

Министерство образования и науки Украины
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сборник научных трудов
Выпуск 12

БУДІВНИЦТВО ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Збірник наукових праць
Випуск 12

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

Симферополь
«Национальная академия природоохранного
и курортного строительства»
2005

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, Закусилов М.О., канд. екон. наук., Колесніков В.Я., канд. техн. наук, Лінченко Ю.П., канд. техн. наук, Морозов О.Д., канд. техн. наук, (зам. головного редактора), Панюков Е.Ф., докт. техн. наук, (головний редактор), Саломатін В.М., докт. геол.-мін. наук, Пчелинцева Т.І., (відповідальний секретар), Сапронова З.Д., канд. геол.-мін. наук, Сараєв О.Д., канд. філос. наук, Субботкін Л.Д., канд. техн. наук, Тарасенко В.С., доктор геол.-мін. наук, Трофимцов Ю.А., канд. техн. наук, Федоркін С.І., докт. техн. наук, Шмигальський В.Н., докт. техн. наук, Ячменьова В.М., канд. екон. наук

Затверджено до друку згідно протоколу засідання
вченої ради НАПКБ № 2 від 27.10.2005 р.

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

©Национальна академія
природоохоронного
та курортного будівництва,
2005

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, Закусилов Н.А., канд. екон. наук, Колесников В.Я. канд. техн. наук, Линченко Ю.П., канд. техн. наук, Морозов А.Д., канд. техн. наук, (зам. главного редактора), Панюков Э.Ф., докт. техн. наук, (главный редактор), Саломатин В.Н., докт. геол.-мин. наук, Пчелинцева Т.И., (ответственный секретарь), Сапронова З.Д., канд. геол.-мин. наук, Сараєв А.Д., канд. филос. наук, Субботкин Л.Д., канд. техн. наук, Тарасенко В.С., доктор геол.-мин. наук, Трофимцов Ю.А., канд. техн. наук, Федоркин С.И., докт. техн. наук, Шмигальский В.Н., докт. техн. наук, Ячменева В.М., канд. екон. наук

Утвержден к печати согласно протокола заседания
ученого совета НАПКС № 2 от 27.10.2005 г.

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

© Национальная академия
природоохранного
и курортного строительства,
2005

Оглавление

Раздел 1. Строительные конструкции, здания и сооружения.....	6
Ажермачев Г.А. О воздействии льда на опоры морских платформ при его подвижке	6
Ажермачев Г.А. Уникальное висячее большепролетное покрытие на прямоугольном плане	10
Богуцкий Ю.Г. Влияние прочности раствора вертикальных и горизонтальных швов на несущую способность каменной кладки	14
Емельянов М.П., Литовченко П.А., Коротков А.Н. Испытания анкеров в фундаментах для крепления колонн и стен	17
Кириленко В.Ф., Кузенков М.Ю. Деформативность и исчерпание несущей способности деревофанерных балок с наклонным расположением рубашки фанеры	21
Константинов В.А., Линченко Ю.П., Васильев М.В. Предварительные исследования напряженно-деформированного состояния узлов анкеровки экструзионных многупустотных плит	26
Линченко Ю.П., Васильев М.В. Дефекты незавершенного здания из монолитного железобетона и предложения по их оценке	32
Линченко Ю.П., Константинов В.А. Методика численного моделирования анкерного узла многупустотных экструзионных плит непрерывного формования	37
Литовченко П.А., Емельянов М.П. Уроки реконструкции здания по ул.Морская, 1а в г.Ялта	44
Панюков Э.Ф., Алексеенко В.Н. Обеспечение сейсмостойкости реконструируемого корпуса №2 МЦО «Юность» в г. Алуште	52
Пермяков В.А., Ажермачев С.Г. К вопросу действительной работы угловых швов в комбинированных сварных соединениях при циклических нагрузках	58
Трофимцов Ю.А., Сребняк В.М., Балакчина О.Л. Расчет стальных тяжей, усиливающих каменные стены	61
Федоркин С.И., Ажермачев Г.А., Козловский Л.К., Беспалов С.М., Козловский А.Л. Аварии на Чернобыльской АЭС двадцать лет	65
Раздел 2. Основания и фундаменты, механика и сейсмостойкость.....	68
Барыкин Б.Ю., Андронов А.В. Определение расчетных значений сопротивления грунтов сдвигу при нахождении вида кривой скольжения откосов	68

Ефремов А.В., Смирнов Л.Н. Закономерности проявления оползневых процессов ...	73
Рязанова Н.И. Интегральный инженерно-геологический прогноз влияния сооружений и поведение грунтового массива под воздействием факторов оползнеобразования	81
Сильченко К.В. Расчет удерживающих противооползневых сооружений в виде свай-шпон на «переползание».	86
Сухорученко С.К. Влияние изменения физических и набухающих свойств набухающих глин на экологическую безопасность при хозяйственном освоении территории (на примере предгорного Крыма).	89
Цмыкал Д.А. Сейсмометрический анализ производственных шумов.	92
Раздел 3. Строительные материалы и изделия	98
Лісневський Р. В. Інформаційне моделювання процесу прийняття рішення при проектуванні склопакетів.	98
Орловская Е.В., Чак Н.А. Микробиологическая и химическая коррозия бетонов, в том числе, модифицированных серой	101
Орловский Ю.И., Ассаль И. Ползучесть и длительная прочность серного бетона	108
Орловский Ю.И., Гулин Д.В., Старченко А.Ю. Защита строительных конструкций от ионизирующего излучения с использованием гипсовых строительных плит	111
Раздел 4. Технология промышленного и гражданского строительства	115
Акимов Ф.Н. Оценка эффективности выполнения земляных работ в различных условиях	115
Корохов В.Г., Бурова И.В., Гармаш М.А. Расчет размеров формующей головки шнекового пресса для кирпича, труб, пластмасс	117
Морозов А.Д., Жидов С. Н., Чередниченко И. А. Результаты исследования систем очистки воздуха пневморазгрузчиков пылевидных грузов	120
Эльжбета Шафранко Возведение монолитных конструкций с применением сборно-разборных переносных формирующих устройств	122
Хазанзун М.С. Внедрение передового опыта и новых технологий в тресте «Перекопхимстрой» – один из важнейших факторов сокращения сроков строительства и повышения эффективности	127
Раздел 5. Техногенная безопасность	129
Ветрова Н.М. Системно-целевой и функционально-технический подходы экологического менеджмента для рекреационных территорий	129
Забелина Л.А., Сараев А.Д. Научно-техническая революция и глобальные	

