – C.4 – 9.

- McMillan P.R. Basic principles of Concrete making. New York: 1929. – 43 p.
- 8. Киреенко И.А. Расчёт состава высокопрочных и обычных бетонов и растворов. Госстройиздат УССР. Киев: 1961. 80 с.
- 9. Штаерман Ю.Я., Тевзадзе Д.Н. Плотный бетон на многофракционном заполнителе. Изд-во «Сабчота сакартвело». Тбилиси: 1967. 212 с.
- Методические указания к подготовке исходных данных для расчёта состава бетона на ЭВМ / Сост. В.Н. Шмигальский. Симферополь: Филиал ДИСИ, 1987. 8 с.
- Методические указания по определению оптимального состава цементобетона и его расчёту на ЭВМ / Сост. В.Н. Шмигальский. – Симферополь: Филиал ДИСИ, 1989. – 30 с.
- Методические указания к оптимизации состава цементобетонов различного назначения с применением компьютера / Сост. М.В. Горячих, В.Н. Шмигальский. Симферополь: КАПКС, 2004. 24 с.
- Горячих М.В., Носатов В.Г., Шмигальский В.Н. Выбор рациональных баз снабжения предприятий железобетонных изделий компонентами бетона // Строительство и техногенная безопасность. – Вып. 8. – Симферополь: КАПКС. – 2003. – С. 88-90.

Раздел 4. Технология промышленного и гражданского строительства

УДК 621.867.89.2

А.А. Ковалев, к.т.н., доцент

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Оценка качества пневмомеханической установки сыпучих материалов по результатам расчета шнеконапорного механизма

Приведены описание принципа работы и конструкции пневмоперегрузчиков, пневмомеханической установки для перемещения сыпучих материалов, а также проведен анализ показателей качества машин.

Пневмомеханическая установка, пневмовинтовой питатель, пневморазгрузчик, шнеконапорный механизм, бесконсольный шнек, обобщенный показатель экономии энергетических, материальных и трудовых затрат, воздухоемкость, энергоемкость.

В настоящее время улучшить свойства дорожной техники возможно путем изменения конструкции машин, технологии производства работ, применения новых материалов или нетрадиционных физических спецэффектов (например, газовая смазка рабочих поверхностей, воздушная подушка, псевдоожижение и пр.) воздействия на сыпучую среду и создания на этой основе различных интенсификаторов рабочего процесса.

В условиях рыночной экономики качество дорожно-строительных машин и установок определяют на основании оценочных показателей - функционального назначения, надежности и долговечности, ресурсопотребления, а также экономической эффективности, социальной приспособленности и технической безопасности.

Так, в работе [3] описан бульдозерный отвал с газовоздушной смазкой поверхности скольжения, позволяющий при повышении давления газа до 0,25 МПа обеспечивать снижение потребного тягового усилия на 10%. Интенсификатор представляет собой систему отверстий, расположенных выше режущих ножей и связанных с коллектором сжатого воздуха. Такая конструкция позволяет срезанный слой грунта перемещать не по металлу отвала, а по слою грунта на отвале перемешанному с воздухом, то есть по псевдоожиженному слою.

Однако, применение таких бульдозеров для отбора цемента, минерального порошка из насыпи и подачи в транспортные средства или на придорожный склад малоэффек-

тивно, так как стоимость дизельного топлива относительно велика. Для этих целей дешевле применять пневмомеханические установки с приводом от электродвигателя.

В работе [1] приведено описание пневморазгрузчика типа РПМ-2A, у которого для создания вакуума в осадительной камере использован струйный аппарат, являющийся одновременно устройством для формирования потока аэросмеси в трубопроводе 11 и создания разряжения в трубопроводе 2 самоходного заборного устройства 1.

При подаче сжатого воздуха от компрессора в трубопровод 13 часть его расходуется через аэроднище на аэрацию материала, а основная часть, выходя через струйный аппарат 12 в транспортный трубопровод 11, создает разряжение в трубопроводе 9. Разряжение передается в осадительную камеру 4 и за счет этого создается перепад давления в трубопроводе 2. Поступающий в осадительную камеру материал выдается шнеком в аэрокамеру 15, перемешивается с воздухом и струей сжатого воздуха, выходящей из струйного аппарата 12, уносится в трубопровод 11.

Представляет интерес предложенный в [6] пневмоперегрузчик ППМ-100 (усовершенствованный РПМ-2А). Авторами разработки указывается, что для повышения эффективности работ с сыпучими материалами необходимо применять две машины одновременно, из-за того, что напорный механизм ППМ-100 оборудован консольным шнеком.

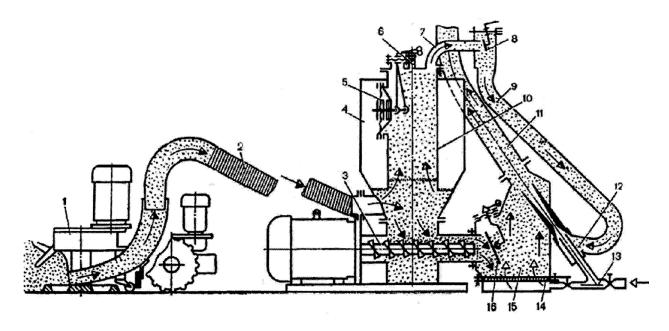


Рис.1. Схема работы разгрузчика РПМ-2А

1 — самоходное заборное устройство; 2- гибкий трубопровод; 3- шнек; 4- осадительная камера; 5 — диафрагменный датчик; 6- клапан; 7- патрубок; 8, 16 — обратные клапаны; 9 — вакуумный трубопровод; 10-цилиндрическая обечайка; 11- транспортный трубопровод; 12 — струйный аппарат; 13 — трубопровод подачи сжатого воздуха; 14 — аэроднище; 15 — аэрокамера; < — сжатый воздух; — ▶ - цемент;

Дальнейшее повышение производительности машин с консольным шнеком мало перспективно, так как увеличение геометрических размеров и массы консольной части шнека приводит к усилению вибрации, к ускорению износа рабочих органов, к росту энергоемкости рабочего процесса в целом.

Применение пневмоперегрузчика ППМ-100 для отбора сыпучего материала из насыпи малоэффективно, так как входное сечение всасывающего трубопровода заборного устройства может закупориваться инородными примесями, что может привести к поломке электродвигателя. Использование бульдозерного отвала с газовоздушной смазкой ограничено из-за возможности прорыва сжатого воздуха сквозь слой срезаемого сыпучего материала, что может привести к загрязнению окружающей среды;

В Крымской академии природоохранного и курортного строительства (далее КАПКС) разработан подъемник пневмовинтовой производительностью 200 т/ч, напорный механизм которого содержит бесконсольнй шнек с встречно направленными и отогнутыми напорными витками.

На рис.2 приведен модернизированый пневмоперегрузчик ППМ-100 (далее ПМУ-200М), у

которого в напорном механизме питателя консольный шнек заменен на бесконсольный, взятый из пневмовинтового подъемника КАПКС.

Пневмомеханическая установка ПМУ-200М состоит из базовой рамы 1, приемной камеры 2 с цилиндрической гильзой 3 и шнеком 4, приводимым во вращение электродвигателем 10. К цилиндрической гильзе прикреплена смесительная камера 5, к которой подведен патрубок подачи сжатого воздуха через струйный аппарат 13 и патрубок 11 выдачи материала. Отличие в том, что бесконсольный шнек напорного механизма содержит на выходе цилиндрического корпуса (гильзы) отогнутые витки 6. К боковой стенке приемной камеры подведен патрубок 14 для вакуумного забора сыпучего материала, а к верхнему фланцу - осадительная камера 12 со встроенным внутри нее циклоном-ограничителем 8 уровня материала с диафрагменным обратным клапаном переполнения 9. Внутренняя полость циклона-ограничителя соединена через обратный клапан 7 и струйный аппарат с внутренней полостью смесительной камеры.

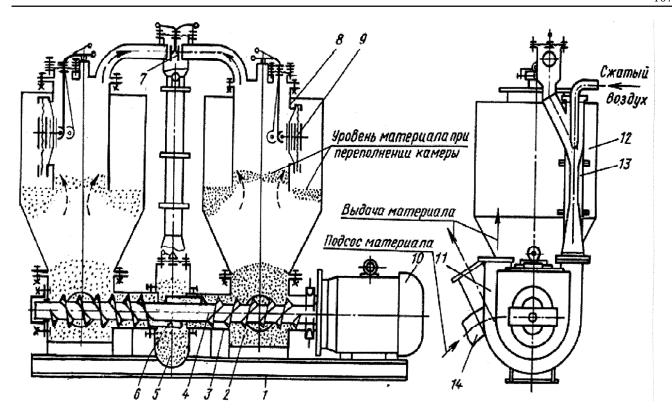


Рис.2. Пневмомеханическая установка ПМУ-200М

1- рама; 2 – приемная камера; 3- гильза; 4 – шнек; 5- аэрокамера; 6 – отогнутые витки; 7 – клапан; 8 – циклон-ограничитель уровня; 9 - диафрагменный клапан; 10 - электродвигатель; 11- патрубок выдачи материала; 12 – осадительная камера; 13 – струйный аппарат; 14 – патрубок.

Принцип работы заключается в следующем. При включении шнеконапорного механизма и подаче сжатого воздуха в струйный аппарат, во всасывающей части его, соединенной с общей внутренней полостью осадительной и приемной камер, создается разряжение, в приемную камеру засасывается смесь сыпучего материала с воздухом, где происходит ее разделение. Далее из осадительной камеры материал шнеком подается в смесительную камеру, откуда сжатым воздухом - на склад.

Пневмомеханическая установка с бесконсольным шнеком позволяет снизить энергоемкость рабочего процесса (за счет уменьшения вибрации и биения шнека), но методика расчета основных геометрических и режимных параметров шнеконапорного механизма этих машин требует уточнения.

Существующие методики связаны, в основном, с определением избыточного давления сжатого воздуха, утечек, расхода и скорости движения воздуха, массовой концентрации смеси, назначением воздухонагнетателя (компрессор, воздуходувка, вентилятор и пр.), типом питате-

ля, вспомогательного комплектующего оборудования (см. [2, 4, 5]) и пр.

Исходными данными для прямого расчета являются: ориентировочная расчетная производительность и частота вращения шнека, физико-механические характеристики сыпучего материала.

Конечной целью расчета является определение геометрических и режимных параметров напорного механизма пневмомеханической установки с бесконсольным шнеком.

Аэродинамический расчет, предшествующий данному, в настоящей статье не рассматривается.

Методика состоит из нескольких этапов, соответствующих определению параметров напорного механизма, особенностью конструкции которого является наличие двух винтовых поверхностей, напорные витки которых встречно направлены и перекрываются.

Расчет выполнен по методике [5], его результаты представлены в таблице \mathfrak{N}_{2} 1.

Таблица 1.

Результаты расчета шнеконапорного механизма ПМУ-200 М

Наименование параметра	Символ	Размерность	Значение	Примечание			
1	2	3	4	5			
	Исходные данные						
Ориентировочная производительность	П	т/ч	200				
Материал (объемная плотность)	γ	т/м ³	1,15	Цемент			
Ориентировочная частота вращения шнека	n	Об/мин	1000)			
Эквивалентный расходный параметр	$q_{{}_{\scriptscriptstyle \mathfrak{I}}}$		0,6				
Коэффициент эквивалентного диаметра шнека	k _D 3	-	4,5				
Относительный диаметр вала	$\overline{d}_{\mathfrak{s}}$	-	0,45				
Коэффициент уплотнения материала	K_Q	-	1,33				
Давление в смесительной аэрокамере установки	P_k	МПа	0,11				
Геометрические парам	Геометрические параметры шнека на входе в цилиндрический корпус						
Объемная производительность на входе	Q	м ³ /с	0,048				
Диаметр шнека	D _w	M	0,182				
Диаметр вала шнека	d e	М	0,082				
Средний диаметр шнека	D_{un}	М	0,132				
Шаг заборных витков	$\boldsymbol{\mathcal{S}}_1'$	М	0,100				
Средняя осевая скорость в заборных витках	C_{1z}	м/с	2,33				
Расходный параметр шнека	q_1	-	0,7				
Тангенс угла подъема винтовой линии на среднем диаметре	$tg oldsymbol{eta}_1$	-	0,24	β1 _{cp} =13°32'			

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5
Диаметр шнека	D'_{u}	М	0,182	$D_{m_{\theta b b x}} = D_{m}$
Коэффициент эквивалентного диаметра шнека	k ' 139	-	4,5	
Производительность на выходе	Q'	м ³ /с	0,04	
Относительный диаметр вала шнека на выходе	\overline{d}		0,58	
Диаметр вала шнека на выходе	ď	М	0,106	
Шаг напорных витков шнека	S_2	М	0,11	
Средний диаметр шнека на выходе	D'_{u}	М	0,14	
Эквивалентный шаг витков	S,	М	0,10	
Тангенс угла подъема винтовой линии на среднем диаметре	$tg\beta_{2cp}$	-	0,24	β _{2op} =13°45'
Толщина лопасти витка	δ_{μ}	М	0,01	
Производительность	П	т/ч	182	
Коэффициент заполнения	$k_{\scriptscriptstyle 3}$		0,71	
Мощность	$N_{\it m}$	кВт	52,25	
Энергоемкость	E	кВтч/т	0,29	
Общее число витков шнека	Z	ШТ	10,2	
Общее число заборных витков	i_3	шт	4	
Общее число напорных витков	$i_{\scriptscriptstyle H}$	шт	6	
Высота планки	$h_{_{\mathcal{I}}}$	M	0,04	
Длина планки	l_{nn}	М	0,6	
Высота разгрузочного окна	b	М	0,03	
Ширина разгрузочного окна	a	М	0,6	

Сравним показатели, характеризующие качество машин ППМ-100, РПМ-2A и ПМУ-200М в табличной форме (см. табл № 2).

Таблина. 2.

Сравнение технических характеристик и показателей качества машин

Наименование	Размерность	ППМ-100	РПМ-2А	ПМУ-00М		
Технические характеристики						
Производите-льность (по цементу)	т/ч	100	60	182.4		
Рабочее давление сжатого воздуха	МПа	0,5 - 0,65	0,5- 0,65	0,5-0,65		
Рабочий вакуум	%	20	15-20	20		
Установочная мощность	кВт	55	37	52.25		
Диаметр нагнетательного трубопровода	ММ	225	200	200		
Длина всасывающего трубопровода (сД _у =200 мм)	М	4	3	4		
Расход воздуха	м ³	25	20	50		
Высота подачи	M	35	30	35		
Macca	ΚΓ	2000	3200	3650		
Количество работников	чел.	1	1	2		
	Показатели і	качества				
Энергоемкость напорного механизма	кВтч/т	0.55	0.62	0.286		
Полная энергоемкость	кВт/(т/ч×м)	0.059	0.087	0.055		
Воздухоемкость	$M^3/(T/4)$	0.25	0.33	0.27		
Материалоемкость	кг/(т/ч)	20	53.3	20.0		
Обобщенный показатель экономии	κ Вт× κ г/ $(т/ч)^3$	0.11	0.55	0.063		
энергетических, материальных и трудовых затрат						

Примечание. 1. Полную энергоемкость определяют как сумму мощностей на привод машины и подъем сыпучего материала деленную на 1 м высоты подъема материала и 1 т/ч производительности машины. При расчете полной энергоемкости учитывали затраты мощности компрессора на выработку 1 m^3 сжатого воздуха. В среднем для поршневого компрессора $N_{ul} = 6.0 - 6.5 \text{ кBt/m}^3$.

$$E = \frac{N + N_{\kappa o M n. cp} \times V_{\theta o 3 \partial}}{\Pi \times H_{no \partial}} , \kappa B T / (T / \Psi \times M).$$

2. Обобщенный показатель экономии энергетических, материальных и трудовых ресурсов определяют как частное от деления произведения мощности привода $N_{\mathfrak{I}^{3,1,06}}$, массы машины G и числа рабочих n_p на 1 т/ч производительности машины в третьей степени (по методике [3]).

$$\Pi_{\mathit{NGnp}} = \frac{N_{\mathit{in.obs}} \times G \times n_p}{\Pi^3}$$
 , к $\mathrm{Bt} \times \mathrm{kg}/(\mathrm{T/q})^3$.

3. Воздухоемкость – объем воздуха в м³ на 1 т/ч производительности машины.

$$V_{vo} = V/\Pi$$
, $M^3/(T/4)$.

4. Материалоемкость – масса машины в кг на 1т/ч производительности машины.

$$G_{vo} = G/\Pi$$
, KT/(T/Y).

При определении расчетной материалоемкости установки ПМУ-200М учтен вес электродивигателя мощностью $N_{_{97.06}}=55\,$ кВт, равный $G\approx350\,$ кг.

ВЫВОДЫ

- 1. Пневмомеханическая установка ПМУ-200М, оборудованная двумя заборными устройствами и бесконсольным шнеком с встречно направленными напорными витками, имеет хорошие оценочные удельные показатели качества по расходу энергии, воздуха, металла (например, обобщенный показатель экономии энергетических, материальных и трудовых затрат
 - $II_{NGn_p} = 0,063 \text{ кВт}^3 \text{ кг/(т/ч)}^3$), но обладает большей массой;
- Предлагаемая методика позволяет проводить как прямой, так и обратный расчет параметров шнеконапорного механизма ПМУ-200М на базе коэффициентов эквивалентного диаметра шнека на входе и выходе напорного механизма;
- 3. В предложенной методике отсутствуют показатели экологической безопасности машин, поэтому дальнейшие разработки будут связаны с обоснованием методики расчета оценочных показателей технической безопасности и экологического воздействия на окружающую среду пневмомеханических установок для перемещения сыпучих материалов, в т.ч. установок малой механизации с переналаживаемыми рабочими органами для переработки небольших объемов сухих смесей при реконструкции дорожного полотна и противогололедной защите.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Богданов И.Н. Пневматический транспорт в сельском хозяйстве. М.: Росагропромиздат. 1991. 127 с.
- 2. Баладинский В.Л. и др. Строительные машины. Сборник упражнений: Учеб. пособие/В.Л. Баладинский, И.А. Емельянова, В.Н. Смирнов.-К.: Выща шк., 1990.-151 с.
- 3. Баловнев В.И., Хмара Л.А. Интенсификация земляных работ в дорожном строительстве.- М.: Транспорт, 1983. 183 с.
- 4. Морозов А.Д. Создание нового оборудования разгрузочнотранспортных пневмокомплексов.-К.: УМК ВО, 1993. 128 с.
- 5. Ковалев А.А., Морозов А.Д. Исследование энергетических характеристик пневмомеханической установки для сыпучих материалов // Строительство и техногенная безопасность: 36.науч.тр.- Симферополь: КАПКС.-2003.-вып.8.-С.109-112.
- 6. Серяков В.С., Юсов М.И. Пневмоперегрузчик сыпучих материалов ППМ-100 // Строительные и дорожные машины.-1993.-№7.- С. 14-16.

УДК 663.255.3 (088.8)

В.Г. Корохов, к.т.н., доцент

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Технология изготовления сеток прокаткой

Описана технология изготовления сеток высокой фильтрующей способности и прочности путем получения профильного проволочного проката с плоской и рифленой боковыми сторонами, которые, примыкая одна к другой, образуют мелкую перфорацию требуемых размеров.

сетка, перфорация, отверстие, фильтрование, классификация

Сетки, применяемые в различных отраслях техники в качестве классифицирующих устройств для фракционирования сыпучих смесей, очистки газов, для фильтрования жидкостей, изготовляют из проволоки, из листового металла или набором колосников. Основными требованиями к сеткам являются их высокая фильтрующая и пропускная способность. Эти показатели сетки зависят от размеров перфорационных отверстий и относительной площади живого сечения отверстий. Известны машины и аппараты, в которых помимо фильтрования сетки должны выдерживать и значительные нагрузки, вызываемые давлением потока воды или прессуемой массы. Такие нагрузки на фильтрующие перегородки создаются, например, большим напором воды при ее очистке от окалины после охлаждения сталепрокатного оборудования; большое давление испытывают сетчатые барабаны в прессах высокого давления химических и пищевых производств. Эти два условия обеспечение требуемой фильтрующей способности в сочетании с высокой прочностью сеток, технически противоречивых одно другому, представляют собой задачу значительной сложности. Противоречие этих условий состоит в том, что высокой фильтрующей способностью обладают сетки с мелкими отверстиями, изготовленные из тонкой проволоки или тонкого листового металла, — а значит они малопрочные. Прочные сетки из толстой проволоки – крупноячеистые, следовательно с низкой фильтрующей способностью. Изготовление же прочной сетки с мелкими отверстиями порядка 0,5 мм. из листового металла толщиной 3...5 мм сложно из-за низкой стойкости инструмента для сверления или просечки тонких отверстий. Использование

электроискровой или лазерной обработки дорого и малопроизводительно.

В обход этих трудностей используют двухслойные сетки из тонкого мелкоперфорированного листа и толстого упрочняющего с крупными отверстиями. Однако, тонкая сетка выпучивается или зацепляется рабочими органами пресса и рвется. Классифицирующие устройства колосникового типа со щелевыми отверстиями обладают пониженной фильтрующей способностью.

Нами разработана конструкция сетки для фильтрующей перегородки с мелкими отверстиями и обладающая достаточно высокой прочностью (авт. свид. № 394428). Это плоская сетка или изготовленная в виде барабана, у которого перфорированная стенка образована прилегающими друг к другу прутками или витками профилированной проволоки, имеющей с одной стороны пилообразные зубцы, а с другой плоскую поверхность. Благодаря этому при контакте соседних витков (или прутков) образуются отверстия нужного размера. Прутки в плоской сетке и витки в сетчатом барабане стянуты сварным каркасом, образующим неразъемную жесткую конструкцию, хорошо сохраняющую необходимую геометрическую форму изделия. Проволочные витки и прутки в поперечном сечении имеют трапецеидальную геометрическую форму высотой, соответственно, 4 мм и 6 мм при ширине 3,5 мм, на одной из боковых сторон нанесены пилообразные зубцы. Этот профиль получен прокаткой нержавеющей стали через прокатные валки, причем один из боковых валков имеет зубчатый профиль для нанесения зубцов на прокатываемой проволоке.

Такие сетки изготовлены и прошли эксплуатационные испытания в конструкци-

ях разного назначения. Они использованы в фильтрах для очистки воды от окалины, поступающей после охлаждения сталепрокатного оборудования. Фильтрующие перегородки барабанного типа использованы в плодово-ягодных отжимных шнековых прессах. В обоих случаях фильтрующая способность и прочность мелкоячеистых сеток соответствовала предъявляемым к ним требованиям. В значительном количестве такие сетчатые фильтры получили применение в металлургическом производстве для очистки воды.

вывод

Описанная конструкция сетки, собранной из трапецеидального прокатного проволочного профиля, имеет мелкие перфорационные отверстия при достаточно толстой и прочной стенке. Такие сетки плоские или барабанного типа могут быть в дальнейшем использованы в конструкциях машин и аппаратов, успешно удовлетворяя требованиям к фильтрующей способности и прочности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Зарапин Ю.Л., Чиченов Н.А., Чернилевская Н.Г. Производство композиционных материалов обработкой давлением. М.: «Металлургия», 1991.
- 2. Евстратов В.А. Теория обработки металлов давлением. Харьков. Высшая школа, 1984.
- 3. Рокотян С.Е. Теория прокатки и качество металла. М.: «Металлургия»
- Авторское свидетельство № 394428 Опубл. 22.08.73; бюллетень № 34
- Авторское свидетельство № 372259 Опубл. 14.06.73;
 Бюллетень № 13

УДК 621.867.84

А.Д. Морозов, к.т.н., профессор, С.Н. Жидов, инженер, И.А. Чередниченко, инженер Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Исследования и создание нового пневмомеханического оборудования на основе методов физического моделирования

Рассмотрены методы физического моделирования при исследовании и создании разгрузочно-транспортного пневматического оборудования (РТПО) для цемента и других пылевидных грузов.

физическая модель, пылевидный груз, пневморазгрузчик, цемент, критерий подобия.

Важным этапом в исследованиях и создании нового конкурентоспособного, экологически чистого и высокопроизводительного разгрузочнотранспортного пневмомеханического оборудования является интенсификация теоретических и лабораторно-промышленных исследований в области пневмотранспорта.

В период с 1970 г. и по настоящее время в Крымской академии природоохранного и курортного строительства (КАПКС) проводятся комплексные работы по исследованию и созданию новых машин этого класса на базе принципов физического моделирования рабочих процессов.

В результате выполненных теоретических изысканий [1...3] установлено, что при интенсификации исследований РТПО методами физического моделирования необходимо соблюдать наиболее характерные критерии подобия:

$$\frac{\mathbf{v}^{2}}{g \cdot l}; \mathbf{n} \cdot t; \varphi; \frac{\mathbf{n} \cdot \mathcal{A}}{2g}; f;
\frac{l}{\mathcal{A}}; \frac{E}{\sigma}; \frac{\tau}{\sigma}; \frac{N}{\mathbf{v}^{2} \cdot \mathbf{Q} \cdot \rho}$$
(1)

где: 1 - определяющий линейный размер;

n - частота вращения (диска питателя, ходового колеса или шнека);

N - мощность, потребляемая двигателем привода;

t - время;

f - средний коэффициент трения груза о рабочий орган;

ф - текущий угол поворота рабочего органа;

g -ускорение свободного падения;

Е - модуль упругости груза;

 ${f v}$ - средняя скорость груза, перемещаемого рабочим органом;

ρ - средняя плотность материала,

Д - диаметр вращающегося рабочего органа; Q - производительность.

Критерий $\frac{\mathbf{v} \cdot \mathbf{t}}{I}$ выражает условие гомохрон-

ности. Критерии $\frac{E}{\sigma}$ и $\frac{\tau}{\sigma}$ характеризуют попе-

речную и продольную деформируемость материала во взаимодействии со шнеком.

$$\frac{\mathbf{v}^2}{\mathbf{g} \cdot \mathbf{l}}$$
 и $\frac{\mathbf{p} \cdot \mathbf{v}}{E}$ являются критериями Фруда и

Коши соответственно.

Формирование физической модели при соблюдении перечисленных критериев подобия требует изменения свойств транспортируемого груза, что сопряжено с известными трудностями и приводит к нарушению физической картины процесса. Поэтому был принят метод моделирования, при котором не требуется изменять прочностные свойства груза и учитываются все основные силы, определяющие процесс. Нарушение критериев подобия компенсируется коэффициентами [3,4].

При выбранном методе моделирования необходимо выдержать условия кинематического и материального подобия, т.е.

$$\frac{t_{\scriptscriptstyle H}}{t_{\scriptscriptstyle M}} = K_{\scriptscriptstyle I}; \frac{v_{\scriptscriptstyle H}}{v_{\scriptscriptstyle M}} = K_{\scriptscriptstyle V}; \frac{w_{\scriptscriptstyle H}}{w_{\scriptscriptstyle M}} = K_{\scriptscriptstyle W};$$

$$\frac{l_{\scriptscriptstyle H}}{l_{\scriptscriptstyle M}} = K_{\scriptscriptstyle I}; \frac{m_{\scriptscriptstyle H}}{m_{\scriptscriptstyle M}} = K_{\scriptscriptstyle M};$$

где: w - ускорение; m - масса; K_t , K_v , K_w , K_l , K_m - соответствующие масштабные коэффициенты.