проблемы современности: возможные последствия и социальные альтернативы.....	134
Зенкова Г.Ю., Акуличева Е.Ю. Применение ионообменных смол для изучения сбалансированности экосистем	140
Локтионова Т.А., Ковалев А.А., Маяк Т.Н. Экологически и экономически сбалансированный выбор строительных материалов	147
Мищенко Д.Н. Общественное экологическое движение в Крыму (проблемы, задачи, перспективы)	151
Пашенцев А. И. Оценка и управление экологическими рисками	153
Сараев А.Д., Щербина О.А. Системный подход, системный анализ и новейшие информационные технологии	156
Раздел 6. Водообеспечение и водоотведение, гидромелиорация, теплоснабжение и энергетика	
164	
Афанасьева М.Ю. Необходимость реформирования водного хозяйства на примере феодосийского региона АР Крым	164
Боровский Б.И., Федкевич Д.А. Особенности перевода газовых котельных на уголь.	168
Бойчук С.Д., Сафонов А.Н., Мякишев В.А., Котовская Е.Е. Предотвращение образования хлорорганических соединений на станциях очистки днепровской воды в Крыму.....	170
Гироль М.М., Гироль А.М., Бойчук С.Д., Мякішев В.О., Ковальський Д. Дослідження процесу відстоювання в статичних умовах технологічних стоків водоочистних фільтрів Сімферопольської фільтрувальної станції “Петровські скелі”, оброблених реагентом $FeCl_3$	177
Гироль Н.Н., Гироль А.Н., Якимчук Б.Н., Бойчук С.Д., Котовская Е.Е. Методы обезвреживания производственных отходов водопроводных очистных сооружений	183
Корбан Д.В. Радиолокационное обнаружение в атмосфере загрязняющих веществ различного происхождения	187
Парак Т.Ю. Изменение развития основных экзогенных геологических процессов в зоне влияния днепродзержинского водохранилища	192
Тимченко З. В. Оценка среднемноголетних характеристик годового стока рек северо-восточных склонов Главной гряды Крымских гор	196

Раздел 1. Строительные конструкции, здания и сооружения

УДК 624.042.42

Ажермачев Г.А., к.т.н., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

О воздействии льда на опоры морских платформ при его подвижке

Рассматривается воздействие льда на опоры морских платформ при его подвижке. Показаны последствия ледовых воздействий на опорные конструкции. Предлагаются подходы к определению возможных максимальных нагрузок на опоры при подвижке льда.

лед, подвижка, разрушение, опора, напряжения.

Стремительный рост потребности в нефти и газе приводит к необходимости освоения не только материковых месторождений углеводородов, но и к освоению месторождений на шельфе морей и океанов. Материковые запасы углеводородов на Украине не могут обеспечить потребности. Увеличение добычи нефти и газа геологи связывают с освоением шельфа Черного и Азовского морей.

Все это требует решения сложнейших задач при освоении месторождений и в первую очередь создания морских платформ (МП) для обеспечения разведки и добычи углеводородов.

Азово-Черноморский шельф это специфический регион, где высокая сейсмическая опасность. В водах Черного моря высокая концентрация сероводорода. Азовское море ежегодно покрывается льдом, толщина которого достигает 500 мм и более и др. Не учитывать эти факторы при строительстве морских платформ нельзя. В данном сообщении остановимся на одной из проблем – воздействии льда на опорные конструкции при его подвижке. Такое явление наблюдается ежегодно в Азовском море, а при суровых зимах может наблюдаться и на шельфе Черного моря.

В конце 70-х годов XX века на шельфе Азовского моря предполагалось построить первую в СССР ледостойкую железобетонную платформу. Опора такой платформы представляла собой многогранный железобетонный цилиндр диаметром 8 м с толщиной стенки 1 м. Опора закреплялась 16 вертикальными сваями, которые проходили внутри стенок цилиндрической части и забивались в грунт.

При строительстве опорной конструкции для платформы сказалось отсутствие опыта возведения подобных сооружений на шельфе, где имеют место подвижки ледовых полей. В Азовском море при северо-восточных ветрах в феврале-марте наблюдаются подвижки ледовых полей. И в первую зиму опорная конструкция строящейся платформы не выдержала натиска льда и накренилась (рис. 1). Это послужило хорошим опытом при строительстве последующих стальных морских стационарных платформ “Стрелка-2”, “Стрелка-5” и др. (рис. 2), которые были построены в начале 80х годов и до настоящего момента дают газ Крыму. Однако сегодня еще не решена до конца проблема определения фактических ледовых нагрузок на опорные конструкции морских сооружений при воздействии ледовых полей и отдельных льдин.

Наличие ледяного покрова в значительной степени осложняет условия работы нефтедобывающих и газодобывающих гидротехнических сооружений. Движение отдельных льдин и ледяных полей приводит к большим горизонтальным нагрузкам на опорные конструкции. Опорные конструкции должны полностью воспринимать эти нагрузки.

Разновероятное направление усилий при воздействии льда в морских условиях приводит к необходимости выполнения такой ледорезной ча-

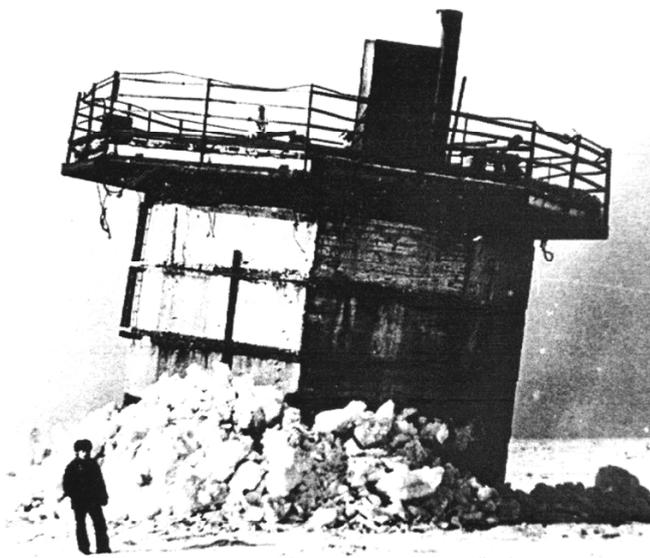


Рис. 1. Наклон железобетонной опоры при подвижке льда (Азовское море)

сти опоры, форма которой в плане обладала бы круговой симметрией. Этому требованию в лучшей степени отвечают круговые или многогранные формы в плане. Но это еще не решение проблемы.

Ледовые нагрузки на опорные конструкции морских платформ зависят от многих факторов, главными из которых являются:

- скорость деформаций льда и конструкции при их взаимодействии;
- механика упругой и пластической деформации ледового покрова;
- характер концентрации напряжений в ледовом покрове в зоне соприкосновения с опорой;
- характер последовательности разрушения льда около конструкции;
- динамическая характеристика сооружения и конструкции в зоне контакта со льдом;
- характер сил, движущих ледовый покров и др.

Воздействие льда может привести к резонансным явлениям в опорных конструкциях.

Исследования многих ученых по данным проблемам направлены в основном на детальное изучение физических закономерностей разрушения ледовых полей в зоне контакта с опорами и построения уточненных математических моделей на основе данных наблюдений [1 – 8].

Одно из направлений связано с построением моделей взаимодействия льда и сооружения с использованием теории вдавливания жестких штампов в ледовое поле как жесткопластическую среду. В этом случае необходимо располагать критериями прочности этой среды. Приближенное значение предельной нагрузки на опору можно представить в таком виде

$$P = \sigma_c \cdot \left(1 + C \cdot \frac{h}{D}\right) \text{ кг/см}^2, \quad (1)$$

где σ_c – прочность льда на одностороннее сжатие;

h – толщина ледового поля;

D – ширина (диаметр) опоры;

C – коэффициент, зависящий от толщины ледового поля. При толщине ледового поля $h = 10 - 60$ см он линейно изменяется от 1 до 3.5.

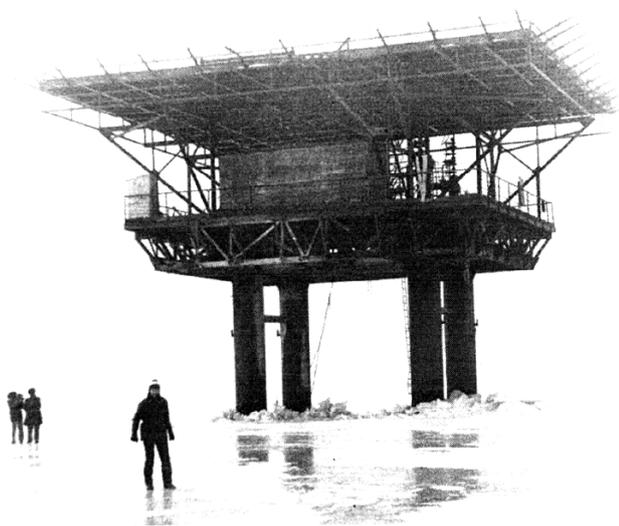


Рис. 2. Стальная ледостойкая платформа «Стрелка-2» (Азовское море).

В формуле (1) не учитывается скорость движения льда. При увеличении скорости движения ледяного поля величина σ_c должна возрастать (как и для других материалов при увеличении скорости нагружения).

Экспериментальные исследования многих авторов с прорезанием льда цилиндрической опорой [4 – 8] не дают однозначной картины разрушения льда и значения максимального давления на опору. По-видимому сказывались условия проведения экспериментальных исследований (температура льда, температура окружающего воздуха, скорость давления, структура льда, толщина льда, диаметр опоры и т.д.), в работах не приводятся значения критериев подобия, поэтому нельзя сделать вывода о соответствии полученных данных реальному процессу взаимодействия льда и сооружения.

Следует иметь в виду, что лёд имеет кристаллическую структуру и контакты его с поверхностью опоры происходят в отдельных точках, которые последовательно разрушаются, образуя новые, в результате чего в нем постепенно появляются трещины.

На характер разрушения ледового поля и значения ледовой нагрузки существенное влияние может оказать локальная податливость стенок сооружения.

Другое направление исследований связано с использованием численных методов, в первую очередь, метода конечных элементов (МКЭ) для определения предельного значения нагрузки при разру-

шении льда в зоне контакта с опорой за счёт дробления. При этом ледяное поле должно рассматриваться как плита на винклеровском основании, заменённая дискретной средой в виде трёхмерных и одномерных отдельных элементов. Учёт выталкивающего эффекта воды (винклеровского основания) достигается за счёт приравнивания нулю жесткостей элемента в тангенциальном направлении, а жёсткость в нормальном направлении принимается равной коэффициенту постели. При этом одна поверхность элемента крепится жёстко, а вторая деформируется совместно с поверхностью трёхмерного элемента. Конструкция самой опоры (цилиндра) может быть разбита также на конечные элементы.