Индексом «М» обозначены параметры модели, а индексом «Н» -параметры натурального образца.

$$K_{t} = \frac{K_{l}}{K_{v}}; K_{v} = \frac{K_{l}}{K_{t}}; K_{w} = \frac{K_{v}^{2}}{K_{l}} = \frac{K_{l}}{K_{t}^{2}};$$

$$K_{m} = K_{l}^{3}$$

Соотношение между параметрами процесса, имеющими размерность силы для натуры и модели, имеет вид:

$$P_{\mu} = P_{\mu} \cdot K_{I}^{n} \tag{2}$$

где: n - коэффициент динамического подобия в случае, когда подобные процессы протекают в геометрически подобных системах при неизменяющихся прочностных свойствах среды

$$K_{l}^{n} = K_{m} \cdot K_{a} = K_{l}^{3} \cdot \frac{K_{l}}{K_{t}^{2}}; K_{t} = K_{l}^{2 - \frac{n}{2}}$$
 (3)

Допустим, что величина $\boldsymbol{B}_{\scriptscriptstyle M}$, определяющая какой-то параметр, выражается в абсолютной системе единиц по опытным данным, следующим образом:

$$B_{\mu} = b_{\mu} \cdot l^{\alpha} \cdot t^{\beta} \cdot m^{\gamma}$$

где $b_{_{M}}$ - числовая величина, α,β,γ - действительные числа.

Напишем аналогичную формулу для натуры, выразив все сомножители через соответствующие масштабы величин:

$$\boldsymbol{B}_{\scriptscriptstyle H} = \boldsymbol{b}_{\scriptscriptstyle M} \cdot \boldsymbol{l}_{\scriptscriptstyle M}^{\ \alpha} \cdot \boldsymbol{e}_{\scriptscriptstyle M}^{\ \beta} \cdot \boldsymbol{m}_{\scriptscriptstyle M}^{\ \gamma} \cdot \boldsymbol{K}_{\scriptscriptstyle I}^{\ \alpha} \cdot \boldsymbol{K}_{\scriptscriptstyle I}^{\ \beta} \cdot \boldsymbol{K}_{\scriptscriptstyle M}^{\ \gamma} \quad (4)$$

Выразим b_n через масштабы соответствующих величин:

$$b_n = b_M \cdot K_l^{\alpha} \cdot K_l^{\beta} \cdot K_m^{\gamma} \tag{5}$$

Воспользовавшись равенствами $K_m = {K_l}^3$ и $K_t = {K_l}^{2-\frac{n'}{2}}$ выразим b_n через ли-

нейный масштаб:

$$b_{n} = b_{n} \cdot K_{l}^{\alpha} \cdot K_{\alpha}^{\beta - \left(2 - \frac{n'}{2}\right)} \cdot K_{l} =$$

$$= b_{n} \cdot K_{l}^{\alpha + \beta \left(2 - \frac{n'}{2}\right) + 3\gamma}$$
(6)

Взяв отношение $\frac{B_{\scriptscriptstyle n}}{B_{\scriptscriptstyle M}} = \frac{b_{\scriptscriptstyle n}}{b_{\scriptscriptstyle M}}$ и обозначив его

 ${\pmb K}_{{\pmb B}}$, найдем переходный коэффициент от параметра ${\pmb B}_{{\pmb M}}$ модели к параметру ${\pmb B}_{{\pmb M}}$ натуры:

$$K_B = K_I^{\alpha + \beta \left(2 - \frac{n'}{2}\right) + 3\gamma}$$

Зависимость (6) дает возможность получить новые формулы коэффициентов перехода при расчете отдельных величин с модели на натуру:

для скорости
$$K_v = K_l^{\frac{n}{2}-1}$$
для ускорения $K_a = K_l^{n-3}$
для силы $K_p = K_l^n$
для мощности $K_N = K_l^{\frac{3n}{2}-1}$
для производительности $K_v = K_l^{\frac{n}{2}+1}$
для удельного давления $K_q = K_l^{n-2}$

Коэффициент геометрического моделирования K_I является величиной известной. Значение показателя степени n определяюют на базе экспериментов с моделями разных масштабов.

На основании принципа независимости действия сил составляющая общего сопротивления перемещению груза рабочим органом (р. о.), может быть условно представлена в виде суммы:

$$S_0 = S_1 + S_2 \tag{8}$$

где S_1 - сопротивление, обусловленное действием объемных сил (сила давления массы груза на р.о и т.д); S_2 - сопротивление, обуслов-

ленное действием поверхностных сил (силы сцепления, сдвига, трения и т.д.).

Применяя основные соотношения подобия для объемных и поверхностных сил, можно записать соответственно:

$$\frac{S_{1n}}{S_{1m}} = K_l^3$$

$$\frac{S_{2n}}{S_{2m}} = K_l^2 \tag{9}$$

где $S_{1,m}$ и $S_{2,m}$ - составляющие, устанавливаемые на базе экспериментов с двумя моделями разных масштабов.

В виде функциональной зависимости от параметров модели получим:

$$S_{1,m} \cdot K_l^3 + S_{2,m} \cdot K_l^2 = (S_{1,m} + S_{2,m}) \cdot K_l^n$$
 (10)

Логарифмируя (10) и решая ее относительно $\boldsymbol{n'}$ найдем

$$n' = lg \left(\frac{S_{1,m} \cdot K_l^3 + S_{2,m} \cdot K_l^2}{S_{1,m} + S_{2,m}} \right) (lg K_l)^{-1}$$
 (11)

Показатель степени n' зависит от соотношения составляющих сил S_{1_M} и S_{2_M} в общем сопротивлении перемещению цемента дисками питателя. Если $S_{1_M}=0$, то n'=2 и n'=3 при $S_{2_M}=0$.

Таким образом, теоретически n' может изменяться от 2 до 3.

На основе зависимости (11) разработана методика постановки экспериментов по определению величины n', не прибегая к опытам на натурных образцах, что дает возможность получить коэффициенты перехода от параметров модели к параметрам натурного образца дискового питателя. Для определения величин S_{1M} и S_{2M} следует провести серию экспериментов на двух моделях различного масштаба.

Кратко рассмотрим основные положения этого метода. Составим два линейных уравнения с двумя неизвестными силами $S_{1,n}$ и $S_{2,n}$:

$$S_{M}' = \frac{S_{1M}}{K_{l_{1}}^{3}} + \frac{S_{2M}}{K_{l_{1}}^{2}};$$

$$S_{M}'' = S_{1M} + S_{2M}$$
 (12)

(9) где $S_{_{M}}^{'}$ - продольная горизонтальная составляющая общего сопротивления перемещению материала шнеками или дисками питателя на первой (меньшей) модели с линейным размером l_{1} ; $S_{_{M}}^{''}$ - та же составляющая на второй (большей)

модели с линейным размером l_2 ; $K_{l_1} = \frac{l_2}{l_1}$ - ко-эффициент моделирования.

Из (12) следует:

$$S_{1M} = \frac{S_{M}^{'} \cdot K_{l_{1}}^{3} - S_{M}^{"} \cdot K_{l_{1}}^{2}}{1 - K_{l_{1}}}$$

$$S_{2M} = \frac{S_{M}^{'} \cdot K_{l_{1}}^{3} - S_{M}^{'}}{K_{l_{1}} - 1}$$
(13)

Силы $S_{_{M}}$ и $S_{_{M}}$ попределяют непосредственно при проведении экспериментов. Вычислив значения сил $S_{1_{M}}$ и $S_{2_{M}}$, можно определить показатель n' из (11) и, учитывая (7), разработать формулы расчета основных параметров натурных образцов через определяющий размер шнека или дискового питателя $\mathcal{A}_{_{I}}$.

Масштабы моделей шнеконапорных механизмов, дисковых питателей разгрузчиков и других узлов принимали равными 1.5, 2.0, 3.0, 3.5, 4.0,4.2, 5.0.

Установлено, что наиболее целесообразный минимальный масштаб моделирования K_I =4.0 (от натурных пневмовинтовых установок, находящихся в серийном производстве с диаметром шнеков от 0.1 до 0.2 м). Если K_I >4.0, ошибка при расчете основных параметров модели на натуру составляет более 20.. 30 %.

Разработана методика экспериментов при исследовании двух физических моделей $\mathbfilde k_I = 1.37$ и $\mathbfilde k_I = 3.5$ заборного устройства с дисками питателя диаметром 0,496 и 0.195 м. В качестве образца принят питатель с дисками размером 0.682 м.

Первая модель (k_I =1.37) представляла дисковый питатель пневморазгрузчика цемента всасывающе-нагнетательного действия ТА-26 с незначительными изменениями, обеспечивающими полное его соответствие принятому масштабному коэффициенту. Вторая же модель (k_I =3.5) была изготовлена специально. Основные параметры натурного образца и обеих модельным делем дрижедены в табол $|k_I|$ 3.7 $|k_I|$ 4.35

елей привед	нык табл.	¹ K _I =1.37	K _I =3.5
Д _д , м	0,682	0,496	0,195
Д _{дср} , м	0,46	0,38	0,143
d ₀ , м	0,284	0,207	0,081
n _Д , об/мин	45	42	57
V _{цд} , м/с	0,856	0,62	0,33
V _д , м/с	1,606	1,09	0,58
V ₀ , м/с	0,09	0,076	0,048
h _c , м	0,112	0,08	0,032
$Д_{\mu}/d_{0}$	2,4	2,4	2,4
h _c /Д _д	0,164	0,164	0,164

Таблица 1

Вторую модель (k_I =3.5) исследовали на стенде физического моделирования, содержащем всасывающий трубопровод, осадительную камеру пневмоустановки, вакуум-насос и мерный лоток, установленный на платформе циферблатных весов. Модель заборного устройства перемещалась с заданной скоростью вдоль лотка приводным тяговым устройством.

Параметром оптимизации являлась производительность дискового питателя при варьировании частоты ${\it n}_{\it J}$ вращения дисков, высоты ${\it H}_{\it J}$ слоя цемента на диске и коэффициента ${\it \xi}_{\it J}$ перфорации дисков . На первом этапе в результате проведения опытов с пятью комплектами дисков, имеющими

 ${\bf \xi}_{\mathcal{A}} = 0.18$ - 0.4, установлено рациональное значение ${\bf \xi}_{\mathcal{A}} = 0.34$.

На втором этапе исследований, проведенных при рациональной величине перфорации дисков, определили частоту вращения дисков $\boldsymbol{n}_{\mathcal{A}}$ и высоту слоя $H_{\mathcal{A}}$, обеспечивающие оптимальную производительность питателя. Полученные зависимости показывают, что для модели \boldsymbol{k}_I =3.5 при $H_{\mathcal{A}}$, составлявшей 0.03, 0.04, 0.05 и 0.06 м, оптимальная производительность получена при $\boldsymbol{n}_{\mathcal{A}}$ =5706/мин (рис.-1) и $H_{\mathcal{A}}$ = 0.05м. (рис.2).

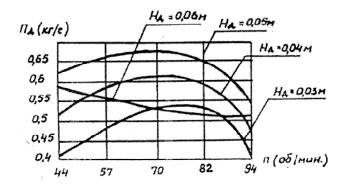


Рис. 1. Зависимость производительности Пд модели (k_1 =3.5) заборного устройства от частоты вращения дисков.

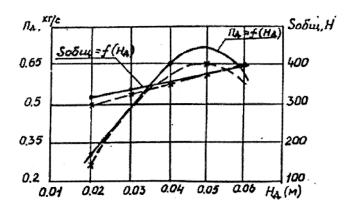


Рис 2. Зависимость производительности Пд модели (k_I =3.5) заборного устройства и усилия S_{obm} от высоты слоя цемента H_{II}

1 и 2 - расчетные кривые; 3 и 4 - экспериментальные зависимости.

При увеличении высоты слоя $H_{\mathcal{A}}$ до 0.06 м и выше производительность системы дисковый питатель - заборное сопло снижалась из-за сопротивления забору, вызванного значительным превышением $H_{\mathcal{A}}$ над величиной $H_{\mathcal{C}}$; (рис. 3), определяющей положение верхней кромки заборной щели сопла.

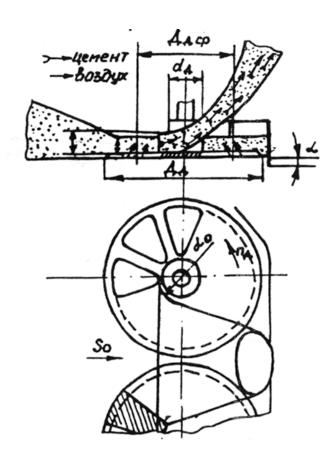


Рис. 3 Схема дискового питателя заборного устройства пневморазгрузчиков.

 $\mathcal{A}_{\mathcal{A}}$, $\mathcal{A}_{\mathcal{A}CP}$ - наружный и средний диаметр дисков, $d_{\mathcal{A}}$ - диаметр ступицы диска, d_{0} -диаметр открылков сопла, H_{c} - расстояние от диска до верхней кромки сопла, α - угол наклона диска; $n_{\mathcal{A}}$ - частота вращения вала питателя

Показатель степени n' колеблется в пределах от 2.74 до 2.8 для различных режимов работы дискового питателя: так, если $H_{\mathcal{A}}$ ниже расчетной, то n' =2.74, а если $H_{\mathcal{A}}$ выше расчетной, то n' =2.8. При производственных ис-

пытаниях и исследованиях пневморазгрузчиков цемента $H_{\mathcal{A}}$ обычно колеблется в пределах 0.03 м. Зависимость производительности питателя от наружного диаметра дисков показана на рис. 4.

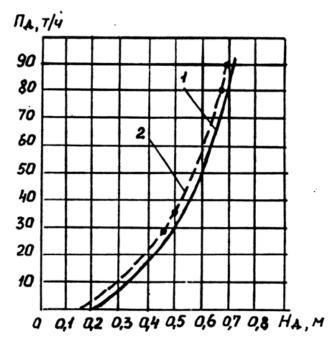


Рис. 4. Зависимость производительности $\Pi_{\mathcal{A}}$ питателя от диаметра диска $\mathcal{A}_{\mathcal{A}}$.

1 - экспериментальная кривая; 2 - расчетная кривая

Получены следующие формулы расчета основных параметров натурных образцов через определяющий размер питателя:

скорость

$$V = k_{v} \cdot \mathcal{A}_{A}^{\frac{n'}{2}-1}$$

ускорение

$$a = k_a \cdot \mathcal{A}_{\mathcal{A}}^{n'-3}$$

сила

$$P = k_P \cdot \mathcal{A}_{I}^{n'}$$

мощность

$$N = k_N \cdot A_{I}^{\frac{3n'}{2}-1}$$

производительность

$$\boldsymbol{\Pi} = \boldsymbol{k}_{\boldsymbol{\Pi}} \cdot \boldsymbol{\mathcal{A}}_{\boldsymbol{\mathcal{A}}}^{n'} \cdot \boldsymbol{\rho}_{\boldsymbol{\mathcal{A}}} \cdot \boldsymbol{n}_{\boldsymbol{\mathcal{A}}}$$

Коэффициенты k_v , k_a , k_p , k_N и k_Q определяют расчетом через параметры модели. Форму-

	Значения коэффициентов при			
Коэффициенты	производительности пневморазгрузчиков РТПО 2-90 т/ч			
	25	1550	5590	
$k_{v} = \frac{V_{IIJM}}{\mathcal{I}_{JM}^{\frac{n'}{2}-1}}$	1,05	1,36	1,87	
$k_0 = \frac{a_M}{\mathcal{I}_{1M}^{n'-3}}$	2,2	3,7	7	
$k_{p} = \frac{P_{M}}{\mathcal{A}_{M}^{n'}}$	3179	3050	2060	
$k_{N} = \frac{N_{M}}{\mathcal{A}_{\mathcal{A}M}^{n'} \cdot \rho_{\mathcal{A}} \cdot n_{\mathcal{A}} \cdot k_{\mathcal{A}}}$	12,6	13,2	14	
$K_{\Pi} = \frac{\Pi_{M}}{\mathcal{A}_{\mathcal{A}M}^{n'} \cdot \rho_{\mathcal{A}} \cdot n_{\mathcal{A}} \cdot k_{\Pi}}$				
где	6,6	12	10,5	
$k_{II} = \frac{\mathbf{v}_{IIJ}}{\mathbf{v}_{J}} = 0.57$				
n'	2,74	2,74	2,8	

лы для определения этих коэффициентов, их значения при различной производительности пневморазгрузчиков, а также значения показателя степени приведены в табл. 2.

Таблица 2

Указанные коэффициенты могут быть определены также, как и показатель степени n', на базе анализа результатов, полученных при испытании моделей разных масштабов Они дают хорошую сходимость в интервале производительностей от 10 до 200 т/ч при разгрузке портландцемента, поступающего навалом в железнодорожных вагонах. Установлено, что отклонение расчетных значений, вычисленных с применением приведенных выше формул, от фактических, полученных при испытании пневморазгрузчиков, составляет: для мощности - до 6%, для сил - до 7%; для производительности- 12...18%.

Основные результаты данных исследований были применены в пневморазгрузчиках цемента ТА-26 и ТА-27, а также при разработке заборных органов новых пневморазгрузчиков цемента из железнодорожных вагонов ТА-33, ТА-33А и из трюмов барж ТА-37.

выводы

Методы моделирования, разработанные на базе общих критериальных уравнений процессов взаимодействия рабочих органов РТПО с транспортируемым грузом, могут успешно применяться при исследовании и создании любых новых модификаций.

Исследования, проводимые на физических моделях при создании нового пневмооборудования, позволяют сократить сроки и стоимость исследовательских и проектных работ в 2-3 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Морозов А.Д. Пневмомеханическое разгрузочно-транспортное оборудование предприятий стройиндустрии. Симферополь. Изд. КИПКС, 1997. - 222 с.
- 2. Морозов А.Д. Научные основы создания пневмомеханических разгрузочно-транспортных машин. Симферополь. Изд. КАПКС, 2002.- 256 с.
- 3. Морозов А.Д. Повышение эффективности пневмотранспорта в строительной индустрии. Севастополь: ин-т геотехнической механики АН УССР, 1990. – 60 с.

УДК 69.003.13: 624.15

В. І.Терновий, О. М. Махиня

Київський національний університет будівництва і архітектури.

Очищення глинистого розчину, приготовленого гідравлічним імпульсним змішувачем, в технології "стіна в ґрунті"

Наведені результати порівняння розрахованих значень ступенів очищення розчину, приготовленого за допомогою гідравлічного імпульсного змішувача (ГІЗ) та швидкісного розчинозмішувача (ПГР-5М), при розробці траншеї у піщаних трунтах методом "стіна в трунті".

"стіна в ґрунті", прохідницький глинистий розчин, розчинозмішувач, ступінь очищення, ГІЗ, ПГР-5М

Гідравлічний імпульсний змішувач (ГІЗ) розроблений в ІТТФ НАН України [1]. Він та його модифікації [2], запропоновані за участю авторів статті, дозволяють отримати прохідницькі глинисті розчини із більш дисперсною твердою фазою та кращими технологічними показниками [3]. Для визначення впливу гідравлічного імпульсного змішувача на ступінь очищення глинистого розчину, в середовищі якого розробляють траншею методом "стіна в ґрунті", було розраховано та порівняно ступені очищення розчинів, приготовлених за допомогою ГІЗа та ПГР-5М. Останній апарат найчастіше застосовують в технології "стіна в ґрунті".

Нами розглянуто два способи очищення розчину. В першому - очищення забрудненого розчину здійснюється за допомогою вібросит, його застосовують при грейферному копанні траншеї. В другому способі, розчин спочатку очищують віброситами, а потім його очищують за допомогою гідроциклона. Цей спосіб застосовують при бурофрезерній розробці грунту в траншеї. Розрахунки виконано на прикладі використання вібросита СВ-2Б та гідроциклона 1ПГК. Прийнято, що траншею розробляли у мілкозернистих піщаних ґрунтах за допомогою грейферного та бурофрезерного обладнання.

Нами припущено, що розчини, приготовлені ГІЗом та ПГР-5М, під час розробки траншеї одним типом обладнання, забруднюються однаковою кількістю шламу із однаковим гранулометричним складом, а під час очищення їх на віброситі шлам усувається із розчину пропорційно складу. Із технічної літератури встановлено, що ступінь забруднення початкового розчину, при використанні грейферного обладнання, складає 5% за об'ємом (перший спосіб очищення), а при розробці за допомогою бурофрезерного обладнання — 10% (другий спосіб очищення).

Розчини були розглянуті в інтервалах густин, при яких їхні технологічні показники знаходяться в межах нормативних вимог [4]. Для розчинів із глинопорошку, приготовлених за допомогою ГІЗа, цей інтервал був від 1,027 до 1,055 г/см³, а у розчинах, отриманих за допомогою ПГР-5М, він був від 1,039 до 1,073 г/см³. Розчини із грудкової глини, при приготуванні їх ГІЗом, були розглянуті в інтервалі від 1,045 до 1,115 г/см³ та від 1,073 до 1,115 г/см³, при приготуванні їх ПГР-5М.

Ступінь очищення розчину одним віброситом визначали за емпіричною залежністю, яка приведена в роботі [5]:

$$\varepsilon_{c} = \begin{pmatrix} -0.498 + 1.139\varphi & -976.9 \frac{1}{T^{2}} - \\ -0.551 \times 10^{-4} n_{c} + 0.017\alpha \end{pmatrix} \frac{1}{d^{2}}, (1)$$

де ε_C — ступінь очищення розчину одним віброситом, %; φ — вміст шламу в розчині, %; T — умовна в'язкість розчину, c; n_c — частота обертання валу вібратора, хв $^{-1}$; α — кут нахилу вібросита, град; d — діаметр дроту вібросітки, мм.

За формулою (1) було визначено 90 значень ступеня очищення забрудненого розчину із глинопорошку та грудкової глини, при різній його початковій густині, і приготуванні його за допомогою ГІЗа та ПГР-5М, в умовах розробки траншеї грейферним і бурофрезерним обладнанням. За отриманими значеннями побудовані графіки зміни ступеня очищення забрудненого розчину при зміні його початкової густини (рис1). Відзначається загальне підвищення ступеня очищення розчинів, отриманих за допомогою гідравлічного імпульсного змішувача.



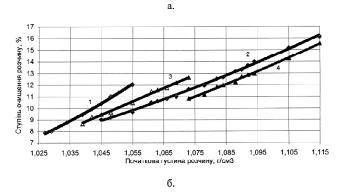


Рис. 1. Графіки зміни ступеня очищення розчину одним віброситом при зміні його початкової густини

а – розробка траншеї грейферним обладнанням; б – розробка траншеї бурофрезерним обладнанням; 1, 2 – розчини приготовлені ГІЗом відповідно із порошкової та грудкової сировини, 3, 4 – розчини приготовлені ПГР-5М відповідно із порошкової та грудкової сировини.

Розглянемо випадок розробки траншеї грейферним обладнанням, коли розчин очищується одним віброситом (рис 1а). У розчинах із глинопорошку при густині 1,039 г/см³ ступінь очищення збільшується із 3,8 до 4,6%, а при густині 1,055 г/см³ із 5,7 до 7,3%. У розчинах із грудкової глини при густині 1,073 г/см³ ступінь очищення розчину одним віброситом збільшується із 6,1 до 6,9%, а при густині 1,115 г/см³ із 11 до 12%. При цьому відносне підвищення ступеня очищення розчину при використанні глинопорошку становить 18%, а при використанні грудкової глини — 10%.



Рис. 2. Графіки зміни ступеня очищення суспензії одним гідроциклоном при зміні початкової густини глинистого розчину, під час розробки траншеї за допомогою бурофрезерного обладнання

1, 2 – розчини приготовлені ГІЗом відповідно із порошкової та грудкової сировини, 3, 4 – розчини приготовлені ПГР-5М відповідно із порошкової та грудкової сировини.

У випадку розробки траншеї бурофрезерним обладнанням (рис. 1б) у розчинах із глинопорошку при густині 1,039 г/см³ ступінь очищення розчину одним віброситом збільшується із 8,6 до 9,4 %, а при густині 1,055 г/см³ із 10,5 до 12 %. У розчинах із грудкової глини при густині 1,073 г/см³ ступінь очищення збільшується із 10,8 до 11,7 %, а при густині 1,115 г/см³ із 15,5 до 16,1 %. Відносне підвищення значення ступеня очищення розчину при використанні глинопорошку становить 9 %, а при використанні грудкової глини — 6 %.

На наступному етапі було досліджено ступінь очищення розчину одним гідроциклоном при другому способі очищення розчину. В даному випадку забруднений розчин попереднього очищають на віброситах, в результаті чого його густина зменшується. А тому, врахувавши це, густину розчину на вході в гідроциклон (r1) визначали за наступною запропонованою формулою:

$$\rho_{1} = \frac{\left(\rho_{II}\rho_{III}\left(1 - \frac{1}{100}\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_{C}^{i}\right) + \right)}{\rho\left(\frac{\rho_{III}}{100}\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_{C}^{i} - \rho_{II}\right)}, \quad (2)$$

$$\rho_{II} = \frac{\rho_{III} - \frac{\rho_{II}}{100}\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_{C}^{i} - \rho\left(1 - \frac{1}{100}\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_{C}^{i}\right)}{\rho_{III} - \frac{\rho_{III}}{100}\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_{C}^{i}},$$

де ρ - початкова густина розчину, г/см³ ; ρ_{II} , ρ_{III} - густини, відповідно забрудненого розчину та частинок шламу, г/см³ ; ε_C^i — ступінь очищення розчину за вмістом шламу одним віброситом, %; n — кількість послідовно встановлених вібросит.

В апараті СВ-2Б послідовно встановлюється два вібросита. Ступінь очищення розчину в другому віброситі нижчий ніж у першому. В результаті аналізу технічної літератури виявлено, що ступінь очищення розчину на другому віброситі нижчий від першого на 80 %.

Криві розподілення ступенів очищення забрудненого розчину за окремими фракціями визначили на основі натурних досліджень застосування СВ-2Б, які виконані в роботах [5, 6]. На основі цих кривих попередньо було визначено вміст певних фракцій твердих частинок в розчині, який очищений на віброситі.

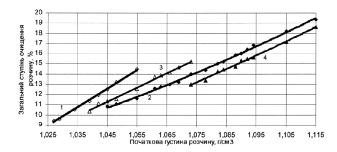
Ступінь очищення пульпи (ε_{Γ}) одним гідроциклоном 1ПГК за об'ємом видаленого шламу визначали за залежністю, яка наведена в роботі [7]:

$$\varepsilon_{\Gamma} = \frac{4Q\rho}{\pi \nu \rho_1 b^2} \sum_{i=1}^{m} \frac{\varepsilon_{\Gamma}^{i} c_{\Gamma}^{i}}{100}, \qquad (3)$$

де ε_{T}^{i} — ступінь очищення розчину одним гідроциклоном за різними фракціями частинок, %; c_{T}^{i} — вміст певної фракції твердих частинок в розчині, %; Q — продуктивність гідроциклона за забрудненим розчином, м³/год; v — швидкість розробки ґрунту бурофрезерним обладнанням, м/год, b — ширина траншеї, м; m — кількість фракцій твердих частинок в розчині.

Ступінь очищення розчину за різними фракціями визначали на основі методик та залежностей, які наведені в роботі [8].

В результаті розрахунків були побудовані графіки зміни ступеня очищення розчину за допомогою одного гідроциклона при зміні початкової густини розчину (рис. 2). Аналізуючи графіки можна вважати, що ступінь очищення розчину приготовленого за допомогою ГІЗа не відрізняється від ступеня очищення розчину приготовленого за традиційною технологією (розчинозмішувач ПГР-5М).



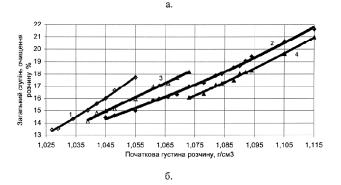


Рис. 3. Графіки зміни загального ступеня очищення розчину при зміні його початкової густини

а – розробка траншеї грейферним обладнанням; б – розробка траншеї бурофрезерним обладнанням; 1, 2 – розчини приготовлені ГІЗом відповідно із порошкової та грудкової сировини, 3, 4 – розчини приготовлені ПГР-5М відповідно із порошкової та грудкової сировини.

На заключному етапі досліджень було визначено загальний ступінь очищення забрудненого розчину за першим та другим способом очищення.