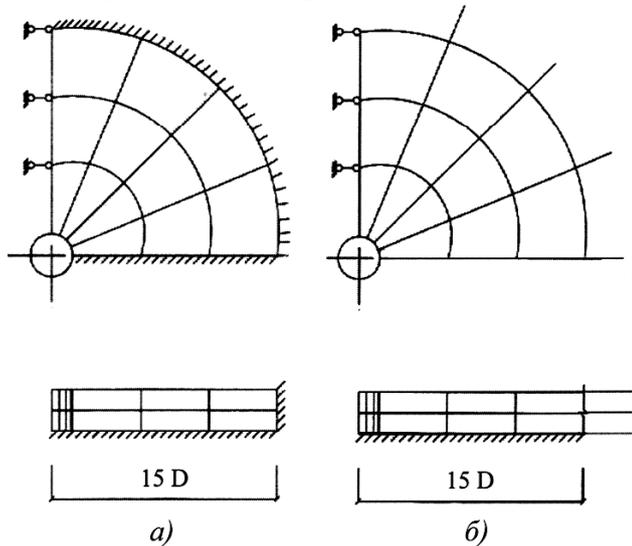


Рис. 3. Расчетные схемы взаимодействия ледового поля и цилиндрической опоры:

- а) схема с жестким закреплением контура плиты;
б) схема с использованием одномерных полубесконечных элементов.

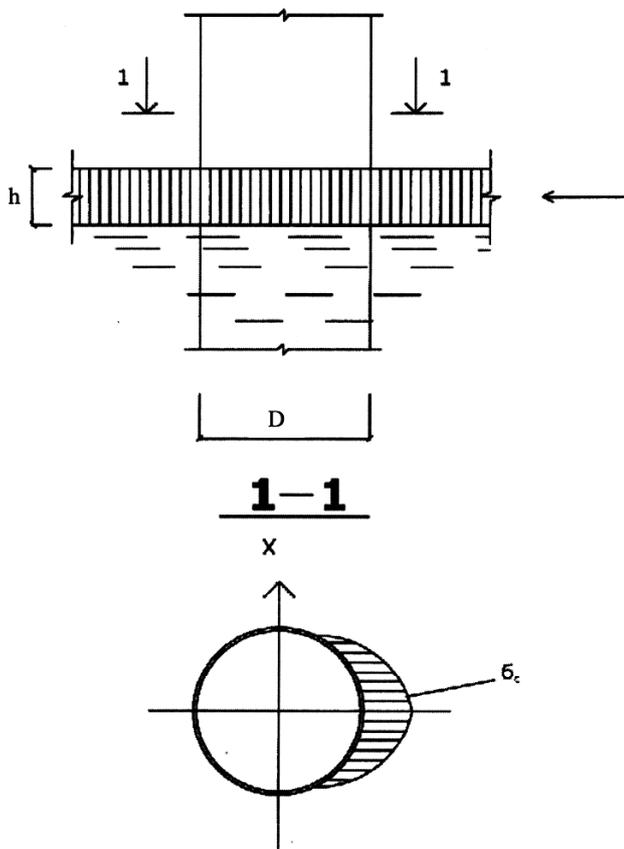


Рис. 4. Расчетная схема давления льда на цилиндрическую опору.

Расчёт следует производить по двум расчётным схемам (рис. 3а,б).

В зоне контакта льда и опоры может быть принято жесткое или свободное крепление. При расчёте по заданным перемещениям по контуру плиты в зоне контакта с опорой находят значения давления льда. Ледовое поле рассматривается как вязкоупругая плита изотропная в плане и ортоплотная в вертикальном направлении, с различными модулями упругости по толщине.

Верхний слой льда более прочный, чем нижний. Экспериментальные исследования, произведенные в МИСИ [3] и других организациях [6, 7], дают примерное соотношение модулей упругости верхних слоёв льда к нижним $E_b/E_H = 3$. Коэффициент Пуассона в горизонтальном и вертикальном направлениях в ледяной плите соответственно равен 0.4 и 0.25.

Учитывая, что верхние слои льда имеют более высокий модуль упругости при одной и той же деформации льда (подвижке), разрушение начинается с верхних слоёв, т.к. напряжения льда в этой зоне выше. Происходит выкол в верхнем слое льда, а затем разрушается и нижняя, ослабленная часть, образуя торосы (рис. 1).

Точное определение фактических ординат давления льда на опору в каждом конкретном случае сложно, т.к. это зависит от структуры льда, его механических характеристик, температуры, солёности, формы конструкции, скорости подвижки и т.д., поэтому при определении максимальной силы, действующей на круглую опору (рис. 4), можем воспользоваться приближённым выражением

$$P_{\max} = \sigma_c \cdot D \cdot h \cdot \sin \frac{\pi\chi}{D} \quad (2)$$

Имеется много предложений, позволяющих уменьшить горизонтальную силу на опору и повысить эксплуатационную надёжность сооружения, однако они не находят широкого применения [9–12].

ВЫВОДЫ

До настоящего времени отсутствует рабочая методика определения предельной горизонтальной силы на опорные конструкции морских платформ при воздействии отдельных льдин или ледовых полей.

Существующие методики определения максимальной горизонтальной силы на опорные конструкции дают разные значения этих сил.