В першому способі очищення розчину виконують тільки агрегатом СВ-2Б, в якому два вібросита встановлюють послідовно. Загальний ступінь очищення розчину в даному випадку складається із суми ступенів очищення на кожному віброситі. Графіки зміни загального ступеня очищення при зміні початкової густини розчину під час грейферної розробки грунту приведені на рис За. Результати розрахунків свідчать, що застосування ГІЗа в порівнянні із ПГР-5М дозволяє підвищити загальний ступінь очищення: у розчинах із глинопорошку від 4,6 до 5,6% при густині 1,039 г/см³ та від 6,7 до 8,8% при густині 1,055 г/см³; у розчинах із грудкової глини від 7,4 до 8,4% при густині 1,073 г/ cm^3 та від 13,2 до 13,9 % при густині 1,115 г/ см³. При цьому середнє відносне підвищення ступеня очищення розчину становить 22% (для

розчинів приготовлених із глинопорошку) та 9% (для розчинів приготовлених із грудкової глини).

За другим способом очищення розчину відбувається шляхом його послідовного пропущення через вібросито СВ-2Б та блок паралельно підключених гідроциклонів 1ПГК. Ступінь очищення розчину в блоці рівний ступеню очищення розчину одним гідроциклоном. Отже, загальний ступінь очищення розчину складається із суми ступенів очищення розчину двома віброситами та гідроциклоном. За результатами розрахунків були побудовані графіки зміни загального ступеня очищення розчину при зміні його початкової густини (рис 3б). Із графіків видно, що гідравлічний імпульсний змішувач дозволяє підвищити загальний ступінь очищення: у розчинах із глинопорошку від 14,1 до 15 % при густині 1,039 г/см 3 та від 16 до 17,7 % при густині 1,055 г/см³; у розчинах із грудкової глини від 16,01 до 17 % при густині 1,073 г/см³ та від 20,9 до 21,6 % при густині 1,115 г/см³. Середнє відносне підвищення ступеня очищення розчину становить 8% (порошкова сировина) та 5% (грудкова сировина).

висновок.

Застосування гідравлічного імпульсного змішувача для приготування прохідницького глинистого розчину в технології "стіна в ґрунті" дозволяє покращити якість очищення розчину, що позитивно впливає на процес екскавації ґрунту, стійкість стінок траншеї та тривалість використання розчину і відповідно зменшення його обсягів.

ЛІТЕРАТУРА.

- 1. А. С. 1263281 СССР, МКИ В01 D11/04. Массообменное устройство / А. А. Долинский, А. А. Корчинский и др. /СССР/. № 387993/31; Заявл. 08. 04. 85; Опубл. 15. 10. 86 // Бюллетень изобретений. 1986. № 38.
- 2. Патент України № 33143A, В01Д 11/04. Масообмінний пристрій/ Корчинський О. А., Терновий В. І., Махиня О. М., Матюшкін М. В.
- 3. Терновий В. І., Махиня О. М., Корчинський О. А., Матюшкін М. В. Тех-нологія приготування глинястих суспензій гідравлічним імпульсним змішувачем // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: 3б. наук. пр. К.: КНУ-БА, 1999. Вип. 5. с. 132—138.
- 4. СниП 3.02.01-87. Земляные сооружения, основания и фундаменты / Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. 128 с.
- Бортко И. Н., Новикова Т. С., Резниченко И. Н. Исследование процесса очистки бурового раствора вибрирующей сеткой. // Тр. ВНИИКРнефть. Краснодар: Изд.ВНИИКРнефть, 1981. С. 106-111.
- 6. Резниченко И. Н. Приготовление, обработка и очистка буровых растворов. М.: Недра, 1982, 230 с.
- 7. Добик А. А., Мищенко В. И., Мельников В. Ф. Об очистке неутяжеленных буровых растворов центрифугами.// Промывка скважин: сб. науч. тр. Краснодар: Изд. ВНИИКРнефть, 1989. С. 47-50.
- 8. Поваров А. И. Гидроциклоны на обогатительных фабриках. М.: «Недра», 1978, 232 с.

УДК 666.97.033

В.Н. Шмигальский, д.т.н., профессор, А.М. Хайруддинов, инженер

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

М.В. Горячих, к.т.н.

Университет экономики и управления

Усовершенствованная технология формования железобетонных колец

Показана возможность улучшения технологии изготовления канализационных колец путем более рациональной расстановки вибраторов и обеспечения их синхронной и синфазной работы.

Вибратор, дебаланс, бетонная смесь, синхронизация, плотность, синфазность, интенсивность, технология, опалубка, формование.

Железобетонные кольца, используемые для устройства канализации, являются ответственными элементами, которые должны, кроме надлежащей прочности, обладать долговечностью и коррозионной стойкостью. Эти качества во многом зависят от плотности бетона, которая зависит от интенсивности и продолжительности вибрирования.

В настоящее время на предприятиях Крыма формование таких изделий осуществляется двумя наружными (навесными) и одним внутренним вибраторами (рис. 1). Последний прикреплен к верхней части колокола (внутренней опалубки) и служит в основном для тиксотропного разжижения подаваемой сверху бетонной смеси, которая под влиянием вибращии перемещается в круговую щель между наружной опалубкой и колоколом, где уложена арматура.

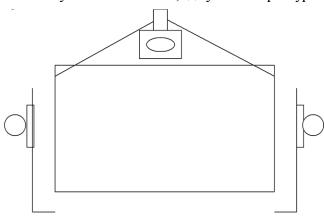


Рис. 1.

Формование бетонной смеси, которая образует стенку канализационного кольца, осуществляется в основном двумя вибрагорами, прикрепленными симметрично на внешней стороне наружной опалубки (в отдельных случаях при диаметре формуемых изделий более 1,5 м устанавливают на наружной опалубке даже четыре вибратора [1]).

Такое расположение источников колебаний не может дать максимальную и равномерную интенсивность механических воздействий на уплотняемую

бетонную смесь, так как они не работают синхронно и синфазно.

Предлагается расположить все три вибратора на одной вертикали внутри колокола, соединив их (для синхронизации) жесткой осью и, расположив дебалансы так, чтобы они работали синфазно (рис.2).

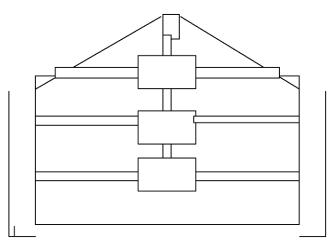


Рис. 2.

Через стальные распорки колебания будут передаваться на стенки внугренней опалубки. Весь колокол начнет работать как большой глубинный вибратор с равномерной интенсивностью по высоте изделия. Использование такого виброколокола на заводе ЖБИ №4 г. Новосибирска позволило повысить производительность труда на 27%, снизить расход цемента на 18% и полностью исключить брак изделий.

вывод

Усовершенствованная технология формования железобетонных колец позволяет увеличить интенсивность вибрационного воздействия на бетонную смесь, что уменьшит цикл формования и расход вяжущего, повысит плотность смеси, а следовательно, водонепроницаемость и долговечность изделий, а также снизит себестоимость примерно на 12%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мчедлов-Петросян О.П., Вандоловский А.Г., Ладыженский В.Н. Бетонные трубы для водохозяйственного строительства. – М.: Издательство литературы по строительству, 1971. – 94 с.

Раздел 5. Техногенная безопасность

УДК 658.567.1

Д.Д. Аблязизова, инженер

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Проблемы утилизации промышленных и бытовых отходов в г. Симферополе

Рассмотрены экологические проблемы, связанные с утилизацией бытовых и промышленных отходов в г. Симферополе. Показано отрицательное воздействие свалок на окружающую природную среду. Предложено использование территории старой свалки для создания лесопарковой зоны.

бытовые, промышленные отходы, свалка, токсичные элементы, окружающая природная среда

В городе Симферополе, как и во многих городах Крыма, существует острая необходимость внедрения комплексной системы утилизации отходов. Это связано с обострением экологической ситуации в регионе. Значительное воздействие на окружающую природную среду (ОПС) оказывают промышленные предприятия. Ситуацию усугубляют полигоны бытовых и промышленных отходов, а также многочисленные стихийные и неорганизованные свалки бытового и строительного мусора. Попадающие в природную среду газообразные, жидкие и твердые отходы несут в себе соединения токсичных тяжелых металлов, формирующие мощные ареалы загрязнений.

Несмотря на спад промышленного производства, связанного с экономическим кризисом в стране, значительную лепту в ухудшение экологической обстановки Крымского региона вносят химические предприятия Красноперекопска, Армянска, Сак, Керченский железорудный комбинат, более трехсот организованных и неорганизованных карьеров, а также предприятия и организации военно-промышленного комплекса. Загрязнение этих территорий достигает 25 норм по воздуху, 25-40 - по воде и в сотни раз превышает ПДК по тяжелым металлам в почвах. Большой проблемой остается утилизация уже накопившихся отходов, объемы которых составляют более 9 млн.тонн. [1].

Если спад экономического развития позволяет говорить о некотором снижении доли промышленных отходов, то объем твердых бытовых отходов (ТБО) непрерывно и катастрофически возрастает как в абсолютном, так и в относительном исчислении.

По данным жилищно-коммунальных предприятий в населенных пунктах Крыма ежегодно образуется 1.925 млн.м³ отходов, а с учетом

более чем 300 сельских свалок ТБО - 2,6-2,7 млн.м 3 .

В настоящее время на 28 полигонах накоплено более 15 млн.т бытовых отходов, что составляет 8,4 тонны на каждого жителя Крыма. Большинство полигонов исчерпали свои ресурсы, не отвечают санитарногигиеническим нормам и эксплуатируются без мер предосторожности относительно загрязнения подземных вод и воздушного бассейна. Действующий полигон твердых бытовых отходов, расположенный неподалеку от с. Каменка, эксплуатируется с 1981 года. В настоящее время свалка находится в пределах достаточно урбанизированной территории, на которой располагаются промышленная зона, большие по площади дачные и жилые массивы. Фактические санитарно-защитные разрывы до жилья, вместо требуемых нормативными документами 500 м, составляют от 50-75 до 150 м. В силу различных причин свалка является очагом загрязнения окружающей природной среды.

Особое внимание привлекает старая свалка, расположенная на южной окраине г. Симферополя в микрорайоне Залесье. Свалка была устроена еще в начале прошлого века. Сначала сюда свозили преимущественно бытовой мусор, но с развитием промышленных предприятий и строительства стали свозить строительный мусор и промышленные отходы. Общая площадь свалки составляет 0,6 км². Она разделена глубоким оврагом на два мусоронакопителя: Западный и более крупный Восточный. Мощность мусоронакопителя изменяется от 2-3 м до 7-10 м в отвалах, опускающихся к оврагу. Мусорные отвалы частично уже

покрыты почвенно-растительным слоем и задернованы.

Сейчас свалка находится в непосредственной близости от жилого массива "Пневматика" и прилегает к стадиону расположенной неподалеку школы №36. Несмотря на то, что официально свалка закрыта более 40 лет назад, неофициальный сброс мусора продолжается. На поверхности свалки можно наблюдать свежие кучи строительного и бытового мусора, шлаков, охристых шламов и других отходов. Таким образом, и сегодня этот объект является постоянным источником загрязнения окружающей среды (ОС).

На территории свалки в разрезах шурфов, копушах и расчистках наблюдается сложное строение и неоднородный состав накопителя. Отмечается земельный грунт, в разной степени загрязненный золо-шлаковыми отходами, бетоном, стеклом, пластмассой, металлоломом, резиной, макулатурой и другими техногенными продуктами. Особо выделяются пятна бурых охристых шлакопродуктов, расплавленного гудрона и линолеума, разбросанные в различных участках накопителя. Так же на свалке концентрируются всевозможные строительные материалы - керамические изделия, бетоны, шлако-бетоны, щебень, бутовый камень из гранитов, диоритов и других горных пород.

В разрезах и выемках можно наблюдать сложное чередование земельного грунта, золо-шлаков, строительного мусора и металлолома. В целом, материалы накопителя могли бы быть ценным сырьем для мусороперерабатывающего завода, который в случае полной утилизации сырья, мог бы давать дешевые строительные материалы.

Для выявления интенсивности техногенного загрязнения участка мусорного накопителя экологами Крымской республиканской ассоциации «Экология и мир» проведена площадная почвенно-геохимическая съемка верхней части мусоронакопителя. Масштаб съемки 1:10000. Сеть пробоотбора — 100х100 м. Отбор проб проводили с поверхностного слоя почв глубиной с 2-5 см до 10-30 см. Опробование в точке проводили методом «конверта» в соответствии с

требованиями «Временные методические рекомендации ...» и ГОСТ [3, 4]. Для геохимической характеристики вертикального разреза мусорного накопителя пройдено 23 копуша глубиной 0,8-1,2 м с опробованием рыхлых отложений мусоронакопителя до глубины 1,2 м, а также две расчистки в западном борту закрытой свалки с опробованием в интервале 0-6 м разреза мусоронакопителя. При наличии разнообразного материала накопителя отдельные точки опробовали 2-3 пробами. Масса пробы 0,3-0,5 кг.

Геохимические (литохимические) пробы подвергали количественному спектральному и атомно-абсорбционному анализам в лабораториях Крымского отделения Киевского государственого геолого-разведочного института.

Выделение техногенных литохимических аномалий производили на основе определений параметров фона химических элементов(Сф) в суглинках верхней части перегнойно-аккумулятивного горизонта (горизонт А) каштановых и южных черноземных почв Крыма с учетом параметров нормального геохимического фона химических элементов в суглинках иллювиального горизонта (горизонт В) этих почв и их почвообразующих пород — глин верхней части разреза средне- верхнечетвертичных эолово-деллювиальных отложений и континентальных глин среднего-верхнего плиоцена.

На территории данной свалки обнаружен широкий спектр токсичных химических элементов I и II классов опасности — свинца, ртути, цинка, мышьяка, сурьмы, меди, хрома, таллия и др. (таблица). Аномалии перечисленных элементов составляют основу техногенного загрязнения: они занимают большую часть территории накопителя и являются высококонтрастными [1,2]. Морфология аномалий определяется приуроченностью к восточной и западной частям площади Залесского мусоронакопителя. Восточная часть площади мусорона-

копителя (у школы №36) представляет собственно территорию закрытой свалки бытового мусора.

	ПДК	С	Среднее значение, мг/кг		
Элемент	мг/кг	мг/кг	на поверхности	на глубине	
			(инт. 0 - 0,7 м)	(инт. 0,8 - 6,0 м)	
Ртуть	2.1	0.022	0.33	0.65	
Мышьяк	4	1	22.51	21.9	
Медь	100	24.5	146	280.2	
Цинк	150	92	1601	1531	
Сурьма	4.5	0.2	59.2	38	
Свинец	30	20	367	321.1	
Хром	100	34	3933.3	1083.3	

Таблица 1.

Средне аномальные значения концентраций токсичных химических элементов участка мусоронакопителя [2]

Аномалия свинца охватывает большую часть участка работ – фоновые и близфоновые концентрации свинца установлены только в нижних частях склонов балки Холодной. Аномалии приуроченны, главным образом, к территории закрытой свалки. В центральной части аномалии, приуроченной к перифирическим частям закрытой свалки, содержание свинца составляет 250-400 мг/кг (1-1,7 ПДК). Соответственно, коэффициенты концентрации свинца изменяются от 1,5 до 20,0. В трех точках опробования установлены "ураганные" концентрации: 2000-15000 мг/кг (66,7-500,0 ПДК). Выявленная ширина аномалии свинца на участке, примыкающем к стадиону школы, 350 м. В интервале 0,8-6,0 м разреза мусоронакопителя его концетрации близки к установленным на поверхности, либо увеличиваются не более чем в два раза; максимальное содержание свинца здесь составляет 800 мг/кг.

Аномальные концентрации ртути установлены почти на всей площади участка работ. Форма аномального поля довольно сложная, центральные его участки, где содержание ртути в пределах 0,3-4,5 мг/кг, приурочены к западному уступу территории задернованой свалки, а также к участкам открытых свалок — в левом борту балки Холодной. Здесь коэффициенты концетрации ртуги составляют 13,6-204,5. В перефирической части аномального поля содержание ртути 0,1-0,3 мг/кг, коэффициенты концентрации соответственно 4,5-13,6. Минималь-

ные содержания характерны для почв нижней части склонов балки Холодной – 0.04-0.1 мг/кг.

Аномалия мышьяка прослежена на всей площади свалки, а также на участках ее обрамления. Прослеженная длина аномалии мышьяка — 600 м, ширина — 270 м. Концентрация мышьяка по данным атомно-абсорбционного анализа колеблется от 10,3 до 33,6 мг/кг, что составляет 5,1-16,8 ПДК в почвах. В интервале 0,8-6,0 м разреза почво-грунтов закрытой свалки содержание мышьяка в пределах аномалии составляет 20,4-20,8 мг/кг, т.е. увеличения концентрации мышьяка вниз по разрезу не установлено.

Литохимическая аномалия хрома выявлена на участке южной части территории свалки, ее размеры—160х500 м. Концентрация хрома на данном участке варьирутся от 200 до 20000 мг/кг (2-200 ПДК почв). В интервале 0,8-6,0 м разреза тела свалки содержания его резко изменяется от установленной на поверхности до фоновых.

Впервые в материале мусоронакопителя обнаружен один из наиболее токсичных элементов – таллий. Выявленные аномалии являются эпизодическими и прослеживаются на глубине 2-6 м. Содержание таллия составляет 2 мг/кг, коэффициент концентрации - 3. При переработке вещества свалки необходимо учитывать наличие таллия, в связи с его повышенной токсичностью.

Поскольку свалка находится в жилом микрорайоне, необходимо разработать и внедрить мероприятия для уменьшения ее отрицательного воздействия на ОС и здоровье проживающего здесь населения.

В настоящее время существует несколько направлений использования полигонов ТБО после их закрытия (ликвидации):

- 1. Извлечение ценных компонентов отходов (металл, стекло, пластмасса, строительные материалы) с целью последующей их утилизации;
- 2. Сбор и утилизация биогаза, образующегося в материале накопителя;
- Рекультивация свалки с последующим использованием ее территории для строительства, устройства автостоянки, разбивки парка, сквера или создания лесопарковой зоны и др.

На современном этапе развития экономики вторичные ресурсы, отходы производства и потребления все в большей мере являются одним из важных элементов воспроизводственного процесса. Вовлечение их в хозяйственный оборот представляет собой значительный источник производства матери-

альных ресурсов и тем самым — экономии первичного природного сырья. Решение проблемы заключается в разработке новых технологий. Только технологическое совершенствование производства позволит наиболее эффективно решить проблемы предотвращения загрязнения окружающей среды и рационального, бережного использования всех видов ресурсов.

Из-за малого объема отходов данного мусоронакопителя - 0,003 км³, извлечение вторичного сырья, сбор и утилизация биогаза является экономически не рентабельным мероприятием.

Исследование распределения углекислого газа и метана [1] показало, что в пределах полигона содержание этих газов близко к фоновому. Фоновые значения углекислого газа 0,19%, метана — 0,22%. Максимальные концентрации метана отмечаются в восточной части площадки, где они устанавливаются на уровне 0,8%. На остальной территории наблюдения его содержание колеблется в пределах 0,4-0,6%.

Аномалии углекислого газа и метана приурочены к отвалам строительного и хозяйственного мусора и выделяются в участках, где в настоящее время еще продолжаются процессы гниения органических веществ, присутствующих в этих отвалах. Установленные концентрации газов не превышают нормативных значений и не представляют опасности для проживания на данной территории. Для окончательного принятия решения использования территории накопителя для промышленного строительства, необходимо детально изучить инженерно-физические свойства искусственных грунтов с целью их использования для фундаментов и сооружений.

На основании обобщения результатов выполненных исследований [1, 2] и исследований автора можно заключить, что жилищное строительство на территории закрытой свалки в настоящее время выполнять нельзя: неизбежно накопление в атмосфере нижних этажей зданий газортутных, метановых (возможно других) эманаций.

Одним из наиболее приемлемых решений для уменьшения отрицательного воздействия данной свалки на ОПС является ее рекультивация с последующим использованием для создания лесопарковой зоны. Рекультивацию территории необходимо проводить в два этапа.

1ый - техническая рекультивация:

- выравнивание и уплотнение отходов;
- покрытие слоем щебня и почвы (суглинков).

Для проведения технической рекультивации необходимо произвести покрытие толщиной 60 см, создавая уплотненные слои толщиной по 15 см [5]. В целях предотвращения накапливания воды и защиты от развития эрозии поверхности накопителя, боковой наклон окончательного покрытия должен быть менее 1:3. Чтобы предохранить верхние слои от высыхания, рекомендуется их покрывать слабопроницаемой почвой, например глиной, которая должна насыпаться сверху земли, используемой для засыпки отходов.

2ой — биологическая рекультивация предполагает устройство на территории свалки лесопарковой зоны. В дальнейшем, после проведения эколого-геохимической съемки для выявления эманаций ртуги, метана, углекислого газа, а также концентраций таллия, предполагается использовать ее как зону отдыха.

Земляное покрытие должно составлять не менее 60 см для создания основы почвенного слоя для растительности. Выбор растений для высадки зависит от разреза покрываемых почво-грунтов и количества гумусового слоя.

В связи с расположением полигона ТБО в непосредственной близости от жилого микрорайона, важным является создание видовой привлекательности измененного антропогенной деятельностью ландшафта—он нуждается в декорировании зелеными насаждениями высокой степени привлекательности, что позволит объекту как можно органичнее влиться в окружающий природный ландшафт.

ВЫВОД

Рекультивация полигона ТБО, расположенного в микрорайоне Залесье, является наиболее эффективным способом и природоохранным мероприятием по нейтрализации его влияния на ОПС и среду обитания человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Тарасенко В.С. Экологическая и санитарно-эпидемиологическая обстановка в Крыму. / Устойчивый Крым. План действий. Научные труды КИПКС. Киев-Симферополь: СОНАТ, 1999г. - С. 22-29.
- Новикова Л.Н., Аблаева Л.А. Экологическая оценка территории Залесского мусоронакопителя г. Симферополя. / Устойчивый Крым. Симферополь южная столица: Симферополь, Сонат, 2001г. С. 61-65.
- Временные методические рекомендации по проведению геолого-экологических исследований при геологоразведочных работах (для условий Украины) / Д.Ф.Володин, Е.А.Яковлев, В.И.Почтаренко и др. – К.: Укргеология, 1990. – 88с.
- ГОСТ 17.4.1.02-83 «Классификация химических веществ для контроля загрязнения».
- 5. Твердые отходы: (Возникновение, сбор, обработка и удаление). Сокр. пер. с англ. /Под ред. Ч.Мантелла. М: Стройиздат, 1979. С. 52-53, 66-72.

УДК 69+696.2

Б.И. Боровский, д.т.н., профессор, А.В. Зажигин, С.А. Коваленко, Н.А. Кожутова, Л.Н. Кошлань, С.Г. Пелюшенко.

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Вариантные расчеты газопроводов населенных пунктов

Рассмотрены эффективность использования в газопроводах повышенного давления полиэтиленовых труб и оптимизации вариантов прокладки газопроводов.

газопровод кольцевой и тупиковый, давление, трубы, металлоемкость, материалоемкость, стоимость, надежность

Газификация населенных пунктов является одним из направлений повышения благосостояния населения и снижения техногенной нагрузки на природу за счет исключения вредных выбросов в атмосферу, возникающих при сжигании жидкого и твердого топлива. Под патронатом Президента Украины Л.Д. Кучмы ведется полная газификация Крыма на базе крымских газовых месторождений, разрабатываемых ГАО «Черноморнефтегаз». Если восемь лет назад Крым обеспечивал себя газом на 25 %, то теперь – на 75 %. В ближайшие дватри года крымские месторождения не только обеспечат Крым газом, но и позволят направить газ в южные области Украины.

Проектирование газоснабжения городов и сел ведется вариантным методом с целью поиска оптимальных решений. Однако в учебнике по газоснабжению [1] не уделено должное внимание вариантному проектированию. Отсутствует оценка влияния различных факторов на экономические и экологические показатели, что усложняет преподавание дисциплины «Газоснабжение». Поэтому в рамках студенческих НИР проведены исследования вариантов проектирования, которые позволили количественно сравнить:

- газопровод высокого и среднего давле-
- варианты подземной прокладки газопровода высокого давления
- кольцевой и тупиковый газопровод низкого давления
- газопроводы из стальных и полиэтиленовых труб

Сравнение газопроводов высокого и среднего давления

Газ высокого или среднего давления используется промышленными предприятиями, сельскохозяйственными предприятиями, котельными, предприятиями бытового обслуживания населения (пекарни, бани, прачечные и др.) и подается к сетевым газорегуляторным пунктам, после которых газ низкого давления поступает в жилые массивы. Предварительно оценить влияние значения давления можно, используя уравнение Дарси:

$$\Delta p = \rho \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2},\tag{1}$$

где: Δp – потери давления на трение в газопроводе длиной l и диаметром d при скорости и плотности газа v, ρ ; λ - коэффициент трения

Выражения для скорости газа можно записать в виде:

$$v = \frac{M}{\rho F}, \eqno(2)$$
 где: М — массовый расход газа, кг/с; F — пло-

щадь сечения газопровода, м².

Массовый расход:

$$M = \rho v F = \rho_0 v_0 F = \rho_0 Q_0 \,, \tag{3}$$

где Q – объемный расход газа, м³/с; нуль – индекс нормальных условий: $t_0 = 0^{\circ}$ C; $p_0 = 0.1 \text{ M}\Pi a.$

Отношение плотностей найдем из уравнения состояния газа

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{pT_0}{p_0 T} \,,$$
 где: T — абсолютная температура. (4)

Используя выражение (2)-(4), полагая $T=T_0$, преобразуем соотношение (1) в вид:

$$\Delta p = \frac{0.81\lambda M^2 l p_0}{\rho_0 p d^5} \,. \tag{5}$$

На основании формулы (5) получим отношение потерь для двух газопроводов одинаковой длины с равными массовыми расходами:

$$\frac{\Delta p_2}{\Delta p_1} = \frac{p_1}{p_2} \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^5. \tag{6}$$

При одинаковых диаметрах газопроводов из равенства (6) получим:

$$\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \frac{p_1}{p_2} \ .$$
 Пусть $\mathbf{p}_2 > \mathbf{p}_1$, тогда из формулы (7) сле-

Пусть $p_2 > p_1$, тогда из формулы (7) следует, что с увеличением давления потери в газопроводе снижаются. Это объясняется уменьшением скорости газа, вызванным увеличением плотности, как это следует из равенств (3), (4). В настоящее время магистральные газопроводы проектируют на давление 7,6 МПа вместо 5,6 МПа абсолютных. Тогда на основании соотношения (7) получим:

$$\frac{\Delta p_{7,6}}{\Delta p_{5,6}} = \frac{5,6}{7,6} = 0,74 \cdot$$

Таким образом, при увеличении давления газа с 5,6 до 7,6 МПа абс. потери снижаются на 26 %, что позволяет уменьшить количество и мощность подкачивающих компрессорных станций на магистральном газопроводе.

С помощью соотношения (7) сравним потери давления в газопроводе высокого давления II-й категории (0,7 МПа абс) и в газопроводе среднего давления (0,4 МПа абс) населенного пункта [2]:

$$\frac{\Delta p_{0,4}}{\Delta p_{0,7}} = \frac{0,7}{0,4} = 1,75$$

Следовательно, потери в газопроводе среднего давления на 75 % превышают потери в газопроводе высокого давления.

Оставим потери давления в двух газопроводах одинаковыми ($_{\Delta} p_1 = _{\Delta} p_2$), тогда из уравнения (6) получим:

$$\frac{d_2}{d_1} = \sqrt[5]{\frac{p_1}{p_2}} \tag{8}$$

Используя формулу (8) для давлений 0,7 и 0,4 МПа абс., получим, что увеличение давления уменьшает диаметр газопровода на 11 %, т.е. снижает металлоемкость и сто-имость газопровода.