Для повышения надежности ледостойких морских платформ необходимо предусматривать конструктивные решения, которые бы гарантировали снижение нагрузок на сооружение при подвижке льда. Некоторые рекомендации приводятся в [9 – 12].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Лавров В.В. Деформация и прочность льда. Л. Гитрометеиздат, 1969, 206 с.
2. Доронин Ю.П., Хейсин Д.Е., Морской лед, Л. Гитрометеиздат, 1975, 304 с.
3. Копайгородской Е.М., Вершинин С.А., Исследовательские ледовые воздействия на опоры морских площадок./Нефте-промышленное строительство, № 12, 973, с. 22 – 24.
4. Sea ice stressos near grounded obstacles. Sackinger W.M., Nelson R.,D., “Proc. 11 th Annu. Offshore, Technol. Conf. Houston, Tex., 1979, Vol. 3”, Dallas, Tex; 1979. 1495-1502
5. Crushing ice fonses on cylindrical structures Morris C. E. , Sodhi D. S., “IAHR, ice Symposium “ , 1984, Hamburg , v. 11, 1-10
6. Field indentation test on cylindrical structures. Inoue M., Koma N. “ POAC-85” , Greenland, 1985. Vol. 2, 555-568
7. Model test and analytical simulation on fracture machanism of ice. Yamashita M. “POAC-85” , Greenland, 1985, Vol. 1, 195-204.
8. Афанасьев В.П. Давление льда на морские отдельно стоящие опоры. /Труды ААНИИ, том 300, 1972. С. 61 – 80.
9. А. С. № 933871, Е 02В15/02, Бюл. №21, 07,06,82. Устройство для защиты гидротехнических сооружений от воздействия льда /Г. А. Ажермачев, В. А. Митрофанов, Я. С. Берникер. (СССР). Бюл. № 21., 1982.
10. А. С. №1624080, Е 02В15/02. Бюл. №4 , 1991. Устройство для защиты гидротехнических сооружений от воздействия льда / Г. А. Ажермачев, Ю. Я. Литвинов (СССР) Бюл. № 4, 1991.
11. А. С. №1663118. СССР Е 02В15/02 Устройство для защиты гидротехнического сооружения от воздействия льда /Г. А. Ажермачев, В. В. Сергеев, Ю. Я. Литвинов. (СССР). Бюл. №26, 1991
12. Пат. 4.230.423 США. Е02В 17/00. ICE BREAKING APPRATUS FOR STRUCTURE FOR USE IN ICY WATERS (Japan). Masanao Oshima; Mikihisa Komoto; Shoichi Yabuki; Tsuneo Inokawa. Oct. 28. 1980

Ажермачев Г.А. к.т.н., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Уникальное висячее большепролетное покрытие на прямоугольном плане

Посвящается памяти Попова Г.Д.

Показано конструктивное решение висячего покрытия на прямоугольном плане, позволившее обеспечить собственную стабилизацию за счет жесткой мембраны. Приводится способ монтажа большепролетного покрытия

покрытие, мембрана, стабилизация, закрепление, жесткий контур, опоры.

В последние годы в отечественной и зарубежной практике все больше получают применение пространственные конструкции для покрытий большепролетных сооружений. Они обладают высокой эффективностью по сравнению с покрытиями из плоских форм конструкций. Особенно эффективно используются механические характеристики сталей и алюминиевых сплавов в висячих системах [1].

Применение таких конструктивных решений позволяет снизить массу покрытия, что немаловажно при строительстве большепролетных сооружений, и особенно в зоне с высокой сейсмичностью.

Известно, что в висячем покрытии для восприятия усилий от растянутых элементов требуется устройство мощного опорного контура. Эта проблема усложняется, если форма покрытия в плане представляет собою не круглую форму.

Такую проблему пришлось решать при строительстве ресторана на 4000 посадочных мест для гостиницы «Ялта» в г. Ялта (рис. 1).



Рис. 1 Ресторан на 4000 посадочных мест в г. Ялта



Рис. 2. Строительство ресторана «Ялта»

В соответствии с заданием архитекторов необходимо было разработать проект висячего покрытия прямоугольного в плане, опирающегося на два пилона с наклонными опорами (пилонами) (рис. 2).

Проект висячего покрытия разработал Попов Г.Д. (ЦНИИПроектстальконструкция г. Москва).

Это сооружение уникально не только по своему конструктивному решению, но и поучительно по способу монтажа.

Первоначальный проект, предусматривал чисто висячую схему покрытия, в которой кровлю поддерживали гибкие канаты, распор от которых воспринимался двумя наклонными решетчатыми фермами. Недостатком этой схемы было то, что для стабилизации системы при несимметричных нагрузках, покрытие должно было иметь достаточный вес, а его мог обеспечить вес железобетонных плит, что со своей стороны приводило к значительному увеличению материалоемкости всего сооружения.

Вторым недостатком являлось необходимость создания ферм, воспринимающих распор от канатов при пролете 56 метров, что приводило к очень тяжелой конструкции этих ферм и большой их

высоте, при которой фермы составляли значительную долю от общей площади покрытия так, что свойства легкой висячей конструкции не могло быть как следует реализовано.

В принятом варианте гибкая висячая схема заменена жесткой висячей оболочкой, состоящей из двух обшивок, натянутых на каркасах и соединенных решетками, создающих заданную жесткость всей конструкции. Для возможности работы обшивок на сжимающие усилия, возникающие при несимметричных воздействиях нагрузки, им придается соответствующее предварительное растягивающее напряжение.

Остальная часть конструкции - пилоны, оттяжки и торцевые стойки - оставлены аналогично первоначальному проекту, но конструкция их изменена в результате облегчения постоянной нагрузки и уменьшения всех связанных с ней усилий.

Кроме того, конструкция пилонов дополнительно облегчена за счет применения конструкций с предварительно напряженными обшивками.

Основные размеры покрытия оставлены такими же как в первоначальном варианте, а именно:

1. Пролет покрытия (расстояние между точками опирания на подкосы) 51,2 м.
2. Полная длина покрытия по горизонтали (включая свесы консолей) 63,6 м.
3. Полная ширина покрытия между наружными боковыми стенками 55 м.
4. Расстояние по ширине между точками опирания на пилоны 65,0 м.
5. Стрелка провеса покрытия, по отношению к хорде, соединяющей опорные точки - 4,0 м.
6. Правая сторона покрытия поднята по отношению к левой, разница отметок составляет 2,76 м.
7. Толщина покрытия (расстояние между двумя обшивками) составляет 1,0 м.
8. Пилоны имеют несимметричное расположение. Два левых (передний и задний) имеют длину 26 м и наклон 1:1,3, два правых - длину 35,9 м. и наклон 1:1,63.

Покрытие представляет из себя вогнутую оболочку общим размером 59,6x63,6 м., наклоненную под углом 3° к горизонту и опертую на четыре основные точки, расположенные по углам прямоугольника со сторонами 65 и 51,2 м.

Такое опирание приводит к работе оболочки в двух направлениях но в то время как вдоль опоры могут воспринимать горизонтальные усилия, то поперек пролета такие усилия не могут быть восприняты опорами и ставятся специальные распорные балки на которые эти усилия могут быть переданы.

По ширине покрытие состоит из двадцати секций размером по 3,0 м, выбранного из условия перевозки.

По длине каждая секция разделена на 5 одинаковых частей длиной 11,371 м (по дуге). Таким образом вся основная часть покрытия состоит из ста блоков одинакового размера 3,0x11,371 м. Блок собирается из двух щитов - верхнего и нижнего, соединяемых треугольной решеткой из одиночных уголков.

В проекте разработано три основных типа панелей покрытия. Самый тяжелый блок состоит из двух одинаковых щитов с обшивкой $t = 4$ мм и уголками каркаса L 125x80x10 из Ст. 10Г2С1. Средний блок имеет обшивку обоих щитов толщиной $t=2$ мм, уголки верхнего каркаса как в тяжелом блоке, уголки нижнего каркаса L 100x63x8. Легкий блок состоит из двух одинаковых щитов с обшивкой $t=2$ мм и каркасом из уголков L 100x63x8.

Кроме того, имеются поперечно расположенные панели шириной 2 м, уголки которых L 160x100x14 образуют пояса торцевых балок, и легкие поперечные панели, образующие консольные козырьки разной ширины по двум сторонам здания. Перед сваркой каркаса все продольные элементы его отвальцевываются по окружности $R=100$ м, отвечающей окружности оси покрытия.

Для создания предварительно растягивающего напряжения в обшивке каркас упруго выгибается по заданной окружности. Для верхних щитов при выгибе создается еще большая кривизна по окружности $R=70$ м, а для нижних щитов, наоборот каркас распрямляется до горизонтального положения. Выгиб производится на стендах, имеющих надлежащую форму, путем притягиванием каркаса к стенду. После выгиба на каркасе расстилается обшивка, предварительно сваренная вдоль из двух листов рулонной стали толщиной 2 мм на всей кровле и 4 мм для панелей по краям покрытия.

В верхних щитах обшивка получает дополнительно предварительное растяжение путем укладки обшивки на каркас, выгнутый по $R=70$ м с помощью подкладок и приварки концов обшивки к каркасу, после чего подкладки убираются и обшивка под действием собственного веса получает предвари-

тельное растяжение. Если обшивка не прилегает к каркасу под действием собственного веса, ее прижимают постепенно приваривая к каркасу от середины к опорам.

Окончательная предварительно напряженная обшивка получается после обратного выгиба ее до проектной кривизны и закрепления путем постановки вертикальной решетки и уголков L 63x5, прикрепляемых к полке уголка каркаса одним болтом $d=20$ мм. Приварка обшивки производится полуавтоматами в среде защитного газа. В том случае, если рулонная сталь по краям имеет волнистость в ней перед приваркой создают небольшое растяжение с помощью специальных натяжных приспособлений.

В результате создания предварительных растягивающих напряжений в обшивках в элементах каркаса получается сжимающее напряжение, которые в дальнейшей учитывались в расчете. Между собой блоки соединялись вдоль пролета болтами, стягивающими полки торцевых поперечин, а обшивки перекрывались накладками из полос 70x4 мм, привариваемых к горизонтальным полкам уголков; при $t_{\text{общ}}=4$ мм накладки берутся 70x8.

Между собой секции также соединялись накладками, привариваемыми к полкам продольных уголков, кроме того по поперечным стыкам между балками устанавливались связи из одиночных уголков L 63x5.

На концах средних секций для восприятия горизонтальных сил между ногами пилонов устанавливались распорные торцевые балки. Рабочее сечение этих балок образовывалось из двух уголков: поперечных, консольных и стенки, состоящей из трех вертикальных листов толщиной 12-10-12 мм. В местах больших сжимающих нормальных сил и изгибающих моментов сечение балки усиливалось двумя вертикальными листами $t=12$ мм и горизонтальными листами 360x12 мм вверху, 360x20 внизу панели.

Наружные стороны покрытия по фасаду и по бокам элементов, образующие консольные свесы, закрывались специальными щитами шириной 1,0 м, состоящими из каркаса и обшивки толщиной 2,0 мм. При изготовлении перед приваркой обшивки каркас изгибался по окружности $R=100$ м.

При сборке щиты прикреплялись болтами к крайним элементам конструкции и при распрямлении в обшивке создавалось предварительное растягивающее напряжение.

На углах покрытия устанавливались специальные консольные балки размером 13,375x2,920 м, передающие усилие с оболочки на пилон. Эти балки имели сплошную обшивку с двух внешних сторон.

Для передачи опорных усилий от балок на пилоны к крайним секциям прикреплялись специальные элементы, сваренные из листов толщиной 20 мм, на концах которых имелись консольные выступы, опирающиеся на оси вставленные в оголовки пилонов.