Сравнение подземных кольцевых газопроводов высокого давления II-й категории и среднего давления, предназначенных для газоснабжения села Комаровка Красногвардейского района с населением около 3 тысяч и города с населением 80 тысяч человек, показало следующее. Увеличение давления снизило металлоемкость газопровода соответственно на 70 % и 80 %, а стоимость соответственно на 25 % и 20 %. Это вызвано как уменьшением диаметров участков газопровода, так и снижением потерь давления при большем его значении.

Варианты прокладки кольцевого газопровода высокого давления.

При проектировании подземного кольцевого газопровода высокого давления возможны два существенно различающихся варианта: 1 — широкое кольцо (рис.1) и 2 — узкое кольцо (рис.2). В случае узкого кольца удлиняются тупиковые участки, подающие газ к потребителям, но уменьшается длина самого кольца. Сравнение указанных двух вариантов для города с населением 70 тысяч человек показало, что металлоемкость газопровода с широким кольцом на 25 %, а стоимость на 22 % меньше, чем газопровода с узким кольцом.

Сравнение кольцевого и тупикового газопровода низкого давления.

Жилые массивы обеспечивают газом низкого давления (3000 Па) [2]. При этом газопровод выполняют кольцевым или тупиковым. Если в схеме (рис.3) исключить участок 22-39, из кольцевого газопровода получим тупиковый. Известно, что кольцевой газопровод более металлоемок, чем тупиковый, но значительно надежнее [1].

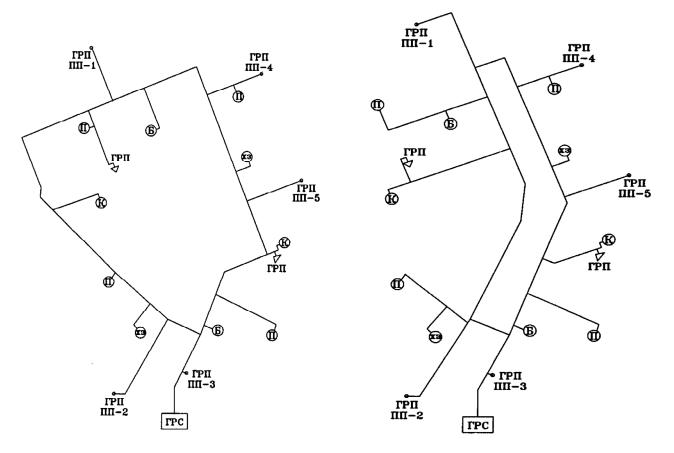


Рис. 1 Широкое кольцо газопровода высокого давления

Рис.2 Узкое кольцо газопровода высокого давления

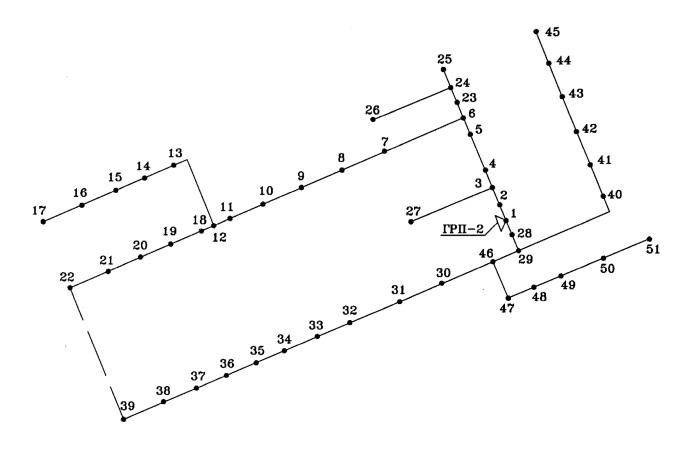


Рис. 3 Распределительный газопровод низкого давления (тупиковый или кольцевой)

В кольцевом газопроводе выход из строя, например, участка 7-8 не приводит к прекращению подачи газа потребителям 9...22, как это будет иметь место в случае тупикового газопровода (участок 22-39 отсутствует). Стоимость кольцевого газопровода определена для жилого массива с населением 27500 человек. Результаты расчетов показали, что металлоемкость кольцевого газопровода на 33 %, а стоимость на 12 % выше. При этом металлоемкость замыкающего участка 22-39 составит 40 % от увеличения металлоемкости кольцевого газопровода, а его стоимость 80 % от увеличения стоимости кольцевого газопровода. Основной рост металлоемкости И стоимости вызван уменьшением давления в начальных узлах тупиковых участков кольцевого газопровода и, следовательно, увеличением диаметров этих участков. Естественно, что с изменением длины замыкающего участка 22-39 различия в металлоемкости и стоимости кольцевого и тупикового газопроводов будут другими.

Газопроводы из стальных и полиэтиленовых труб.

Целесообразность использования полиэтиленовых труб в строительстве и реконструкции газовых сетей определена Постановлением КМ Украины № 726 от 11.7.1997 г.

В соответствии с [2], газопроводы из полиэтиленовых труб прокладывают подземно по территории городов (давление до 0,3 МПа изб.), по территории поселков, сёл и на межпоселковых участках (давление до 0,6 МПа изб.). Достоинством полиэтиленовых труб является коррозионная стойкость, малый вес и меньшее (примерно на 40 %) гидравлическое сопротивление по сравнению с этими характеристиками для стальных труб. Коррозионная стойкость определяет значительный срок эксплуатации полиэтиленовых труб, равный 50 годам [3], в то время как для стальных труб он составляет 20 лет. Экономическую эффективность использования полиэтиленовых труб оценивали на примере газопроводоа среднего давления для села Янтарное Красногвардейского района. Расчеты показали, что материалоемкость газопровода из полиэтиленовых труб меньше в 3,8 раза, стоимость в 2,4 раза, затраты, приходящиеся на один год эксплуатации с учетом эксплуатационных затрат в 5,2 раза. Здесь проявляется влияние большего срока эксплуатации полиэтиленовых труб и меньшие эксплуатационные затраты. Отметим при этом, что эксперименты в утяжеленных условиях показали, что срок эксплуатации полиэтиленовых труб ПЭ100 может быть продлен до 100 лет [4]. Монтаж полиэтиленового газопровода проводится значительно быстрее, чем стального. Это объясняется, в частности, тем, что полиэтиленовые трубы поставляются бухтами длиной до 300 метров. Плети быстро и надежно свариваются. В селе Медведево Черноморского района в мае 2004 г. газопровод длиной 2,5 км был проложен силами «Крымгаза» за два дня. Для прокладки газопровода из стальных труб такой же длины потребовалось бы 40 дней.

выводы:

Вариантные расчеты позволили оценить эффективность использования газопроводов повышенного давления из полиэтиленовых труб.

Показано, что при выборе трассы и типа газопровода можно существенно снизить материалоемкость и стоимость последнего.

Повышение надежности газоснабжения жилого массива за счет использования кольцевого газопровода низкого давления вместо тупикового ведет к некоторому повышению стоимости газопровода до 12 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1. Ионин А.А. Газоснабжение. М.: Стройиздат, 1989. 439 с.
- 2. ДБН В. 2.5 20 2001. Газоснабжение. К.: Госстрой, 2001. 287 с.
- 3. Трубы полиэтиленовые для газопроводов. Симферополь: ОАО «Сизакор», 2001 11 с.
- 4. Альперин В.Д. Что следует знать о трубном полиэтилене. Инженерные сети из полимерных материалов, 2002. № 2, с. 5-9.

УДК 691.33

Т.Н. Маяк, инженер

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Современные подходы к выбору направления утилизации отходов в производстве строительных материалов

Дается методика анализа промышленных отходов для выбора варианта их утилизации в производстве строительных материалов

промышленные отходы, утилизация отходов, химико-минералогический состав, агрегатное состояние, уровни оценки, токсичность, активность, гомогенизация, шихта, композиционные материалы

В современных условиях промышленное производство требует вовлечения в хозяйственный оборот большого количества природного сырья и энергии. По ориентировочным подсчетам на каждую гривню произведенного национального продукта расходуется примерно одна тонна природного вещества. При этом масса готовой продукции составляет 1 – 1,5 % массы природного сырья. Остальное предприятия выбрасывают в виде отходов производства. Часто эти отходы возможно использовать в качестве сырья для производства строительных материалов.

В Украине разработана специальная отчетность (форма № 1) "Промотходы", обязательная для всех промышленных предприятий, но переработка отходов на промышленную основу пока еще не поставлена. На многие виды отходов нет технических условий, ГОСТов, не разработана технология их переработки, отсутствует их экономическая оценка, стимулирующая к вовлечению их в производство, отсутствует полная номенклатура производственных конкретными отходов c рекомендациями по возможному направлению их использования, а самое основное отсутствует стратегия и универсальная методика оценки возможности их утилизации.

Основные параметры, характеризующие любой промышленный отход: химикоминералогический состав, агрегатное состояние и объем образования [4]. Для выбора направления использования можно воспользоваться следующей методикой, по которой каждый вид промышленного отхода должен пройти несколько уровней оцен-

ки по различным критериям с учетом этих параметров.

Первый уровень – оценка по токсичности

Токсичность отхода оценивается путем сравнения состава с ПДК канцерогенных (токсичных) веществ и элементов. При этом возможно три варианта:

- 1) отход содержит значительное количество токсичных веществ, концентрация которых выше ПДК;
- 2) с небольшим количеством тяжелых металлов, с концентрацией меньше или равной ПДК;
- 3) отход не содержит вредных веществ.

В первом случае отход без специальных мер очистки не может быть использован при производстве строительных материалов и должен быть отправлен на захоронение.

При наличии в составе отхода примесей тяжелых металлов, рекомендуется использовать его в обжиговых технологиях при условии образования в массе достаточного для капсулирования тяжелых металлов расплава [1]. В случае отсутствия токсичных элементов, рассматриваемый отход рекомендуется ко второму уровню оценки.

Второй уровень – оценка по химико-минералогическому составу

Химико-минералогический состав является определяющим фактором выбора направления использования.

Для объективной оценки необходимо определить: органическую и минеральную часть; вид органики (масла, смолы, битумы, дегти, растительные остатки и т.п.). В минеральной части кроме содержания основных оксидов (SiO $_{\rm 2}$,

 Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO, CaO, MgO, Na_2O , K_2O) необходимо знать элементарный состав с целью выявления редкоземельных металлов, а также наличие и количество аморфных компонентов.

По соотношению между органической и минеральной частью все отходы, как сырье для производства строительных материалов, подразделяются на три группы: органические, органоминеральные и минеральные. В свою очередь, минеральные отходы по содержанию аморфных компонентов предлагается разделить также на три группы: активные (с преобладанием аморфных фаз), инертно-активные (при незначительном содержании аморфных фаз), а оставшиеся следует отнести к инертным (при отсутствии аморфных компонентов).

После оценки отхода по содержанию органической и минеральной части, содержанию активных компонентов и количеству преобладающих минералов, отход рекомендуется к следующему уровню оценки. Первый и второй уровни оценки следует считать подготовительными, раскрывающими основную специфику анализируемого отхода. Конкретные же рекомендации по применению в строительных материалах можно получить на следующих уровнях оценки.

Третий уровень - выбор из числа отходов готовых строительных материалов или их компонентов

В случае, когда отход по химико-минералогическому составу является готовым строительным материалом, необходимо обращать внимание на его активность. "Активный" или "инертно-активный" отход можно рекомендовать в качестве активной минеральной добавки в составы пуццоланового портландцемента и смешанных вяжущих.

Оценочным критерием всех остальных групп является минеральный состав традиционных строительных минералов. Химико-минералогический состав в этом случае сопоставляют с составом традиционных строительных материалов из соответствующей группы по количеству преобладающих минералов. В случае совпадения срав-

ниваемых параметров отход оценивают как готовый строительный материал, в противном случае отход рекомендуется для дальнейшего исследования.

Четвертый уровень – выбор из числа отходов готовых сырьевых смесей (шихт) для производства строительных материалов

Некоторые виды отходов могут стать готовой сырьевой смесью или сырьевым компонентом для производства строительных материалов. Для этого химический состав отхода сопоставляют с химическим составом сырьевых смесей из природного сырья для производства традиционных строительных материалов. Если анализируемый отход по химико-минералогическому составу не соответствует известным строительным материалам, его следует рассматривать как компонент сырьевых смесей, а выпуск строительных материалов на основе его возможен только при работе на искусственных, в достаточной мере гомогенизированных шихтах. Подбор и оптимизация искусственных шихт на основе отходов возможны с помощью компьютерных баз данных при компьютерном проектировании.

Пятый уровень - оценка по агрегатному состоянию.

Условия образования отходов определяют их агрегатное состояние. По агрегатному состоянию все отходы делятся на: твердые (массивы, плиты), сыпучие (кусковые, порошковые, дисперсные и высокодисперсные), волокнистые, листовые, жидкие (эмульсии, сточные воды), пастообразные (шламы, осадки, концентрированные эмульсии).

Шламы могут быть получены двумя способами: коллоидно-химическим осаждением из растворов (сточных вод) — так называемые истинные шламы, например, шламы отходов производства перманганата калия (ОПМК) Сакского химического завода и механической смесью тонкодисперсных частиц с водой.

Агрегатное состояние следует учитывать при выборе технологии производства строительного материала. Так, высокопластичные свойства истинных шламов долж-

ны быть использованы для улучшения технологических свойств строительных материалов, а значительное их водосодержание – для получения гомогенных масс, например, по технологии фильтр-прессования.

Шестой уровень – оценка по объему образования

По объему образования все отходы можно разделить на многотоннажные и малотоннажные. Объем образования определяет функциональное его назначение: многотоннажные отходы могут использоваться в качестве основного сырья, а малотоннажные — в качестве корректирующих добавок.

После такой многоуровневой оценки отход приобретает определенный статус. Но, обычно, перед использованием в стройиндустрии, требуется первичная обработка, которую следует осуществлять на месте образования отхода. В качестве основополагающей технологии подготовки следует считать интенсивную раздельную технологию, предложенную академиком В.И.-Соломатовым и получившую развитие в работах его последователей В.Н.Вырового, В.С.Дорофеева и др., которая предполагает разделение процесса подготовки на самостоятельные блоки. Доминирующая роль принципа раздельности непосредственно вытекает из полиструктурной теории композиционных строительных материалов. В соответствии с этой теорией все строительные композиты представляются полиструктурными, то есть составленными из большого количества структур, как на атомно-молекулярном уровне, так и во всем объеме изделия, характеризующих макро- и микроуровни. Для оптимизации формирования каждого уровня структур рекомендуется определенный комплекс технологических переделов [3]. Качество строительных материалов из отходов должно определяться показателями однородности. Обычно показатели неоднородности состава отходов выше неоднородности природного полиминерального сырья (глин, трепелов). Поэтому перед непосредственным применением отхода необходима предварительная его гомогенизация до уровня минерального сырья [2].

выводы

Руководствуясь этими подходами можно оценить целесообразность выбора технологии утилизации отходов производства перманганата калия (ОПМК). Уже на первом уровне оценки можно отнести ОПМК к среднетоксичным отходам с небольшим содержанием (до 10%) соединений марганца. ОПМК являются активными благодаря наличию в них щелочи КОН и по химико-минеральному составу может быть рекомендован только как сырьевой компонент шихты в обжиговых технологиях. Объемы образованных шламов ОПМК в шламонакопителях являются крупнотоннажными, что дает возможность для использования их длительный период времени в производстве строительных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1. Чумаченко Н.Г., Теоретическое обоснование оптимальных сырьевых смесей для производства керамзитового гравия, Депонированная рукопись № 11388 ВНИ-ИНТПИ, 1997г., вып.1, 19с.
- 2. Соломатов В.И., Тахиров М.К., Тахер Шах Мд., Интенсивная технология бетонов, М.: Стройиздат, 1989г.
- 3. Соломатов В.И., Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Сиренко А.В., Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости, Киев, Будивэльнык, 1991г.
- 4. Соломатов В.И., Коренькова С.Ф., Чумаченко Н.Г., Новый подход к проблеме утилизации отходов в стройиндустрии, Строительные материалы №7, 1998г., 12с.

УДК 347.132.15

В.У. Стоянов, к.т.н., доцент, М.В. Бакулина, инженер, Е.В. Аниканова, инженер Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Очистка воздуха защитных сооружений в условиях чрезвычайных ситуаций

Рассматриваются способы очистки воздуха в защитных сооруженях при их герметизации. защитные сооружения, жизнеобеспечение, сорбент, лигнин, фильтровентиляционная установка

В условиях ЧС возникает необходимость в укрытии большого количества людей в убежищах или защитных сооружениях. С этой целью защитные сооружения оснащаются системами электроснабжения, водоснабжения и водоотведения, воздухоснабжения и кондиционирования, отопления, пожаротушения и другими.

Работа систем жизнеобеспечения защитного сооружения требует значительных затрат

энергии. Доля таких затрат может достигать 70% от общих затрат энергии, подводимой к защитному сооружению. На систему воздухоснабжения и кондиционирования воздуха затрачивается около половины общих расходов на содержание защитного сооружения.

Рассмотрим систему очистки воздуха в служебных помещениях защитных сооружений в обычных условиях эксплуатации (рис.1).

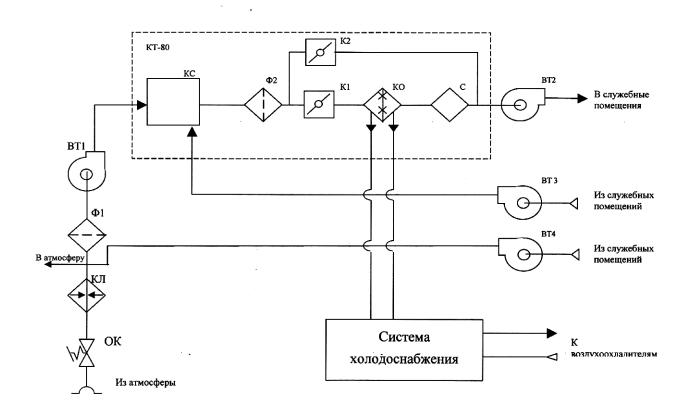


Рис. 1. Схема системы очистки воздуха служебных помещений защитных сооружений.

В обычных условиях работы система состоит из трех элементов предназаначенных для:

- 1) забора воздуха;
- 2) удаления воздуха;
- 3) тепловлажностной обработки и очистки воздуха;

Согласно представленной на рис.1 схеме воздух по приточному каналу поступает в калорифер КЛ, где подогревается (в зимний период года), и проходит очистку в фильтре Ф1. Далее воздух нагнетается вентилятором ВТ1 в систему тепловлажностной обработки и очистки КТ-80. После этой обработки, воздух под давлением на-

гнетается в служебное помещение вентилятором BT2.

Отработанный воздух из служебных помещений забирается вентилятором BT3 и частично подмешивается к приточному воздуху.

Остальная часть воздуха служебного помещения вентилятором BT4 удаляется в атмосферу.

Известно, что номинальное содержание в воздухе СО₂ составляет 0,03%. При увеличении концентрации СО₂ до 2% нарушается дыхание; до 6%- ухудшается сердечная деятельность; до 8%- человек может жить в течение 30-40 минут.

Номинальное содержание $O_2 - 21\%$. Снижение содержания O_2 до 10% приводит к тяжелым физиологическим изменениям.

При этом концентрация ${\rm CO}_2$ повышается до опасных пределов быстрее, чем снижается содержание кислорода.

В защитных сооружениях при режиме с постоянным объемом воздуха быстрее меняется газовый состав воздуха, нарастает концентрация углекислого газа. При объеме воздуха1,3-1,5 м³ на 1 чел. содержание углекислого газа через 2-2,5 часа, после заполнения и герметизации сооружения может достигнуть 3-4%.

Время возможного пребывания укрываемых в зависимости от объема воздуха в защитном сооружении, определяется по формуле:

$$t = \frac{C_{\partial on} \cdot V}{B \cdot 100},$$

где С ∂ *on*- предельно допустимая концентрация углекислого газа, %; V- объем воздуха на 1 чел., м³;

Количество влаги, выделяемой человеком в убежище зависит от температуры и влажности воздуха. Для определения влаговыделений (г/ч на 1 чел.) можно пользоваться формулой

$$d \geq (t_{\scriptscriptstyle \theta} - 15)$$
,

где t_{θ} - температура воздуха, ${}^{0}C$.

Тепловыделения человека в защитных сооружениях в состоянии покоя составляют 419 кДж/ч.

Усредненное количество потребного воздуха Qв, (м 3 /ч на 1 чел.) рассчитывают по формуле:

$$Q_B = \frac{\left(Q_m - F_{\kappa} \cdot q_{ozp}\right)}{\left[1, 2 \cdot \left(23, 5 - I_{\mu}\right)\right]},$$

где: Q_m -количество тепла, выделяемого в убежище, Дж/ч; F_κ -площадь ограждающих конструкций, м²; $q_{\it огр}$ -количество тепла, поглощаемого 1м² ограждающих конструкций, Дж/чм²; $I_{\it n}$ -теплосодержание наружного воздуха, соответствующее среднемесячной температуре и влажности самого жаркого месяца. Значения Q_m , $I_{\it n}$, $q_{\it огр}$ принимают по СНиП I I-11-77.

В условиях ЧС система воздухоснабжения должна обеспечивать людей в убежищах необходимым количеством воздуха с соответствующими температурой, влажностью и газовым составом. Однако эти системы имеют ряд недостатков недостатков:

- 1) связь с окружающей средой;
- применение электродвигателей большой мощности в течение длительного времени;
- 3) высокая стоимость;
- 4) избирательная очистка;
- 5) частая смена сорбента;
- 6) кратковременность действия;

В связи с этим, на кафедре ГО и ВП, разработана менее энергоемкая и сравнительно недорогая система очистки отработанных газов и воздуха в условиях ЧС без связи с окружающей средой (рис.2).

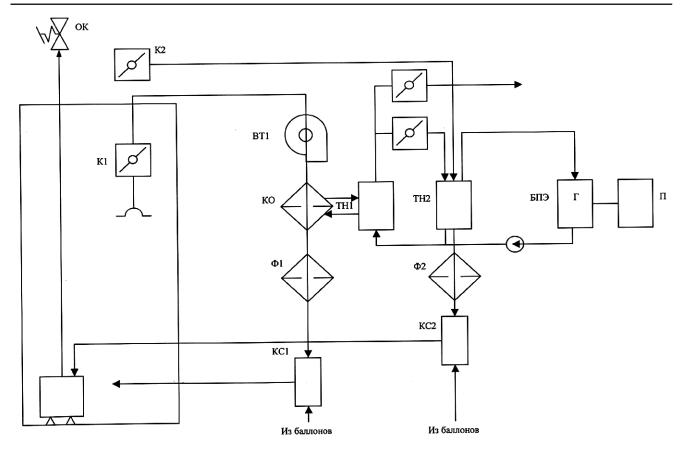


Рис. 2. Схема работы дизельного двигателя в условиях герметизации защитного сооружения

Как видно из рис.. 2 нагретый и задымленный воздух внутри помещения (дизельной) через клапан К1 за счет создаваемого разряжения подается в камеру орошения КО, где смешиваясь с распыляемой жидкостью, охлаждается, осветляется и очищается от вредных примесей. Пройдя дополнительную очистку в фильтре Ф1 и обогатившись кислородом в камере смешивания- КС1, воздух возвращается в дизельную. Нагретая в камере орошения- КО рабочая жидкость охлаждается, отдавая свое тепло теплоаккумулирующему материалу низкопотенцального теплового накопителя ТН1. Одновременно отработанные газы дизельного двигателя через клапан К2 подаются в высокопотенциальный тепловой накопитель ТН2 и, отдав свое тепло теплоаккумулирующему материалу, через систему очистки (фильтр Ф2) и камеру смешивания КС2 подаются во всасывающий коллектор дизельного двигателя.

Схема достаточно экономична и не требует больших затрат электрической энергии, т.к. для подачи газа и охлаждающей жидкости используется навесное оборудование дизельного двигателя.

В качестве камеры орошения -КО, предлагается использовать установку "Душатор", позволяющую одновременно охлаждать и очищать воздух (рис.3).

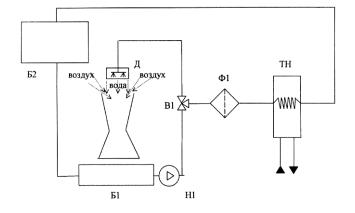


Рис. 3. Принципиальная схема работы установки "Душатор".

Принцип работы такой установки заключается в том, что жидкость насосом Н1 через трехходовой вентиль В1 подается к форсуночному диску Д. Из форсуночного диска жидкость подается в диффузорный ускоритель, где за счет сопла создается разряжение, под действием которого нагретый и разряженный воздух помещения устремляется в диффузорный ускоритель. Частицы вредных веществ смешиваются с кап-

лями водяного тумана или осаждаются на пленку жидкости (раствора), который собирается в баке Б1.

Для очистки загрязненной воды в баке Б1, используют малоэнергоемкий лигниновый фильтр.

Лигнин- это сорбент, который получают из отходов растительного происхождения.

Принцип работы лигнинового фильтра показан на рис.4. При открытии вентиля В1, загрязненная вода поступает в секции, заполненные порошкообразным лигнином и он поглощает токсичные вещества и очищает воду.

Таким образом, с помощью установки «Душатор» поддерживается температура и чистота воздуха в помещениях защитного сооружения.

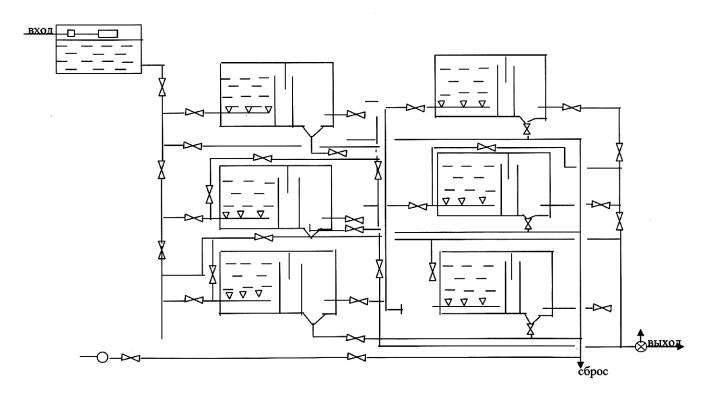


Рис. 4. Гидравлическая схема станции очистки воды (вариант – 2 секции по 3 элемента).

выводы

- 1. Проанализирована существующая система вентиляции и кондиционирования воздуха помещений защитных сооружений. Выделены основные недостатки, затрудняющие ее использование в условиях ЧС.
- Исследовано влияние микроклиматических параметров внутренней среды защитных сооружений на состояние здоровья укрываемых.
- 3. Разработана система очистки отработанных газов и воздуха в условиях ЧС без связи с окружающей средой.
- 4. Система экономична: (используется дешевый лигниновый сорбент из отходов консервной промышленности) и не требуется дополнительных затрат электроэнергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. В. У. Стоянов. Системы жизнеобеспечения защитных сооружений в условиях чрезвычайных ситуаций. Симферополь: КАПКС, 2004.- 260с.
- 2. Ю.Ю.Каммерер, А.К.Кутырев, А.Е.Харкевич. Защитные сооружения гражданской обороны.- М.: Энергоатомиздат, 1985.- 230с.
- 3. И.Е. Кузнецов, К.И.Шмат, С.И.Кузнецов. Справочник. Оборудование для санитарной очистки газов. К.: Техника, 1989.-304с.
- 4. Э.А.Арустамов. Безопасность жизнедеятельности.- М.: Издательско-торговая корпорация "Дашков и К.",2002.-496с.

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

УДК 626.83

Р. Ю. Захаров, инженер

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Выбор типа здания оросительных насосных станций

Обоснована целесообразность размещения оборудования малых по производительности оросительных насосных станций в зданиях камерного типа без вакуум-системы по техническим, эксплуатационным, экономическим показателям с обеспечением высокого уровня надежности.

орошение, насосная станция, тип здания, высота всасывания, разность отметок, приведенные затраты, уровень надежности, экономическая эффективность.