Для того, чтобы края покрытия под действием нагрузки не провисали в поперечном направлении под торцевые распорные балки ставились стойки, с расстоянием до 19,2 м. Эти стойки имели переменное сечение, составленное из четырех уголков 140x10 так, что средняя часть имеет постоянную ширину 280 мм, а концы утоньшаются к опорам до 140 мм. Внизу стойки опирались на специальные балки нижней конструкции здания.

Пилоны состоят по длине из трех основных элементов и четвертого короткого оголовка, в котором закрепляется ось шарнира. Оголовок сваривается из листов толщиной $\delta=25$ мм.

В поперечном сечении пилон вверху имеет ширину 1000 мм, а внизу – 4800 мм. При этом в нижней части он разделяется на две ноги. Боковые стороны, наоборот, около опор имеют ширину 1000 мм и в верхней части – 2000 мм.

Панели имеют каркас, состоящий из уголков L 160x20, поставленных по контуру и промежуточных поперечин из гнутых швеллеров 60x40x3. Обшивка толщиной 2 мм.

Для создания предварительного напряжения в обшивке каркас упруго изгибался по окружности $R=80$ м для малого пилона и $R=95$ м для большого пилона.

В таком положении на него укладывались деревянные подкладки разной толщины, создающие плоскость заподлицо с уровнем торцевых элементов. На выровненную таким образом плоскость укладывалась обшивка и приваривалась сначала к элементам крайних панелей (торцевым поперечинам), после чего подкладки убирались и обшивка получала

начальное напряжение. В таком положении приваривалась.

Остальную часть обшивки, если она не прилегала к каркасу под собственным весом, прижимали, постепенно приваривая от середины к опорам.

Окончательно предварительное напряжение обшивка получала при сборке пилона, когда все панели распрямлялись и взаимно удерживали друг друга. При соединении двух уголков соседних панелей образовывалось коробчатое сечение, которое соединялось двумя сварными швами. При этом снаружи накладывался тонкий сплошной шов, а внутри – шов прерывистый. Во избежание больших усадочных напряжений при наложении швов и потерь предварительного напряжения их выполняли обратно ступенчатым способом.

В местах соединения элементов пилона, которые выполнялись на болтах и путем приварки обшивки, ставились поперечные связи из одиночных уголков.

Для возможности передачи усилий, которые возникают в результате несовпадения опорного усилия с направлением пилонов, а также при горизонтальных нагрузках, действующих вдоль покрытия – верхние части пилонов соединены со специальными анкерными фундаментами тягами из двух полос 160х32, расставленных на расстоянии 30 мм, с дополнительной продольной прокладкой 120х20 мм.

Все элементы каркасов покрытия выполнены из стали ВСт3пс, кроме каркаса усиленных панелей из L125х80х10 и L160х100х14, которые делаются из Ст. 10Г2С1, а обшивки покрытия и пилонов из рулонной стали ВСт3кп.

Опорные элементы, оголовки пилонов, консольные балки и контурные элементы каркаса пилона, а также опорные части под пилонами – выполнены из низколегированной стали 10Г2С1.

Сварка каркасов производилась электродами Э42, а приварка обшивки и сварка панелей пилонов между собой полуавтоматами в среде защитного газа.

Болты нормальной точности из стали 3.

По окончании изготовления конструкции покрывались грунтом ФЛОЭК, а после сборки окрашивалась за 2 раза свинцовым суриком на натуральной олифе. Общий расход стали по осуществленному варианту составил 585, 1 т.

По первоначальному варианту расход металла определялся в 780 т.

Таким образом расход стали по выполненному варианту меньше на 27% ,что позволило получить экономию в стоимости 30%.

Надо не забывать и такой фактор, как высокую сейсмичность площадки строительства. Осуществленное конструктивное решение покрытия позволило снизить сейсмическую силу на сооружение на 30%.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Справочник проектировщика. Том 2. Стальные конструкции зданий и сооружений. / Под общей редакцией В.В. Кузнецова/ М. АСВ, 1998, 512 с.

Богуцкий Ю.Г., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Влияние прочности раствора вертикальных и горизонтальных швов на несущую способность каменной кладки

Приведены некоторые результаты экспериментальных испытаний каменной кладки в лабораторных условиях на примере каменных столбов сечением 40x40 см высотой 1,0 м.

каменная кладка, прочность, деформативность материалов

В последнее время возросло число реконструируемых зданий старинной постройки. В этих зданиях кладка стен практически полностью не соответствует конструктивным требованиям современных норм проектирования как для сейсмических районов, так и для сейсмических районов [1,4].

В соответствии с существующими нормами проектирования каменная кладка рассчитывается как однородное изотропное тело при одноосном сжатии. Однако известно, что фактически каменная кладка находится в сложном напряженно-деформированном состоянии, из-за неоднородности прочности материалов кладки. Различают следующие факторы, определяющие неоднородность [3]:

- неоднородность строения материалов кладки (камня и раствора), вызывающая изгиб камня в кладке;
- различие физических свойств камня и раствора кладки;
- дефекты каменной кладки.

В данной работе рассматривали параметры растворных швов, влияющих на несущую способность каменной кладки.

Влияние качества заполнения горизонтальных и вертикальных швов на несущую способность наблюдали при испытаниях образцов кладки при центральном сжатии. В качестве образцов были приняты столбы сечением 0,4x0,4 м высотой 1,0 м, выполненные из материалов крымского природного происхождения со следующими характеристиками составляющих кладки: образец №1 – прочность камня $R_1=40$ кг/см², прочность раствора $R_2=45,4$ кг/см²; образец №2 – прочность камня $R_1=60$ кг/см², прочность раствора $R_2=16,6$ кг/см²; образец №3 – прочность камня $R_1=50$ кг/см², прочность раствора $R_2=0,61$ кг/см²; (рис. 1).