Мелиоративные насосные станции (HC), поданощие воду на орошение, подразделяются по производительности (максимальной подаче) [1]: большой (подача $> 10 \text{ м}^3/\text{c}$); средней (подача от 1 до $10 \text{ м}^3/\text{c}$) и малой (подача $< 1 \text{ м}^3/\text{c}$).

Для размещения гидромеханического и силового оборудования и внугристанционных коммуникаций возводят стационарные здания НС. Тип и конструкция здания НС зависят в основном от следующих факторов [2, 3]:

- типа, количества и конструкции основных насосов;
- способа соединения НС с водозаборными сооружениями (ВЗС);
- характеристик грунтов и условий залегания грунтовых вод в месте расположения НС;
- вида строительных материалов и конструкций для здания НС;
- условий подвода к насосу воды и расположения входного патрубка и всасывающего трубопровода.

По конструктивным признакам здания НС можно разделить на три типа [2, 3, 4, 5]:

- здания наземного типа (основные насосы и машинный зал расположены выше пристанционной площадки);
- здания камерного типа (основные насосы расположены в камере ниже пристанционной площадки); подразделяются на камерный тип с вакуумсистемой для залива основных насосов перед их пуском (отметка установки насоса выше минимального уровня воды в источнике) и камерный тип без вакуум-системы (отметка установки насоса ниже минимального уровня воды в источнике, но выше отметки дна источника);

 здания блочного типа (подземная камера имеет массивный днищевый блок, в толще которого размещены подводы или изогнутые всасывающие трубы насосов; отметка установки насоса обычно ниже отметки дна источника).

По рекомендациям [1] количество основных насосных агрегатов на подкачивающих и перекачивающих оросительных насосных станциях III категории надежности, работающих для водоподачи на севооборотные участки, и, следовательно, относящиеся к малым по производительности ($<1 \text{ м}^3/\text{c}$), должно находиться в пределах от 2 до 4 шт. Как правило, на таких НС устанавливают центробежные насосы горизонтального исполнения с положительной, нулевой или отрицательной высотами всасывания. Поэтому свобода выбора высотной компоновки здания (а, следовательно, и типа здания) существует только для НС, оборудованных небольшими по производительности (<1 м³/с) горизонтальными центробежными насосами. Все остальные насосы устанавливают только с отрицательной высотой всасывания, т.е. под заливом [4, 5, 6]. Однако из опыта проектирования указанные малые НС могут иметь как наземный тип здания, так и камерный тип с вакуумсистемой или без вакуум-системы.

Тип здания НС предварительно выбирают по значению допустимой разности отметок установки насоса (∇ УН) и пристанционнойплощадки (∇ ПП) А _{дол} [7]:

$$A_{\partial on} = (\nabla YH - \nabla \Pi\Pi)_{\partial on} =$$

$$= \frac{P_a - P_n}{\gamma} - (\nabla HE_{max} - \nabla HE_{min}) -$$

$$-\delta - h_{\Sigma ec} - \Delta h_{\partial on}, M,$$

где P_a и P_n - давление атмосферное и и насыщенных паров воды, соответственно, Па; g - удельный вес воды, H/M^3 ; ∇HB_{max} и ∇HB_{min} - максимальный и минимальный уровни воды в источнике, соответственно , м; δ - конструктивный запас (превышение) пристанционной площади над ∇HB_{max} , м; $h_{\mathit{\Sigma ec}}$ - суммарные потери во всасывающем (подводящем) трубопроводе, м; $\nabla h_{\mathit{\partial on}}$ - допустимый кавитационный запас насоса, м.

Здание, как правило, выполняется:

- наземного типа при $A_{∂on} \ge 1$ м;
- камерного типа с вакуум-системой при

$$0 > A_{don} > -(\nabla HB_{max} - \nabla HB_{min} + \delta)$$
;

- камерного типа без вакуум-системы при

$$-(\nabla HB_{max} - \nabla HB_{min} + \delta) > A_{\partial on} > -(\nabla HB_{max} + \delta).$$

Для малых НС при водозаборе из тупикового подводящего канала или из аккумулирующих резервуаров колебания уровней воды в источнике менее значительны и выбор типа здания НС, в основном, будет зависеть от кавитационных характеристик насосов (рис. 1).

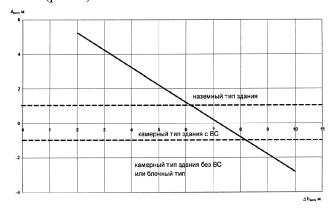


Рис.1.Предварительная оценка типа здания малых HC по кавитационным характеристикам основных насосов.

Граничными значениями для предварительных оценок типа здания малых HC можно считать:

- при $\Delta h_{\partial an}$ <6 м наземный тип здания;
- при 6 м $<\Delta h_{\partial on} <$ 8 м камерный тип здания с вакуум-системой;
- при $\Delta h_{\partial on} > 8$ м камерный тип здания без вакуум-системы.

Однако основные насосы, приемлемые к установке в наземном типе здания с вакуум-системой, могут быть установлены и в здании камерного типа без вакуум-системы (т.е. под заливом). Это имеет свои положительные и отрицательные аспекты при одинаковой категории надежности НС, одинаковом количестве и марке основных насосных агрегатов, уровне автоматизации при соответствующих условиях по уровням грунтовых вод, их качеству, по характеристикам водозабора и др.

Здание HC камерного типа без вакуум-системы позволяет:

- использовать насосы любого типа при различных уровнях воды в источнике;
- упростить эксплуатацию;
- уменьшить капитальные вложения на оборудование;
- сократить энергозатраты.
 Выбор типа здания НС следует осуществлять по двум показателям:
 - приведенным затратам на капитальные вложения и эксплуатацию НС;
 - расчетному уровню надежности НС (вероятности безотказной работы).

Затраты на строительство здания НС и водозаборного сооружения в общем случае равны [8]:

при
$$\frac{Q_{HC} \cdot H}{z_{acu}} \le 200 \text{ м}^4/\text{с и H} > 20 \text{ м}$$

$$K_{HC} \cong 1,2 \cdot K_{u} \cdot (4180-1100 \log Q_{HC} \cdot H) \cdot Q_{HC} \cdot H$$
, rph.,

где: 1,2 — коэффициент увеличения заграт на строительство пристанционной площадки; K_{μ} - коэффициент пересчета цен с 1984 г. на текущий год; Q_{HC} - максимальная подача HC, м³/с; H — расчетный напор HC, м; z_{och} - количество основных насосов, шт.

При анализе заграт на строительство зданий НС наземного и камерного типа при одинаковых остальных показателях получены следующие зависимости для каждого из рассматриваемых типов зданий:

$$K_{HCHa3} \cong 9178 \cdot \lg(Q_{HC}) + 75237$$
, грн.,

$$K_{HC_{KAM}} \cong 10020 \cdot lg(Q_{HC}) + 79081$$
, грн.

Приведенные затраты на капитальные вложения и эксплуатацию НС:

$$3\Pi_i = E_u \cdot K_i + M_i$$
, rph.,

где E_n - нормативный коэффициент окупаемости капитальных вложений, для гидромелиоративного строительства E_n =0,15; K_i и M_i - капитальные затраты и годовые эксплуатационные издержки для і-го варианта типа здания соответственно.

Разница приведенных затрат:

$$\begin{split} &\Delta 3\Pi = 3\Pi_{_{HA3}} - 3\Pi_{_{KAM}} = \\ &= \left(\mathbf{E}_{_{H}} \cdot \mathbf{K}_{_{HCHA3}} - \mathbf{H}_{_{HA3}} \right) - \\ &- \left(\mathbf{E}_{_{H}} \cdot \mathbf{K}_{_{HCKAM}} + \mathbf{H}_{_{KAM}} \right) = \\ &= \mathbf{E}_{_{H}} \cdot \left(\mathbf{K}_{_{HCHA3}} - \mathbf{K}_{_{HCKAM}} \right) + \\ &+ \left(\mathbf{H}_{_{HA3}} - \mathbf{H}_{_{KAM}} \right) \cong \\ &\cong \mathbf{E}_{_{H}} \cdot \left(\mathbf{K}_{_{HCHA3}} - \mathbf{K}_{_{HCKAM}} \right) + \boldsymbol{C}_{_{2A} \, \mathrm{BC}}, \, \boldsymbol{zph} \end{split}$$

где С $_{_{\it эл\, BC}}$ - стоимость годовых заграт электроэнергии на работу вакуум-системы, грн., можно представить зависимостью

$$C_{AUBC} \cong 80,74 \cdot \ln(Q_{HC}) + 1692$$
, грн.

Окончательно

$$\Delta$$
3П \cong -14,167· Q $_{HC}^2$ -314,25· Q $_{HC}$ +1436, грн.

Графически зависимость отображена на рисунке 2.

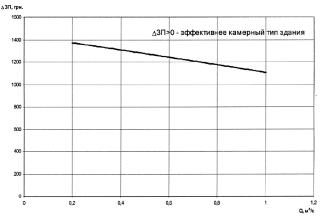


Рис.2.Оценка типа здания малых HC по приросту приведенных затрат на строительство и эксплуатацию.

Надежность (вероятность безотказной работы) НС оценивают обычно для трех периодов [10]:

- период максимальной подачи НС;
- период минимальной надежности системы основных насосных агрегатов;
- на конец оросительного сезона.

Значение надежности системы основных насосных агрегатов зависит от времени наработки каждого из агрегатов, наличия резерва в рассматриваемый момент времени и от уровня надежности вспомогательных систем.

При равномерно распределенной наработке насосных агрегатов значительную роль играет надежность вакуум-системы в момент пуска основных насосов. При пуске основных НА на НС наземного типа с вакуум-системой отказ включения основных НА можно считать зависимым от отказа при пуске вакуум-системы [11].

На основании данных [9, 10, 11] с учетом резерва вакуум-насоса при доверительной вероятности γ =0,9 при расчете через χ^2 -распределение средняя вероятность безотказной работы вакуум-системы составляет P_{ec} =0,855.

Тогда в пусковой момент надежность основного НА типа Д составит:

- на начало оросительного сезона $P_{HAHay} = 0.85$;
- на конец оросительного сезона $P_{HA\kappa o H} \cong 0,70...0,75$ (при экспотенциальном законе распределения [10]).

Величина Р $_{HA\kappa on}$ будет лимитировать надежность системы НА Р $_{cHA}$ и всей насосной станции Р $_{HC}$. Уровень Р $_{HC}$ =0,70...0,75 ниже допустимого [11], равного для НС III категории надежности Р $_{HCoon}$ =0,88...0,80 (при потере урожая до 15%) [11]. Необходимо либо изменять значение наработки насосов, либо изменять структуру технологического процесса, т.к. вакуум-система снижает общий уровень надежности НС.

Оценка экономической эффективности замены здания НС наземного типа с вакуум-системой на здание НС каменного типа без вакуум-системы с целью повышения надежности может быть выполнена по методике [12].

Затраты на повышение надежности DK равны разнице капитальных затрат на здание камерного типа $K_{HC_{Ha3}}$ соответственно:

$$\Delta K = K_{HC_{KBM}} - K_{HC_{HB3}}$$

Ежегодная экономия эксплуатационных издержек без учета экономии затрат на ремонты и технологическое обслуживание Δ И равна стоимости электроэнергии на работу вакуум-системы:

$$\Delta \mathcal{N} = C_{9\pi BC}$$
.

Тогда эффективность повышения надежности может быть определена через коэффициент окупаемости дополнительных капитальных вложений:

$$E_{\alpha n} = \Delta H / \Delta K$$
.

В случае, если $E_{\partial on} \ge E_n = 0.15$, затраты на замену типа здания целесообразны Рис. 3.

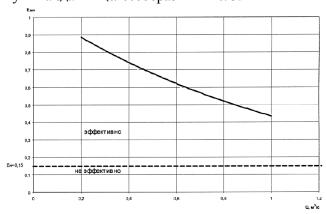


Рис.3. Оценка экономической эффективности замены типа здания малых HC по коэффициенту окупаемости.

Кроме соображений экономической эффективности и надежности дополнительными благоприятными условиями применения НС камерного типа без вакуум-системы являются:

- большая длина подводящих трубопроводов;
- небольшое количество основных насосов с небольшой подачей;
- частая смена эксплуатационных режимов НС;
- небольшая разница уровней в источнике при достаточно высоких минимальных уровнях воды в источнике;
- значения допустимого кавитационного запаса, при которых по расчету получается камерный тип здания с вакуум-системой;
- постоянная готовность всех НА к пуску;
- глубокое залегание уровней грунтовых вод.

ВЫВОД

Для малых оросительных HC с подачей <1,0 м³ /с по техническим, эксплуатационным, экономическим показателям с обеспечением высокого уровня надежности целесообразно принимать камерный тип здания насосной станции без вакуум-системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

- ДБН В.2.4 1 99. Меліоративні системи та споруди. К., 2000
- Рекомендации по проектированию гидротехнических узлов оросительных насосных станций. НТД 33.04.001-88.
- 3. Мелиоративные системы и сооружения. Насосные станции. Нормы проектирования. BCH 33. 2.2.12. 87.
- 4. Вишневский К.П., Подласов А.В. Проектирование насосных станций закрытых оросительных систем.: Справочник. М.: Агропромиздат, 1990.
- 5. Эксплуатация мелиоративных насосных станций/К.И.Лысов, И.А.Чаюк, Г.Е.Мускевич. М.:Агропромиздат, 1988. 255 с.
- 6. Насосы и насосные станции/Под ред. В. Ф. Чебаевского. М.: Агропромиздат, 1989. 416 с.
- 7. Методические указания к выполнению курсового проекта «Насосная станция для открытой оросительной системы» по дисциплине «Насосы и мелиоративные насосные станции»/сост. Б.И.Боровский. Симферополь: КИПКС, 1992. 60 с
- Манушин А.Т. Проектирование насосных станций мелиоративного назначения. Учебное пособие. М.: Изд. МГМИ, 1988. 106 с.
- Боровский Б.И., Захаров Р.Ю.. Белашова Л.В. Улучшение экологической обстановки в населенных пунктах за счет повышения экологической надежности насосных станций. Сб.Геоэкономические и медико-экологические проблемы промышленно-городских агломераций. Часть 2. Симферополь, КИПКС, 1994.
- Белашова Л.В., Боровский Б.И., Захаров Р. Ю. Оценка надежности мелиоративной насосной станции на этапе проектирования. КАПКС, Симферополь, 1997. Деп.рук. в ГНТБ Украины. №493-Ук97.
- 11. Науменко И.И. Надежность сооружений гидромелиоративных систем: Учеб.пособие. К.: Выща шк., 1990. 239 с.
- 12. Мирцхулава Ц.Е. Надежность гидромелиоративных сооружений. М.: Колос, 1974. 279 с.

УДК 626.83

Р.Ю. Захаров, инженер

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Экономическая эффективность выбора количества и марок насосных агрегатов по показателям эксплуатационных режимов оросительных насосных станций

Обоснована экономическая эффективность выбора количества и марок насосных агрегатов по показателям эксплуатационных режимов оросительных насосных станций.

орошение, насосная станция, экономическая эффективность, стоимость, электророэнергия

Основными показателями экономической эффективности являются общая (абсолютная) экономическая эффективность, характеризуемая коэффициентом общей экономической эффективности; сравнительная экономическая эффективность, характеризуемая, в основном, значением приведенных затрат (ЗП) и срок окупаемости капвложений (или величина, обратная сроку окупаемости – коэффициент окупаемости) [1, 2].

Экономически целесообразный вариант определяется по минимуму приведенных затрат, которые являются суммой текущих эксплуатационных расходов — издержек (И) и единовременных затрат (капвложений К), приведенных к одинаковой размерности (к одному году эксплуатации) с помощью нормативного коэффициента сравнительной экономической эффективности \mathbf{E}_{n} (нормативного коэффициента окупаемости капвложений, который устанавливает допустимую меру увеличения капвложений при снижении эксплуатационных издержек):

$$3\Pi = E_{\mu} K + M \rightarrow min.$$

Величину E_{μ} принимают для нового гидротехнического строительства, реконструкции с внедрением новой техники или модернизации равной E_{μ} =0,15.

Годовой приведенный экономический эффект, получаемый при реализации экономически целесообразного варианта:

$$\Theta_{\phi} = E_{u} \cdot (K_{1} - K_{2}) - (H_{2} - H_{1})$$
, грн.,

где: K_1 и K_2 - капитальные затраты по вариантам сравнения, грн.; при реконструкции или модернизации K_1 - K_2 = Δ $K_{e\partial}$, где Δ $K_{e\partial}$ - единовременные капитальные затраты на реконструкцию, грн.; W_2 и W_1 - годовые эксплуатационные издержки, грн.

Для насосных станций капитальные затраты состоят из стоимости насосных агрегатов, всасывающих трубопроводов, трубопроводной арматуры, трубопроводов, соединяющих насосы с напорным трубопроводом, и стоимости здания насосной станции с пристанционной площадкой.

Годовые эксплуатационные издержки, в свою очередь, состоят из стоимости потребленной за год электроэнергии, амортизационных отчислений и фактической заработной платы персонала с учетом начислений.

Разница капзатрат с учетом приведения к одному году и разница амортизационных отчислений значительно меньше, чем разница в стоимости годовой потребленной электроэнергии. Заработная плата персонала практически одинакова для вариантов сравнения. Поэтому для предварительных оценок допустимо определять значение годового приведенного экономического эффекта по разнице в стоимости годовой потребленной электроэнергии:

$$\Theta_{ab} \approx \Delta C_{aa}$$
, грн.

Для оросительных насосных станций III категории надежности малой и средней производительности, оборудованных преимущественно центробежными горизонтальными насосами, стоимость годовой потребленной электроэнергии определяют по зависимости:

$$C_{sn} = a \cdot \sum_{i=1}^{n} N_{ij} \cdot \Delta t_{j} / (\eta_{s} \cdot \eta_{c}), \Gamma pH.,$$

где: а — стоимость 1 кВт·час электроэнергии, грн.; N_{ij} - мощность потребляемая і-тым насосным агрегатом, кВт, в течение периода установившейся работы Δt_j , час; $\eta_s \cdot \eta_c$ - произведение КПД электродвигателя и подводящих электрических сетей.

Техническая возможность и целесообразность выбора количества и марок насосных агрегатов по показателям эксплуатационных режимов оросительных насосных станций обоснована в [3].

Оценку экономической эффективности подбора насосов по показателям эксплуатационных режимов допустимо выполнять по значению годового приведенного экономического эффекта Θ_{ϕ} .

В таком случае с учетом ранее принятых допущений экономическая эффективность подбора насосов по показателям эксплуатационных режимов будет определяться годовой экономией затрат на потребляемую электроэнергию по сравнению с аналогичными затратами при выборе количества и марок насосных агрегатов оросительных насосных станций по методикам действующих норм [4].

Количественно экономия затрат на электроэнергию за год определяют следующим образом:

$$\Delta C_{3n} = a \cdot \sum_{j=1}^{n} \frac{\Delta N_{HCj} \cdot \Delta t_{j}}{(\eta_{3} \cdot \eta_{c})}, \text{ rph.},$$

где: экономия затрат мощности насосной станции ΔN_{HCj} в j-й эксплуатационный период (режим):

$$\Delta N_{\text{HC j}} = \frac{z_j \cdot 9.81 \cdot Q_1 \cdot \Delta H_j}{\eta_1},$$

где: \mathbf{z}_{j} - количество работающих насосов в j- й эксплуатационный режим, шт..; \mathbf{Q}_{1} - еди-

ничная подача насосов по классическому методу подбора, работающих в j-й эксплуатационный режим, м 3 /c; при одинаковых насосах $Q_1 = Q_{z_j} / z_j$; Q_{z_j} - подача j-го эксплуатационного режима; η_1 - КПД, соответствующий единичной подаче, для горизонтальных центробежных насосов можно принять $\eta_{1cp} \approx 0.75$; ΔH_j - разница в напорах насоса: фактическом и требуемом по характеристике напорного трубопровода, м; $\Delta H_j = \Delta h_{ij}$, где Δh_{ij} - значение прикрытия задвижки в j-й режим, м.

Если характеристику насоса и характеристику трубопровода выразить аналитически через зависимость от подачи, то напорная характеристика насоса будет равна:

$$H_{uac} = H_0 + a_1 \cdot Q + a_2 \cdot Q^2, M,$$

а суммарная напорная характеристика іго количества параллельно работающих одинаковых насосов в j-ом режиме:

$$H_{\Sigma i \text{ Hac}} = H_0 + \frac{1}{z_j} \cdot a_1 \cdot Q + \frac{1}{z_j^2} \cdot a_2 \cdot Q^2$$

Характеристика трубопровода

$$H_{mp} = H_{\text{\tiny HAC pac4}} = H_{\text{\tiny 2}} + S \cdot Q^2,$$

где: H_z - геодезическая высота подачи воды, м; S — суммарный коэффициент сопротивления трубопровода:

$$S = \frac{H_{pj} - H_z}{Q_{pj}}.$$

Тогда

$$\Delta H_j = (H_0 + \frac{1}{z_j} \cdot a_1 \cdot Q + \frac{1}{z_j^2} \cdot a_2 \cdot Q^2) - (H_z + S \cdot Q^2)$$

После подстановки и с учетом $\eta_{2} \cdot \eta_{c} \approx 0.9$

$$\Delta C_{3n} \cong 1.1 \cdot a \cdot \left(\sum_{j=1}^{n} \Delta N_{HCj} \cdot \Delta t_{j}\right) \cong$$

$$\cong 1.1 \cdot a \cdot \left(\sum_{j=1}^{n} z_{j} \cdot \frac{9.81}{0.75} \cdot Q_{1} \cdot \Delta H_{j} \cdot \Delta t_{j}\right) =$$

$$= 1.1 \cdot \frac{9.81}{0.75} \cdot a \times$$

$$\left(\sum_{j=1}^{n} z_{j} \cdot \frac{Q_{z_{j}}}{z_{j}} \cdot \left(H_{0} + \frac{1}{z_{j}} \cdot a_{1} \cdot Q + \frac{1}{z_{j}} \cdot a_{2} \cdot Q^{2} - \frac{1}{z_{j}} \cdot \Delta t_{j}\right)\right)$$

$$\approx 14.39 \cdot a \cdot \left(\sum_{j=1}^{n} Q_{z_{j}} \cdot \left(H_{0} - H_{z} + \frac{1}{z_{j}} \cdot a_{1} \cdot Q + \frac{1}{z_{j}} \cdot a_{2} - S\right) \cdot Q^{2}\right) \cdot \Delta t_{j}$$

$$+ \left(\frac{1}{z_{j}^{2}} \cdot a_{2} - S\right) \cdot Q^{2}$$

Для конкретных ј-х режимов:

$$\Delta C_{3,n} \approx 14,39 \cdot a \cdot \left(\frac{\sum_{j=1}^{n} Q_{z_{j}} \cdot (H_{0} - H_{z}) + \frac{1}{z_{j}} \cdot a_{1} \cdot Q_{z_{j}}^{2} + \frac{1}{z_{j}^{2}} \cdot a_{2} - S) \cdot Q_{z_{j}}^{3} \right) \cdot \Delta t_{j}$$

Для оросительных насосных станций малой и средней производительности экономию затрат на электроэнергию уточняют полным расчетом в зависимости от следующих параметров:

- числа эксплуатационных режимов, желательно, чтобы количество режимов не превосходило первоначальное количество установленных насосов;
- продолжительности периодов Δt_i ;
- стоимости 1 кВт-час электроэнергии;

- значений подач Q_{z_i} .

По оценочным расчетам для оросительных насосных станций малой производительности экономия составит в среднем от 10 до 20% от существующих энергозатрат.

вывод

Выбор количества и марок насосных агрегатов по показателям эксплуатационных режимов оросительных насосных станций малой и средней производительности экономически эффективен, экономия затрат на электроэнергию составит по приближенным оценкам в среднем до 15%.

- 1.3узик Д.Т. Экономика водного хозяйства. М.: Колос, 1982. 399 с.
- 2. Мелиорация и водное хозяйство. Справочник. Ч.1. Экономика. М.: Колос, 1984. 255 с.
- 3.Захаров Р.Ю. Методика подбора насосов для оросительных насосных станций по показателям эксплуатационных режимов. Труды международной научно-технической конференции «Синт'оз». Россия, Воронеж, ФГУП «Турбонасос», 2003, с.13-115.
- 4.ДБН В.2.4-1-99. Мелиоративные системы и сооружения. К., 2000.

УДК 621.311.24:908

Н.А. Коваленко, инженер

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Эффективность использования ветроустановок при перекачке воды

Показано, что использование ветроустановок для перекачки воды позволяет за 20 лет эксплуатации получить чистый доход в сумме 1,55 млн. дол. (более 8 млн. грн.) при сроке окупаемости 7,4 года.

нетрадиционная энергетика, ветроэнергетическая установка, насосы, электродвигатели, стоимость, эксплуатационные издержки, срок окупаемости, чистый доход

В настоящее время крайне актуальными стали вопросы использования нетрадиционных возобновимых источников энергии (НВИЭ) и, в частности, энергии ветра. Это объясняется необходимостью экономии традиционных энергетических ресурсов. Нетрадиционные источники энергии имеют большие преимущества, так как они возобновимы, неисчерпаемы и их использование не наносит ущерба окружающей природной среде. Особенно это важно для Крыма, который является регионом с уникальным природно-экологическим потенциалом.

Наиболее важным НВИЭ для условий Крыма является энергия ветра, которая преобразуется в электрическую энергию с помощью ветроэнергетических установок (ВЭУ). Они являются достаточно перспективным способом использования возобновимых источников энергии и могут применяться в различных отраслях хозяйства, в том числе и на гидротехнических сооружениях. Рассматривается возможность использования ВЭУ при перекачке воды в ходе осушения месторождения известняков и понижения уровня северной части озера Сасык-Сиваш. В работе [1] получены данные по необходимому объему перекачиваемой воды. С использованием этих данных получено, что для перекачки воды из карьера в озеро Сасык-Сиваш следует использовать два насоса Д1600-90 (объект 1), а для перекачки воды из северной части озера Сасык-Сиваш в Черное море необходимо семь насосов Д2000-21 (объект 2).

Предполагается, что работы по перекачке воды займут период времени около 30 лет.

Возможно в ходе реализации проекта использовать обычный вариант энергоснабжения — привод электродвигателей насосов от электросети. Однако для частичной экономии

расходов на электроэнергию предполагается установить две ветроэнергоустановки:

- для энергоснабжения объекта 1 ВЭУ Nordex N-43 зарубежного производства номинальной мощностью 600 кВт (далее ВЭУ № 1);
- для энергоснабжения объекта 2 ВЭУ Э-СО-0420 отечественного производства номинальной мощностью 420кВт (далее – ВЭУ № 2). При этом перекачиваемый

объем воды составит около 9,8 тыс. м³/ч, что превышает значение равномерной подачи в 1,75 раза.

Стоимость ВЭУ № 1 с монтажом по состоянию на 2000-2001 гг. составляет 915 тыс. дойчмарок [2], что в пересчете на доллар США равно около 665 тыс. дол. Годовые эксплуатационные издержки по ВЭУ принимаются равными 1% от стоимости [3], что составляет 6,65 тыс. дол. В [2] были рассчитаны объемы выработки электроэнергии ВЭУ Nordex N-43 для некоторых пунктов Крыма в диапазоне 1460-1598 МВт ч в год (с учетом времени стояния ВЭУ). Учитывая, что район озера Сасык-Сиваш обладает значительным ветропотенциалом, годовая производительность ВЭУ № 1 была определена как из приведенных значений -1530 МВт ч. Это не покрывает полностью необходимую потребность в электроэнергии, так как учитывается период стояния ВЭУ, во время которого электродвигатели насосов должны подключаться к электросети. В настоящее время цена электроэнергии для промышленности принимается равной 5 центам за 1 кВт ч, то есть 50 дол. за 1 МВт ч. Таким образом, использование ВЭУ позволяет экономить 76,5 тыс. дол. в год. За вычетом эксплуатационных издержек экономия на электроэнергии составит около 70 тыс. дол. в год. Срок окупаемости:

$$T = \frac{K}{9},\tag{1}$$

где: К – стоимость ВЭУ, тыс. дол.; Э - экономия на электроэнергии за вычетом эксплуатационных издержек, тыс. дол.

Срок окупаемости ВЭУ № 1 составляет 9,5 года. Через 20 лет работы (срок службы ВЭУ) чистый доход составит 733 тыс. дол.

Удельная стоимость ВЭС на базе ВЭУ отечественного производства с монтажом составляет 570 дол./кВт [3]. Ввиду отсутствия данных о стоимости ВЭУ ЭСО-0420, для оценки стоимости ВЭУ № 2 (с монтажом) используются приведенные цифры. Эта стоимость равна 240 тыс. дол. Годовые эксплуатационные издержки составляют 2,4 тыс. дол. (1% от стоимости). ВЭУ ЭСО-0420 не уступает лучшим мировым аналогам [4]. По данным, приведенным в [2], была рассчитана средняя удельная производительность ВЭУ -ЭСО для условий Крыма, которая составила около 2670 кВт ч в год на 1 кВт номинальной мощности. Исходя из этого, производительность ВЭУ № 2 должна составить 1120 МВт ч в год. Это не покроет полностью необходимую потребность в электроэнергии (по той же причине, что и в случае с ВЭУ № 1), но позволит ежегодно экономить около 56 тыс. дол. За вычетом эксплуатационных издержек экономия на электроэнергии составит 53,5 тыс.дол. в год. Путем расчета по формуле (1) получается, что ВЭУ № 2 окупится через 4,5 года, а через 20 лет работы (срок службы ВЭУ) чистый доход составит 830 тыс. дол.

Таким образом, стоимость двух ВЭУ с монтажом составит 905 тыс. дол., суммарные ежегодные эксплуатационные издержки — 9,05 тыс. дол., а экономия на электроэнергии — 132,5 тыс. дол. в год. Суммарная ежегодная экономия на электроэнергии за вычетом эксплуатационных издержек будет равна 123 тыс. дол. Средний срок окупаемости проекта составит 7,4 года, что менее нормативного срока окупаемости (8 лет). Сумма чистого дохода через 20 лет работы составит значительную сумму — 1,55 млн. дол. (более 8 млн. грн.).

выводы

Использование ветроустановок для перекачки воды при осушении месторождения строительных известняков и понижении уровня северной части озера Сасык-Сиваш позволяет окупить затраты на приобретение, монтаж и эксплуатацию установок за 7,4 года. В пределах срока службы ВЭУ 20 лет чистый доход составит 1,55 млн. дол. (более 8 млн. грн.).

По мнению директора института «Крымгипроводхоз» Ю.В.Ступаченко, вышеизложенное предложение может быть реализовано при разработке проекта осушения Мамайского месторождения строительных известняков и понижения уровня северной части озера Сасык-Сиваш.

- 1. Кравчук И.В. Исследование возможности понижения уровня подземных вод в Мамайской каменоломне и предотвращения размыва дамбы озера Сасык-Сиваш. Статья в данном сборнике.
- 2. Васько В.П. Оценка объемов выработки электроэнергии современными ветроустановками в ветровых условиях Крыма // Устойчивый Крым. Энергетическая стратегия XXI века. – Симферополь: «Экология и мир», 2001, с. 319-325.
- 3. Тучинский Б.Г. Методика оценки эффективности инвестирования проектов Комплексной программы строительства ВЭС в Украине // Устойчивый Крым. Энергетическая стратегия XXI века. Симферополь: «Экология и мир», 2001, с. 335-339.
- 4. Подгуренко В.С. Ветроэнергетика Украины состояние и перспективы развития // Устойчивый Крым. Энергетическая стратегия XXI века. Симферополь: «Экология и мир», 2001, с. 301-319.

УДК 697

В.Я. Колесников, к.т.н., профессор, С.Н. Анисимов, инженер, С.Л. Сулейманов, инженер, А.И. Вайль

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Анализ теплопотребителей жилищно-общественного фонда г.Симферополя

Представлен состав жилищно-общественного фонда г. Симферополя. Проведен анализ соответствия строительным нормам и правилам существующего жилищно-общественного фонда. Разработаны рекомендации по снижению теплопотерь зданий. Дан сравнительный анализ способов утепления зданий.

энергетические ресурсы, жилищно-общественный фонд, ограждающие конструкции, термическое сопротивление, теплопередача, теплопотери, утеплитель

В современных условиях топливно-энергетического кризиса особый интерес представляют вопросы экономии и рационального использования энергоресурсов.

По оценкам специалистов в жилищно-коммунальном хозяйстве Крыма на теплоснабжение жилых и общественных зданий в настоящее время расходуется до 30% топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), потребляемых в регионе. Отсюда вытекает значимость внедрения энергосберегающих технологий, исключающих сверхнормативный расход тепловой энергии.

Сверхнормативные расходы тепловой энергии можно разделить по вызывающим их причинам:

- пониженное по сравнению с проектным сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций зданий, а в связи с введением с 1994 года нормативных термических сопротивлений ограждающих конструкций жилых и гражданских зданий, все ограждающие конструкции зданий, построенных до 1993 г., не отвечают нормам;
- перегрев помещений (особенно в переходные периоды года);
- чрезмерные потери теплоты через изоляцию трубопроводов как наружных сетей теплоснабжения, так и теплопроводов, встроенных внутри зданий;
- повышенные воздухообмены в помещениях, особенно нижних этажей многоэтажных зданий.

По мнению специалистов организаций, снабжающих здания тепловой энергией, основными потерями являются потери теплоты изолированными теплопроводами систем теплоснабжения.

Больше всего тепловой энергии расходуется на отопление и горячее водоснабжение эксплуатируемых жилых домов старой застройки. Здания, построенные в то время, когда топливные ресурсы казались безграничными, сегодня теряют тепла на 25-30% больше, чем требуется по расчетам. Поэтому их эксплуатация требует дополнительного расхода топлива и значительных материальных затрат.

Существующий жилой фонд местных советов составляет по Крыму около 10 млн. м² общей площади, в том числе, по городу Симферополю около 3 млн. м². При этом:

- по этажности 9 этажей и выше 26%, от 3 до 6 этажей 57,4%, 1 2 этажа 16,6%;
- по срокам строительства до 1919г.-11,2%, 1919-1955г.г.-8%, 1956-1965г.г.- 18,6%, 1966-1975г.г.-30,1%, 1975-1996г.г.-32%;
- по материалу стен из керамзитобетонных панелей 38,8%, из мелких блоков камня известняка 18,4%, из крупных блоков пильных известняков 31,1 %, кирпичные 3,7%, бутовые 3,1%, прочие 6,9%;
- по износу до 10%-22,6%, до20%-28,2%, до30%-20,4%, до40%-7.6%, до 50%-12,3%, до60%-4,9%, до70%-2,5%, свыше 70%-1,5%.

По периодам строительства:

- здания постройки 1919-1956гг. не отвечают требованиям ДБН [1] как по планировочным решениям, инженерному оборудованию, так и по примененным материалам, конструктивным схемам и плотности застройки. Сопротивление теплопередаче этих зданий не отвечает нормативным требованиям;

- здания постройки 1956-1965гг. в основном также не отвечают требованиям ДБН, в т.ч. сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций;
- здания постройки 1966-1975гг. преимущественно удовлетворяют требованиям [1], но термические сопротивления ограждающих конструкций этих зданий не отвечают современным нормам, введенным с 1994 года;
- здания постройки после 1975 года отвечают требованиям [1], но сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций также не отвечают действующим нормам.

Таким образом, основными недостатками зданий всех периодов строительства на настоящий момент являются их низкие теплотехнические характеристики, не соответствующие современным требованиям, а именно:

- требуемым сопротивлениям теплопередаче ограждающих конструкций;
- наличием теплопроводных включений;
- низким качеством исполнения стыков;
- низким качеством или отсутствием уплотнения заполнений оконных и дверных проемов;
- отсутствием утепляющих прокладок в окнах;
- несоответствием требуемому термическому сопротивлению теплопередаче спаренных оконных переплетов.

Все выше изложенное вызывает необходимость разработки технических решений и рекомендаций для повышения комфортных условий проживания в существующих жилых домах, уменьшения эксплуатационных затрат, увеличения срока службы жилых домов и отдельных конструкций, экономии топливно-энергетических ресурсов в жилищно-коммунальном хозяйстве Крыма.

Рекомендации должны быть ориентированы на эксплуатируемые каменные и панельные здания разной этажности с печным местным и центральным отоплением и предназначены для проектирования, расчета и производства работ по повышению теплотехнических характеристик ограждающих конструкций существующих зданий при их реконструкции и капитальном ремонте. Внедрение рекомендаций обеспечит повышение тепловой эффективности зданий.

Техническими решениями предусматривается повышение теплоизоляционных свойств стен, выполненных из различных материалов, чердачных перекрытий, надподвальных перекрытий,

окон, балконных дверей и радиаторных ниш эксплуатируемых жилых зданий до требуемых современных нормативных значений [2].

В каждом отдельном случае применение рекомендаций должно быть технически и экономически обосновано.

При внедрении энергосберегающих мероприятий должны быть в обязательном порядке выполнены визуальные и инструментальные обследования зданий, направленные на выявления конструктивной схемы ограждающих и несущих конструкций, их износа, типа и состояния систем теплоснабжения. При необходимости должны быть выполнены вскрытия конструкций и геологические изыскания.

Учитывая ограниченные возможности увеличения нагрузок на несущие конструкции и основания существующих зданий в технические решения заложены новые эффективные теплоизоляционные материалы, обладающие высоким сопротивлением теплопередаче и малой плотностью.

При выполнении работ по утеплению здания все основные конструктивные элементы здания, на которые наносится, укладывается или крепится утеплитель, должны быть приведены в технически исправное состояние.

Работы по приведению конструкций зданий в технически исправное состояние и работы по утеплению здания должны выполняться на основании проектной документации, разработанной специализированной проектной организацией.

Работы по тепловой защите зданий должны выполняться в соответствии с действующими санитарными и противопожарными нормами.

Для повышения уровня расчетной теплозащиты ограждающих конструкций существующих жилых зданий до нормативных значений рекомендуется их дополнительное утепление эффективными теплоизоляционными материалами.

При выполнении работ по тепловой защите эксплуатируемых зданий и выборе теплоизоляционных материалов должны учитываться климатические особенности района строительства и условия эксплуатации здания в различные периоды года.

Во всех случаях при использовании эффективных теплоизоляционных материалов для тепловой защиты эксплуатируемых зданий обязательным является согласование их применения

с органами санитарного и пожарного надзора Крыма.

Использование новых теплоизоляционных материалов и изделий, выпускаемых отечественными и зарубежными предприятиями для тепловой защиты существующих жилых зданий, без сертификата качества и разрешения органов Минздрава и пожарного надзора Украины не допускается.

Работы по тепловой защите следует проводить только при условии стабилизации осадки здания и отсутствии деформаций ограждающих конструкций.

Утепление наружных стен рекомендуется осуществлять двумя способами: «снаружи» здания или «изнутри», в зависимости от фактических теплофизических свойств стен, их технического состояния, износа, существующей отделки фасада, наличия дефектов, условий эксплуатации, вызывающих накопление влаги в конструкциях стен, а также материальных возможностей конкретных заказчиков и подрядных организаций.

При выполнении работ по тепловой защите особое внимание следует обращать на необходимость соблюдения влажностного режима здания с целью исключения влагонакопления в стенах.

Предпочтительным является размещение слоев дополнительной теплоизоляции на наружной стороне стены. При этом необходимо, чтобы сопротивление паропроницанию этих слоев вместе со слоем наружной облицовки или защитным покрытием было меньше сопротивления старой стены.

Утепление наружных стен эксплуатируемых зданий предлагается выполнять по следующим наиболее эффективным технологиям производства работ:

- облицовка поверхностей стен плитными теплоизоляционными материалами или специальными утепленными панелями;
- напыление утеплителя с использованием вспенивающихся полимерных составов.

При любой технологии производства работ по тепловой защите существующих зданий главным критерием при её выборе является условие исключения накопления влаги в толще конструкции стены при эксплуатации. Влажность наружных стен при дополнительном утеплении не должна превышать нормативную. При повы-

шенной влажности стены должны быть просушены естественным путем или с применением нагревателей.

Перед утеплением поверхность стены должна быть подготовлена.

При утеплении стен здания «снаружи» предварительно проводят следующие виды работ:

- очистка наружной поверхности стен от пыли и грязи;
- промывка утепляемых поверхностей моющими мыльными составами;
- ремонт стыков, заделка трещин, уплотнение зазоров между оконными и дверными блоками и стеной;
- просушка и ремонт сырых мест;
- сверление отверстий и установка крепёжных изделий и конструкций.

При утеплении стен здания «изнутри» предварительно проводят следующие виды работ:

- очистка стен от внутренней отделки, обоев, окраски, облицовки; промывка утепляемых поверхностей моющими мыльными растворами;
- вскрытие полов вдоль утепляемых стен;
- ремонт наружных стыков, заделка трещин, уплотнение зазоров между оконными и балконными блоками и стеной;
- просушка и ремонт сырых мест; сверление отверстий и установка крепёжных изделий.
 При утеплении наружных стен «снаружи» выполняют следующие виды работ:
 - нанесение теплоизоляционного материала на подготовленную поверхность стены по одной из предлагаемых технологий;
 - защита наружной поверхности теплоизоляционного слоя от природно-климатических, механических и экстремальных (огневых) воздействий.

При утеплении наружных стен «изнутри» выполняют следующие виды работ:

- нанесение теплоизоляционного материала на подготовленную поверхность стены по одной из предлагаемых технологий;
- нанесение слоя пароизоляции;
- внутренняя отделка теплоизоляционного слоя;

Принципиальные схемы технических решений исполнения наружного и внутреннего утепления наружных стен представлены на рис. 1, 2.

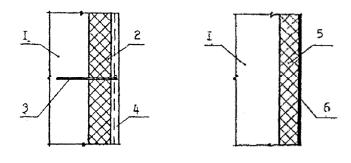


Рис.1. Принципиальные схемы технических решений утепления наружных стен «снаружи».

1 — существующая стена; 2 - плита минераловатная или вспененный полимерный материал; 3 - штырьанкер из коррозионно-стойкой стали. 4 - цементная штукатурка по сетке $\delta = 30$ *мм*.; 5 - пенополистирол или пенополиуретан; 6 — защитное покрытие

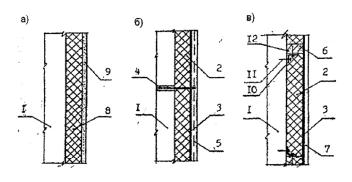


Рис.2 Принципиальные схемы технических решений утепления наружных стен «изнутри».

1 - существующая стена; 2 - утеплитель из минераловатных плит на синтетическом связующем или вспенивающихся полимерных материалов; 3 - пароизоляция из полиэтиленовой пленки; 4 - штырьанкер; 5 - штукатурка по металлической сетке $\delta = 30_{MM}$; 6 - бруски деревянные, антисептированные, обработанные антипиреном; 7 - гипсокартонные листы; 8 - пеностекло, пеносиликат, ячеистые бетоны, легкие бетоны; 9 - известково-цементная, гипсоизвестковая штукатурка; 10 - уголок из оцинкованой стали $\delta = 2_{MM}$; 11 - дюбель; 12 - гвоздь.

Утепление наружных стен зданий «изнутри» рекомендуется выполнять плитными теплоизоляционными материалами. Монтаж теплоизоляционных плит следует производить в распор между антисептированными и обработанными антипиреном рейками с точечным креплением к поверхности стен.

Шаг реек зависит от ширины отделочного материала. Толщину реек назначают в зависимости от толщины утепляющего слоя. Рейку устанавливают с отступом от углов и откосов не менее чем на 150 мм. При утеплении плитами из газобетона или ячеистого бетона кладку их выполняют на «тёплом» растворе марки 15, с последующей затиркой поверхности цементно-песчаным раствором состава 1:3. Материал укладывают без зазоров заподлицо с рейками. Загирку выполняют до пола и закрывают плинтусом.

Утепление наружных стен зданий «снаружи» рекомендуется выполнять:

- -облицовкой поверхности стен плитными теплоизоляционными материалами или специальными утепляющими панелями;
- -нанесением утеплителя с использованием вспенивающихся полимерных составов.

При устройстве теплоизоляции из жёстких минераловатных плит или других плитных материалов в кладку, в заранее просверленные отверстия устанавливают штыри из арматуры Ø 6... 12 мм. Длина заделываемой в стенку части штыря должна быть не менее 10 см. Штыри желательно оцинковать во избежание коррозии. Гнёзда для штырей высверливают диаметром около 30 мм и глубиной не менее 10 см. Шаг установки штырей зависит от размеров плитного утеплителя в соответствии с расчётом на несущую способность. Штыри укрепляют в гнёздах цементным раствором состава 1:3. Непосредственно перед вставкой штыря, гнездо должно быть очищено от пыли, смочено водой и заполнено раствором. После вставки анкера на требуемую глубину раствор должен быть уплотнен.

Плиты или маты из уплотнителя должны быть насажены на штыри до плотного прилегания к стене. После чего на штыри натягивают металлическую или стекловолокнистую сетку и закрепляют крепежными деталями.

Утепление наружных стен специальными двухслойными металлическими панелями производят путём навешивания на определённом расстоянии от наружной поверхности стены лёгких панелей с пенополиуретановым или пенопластовым утеплителем. В результате должна образоваться комплексная конструкция с вентилируемой воздушной прослойкой, входное и выходное отверстия которой устраивают так, чтобы вентилировать ограждение только при положительной температуре воздуха, что способствует удалению из ограждений влаги.

При утеплении зданий «снаружи» достигается улучшение теплового режима конструкций и соответственно их теплозащитных свойств, а также снижение температурной нагрузки на стены и соответственно уменьшение температурных деформаций.

К достоинствам этого способа следует отнести: -повышение теплозащиты без уменьшения жилой площади;

- -исключение мостиков холода;
- -проведение строительных работ без отселения жильцов;
- -защита материала стен от атмосферных воздействий;
- -быстрое осушение поверхности стен;
- -возможность обновления фасадов с их отделкой атмосферостойкими материалами с длительным сроком службы;
- высокий уровень механизации строительных работ.

К недостаткам этого способа относятся:

- сложность выполнения примыканий утепления к оконным и дверным заполнениям, выступающим элементом фасадов;
- необходимость в защите теплоизоляции от атмосферных воздействий и температурных деформаций;
- сезонность выполнения некоторых видов работ (нанесение полимерных материалов, штукатурка);
- необходимость создания защиты с повышенной механической прочностью в местах свободного доступа (первые этажи, балконы);
- работа на высоте и загрудненность ведения контроля качества выполнения работ.

При утеплении зданий «изнутри» к положительным факторам следует отнести:

- круглогодичное производство работ;
- повышение качества работ в связи с легкой доступностью конструкций;
- широкий ассортимент применяемых эффективных материалов;
- возможность использования для защиты невлагостойких материалов.

К недостаткам этого способа относятся:

- необходимость в некоторых случаях отселения жильцов для производства работ;
- сокращение полезной площади от 0,5 до 2 %;
- необходимость выноса стояков и подводок систем центрального отопления из слоя утеплителя и защитного слоя;
- приближение зоны конденсации к внутренней поверхности конструкций;

- необходимость борьбы с увлажнением конструкций, связанным с дефектами стыков и элементов фасада;
- повышенная опасность некоторых видов работ, выполняемых в закрытых помещениях.

Использование вспененных пенополистиролов и пеноуританов, как правило, не требует дополнительных мер по усилению оснований несущих конструкций, обеспечивает достаточную тепловую защиту здания. Материал обладает хорошей адгезией почти ко всем строительным материалам, однако требует защиты от механических и атмосферных воздействий, в том числе ультрафиолетового излучения, а также дополнительных мер по повышению его пожаростойкости.

Применение минераловатных плит, обеспечивая хорошую теплоизоляцию, требует большого объёма ручного труда, плохо поддающегося механизации.

Легкие и ячеистые бетоны, фибролитовые плиты, пеностекло и пеносиликат, применяемые в качестве утеплителя, существенно увеличивает нагрузки на несущие конструкции, поэтому могут применяться только при большом запасе прочности несущих конструкций и оснований фундаментов.

выводы

- Жилищно-общественный фонд г. Симферополя составляет около 3 млн.м². Все ограждающие конструкции зданий, построенных до 1993 г. не отвечают современным теплотехническим нормам.
- 2. Для приведения в соответствие с нормами необходимо проводить реконструкцию зданий—утепление наружных ограждающих конструкций. Варианты утепления «наружный» или «внутренний» необходимо рассматривать для каждого конкретного случая отдельно.

- 1. СНиП 2.06.01-89. Жилые здания/Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 64 с.
- Наказ "Про введення в дію нормативів опору теплопередачі огороджуючих конструкцій житлово-цивільних будинків і споруд для нового будівництва, реконструкцій та капітальних ремонтів"/Міністерство України у справах будівництва і архітектури, - К.: №247 від 27.12.93. – 4 с.
- 3. СНиП II 3 79*. Строительная теплотехника./Госстрой СССР, М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. 32 с.
- Технические решения и рекомендации по обеспечению повышенных теплотехнических характеристик ограждающих конструкций существующих зданий при их реконструкции и ремонте/государственный проектноизыскательский институт «Крымпроектреконструкция». – Симферополь, 1996 г.

УДК 347.132.15

Н.Д. Малыгин, инженер, В.У. Стоянов, к.т.н., доцент

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Применение термоэлектрического генератора в источнике бесперебойного питания повышенной надежности для особо важных потребителей

В статье предлагается применение термоэлектрического генератора в качестве преобразователя резервной энергии в источнике бесперебойного питания повышенной надежности.

Термоэлектрический генератор, источник бесперебойного питания, потребитель, автономная эксплуатация, тепловой накопитель, теплоаккумулирующий материал, период автономности, дизель-электрическая станция

Экологически чистые, надежные энергосберегающие технологии в настоящее время весьма актуальны.

Целью проделанной работы было выявить и предложить резервный источник энергии повышенной надежности для электроснабжения потребителей особой важности.

Для преобразования тепловой энергии отработанных газов дизельэлектрической станции в электрический ток исследовали вопросы совместного использования разрабатываемого теплового накопителя совместно с термоэлектрическим генератором. КПД современных термоэлектрических генераторов низкопотенциальных энергий в настоящее время достигает 10%-14%, а объемная плотность мощности 200-400 $\kappa Bm/M^3$. Проведенные исследования показали, что преобразуя заранее накапливаемую тепловую энергию в электрическую, можно достаточно длительный период времени обеспечивать питанием потребителей особой группы первой категории и первой категории, что в сою очередь позволяет увеличить время работы жизнеобеспечивающего оборудования в условиях автономности при чрезвычайных ситуациях.

Схема разработанной системы гарантированного энергоснабжения с агрегатом бесперебойного питания на основе теплового накопителя, термоэлектрического генератора и аккумуляторной батареи представлена на рис. 1.

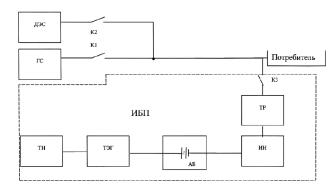


Рис. 1. Схема гарантированного энергоснабжения с источником бесперебойного питания повышенной надежности.

ТН — тепловой накопитель; ТЭГ — термоэлектрический генератор; АБ — аккумуляторная батарея; ИН — инвертор, ТР — повышающий трансформатор, ИБП — источник бесперебойного питания.

В нормальном режиме эксплуатации защитных сооружений питание потребителей осуществляется от городской сети через контактор К1. В случае прекращения подачи электроэнергии автоматически через контактор К2 включается дизельэлектрическая станция (ДЭС).

При невозможности восстановления питания от государственной сети и выходе из строя дизельэлектрической станции включается агрегат бесперебойного питания, который состоит из теплового накопителя (ТН), термоэлектрического генератора (ТЭГ), аккумуляторной батареи (АБ), инвертора (АИ), контактора (КЗ). В этом случае работа системы гарантированного энергоснабжения осуществляется следующим образом: из теплового накопителя (ТН) жидкий теплоноситель поступает к горячим спаям ТЭГ. Вырабатываемый электрический ток напряжением U=12В через регулятор заряда и аккумуляторную батарею подается на инвертор (ИН). С инвертора ток

напряжением U=12B синусоидальной формы поступает на повышающий трансформатор (TP), а с него через контактор (К3) с напряжением U=220B поступает к потребителям.

Проведенный анализ характеристик выпускаемых промышленностью термоэлектрических генераторов, собранных на термоэлектрических модулях, показал, что наиболее эффективно может быть использован термоэлектрический модуль ТЭМ-199-1,4-08, выпускаемый Правдинским заводом Российской Федерации (также концерном "Криотерм", "Термосол-Рус", др.), общий вид которого представлен на рис. 2.

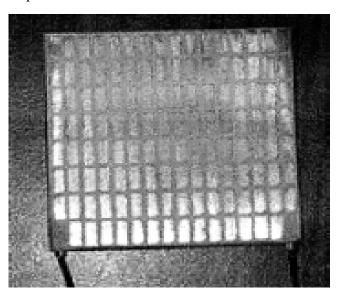


Рис. 2. Общий вид термоэлектрического модуля ТЭГ-199-1,4-08.

Для обеспечения электрической мощности в 100-120 Вт, необходимой потребителям особой группы первой категории и первой категории, термоэлектрический генератор может быть набран на квадратном профиле 40х40мм из модулей ТЭМ-199-1,4-08 в количестве 12 штук из 4-х секций. Общая длина такого термоэлектрического генератора составит 170мм. Результирующую электрическую мощность термоэлектрического генератора можно повысить путем параллельного соединения нужного количества предложенного термоэлектрического генератора мощностью 120Вт.

Теоретическая эксплуатационная характеристика агрегата бесперебойного питания, состоящего из теплового накопителя, термоэлектрического генератора, собранного из модулей ТЭМ—199—1,4-08 представлена на рис. 3.

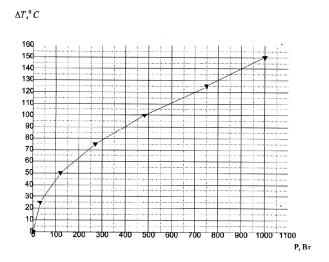


Рис. 3. Эксплуатационная характеристика секции термоэлектрического генератора, собранного из модулей ТЭМ-199-1,4-08.

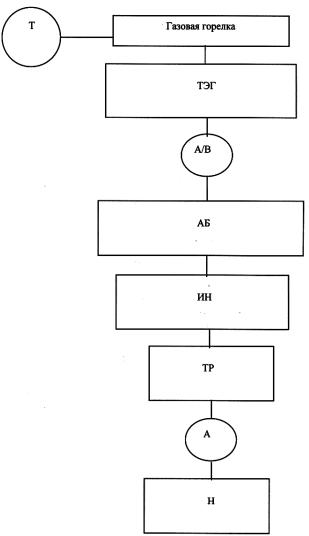


Рис. 4. Структурная схема сконструированной экспериментальной установки.

ТЭГ – термоэлектрический генератор; A/B – авометр; AБ – аккумуляторная батарея; ИН – инвертор; ТР – трансформатор; А – амперметр; Н – нагрузка; Т – измерительная термопара.

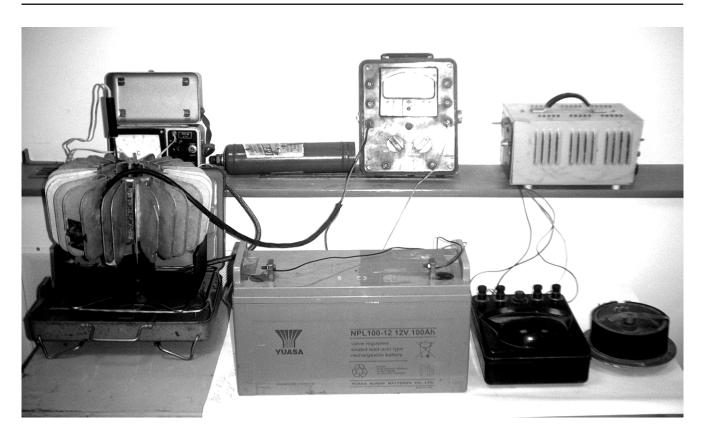


Рис. 5. Экспериментальная установка.

Из представленной эксплуатационной характеристики видно, что при нагревании горячих спаев термоэлектрического агрегата для получения максимальной мощности 1,2кВт требуется иметь перепад температур $140-150^{\circ}C$.

Для исследования характеристик работы термоэлектрического генератора в буфере с аккумуляторной батареей была создана экспериментальная установка (рис. 4,5).

В ходе проведения эксперимента были исследованы вольт - амперные характеристики термоэлектрического генератора в зависимости от температуры горячих спаев (рис. 6), вольт - амперные характеристики аккумулятора, включенного в буферном режиме - режиме плавающего подзаряда, (рис. 7).

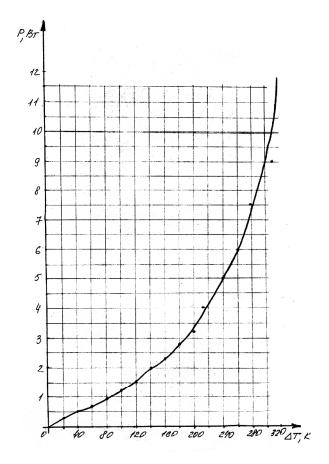


Рис.6. Экспериментальная зависимость мощности от разности температур.

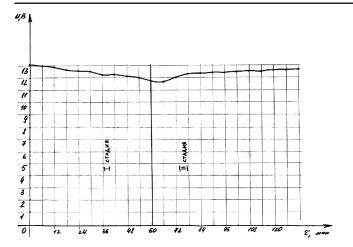


Рис. 7. Зависимость разряда AБ от времени. 1 стадия — разряд, 2 стадия — плавающий подзаряд.

После разряда аккумуляторной батареи до 90% (стадия 1 на рис.7) емкости был запущен в работу термоэлектрический генератор путем включения источника тепловой энергии – газовой горелки (стадия 2 на рис. 7).

Результаты эксперимента, представленные на рис. 6,7, показывают, что экспериментальные характеристики термоэлектрического генератора сопоставимы с теоретическими, приведенными в различных литературных источниках. На рис. 7 во второй стадии видно, что термоэлектрический генератор полностью компенсирует потери в аккумуляторной батарее посредством плавающего подзаряда в буферном режиме.

Буферное подключение термоэлектрического генератора к аккумуляторным батареям обеспечивает стационарный режим работы агрегата бесперебойного питания, что позволяет:

- улучшить его эксплуатационные характеристики;
- обеспечить требуемую электрическую мощность для питания потребителей более 20 суток;
- получить электроэнергию, удовлетворяющую по своим качественным характеристикам требованиям ГОСТ 13109-87.

выводы

- Предложена схема источника бесперебойного питания на основе инновационных термоэлектрических технологий с учетом особенностей энергоснабжения особо важных потребителей.
- 2. Проанализированы характеристики современных бытовых, промышленных термоэлектрических генераторов, разработана конструкция термоэлектрического генератора для источника бесперебойного питания на основе модульных термоэлементов.
- 3. Экспериментально исследованы характеристики источника бесперебойного питания на основе термоэлектрического генератора, аккумуляторной батареи, преобразователя напряжения, что подтверждено рациональностью применения термоэлектрического генератора в источниках бесперебойного питания для электроснабжения потребителей особой важности.

- 1. Бреев В.В. и др. Генераторы прямого преобразования тепловой и химической энергии в электрическую.- М.: ВНИИТ, 1980г.- 211 с.
- 2. Коровин Н.В. Новые химические источники тока.- М.: Энергия, 1980г.- 264 с.
- 3. Крошко А.Н. Автономные источники и системы электропитания аппаратуры связи.- М.: Связь, 1978г.- 152 с.
- 4. Стоянов В.У. Системы жизнеобеспечения защитных сооружений в условиях чрезвычайных ситуаций.- Симферополь: КАПКС, 2004.- 260с.

УДК 628.163

В.А. Мякишев, к.т.н., доцент, А.М. Копачевский, инженер, Е.Е. Котовская, инженер Крымская академия природоохранного и курортного строительства.

Установки коллективного пользования для дополнительной очистки питьевой воды

Приведены анализ существующих решений по доочистке водопроводной воды и характеристика водоочистной установки в многоквартирном жилом доме.

загрязнения питьевой воды, водоочистная установка, потребители воды

Существующие технологии и муниципальные сооружения подготовки питьевой воды не соответствуют современным гигиеническим требованиям и не обеспечивают барьерную функцию по очистке её от многочисленных опасных для здоровья загрязнений. В результате этого качественные показатели питьевой воды продолжают ухудшаться, о чем свидетельствуют многочисленные факты отрицательного влияния потребляемой воды на рост заболеваемости населения и демографические показатели в ряде районов Украины.

Наибольшую обеспокоенность у гигиенистов вызывает рост содержания в воде хлорированных углеводородов, образующихся при обеззараживании органосодержащей воды хлором, а также загрязненности очищенной воды тяжелыми металлами, радионуклидами, вирусами, возбудителями паразитных заболеваний и суммарная мутагенная активность воды. Имеет место значительное вторичное загрязнение питьевой воды в разводящей сети водопроводов в связи с тем, что она часто полностью изношена и находится в неудовлетворительном санитарном и техническом состоянии.

Исправление сложившейся неблагополучной ситуации в области водоподготовки осложняется тем, что требуются огромные инвестиции для реконструкции и расширения больших и малых водоочистных станций и сетей. Осуществление необходимых природоохранных, технологических и эксплуатационных мероприятий является долговременным и также дорогостоящим процессом. После обследования водопроводного хозяйства в девяти городах Крыма комиссия из Дании определила, что для его восстановления необходимо более 350 млн. долларов. Данная ситуация усугубилась из-за прекращения с 1992 г. выделения государством инвестиций и кредитов в водопроводно-канализационное хозяйство, как это практикуется в большинстве стран мира. Собственных средств на капитальное строительство ПВКХ не имеют из-за непомерно возросших тарифов на электроэнергию и налогов.

В такой ситуации население все чаще хаотично применяет глубокую доочистку воды в местах ее непосредственного потребления. Для этих целей широкое применение получили портативные (бытовые) водоочистители, предназначенные для доочистки питьевой воды от вредных для здоровья загрязняющих веществ и обеззараживания. Например, в США на их приобретение граждане расходуют ежегодно три миллиарда долларов.

Однако, проведенные в нашей стране исследования портативных водоочистителей показали, что многие из них недостаточно эффективны, а при больших сроках эксплуатации (в квартирах, оздоровительных комплексах, больницах, предприятиях общественного питания, фермерских хозяйствах и пр.) не справляются с задачей получения питьевой воды. Вода после такой обработки не соответствует полностью отечественным и международным стандартам, в частности, последнему «Руководству по контролю качества питьевой воды» (1993г.), подготовленному Всемирной организацией здравоохранения. Некоторые квартирные водоочистители при неправильной эксплуатации и несвоевременного восстановления их очистительных свойств могут представлять большую угрозу для здоровья. Подбор квартирных водоочистителей производится без квалифицированного обоснования и стихийно, при этом, как правило, преследуются в первую очередь коммерческие интересы.

Анализ вариантов обеспечения населения качественной водой позволяет выделить 4 направления:

- реконструкция системы централизованного водоснабжения; бутылирование питьевой воды;
- устройство локальных установок доочистки водопроводной воды, располагаемых в центрах жилых микрорайонов и реализующих воду в тару потребителей (бюветы);
- применение индивидуальных квартирных установок (бытовых фильтров);
- монтаж водоочистных установок коллективного пользования в одном или группе домов.

Последний вариант по экспертной оценке технологов и гигиенистов Одессы обладает наилучшими показателями с позиций комфортности и санитарной надежности.

В них можно использовать весь набор современных технологических решений по очистке воды непосредственно в местах её потребления (озонирование, сорбция на активированных углях и других материалах, коагуляция, обратный осмос, баромембранное фильтрование, аэрирование, ультрафиолетовое облучение, фотокатализ, ионирование и многие др.). Разработанные в Институте коллоидной химии и химии воды НАН Украины и сотнях других организаций, модульные установки коллективного пользования используют различные потребители, забирающие воду из водопровода, поверхностных источников, шахтных колодцев и т.д. В настоящее время рынок компактных водоочистных установок представлен тысячами модификаций и множеством фирм.

Основная идея здесь заключается в устройстве в подвальном помещении дома или в тепловом пункте водоочистной установки коллективного пользования с последующей подачей кондиционированной воды жильцам по существующей или дополнительной водопроводной сети. Вариант такой схемы водоснабжения с подведением воды к отдельному крану питьевого назначения в каждой квартире, представлен на рис 1. При размещении установки в подвале необходима установка насоса, автоматизированного в зависимости от давления в сети питьевой воды.

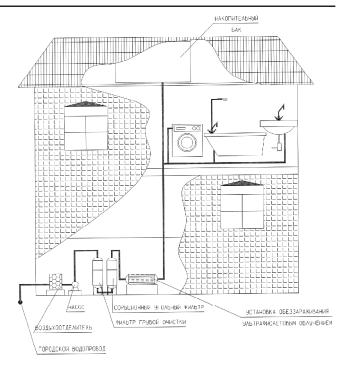


Рис.1. Схема водоочистной установки коллективного пользования в подвале многоквартирного жилого дома.

В стране нашли применение несколько стратегий и технологий глубокой очистки воды непосредственно у потребителей. Для доочистки воды одесского городского водопровода разработана локальная водоочистная установка типа ЛВУ (ТУ У 40-02071033-008-94, согласование Минздрав Украины № 5-02-28/1321), [1]. Данная технология очистки включает следующие этапы:

- 1. Удаление воздуха.
- 2. Механическая очистка от крупных примесей.
- 3. Фильтрование через загрузки из активированного угля и цеолита.
- 4. Обеззараживание воды методом прямого электролиза, либо ультрафиолетовым облучением.
- 5. Накопление в емкостях.

При такой очистке не предусмотрено введение в воду каких либо реагентов, что существенно упрощает конструкцию и эксплуатацию. Солевой состав воды практически не изменяется, но вредные для здоровья примеси (соли тяжелых металлов, пестициды, ПАВ, нефтепродукты, галогенсодержащие соединения и т.п.) удаляются. Одовременно снижается мутность, цвет-

ность, улучшаются вкусовые качества, уменьшается содержание радионуклидов и некоторых других загрязнений.

Основные отличительные особенности данной установки:

- 1. Установка безнапорная и требует на входе небольшое давление (до 0.1 МПа), что позволяет снизить ее вес и стоимость.
- 2. Гидравлическая схема независимо от давления в наружной сети водопровода обеспечивает расчетные технологические параметры (скорость фильтрования до 4 м/ч, время контакта воды с сорбентами не менее 0,5 ч).
- 3. Низкие энергозатраты на очистку 0,05...0.3 кВт ч/м³.
- 4. Сорбенты периодически промываются в псевдоожиженном слое, что повышает эффективность очистки, ресурс загрузки и снижает потери напора.
- 5. Наличие накопительного бака позволяет обеспечить необходимый часовой расход, в 1,5-2 раза превышающий номинальную производительность фильтра.
- Изготовление установки из нержавеющей стали снижает вес и повышает ее надежность и долговечность.
- 7. Пористые полимербетонные дренажи, применяемые в фильтре, исключают вынос сорбентов, как при фильтровании, так и при промывке.
- 8. Установка может эксплуатироваться без постоянного присутствия обслуживающего персонала.
- 9. Малые размеры установки дают возможность монтировать ее в небольших помещениях (площадь 10...12 м²).
- Широкий диапазон производительности (0,3...3м³/ч) позволяют обеспечить питьевой водой как небольшие дома, так и группу многоквартирных зданий.

При расчете норма потребления питьевой воды принимается около 5 л/сут на 1 человека. Эта норма увеличена по сравнению с физиологической потребностью, предусматривающей около 2 л/сут на 1 человека.

В связи с этим возникает вопрос – необходимо ли очищать всю воду, поступаю-

щую в дом? Если это необходимо, то не требуется в доме дополнительная сеть питьевой воды. В качестве примера рассмотрены варианты водоснабжения 75-квартирного жилого дома, в котором проживает 300 человек. При автономной системе питьевого водоснабжения необходимый суточный расход равен 18...20 м³/сут, а часовой примерно $1,4 \text{ м}^3/\text{ч}$. При очистке всей воды суточный расход увеличивается до 90 м³/сут, а часовой — до $10...13 \text{ м}^3/\text{ч}$. Ясно, что стоимость доочистки всей потребляемой в доме воды здесь существенно возрастает, многократно перекрывая стоимость дополнительной внутридомовой сети.

Для повышения надежности функционирования должно предусматриваться сервисное обслуживание установок доочистки, включающее систематический контроль качества воды, технологический контроль за работой установки, замену отработанной загрузки и т.п.

Стоимость описанной выше системы при размещении в 2...3 секционном 10этажном доме (80...120 квартир) составляет 3...4 доллара США на 1 м² жилой площади. Если же установка смонтирована в центральном теплопункте и обслуживает несколько домов, то несмотря на увеличение стоимости самой установки и необходимость прокладки внутриквартальных питьевых сетей питьевой воды, удельная стоимость на 1 м^2 снижается до 2,0...2.5 долларов США. Невелика и стоимость эксплуатации - она не превышает 5 долларов США на 1 чел в год. Эти затраты даже меньше, чем в большинстве индивидуальных установок, подключаемых к кранам, при несопоставимой санитарной надежности и повышенной комфортности.

Описанная система может быть легко реализована при новом строительстве или реконструкции здания или группы домов, а также путём кооперирования средств жителей. При наличии пригодных помещений в подвалах старых домов установку можно разместить там и организовать реализацию воды. Как показали расчеты, доходы от реализации воды позволят быстро окупить первоначальные затраты.

В рекомендациях по проектированию, монтажу и эксплуатации систем дополнительной очистки питьевой воды, разработанных Одесской государственной академией строительства и архитектуры, определены следующие требования к ним:

- Качество воды на выходе должно соответствовать требованиям СанПиН № 383, 1996 г., и технической документации на установку и систему в целом.
- 2. Систему изготавливают из материалов, разрешенных для хозяйственно-питьевого водоснабжения.
- 3. Обеспечивают паспортные технологические параметры установки независимо от условий эксплуатации,
- 4. Создают службу по эксплуатации установки в соответствии с регламентом (сервисная или постоянно действующая).
- 5. В обязательном порядке выполняют требования по обеззараживанию воды, в случае невыполнения данного требования потребителей предупреждают об этом.
- 6. Предоставляют возможность отбора контрольных проб воды в установленном порядке
- 7. Выполняют учет расхода воды.
- 8. Создают условия для безопасной эксплуатации установки.

вывод

Системный подход к оснащению жилых домов и учреждений водоочистными установками коллективного пользования, подкрепленный государственной программой и планами финансовой поддержки, позволит наиболее эффективно и в сжатые сроки решить проблему обеспечения населения доброкачественной водой и сокращения заболеваемости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

 Грабовский П.А., Ларкина Г.М., Прогульный В.И., Карпов И.П., Триль А.А. Системы питьевого водоснабжения в жилых домах. Ялта. Сборник докладов конгресса «Экология, технология, экономика водоснабжения и канализации». 1997, -44 с. УДК 69.055

А.Е. Сокальский, к.т.н., М.В.Герман, инженер, И.П.Малыш, инженер

Киевский национальный университет строительства и архитектуры.

В.У.Стоянов, к.т.н., доцент

Крымская академия природоохранного и курортного строительства.

Критериальные основы оптимизации парка технических средств спасательных подразделений.

В статье предлагается критерий эффективности для оптимизации парка технических средств спасательных подразделений.

парк технических средств, спасательные подразделения, эффективность, критерий, чрезвычайная ситуация.

В настоящее время в сфере противодействия последствиям катастроф проводится реорганизация войск гражданской обороны, что приведет к реформированию спасательных подразделений и значительно расширит круг решаемых ими задач.

В значительной степени реформирование коснется парка технических средств для проведения пожарно-спасательных и ремонтно-восстановительных работ.

В настоящее время войска гражданской обороны оснащены военной техникой инженерных войск, которая предназначена для решения задач фортификации, маскировки, переправы через водные преграды, устройства и преодоления минно-взрывных заграждений, обеспечения водой, водолазных работ, ремонта и восстановления техники. Учитывая высокую мощность, производительность и сходность решаемых задач, данная техника применяется в ходе спасательных и ремонтно-восстановительных работ.

Отсутствие научно обоснованного подхода к оптимизации состава и структуры парка технических средств привело к ряду противоречий:

инженерная техника, практически в полном составе, требует проведения капитального ремонта или списания [1];

на территории Украины производится не более 3% номенклатуры инженерной техники;

инженерная техника оснащена гусеничной или колесной базой, ввиду чего не экономична, не отвечает современным требованиям эргономики и экологии, что прак-

тически делает невозможным ее применение при возникновении ЧС за пределами Украины;

средства малой механизации не в полном объеме обеспечивают потребности спасательных подразделений, имеют пневматический и электрический привод, существенно снижая автономность при работе с ними в труднодоступных местах.

Основной задачей, которая ставится и решается в теории эффективности технических средств, является оптимизация техники по критерию технико-экономической эффективности [2]. Методологической основой, позволяющей сформулировать задачу и дать толкование формальным результатам применения математического аппарата является системный подход. Именно это научное направление может служить основой количественного решения задачи оптимального сочетания возможностей человека и машины ввиду единства их целей и методологии. С другой стороны, в теории эффективности невозможно корректно поставить задачу оптимизации военной техники не рассматривая ее как человеко-машинную систему, т.е. без самого тесного ее контакта с эргономикой.

Следовательно, оптимизация парка технических средств спасательных подразделений должна проводиться на основании системы «экипаж — техническое средство» (ЭТС). При этом подсистема «техническое средство» (ТС) должна состоять из ряда подсистем согласно квалификации инженерной, пожарной техники и средств малой механизации. Соответственно подсистему

ТС можно представить в виде матрицы A_y , где каждый $i-\check{u}$ столбец представляет собой вид технического средства по предназначению с j-mu элементами множества в виде конкретных, имеющихся или планируемых к закупке технических средств. Включение подсистемы «экипаж» (номер расчета) даст возможность определить реальный, а не «технический» уровень эффективности машин. При этом, эргономические свойства должны отражать приспособленность машин к освоению и использованию, необходимость и строгость профессионального отбора экипажей (специалистов).

Таким образом, варьируя значения характеристик технических средств можно получить множество значений технико-экономической эффективности подсистем TC $_{E_{TCV}}$ и системы ЭTC в целом $_{E_{vol}}$.

Однако становится явным то, что для оптимизации парка технических средств спасательных подразделений необходимо учесть множество чрезвычайных ситуаций и их последствия.

На основании исследований в области мониторинга чрезвычайных ситуаций, используя

математическое моделирование, появляется возможность определить множество вероятностей возникновения видов этих работ, их объемов и вероятность выполнения этих работ системой ЭТС за определенный промежуток времени V(t)...

На основании вышеизложенного целесообразно за критерий эффективности системы ЭТС принять величину:

$$W(t)_{y} = E_{y} \cdot V(t)_{y}$$

выводы

Таким образом, используя известные математические методы оптимизации на основании принятого критерия эффективности, представляется возможность определить качественно-количественный состав парка технических средств спасательных подразделений.

- 1. Возможности ремонта инженерной техники на бронетанковых заводах МО Украины/ Отчет о НИР. Киев: КНУСА, 2001.-12c.
- 2. Хитрук В.О. Эргономические аспекты проектирования бронетанковой техники. Киев: НЦСВ, 1999.-46 с.

УДК 621.3.

В.У. Стоянов, к.т.н., доцент, С.Н. Анисимов, инженер, А.В. Маркин, инженер

Крымская академия природоохранного и курортного строительства.

Анализ тепловых процессов в грунтовых накопителях теплоты

Рассмотрены процессы нестационарного теплообмена при зарядке и разрядке грунтового накопителя теплоты (ГНТ). Получены зависимости для определения времени, а также степени зарядки и разрядки накопителя для различных условий с учетом физических и геометрических параметров системы. Проведен анализ теплового баланса и влияние его отдельных составляющих на к.п.д. ГНТ.

солнечная энергия, накопители теплоты, нестационарный теплообмен, зарядка, разрядка, уровень зарядки, время зарядки, тепловой баланс, коэффициент полезного действия

Одной из основных проблем использования возобновляемых источников энергии и, в частности, солнечной, является проблема разработки и создания аккумуляторов или накопителей энергии.

Один из вариантов аккумулирования тепловой солнечной энергии - грунтовые накопители теплоты (ГНТ). Конструктивно ГНТ представляет собой некоторый массив грунта, в котором определенным образом организована система подвода и съема теплоты. Массив ГНТ служит аккумулирующим материалом. На рис.1 представлен один из возможных вариантов реализации ГНТ.

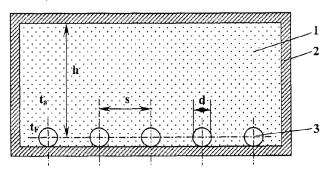


Рис.1. Грунтовый накопитель теплоты:

1 – грунт; 2 – тепловая изоляция, 3 – трубы регистра

Особый интерес представляют вопросы, связанные с тепловым расчетом и проектированием подобных объектов.

Рассмотрим ГНТ, как некоторую изолированную термодинамическую систему. Известный в термодинамике принцип гласит, что если в изолированной системе тела или части тел находятся в неодинаковом тепловом состоянии, то, по истечении некоторого времени — в системе наступит состояние устойчивого термодинамического равновесия. Таким образом, если в какой-то точке системы создать возмущение,

например, поместить тепловой источник постоянной температуры, то по истечении некоторого времени температура всей системы достигнет температуры теплового источника, и в системе наступит состояние устойчивого термодинамического равновесия. В дальнейшем система в этом состоянии и будет пребывать. С другой стороны, если в такой системе создать новое возмущение, например, поместить источник (сток) теплоты с постоянной, но более низкой температурой, чем температура системы, то будет происходить обратный процесс до наступления нового состояния устойчивого термодинамического равновесия.

Применительно к ГНТ (см. рис.1) источником и стоком теплоты служит регистр из труб диаметром d и шагом s.

С точки зрения теории тепломассообмена, задача о накоплении и съеме теплоты в ГНТ сводится к одномерной задаче нестационарной теплопроводности нагревания и охлаждения полуограниченного массива с граничными условиями 1-го рода. Эта задача описывается линейным дифференциальным уравнением теплопроводности в частных производных 2-го порядка:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \tag{1}$$

Применительно к условиям данной задачи уравнение (1) удобно представить в виде:

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 \theta}{\partial \tau^2} \tag{2}$$

где: θ - разность между температурами массива теплового источника и массива грунта;

a - коэффициент температуропроводности, м /с;

t - текущее значение температуры массива с координатой x, $^{\circ}$ С;

T - температура теплового источника, °C;

x - текущая координата, м;

 τ - время, с.

Используя принцип суперпозиции общее решение уравнения (2) представляют в виде [1]:

$$\theta_{x,\tau} = \sum_{\varepsilon_x}^{\varepsilon_\infty} \left[A \cos(\varepsilon_x) + B \sin(\varepsilon_x) \right] e^{-\varepsilon^2 a \tau}, \quad (3)$$

где: $\theta_{x,\tau}$ - избыточная температура в произвольной точке с координатой x для данного момента времени;

 ε - произвольное число, которое применительно к задаче нагревания или охлаждения тела, должно быть вещественным и положительным; A, B - произвольные постоянные частных интегралов, которые могут быть функциями ε .

Для полуограниченного массива при заданных граничных условиях 1-го рода решение задачи находят в виде [2]:

$$\theta_{x,\tau} = \theta_{F,a} \left[1 - erf(\xi) \right], \tag{4}$$

где: $\theta_{F,a}$ - избыточная температура источника теплоты по отношению к температуре грунта в начальный момент времени:

$$\xi = x/(2\sqrt{a\tau}).$$

Удельный тепловой поток на поверхности массива для любого момента времени:

$$q_{F,\tau} = -\lambda \left(\frac{\partial \theta}{\partial x}\right)_{F},\tag{5}$$

Так как

$$\left(\frac{\partial \theta}{\partial x}\right)_{F} = \theta_{F,a} \frac{1}{\sqrt{\pi a \tau}},$$

следовательно

$$q_{F,\tau} = \theta_{F,a} \sqrt{\frac{\lambda \rho c}{\pi \tau}}, \tag{6}$$

где: λ - коэффициент теплопроводности грунта, $\mathrm{Br/}(\mathrm{mK})$;

 ρ - плотность грунта, кг/м³;

c - удельная массовая теплоемкость грунта, Дж/ (КгК).

Согласно (6) удельный тепловой поток в начальный момент имеет весьма большое значение, а в дальнейшем уменьшается обратно пропорционально квадратному корню из значения времени τ :

Расход тепла на нагревание массива на 1 м 2 поверхности за время τ :

$$Q_F = \int_0^{\tau} q_{F,\tau} d\tau = 2\lambda \sqrt{\frac{\tau}{\pi a}} \theta_{F,a}.$$
 (7)

Общий расход тепла на нагревание массива ГНТ за время τ :

$$Q_{F,\tau} = \int_{\tau} \int_{0}^{\tau} dF \int_{0}^{\tau} q_{F,\tau} d\tau = 2\lambda \sqrt{\frac{\tau}{\pi a}} \theta_{F,a} \cdot F, \quad (8)$$

где: F – площадь основания массива, м².

Уравнение энергии, применительно к условиям данной задачи, можно представить в виде:

$$Q_{\tau} = \iiint_{V} \rho c \theta dV = \rho c V \theta_{\tau,a}, \qquad (9)$$

где: $\theta_{\tau,a}$ — избыточная средняя температура массива грунта на данный момент времени по отношению к начальной температуре, °C; V объем массива, м³.

Решая совместно (8) и (9) определим время зарядки накопителя до заданной средней температуры грунта:

$$\tau = \frac{\pi}{4a} \left(\frac{V}{F}\right)^2 \left(\frac{\theta_{\tau,a}}{\theta_{F,a}}\right)^2. \tag{10}$$

В общем случае, если площадь поверхности источника теплоты не равна площади поверхности основания массива (в основание заложен регистр из труб с шагом s), то в выражении (10) величину F необходимо заменить на F',

под которой следует понимать площадь поверхности источника теплоты.

Учитывая, что

$$V = F \cdot h$$
.

где: h – глубина массива, м.

Величину F' для регистра, выполненного из труб наружным диаметром d шагом s, в случае односторонней теплоотдачи (см. рис. 1) можно представить в виде:

$$F' = \frac{\pi}{2} \frac{d}{s} \cdot F.$$

В этом случае уравнение (10) примет вид

$$\tau = \frac{h^2}{\pi a} \left(\frac{s}{d}\right)^2 \cdot \left(\frac{\theta_{\tau,a}}{\theta_{F,a}}\right)^2. \tag{11}$$

В случае двухсторонней теплоотдачи регистра ($F' = \pi dF/s$) выражение (11) примет вид

$$\tau = \frac{h^2}{4\pi a} \cdot \left(\frac{s}{d}\right)^2 \left(\frac{\theta_{\tau,a}}{\theta_{F,a}}\right)^2. \tag{11 a}$$

В случае, если массив содержит п плоскостей, в которых размещены регистры, то в (11 а) вместо h необходимо ввести величину h/n, которая является высотой зоны, обслуживаемой одним регистром, тогда (11 а) примет вид

$$\tau = \frac{(h/n)^2}{4\pi a} \cdot \left(\frac{s}{d}\right)^2 \cdot \left(\frac{\theta_{\tau,a}}{\theta_{F,a}}\right)^2. \tag{11 6}$$

Расчет температурного поля массива накопителя производят по уравнению (4) с использованием графика или таблицы для определения численных значений функции ошибок $erf(\xi)$.

Анализ выражения (11) показывает, что отношение $\theta_{\tau,a}/\theta_{F,a}$ может изменяться от 0 до 1 и представляет собой степень зарядки накопителя. Так случаю $\theta_{\tau,a}/\theta_{F,a}=1$ соответствует полная зарядка.

Из выражения (11) следует, что при a = const время зарядки не зависит от температурного уровня зарядки, а определяется лишь физическими свойствами массива и геометрическими параметрами накопителя.

Данный вывод справедлив для случая, когда поверхности, ограничивающие массив, имеют идеальную теплоизоляцию.

Задача о нагревании и охлаждении полуограниченного массива (в нашем случае - зарядка накопителя и съем тепла) является симметричной. Это означает, что задача съема тепла решается аналогично задаче зарядки. При этом избыточная температура $\theta_{F,a}$, соответствующая случаю зарядки, приобретает смысл $\theta_{a,F}$ для случая теплосъема, а $\theta_{\tau,a}$ – смысл $\theta_{a,\tau}$.

В случае несовершенной теплоизоляции, в процессах зарядки, хранения теплоты и разрядки накопителя, необходимо учесть теплопотери через ограждающие поверхности в окружающую среду. Теплопотери в окружающую среду, безусловно вредное явление, приводящее к рассеиванию энергии и снижению потенциала накопленного заряда. В процессе зарядки теплопотери ведут к увеличению времени зарядки, а при хранении и разрядке - к уменьшению эффективного времени теплосъема.

Тепловой баланс реального ГНТ можно представить уравнением:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4, (12)$$

где: Q - теплота, воспринятая накопителем;

Q₁ – полезно использованная теплота;

 Q_{2} – потери теплоты в период зарядки;

Q₃ – потери теплоты в период хранения;

Q₄ – потери теплоты в период разрядки.

В удельных величинах уравнение (12) будет иметь вид:

$$1 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4. (13)$$

Отсюда коэффициент полезного действия ГНТ:

$$\eta_{\Gamma HT} = q_1 = 1 - q_2 - q_3 - q_4. \tag{14}$$

С учетом составляющих теплового баланса для реального накопителя время зарядки и разрядки определяют с помощью зависимостей

$$\tau_{_3} = \left(1 + q_2\right) \frac{\pi}{4a} \left(\frac{V}{F'}\right)^2 \left(\frac{\theta_{_{\tau,a}}}{\theta_{_{F,a}}}\right)^2, \tag{15}$$

$$\tau_p = \left(1 - q_3 - q_4\right) \frac{\pi}{4a} \left(\frac{V}{F'}\right)^2 \left(\frac{\theta_{a,\tau}}{\theta_{a,F}}\right)^2. \tag{16}$$

Полученные выше решения и их анализ могут быть использованы для проектирования и эксплуатации ГНТ.

В заключение следует отметить, что базой для уточнения расчетной модели и составляющих теплового баланса ГНТ должны послужить экспериментальные исследования и опыт эксплуатации подобных объектов.

выводы.

- В результате анализа процессов, протекающих в ГНТ, получены аналитические решения с учетом физических и геометрических параметров.
- 2. Степень зарядки накопителя определяется значением отношения избыточных температур $\theta_{ au,a}/\theta_{F,a}$.
- 3.Для изолированной системы при a = const время зарядки не зависит от температурного уровня зарядки, а определяется лишь физическими и геометрическими параметрами накопителя.
- 4. На основании энергетического баланса составлено уравнение для определения КПД грунтового накопителя теплоты
- 5. Результаты могут быть использованы при проектировании и эксплуатации грунтовых накопителей теплоты.

- 1. Высшая математика. Специальные главы./Под ред. проф. П.И. Чинаева. Киев: Вища школа, 1977. 368c.
- 2. Лыков А.В. Тепломассообмен. М.: Энергия, 1978. -480c.

УДК 347.132.15

В.У. Стоянов, к.т.н., доцент, М.В. Бакулина, инженер, В.В. Стоянов

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Тепловой накопитель для систем жизнеобеспечения защитных сооружений

В статье предлагается капельный способ разрядки теплового накопителя с теплоаккумулирующим материалом, работающим на принципе «плавление-кристаллизация».

Теплоаккумулирующий материал, теплоноситель, теплообменный аппарат, фазовый переход, термоэлектрический генератор

В случае возникновения ЧС природного, техногенного или военного характера спасение людей может быть организовано одним из 3-х способов – эвакуацией, укрытием в защитных сооружениях, оснащением индивидуальными средствами защиты. При больших масштабах охваченных бедствием территорий наиболее надежным для Украины и Крыма является укрытие населения в различного рода убежищах, в качестве которых могут быть использованы: заранее построенные защитные сооружения, временно возводимые укрытия и приспосабливаемые для этих целей подвалы, туннели, подземные выработки, трубы большого диаметра и т.п. Наиболее эффективным является укрытие людей в защитных сооружениях, но для нормального функционирования систем жизнеобеспечения и поддержания условий обитаемости необходима электрическая энергия, для электроснабжения защитных сооружений в условиях чрезвычайных ситуаций при отключении государственных источников устанавливаются дизельэлектрические станции различной мощности (200-300 кВт).

Основными потребителями таких больших мощностей в 3С являются системы отведения теплоты и загрязненных потоков воздуха.

Анализ показывает, что 70% вырабатываемой дизель-генераторной станцией энергии идет на удаление нагретых отработанных газов и забор чистого воздуха. При этом загрязняется территория, окружающая защитное сооружение. В случае нарушения связи защитного сооружения с окружающей средой, длительность нахождения людей в условиях автономного энергоснабжения ограничена и определяется характеристиками автономного источника энергии.

В статье приводятся результаты проведенного исследования возможности накопления энергии избыточных тепловых потоков выделяемых во внутренних объемах защитного сооружения от дизельгенераторной станции, систем регенерации воздуха и других источников в специальных тепловых накопителях и создание на их основе источника гаранти-

рованного энергоснабжения, обеспечивающего работу систем жизнеобеспечения в условиях ЧС.

На рис.1 показан принцип работы промышленных тепловых накопителей. Он заключается в нагреве омывающими газами капсулы 3 с ТАМ и последующего снятия накопленной теплоты рабочей жидкостью. Анализ показал, что выпускаемые промышленностью теплообменные аппараты, работающие на принципе рекуперации и регенерации в системах гарантированного энергоснабжения защитных сооружений, неприменимы из-за большой инертности, габаритов, непостоянства параметров снимаемых тепловых потоков. Эксперименты показали, что в тепловых накопителях, работающих на фазовом переходе, при снятии теплоты кристаллизация происходит не во всем объеме материала, а только на поверхности соприкосновения рабочей жидкости со стенкой теплообменного аппарата, что не позволяет в короткий промежуток времени получать постоянную температуру рабочей жидкости (рис.2).

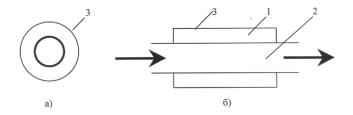


Рис. 1. Принцип работы промышленных тепловых накопителей

а) поперечный разрез ТН; б) продольный разрез: 1 – ТАМ; 2 – рабочая жидкость; 3 – капсула.

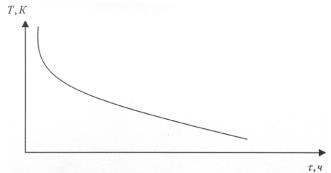


Рис. 2. График зависимости изменения температуры рабочей жидкости, омывающей ТАМ, от времени.

В связи с этим на кафедре ГО и ВП разработана специальная конструкция теплового накопителя работающего с использованием принципа "плавление-кристализация". Принципиальная схема представлена на рис.3.

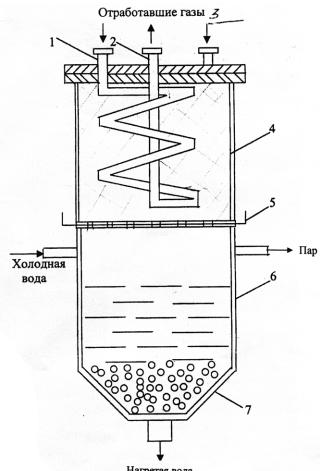


Рис.3. Модель теплового накопителя для обеспечения работы систем гарантированного энергоснабжения защитных сооружений в автономном режиме эксплуатации

1,2 – патрубки теплообменника для отработанных газов дизельгенераторной установки; 3 — загрузочное устройство; 4 — бак с теплоаккумулирующим материалом; 5 — разделительная перегородка; 6 — бак с рабочей жидкостью; 7 — накопитель шариков теплоаккумулирующего материала.

При переходе защитного сооружения на автономный режим жизнеобеспечения нагретые отработанные газы дизель-генераторной установки, регенерирующих систем очистки воздуха, холодильных машин поступают к капсулам теплового накопителя, заполненных ТАМ. Температура плавления ТАМ подобрана так, что энергии отработанных газов достаточно для разрушения кристаллической решетки и расплавления ТАМ до жидкого состояния.

Для преобразования накопленной тепловой энергии в электрическую предлагается использовать выпускаемые промышленностью термоэлектрические генераторы (ТЭГ). Надежная работа ТЭГ возможна, если на горячие слои генератора подается теплоноситель со строго заданным значением температуры. В противном случае вырабатываемый ТЭГ электрический ток не может быть использован в системе гарантированного энергоснабжения защитного сооружения в условиях ЧС.

Принцип работы такого ТН заключается в следующем. При открытии запорного устройства 1 расплавленный ТАМ под собственным весом попадает на решетку, имеющую калиброванные отверстия. Просачиваясь через решетку ТАМ в виде капель (тонких струй) попадает в рабочую жидкость. В качестве рабочей жидкости (высококипящего теплоносителя) используются органические и масляные вещества. Из органических веществ в качестве теплоносителя используют дифенил (С12 Н10) с температурой кипения 255°C, дефениловый эфир (С₆H₅O₂) с температурой кипения 259°C и их смеси. Применение минеральных масел в жидкой фазе с температурой кипения 200-220°C позволяет снизить давление в ТН до атмосферного,а использование их в паровой фазе до 0,5-0,6 МПа.

Получена линейная зависимость объема рабочей жидкости, нагреваемой до 100° C, от массы ТАМ (рис.4).

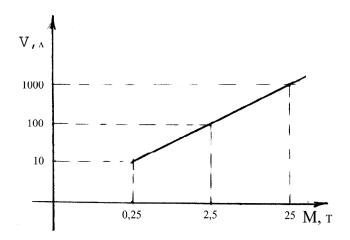


Рис. 4. Зависимость объема рабочей жидкости, нагреваемой до $100^{\circ}C$, от массы TAM.

выводы

1. Предложенная схема ТН позволяет интенсифицировать процесс снятия тепла с ТАМ и обеспечить надежную работу системы энергоснабжения за счет создания постоянной температуры на горячих спаях ТЭГ.

- 1. В. У.Стоянов. Системы жизнеобеспечения защитных сооружений в условиях чрезвычайных ситуаций. Симферополь: КАПКС, 2004.- 260с.
- 2. Ю.Ю.Каммерер, А.К.Кутырев, А.Е.Харкевич. Защитные сооружения гражданской обороны.- М.: Энергоатомиздат, 1985.- 230с.
- 3. Э.А.Арустамов. Безопасность жизнедеятельности.- М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К.»,2002.-496с.
- 4. Бреев В.В. и др. Генераторы прямого преобразования тепловой и химической энергии в электрическую.- М.: ВНИИТ, 1980г.- 211 с.
- 5. Крошко А.Н. Автономные источники и системы электропитания аппаратуры связи.- М.: Связь, 1978г.- 152 с.

УДК 628.889.697.9

Сулейманов С.Л., инженер

Крымская академия природоохранного и курортного строительства

Оптимальный тепловлажностный режим в оранжереях и зимних садах, способы его поддерживания

Анализ тепловлажностного режима оранжерей и теплиц, расчет воздуховодов из полимерной пленки применяемых в системах воздушного отопления сельскохозяйственных зданий и сооружений.

воздуховоды пластиковые, микроклимат, расчетная тепловая нагрузка, системы воздушного отопления, теплота солнечной радиации, тепловой баланс, температура почвы, фотосинтез

Процессы фотосинтеза и дыхания - основные факторы, определяющие жизнедеятельность растения.

Фотосинтез - процесс связывания солнечной энергии в сухом веществе растения. Его интенсивность зависит от уровня освещенности, температуры, влажности и газового состава окружающего воздуха. Дыхание - процесс, обратный фотосинтезу, сопровождаемый окислением углеводов и выделением углекислоты и паров воды. Интенсивность дыхания растений определяется температурой окружающей среды и не зависит от уровня освещенности. В течение дня интенсивность дыхания обычно значительно ниже, чем интенсивность фотосинтеза, но в ночное время происходит только дыхание растений. При сбалансированности этих процессов и обеспечивается рост и развитие растений [1].

В природе на поверхности земли существует равновесие между теплотой, поступающей за счет солнечной радиации и ее потерей. В сооружениях типа оранжерея или зимний сад этот обмен искусственно смещен, поскольку ее ограждение не пропускает наружу длинноволновую составляющую теплового излучения (парниковый эффект).

С практической точки зрения нас интересует, чтобы равновесие соответствовало той температуре, которая позволяет растениям нормально развиваться. Оптимальное значение температуры воздуха в оранжерее зависит от многих факторов и в первую очередь от вида растений и климатических условий областей их естественного произрастания, стадии их развития и уровня их освещенности. Достаточное количество света при высокой температуре ускоряет фотосинтез и накопление углеводов, необходимых для дыхания

и роста растений. Низкая освещенность и высокая температура приводит к дефициту углеводов и истощению растения, а низкая температура даже при достаточной освещенности замедляет или приостанавливает рост растения.

Максимум интенсивности фотосинтеза соответствует температуре $25...35\,^{o}C$, но с учетом дыхания, интенсивность которого также зависит от температуры, этот оптимум снижается до $20...25\,^{o}C$. В холодное время года температурный режим теплицы формируется в сложном взаимодействии потоков теплоты от солнечной радиации, теплоты, поступающей от системы подогрева, а также потерь тепла через ограждения и инфильтрирующегося воздуха [1].

Температура почвы, как правило, незначительно отличается от температуры воздуха, но при ее снижении замедляется поглощение растением питательных веществ и воды, а при повышении корневая система становится слишком большой. Особую опасность представляет смена солнечной погоды на пасмурную, когда возникает дефицит углеводов и задержка роста растения из-за того, что почва сильно прогрета и дыхание корней активно, а фотосинтез слаб.

К не менее важным из параметров микроклимата оранжереи относится влажность воздуха и содержание в нем углекислоты.

На продуктивность биоценоза влажность воздуха влияет не существенно, и все таки при понижении температуры воздуха, ее следует увеличивать, а при повышении температуры, понижать относительную влажность до 70...85%.

В ночные часы содержание СО ₂ в воздухе оранжереи за счет дыхания растений увеличивается до 0,05%, а днем за счет фотосинтеза падает до 0,01%. Существенное влияние на жизнедеятельность растения оказывает и скорость движения воздуха, которая в зависимости от вида выращиваемой культуры должна находиться в пределах от 0,25 до 0,5 м/с [1].

Учет всего многообразия связей между различными параметрами микроклимата в оранжерее, их оптимизация и строгий контроль, является законом нормального функционирования этого сооружения.

Важнейшим нормируемым параметром микроклимата является температура, которая зависит от многих факторов и, в первую очередь от температурных свойств ограждающих конструкций и эффективности отопительновентиляционных систем.

Для холодного периода года потери тепла $oldsymbol{Q_0}$ через ограждения, зависящие в основном от конструкции сооружения, пропорциональны разности температур внутреннего и наружного воздуха, а также зависят от направления и скорости ветра, влажности воздуха внутри и снаружи. Из перечисленных параметров определяющим является температура наружного воздуха и скорость ветра. При изменении влажности внутреннего воздуха условия теплообмена на внутренней поверхности ограждений изменяется незначительно. Тоже можно сказать и о влажности наружного воздуха, и лишь при осадках условия теплообмена на внешней стороне ограждающих конструкций меняется существенно. Тепло расходуется также на испарение влаги при поливе растений. Количество теплозатрат на испарение Q_u определяется водопотреблением растений, которое, в свою очередь зависит от дозы солнечной радиации, проникающей через стеклянную крышу.

Потеря теплоты Q_{un} на подогрев инфильтрирующего наружного воздуха, в большей степени зависит от состояния остекления и разности давления внутри и вне сооружения. Последний фактор, в свою очередь, определяется разностью температур внутреннего и

наружного воздуха, направлением и скоростью ветра.

Теплота солнечной радиации Q_p , проникающая в оранжерею, важнейшая и наиболее стабильная составляющая теплового баланса, зависит от большого числа переменных факторов и главным образом от среднечасовой суммарной солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность почвы. В течение дня суммарная солнечная радиация может изменяться в 5...25 раз. Кроме того, Q_p зависит от степени ослабления светового потока конструктивными элементами стеклянной крыши, высоты стояния солнца, угла падения лучей на остекление и других факторов.

Важная составляющая теплового баланса - это теплота, подаваемая в оранжерею системой обогрева. Функцией системы обогрева оранжереи является возмещение теплопотерь и поддержание постоянного уровня температуры в зоне размещения растений.

В теплый период года температурный режим сооружения формируется иначе. Потери теплоты Q_0 через ограждения уменьшаются, а в солнечные летние дни тепловой поток даже меняет свое направление. Особое значение приобретает потеря теплоты Q_e с вентиляционным воздухом. Кратность воздухообмена в оранжерее зависит от плотности ограждающих конструкций, направления и скорости ветра (при увеличении скорости от 1 до 5м/с температура понижается на 30%), от разности температур внутреннего и наружного воздуха, от степени открытия фрамуг [2].

Перечень переменных параметров, влияющих на температурный режим оранжереи в теплое время года, практически тот же, что и в холодное, но степень влияния некоторых из них изменяется.

Изменение параметров можно условно разделить на быстро- и медленноизменяющимся. Как показали наблюдения, к числу быстроизменяющихся возмущений в первую очередь можно отнести изменение солнечной радиации и скорости ветра, а к медленноизменяющиеся - изменение теплофизических свойств ограждающих конструкций (загрязнение стенок и т. п.). Отметим, что измене-

ние уровня естественной освещенности, скорости ветра и влажности воздуха можно причислить и к медленно изменяющимся, хотя «удельный вес» такой составляющей в них значительно ниже, чем быстроизменяющиеся. Без анализа и учета характера изменения параметров тепло-влажностного режима воздуха в оранжерее невозможно выбрать и рассчитать эффективную систему вентиляции и воздушного отопления данного типа сооружений. Использование воздушного отопления вместо обычных (водяных, паровых и т.д.) позволяет снизить капитальные затраты, металлоемкость системы в 8-12 раз, расход тепла на 15-30 % (вследствие выравнивания температуры воздуха по высоте), повысить эффективность работы системы обогрева в режиме автоматического регулирования из-за малой термоинерционности системы, улучшить световой режим, а кроме того появляется возможность летом охлаждать помещение. При воздушном отоплении одновременно можно регулировать влажность воздуха, температуру, обеспечение растений углекислым газом и кислородом, что приближает оранжерею к помещениям с регулируемым климатом. При обогреве только воздушного пространства обеспечивается тепловой режим в оранжереях.

Системы воздушного отопления могут быть с сосредоточенным или рассредоточенным выпуском нагретого воздуха. Простой и распространенной является система с сосредоточенным выпуском воздуха мощными свободными турбулентными струями. Однако при этом наблюдается большая неравномерность температур (до 12-14°С) и скоростей воздуха в оранжерее, что недопустимо по агрономическим требованиям. В связи с этим, при обогреве сооружений такого типа широкое применение получили системы воздушного отопления с рассредоточенной подачей нагретого воздуха равномерной раздачи воздуха [3].

В последнее время традиционные материалы, используемые для изготовления воздуховодов равномерной подачи воздуха, заменяются на полимерные, обладающие высокими теплотехническими, технологическими и технико-экономическими показателями. В системах вентиляции и воздушного отопления сельскохозяйственных зданий и сооружений

применяют воздуховоды из полиэтиленовой пленки в виде перфорированных рукавов постоянного или переменного сечения. Используют также воздуховоды круглого сечения из полиэтилена (ПЭ) и поливинилхлорида (ПВХ) и воздуховоды, армированные стекловолокном или капроновыми нитями (АПЭ), которые прочнее обычных и практически не подвергаются линейному тепловому расширению.

Существующие методы расчета перфорированных воздухораспределителей из полиэтиленовой пленки для обогрева теплиц позволяют аналитически определить теплотехнические, аэродинамические и конструктивпараметры таких воздуховодов, представляющих собой воздуховоды постоянного сечения (как наиболее технологичные в изготовлении и монтаже) с равномерно распределенными отверстиями ($d_0 = 10-50$ мм) в его боковой поверхности, при которой обеспечивается равномерная теплоотдача по длине (±5%). Методика относится к воздуховодам, имеющим оптимальный параметр канала $1,5 < \lambda l < 2$, диаметр d = 0.15-0,5 м, относительную длину l = l/d = 50-160, по которым транспортируется нагретый воздух $(\phi = 10-70\%)$, получаемый в установках воздушного отопления.

Исходными параметрами для расчета являются: расчетная тепловая нагрузка систем отопления Q_{om} ; начальная температура проточного воздуха t_0 и температура внутреннего воздуха в помещении оранжереи, длина воздухораспределителя l, определяемая из конструктивных условий.

Объемный расход воздуха м 3 /с, в начальном сечении воздухораспределителя определяют по формуле:

$$L_0 = \frac{Q_{om}(273 + t_0)}{342(t_0 - t_d)10^3}; m^3/c$$
 (1)

Оптимальный диаметр м, воздухораспределителя (из условия $\lambda l = 2$) равен

$$d_{onm} = \frac{\lambda l}{2} \tag{2}$$

Для полиэтиленовых воздуховодов коэффициент сопротивления трения

$$\lambda = 0.016 L_0^{-0.1} \rho^{-0.1} \tag{3}$$

где ρ - плотность нагретого воздуха, кг/ м 3 . Оптимальный диаметр воздухораспределителя м,

$$d_{onm} = \frac{4.5 \cdot l \cdot (273 + t_o)^{0.1}}{L_o^{0.1} \cdot 10^3}$$
 (4)

Скорость движения воздуха м/с, в наивысшем сечении воздуховода

$$v_o = 1.27 \frac{L_o}{d^2} \tag{5}$$

 v_0 должна быть в пределах 8-25 м/с. В случае, если полученный диаметр d не удовлетворяет по конструктивным или иным соображениям, а также если скорость воздуха v_0 превышает рекомендуемые пределы, расчет должен быть проведен в другой последовательности: задают диаметр d или начальную скорость v_0 , а затем по формуле (5) уточняют v_0 и d.

Оценивают также параметр канала, который должен быть $\lambda l \le 2$:

$$\lambda \bar{l} = \frac{9 \cdot l \cdot (273 + t_o)^{0.1}}{d \cdot L_o^{0.1} \cdot 10^3}$$
 (6)

Если параметр $\lambda I < 2$, расчет повторяют, приняв больший диаметр воздуховода или изменив его длину.

Относительную площадь отверстий пер-

форации (
$$f = \frac{\sum f_o}{F}$$
 - отношение суммарной

площади отверстий перфорации к площади сечения воздуховода), при которой обеспечивается равномерная теплопередача по длине перфорированного воздуховода, определяют по формуле:

$$\bar{f} = \frac{0.65}{\mu} \sqrt{\frac{\varepsilon_A^2 - 1}{1 - 0.375\lambda \bar{I}}}$$
 (7)

Для полиэтиленовых воздуховодов коэффициент расхода воздуха через отверстия перфорации равен $\mu = 0.6$, тогда

$$\bar{f} = 1.08 \sqrt{\frac{\varepsilon_A^2 - 1}{1 - 0.375 \cdot \lambda \cdot \bar{l}}}$$
 (8)

где, $\varepsilon_A = \frac{w_\kappa}{w_a}$ - отношение скорости истечения

воздуха из отверстий перфорации в конечном и начальном сечении воздухораспределителя.

Диаметр, среднюю скорость по площади и среднюю температуру струи на расстоянии \boldsymbol{x} от плоскости воздуховыпускных отверстий определяют следующим образом:

$$d_x = 6.9 \cdot d_o \left(\frac{0.082 x}{d_o} + 0.145 \right) \tag{9}$$

$$w_x^{op} = \frac{0.095 \cdot d_o \cdot w_x}{0.082x + 0.145d_o} \tag{10}$$

$$t_x^{cp} = \frac{0.226d_o(t_x - t_o)}{0.082x + 0.145d_o} + t_o$$
 (11)

Необходимое полное давление в потоке воздухораспределителя, Па, определяется по формуле

$$P_{n} = \xi \frac{174v_{o}^{2}}{\left(t_{o} + 273\right)} \tag{12}$$

где, **ξ** - коэффициент сопротивления всего воздухораспределителя.

Указанная методика расчета использована для предварительного ориентировочного подбора параметров и характеристик воздуховодов с заданной неравномерностью раздачи воздуха в системе воздушного отопления лаборатории ландшафтной архитектуры Национальной академии природоохранного и курортного строительства (НАПКС).

На основе проведенной проработки материалов по тепловлажностному режиму теплиц, оранжерей и зимних садов для повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций предлагается использовать стеклопакеты и шторные экраны. При увеличении термического сопротивления ограждающих конструкций возможно использовать позонную систему отопления, т.е. поддерживать необходимые температурные параметры только в зоне вегетации растений, постепенно повышая эту зону с ростом растений.

В результате экономической прикидки, определено, что для ограждений теплиц целесообразно применять отечественные стек-

лопакеты с воздушной прослойкой. Использование стеклопакетов позволит снизить годовой расход теплоты на отопление на 45% по сравнению с одинарным остеклением.

выводы

- Прелагаемый вариант воздушного отопления оранжерей и теплиц с применением воздуховодов из полимерных пленок обеспечивает поддержание нормируемых параметров микроклимата, благоприятных для культивации теплолюбивых растений.
- 2. При увеличении термического сопротивления ограждающих конструкций возможно использовать позонную систему отопления, т.е. поддерживать необходимые температурные параметры только в зоне вегетации растений, постепенно повышая эту зону с ростом растений.
- При внесении соответствующих корректив в значения коэффициента теплоотдачи и коэффициента сопротивления трения, по предлагаемой методике можно рассчитывать воздухораспределители не только из полимерных материалов.

- Б.Эрат, Д.Вульстон. Индивидуальные теплицы в современном жилище. М. Стройиздат. 1987.
- 2. В.А.Дроздов, В.К. Савин, Ю.П.Александров. Теплообмен в светопрозрачных ограждающих конструкциях. М.Стройиздат. 1979.
- 3. Эффективные системы отопления зданий. /Под. Ред. В.Е.Мишина/ М. Стройиздат.1988.

Збірник наукових праць «Будівництво та техногенна безпека» 9/2004

Сборник научных трудов «Строительство и техногенная безопасность» 9/2004

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 27 .06 .2004. Формат 60x84 1/8. Гарнитура Times Усл. п. л. 12 . Тираж 350 экз.

Подготовлено к печати в РИО «Крымской академии природоохранного и курортного строительства»

Отпечатано в РИО «Крымской академии природоохранного и курортного строительства»

95019 г. Симферополь, ул. Киевская, 181 тел. (0652) 22-24-59