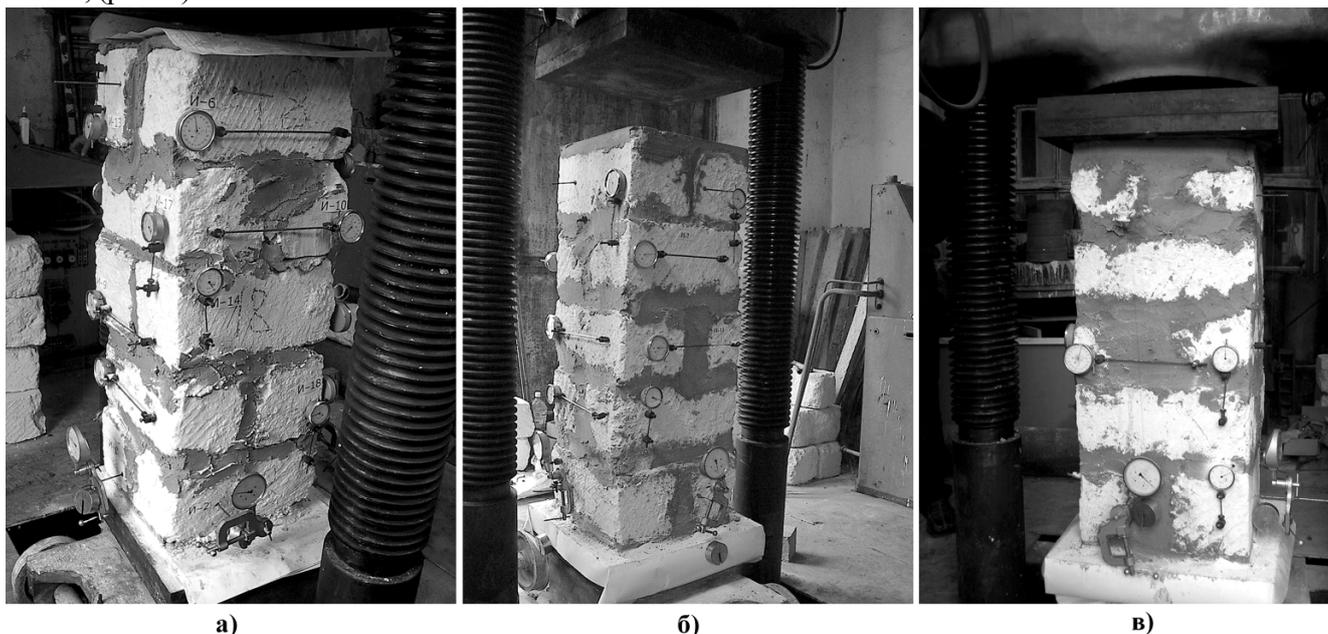


Рис. 1. Образцы каменной кладки

а – каменный образец №1; б – каменный образец №2; в – каменный образец №3.

Каменный образец, подготовленный к проведению экспериментальных исследований, нагружали до уровня 0,1 от разрушающей нагрузки. После чего образец полностью разгрузили и

снимали показания измерительных приборов. Такая методика загрузки позволила сократить до минимума влияние на результаты измерений таких случайных факторов как процесс обжаривания опорных поверхностей образца, наличия случайных эксцентриситетов и т.д.

Испытание образцов проводили в следующей последовательности:

- гидравлическим прессом задавали ступень нагрузки;
- снимали отсчеты измерительных приборов (рис. 2);
- производили выдержку образца под нагрузкой в течение 10 мин;
- после выдержки снимали отсчеты измерительных приборов.

Деформации кладки замеряли приборами часового типа с ценой деления 0,001 мм, которые устанавливали по граням каменных образцов (рис. 2).

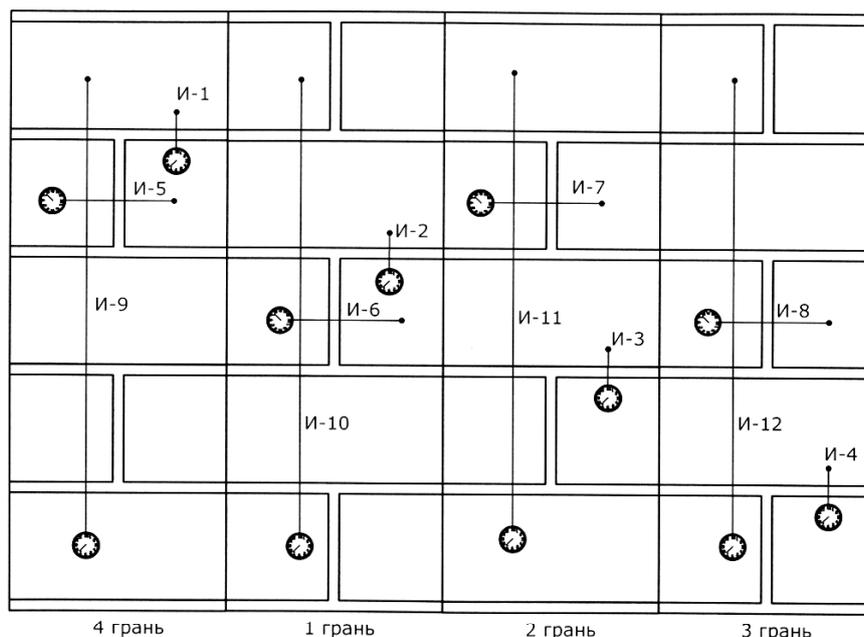


Рис. 2. Развертка каменного образца со схемой размещения измерительных приборов

Далее производили загрузку образцов до их полного разрушения (рис. 3).

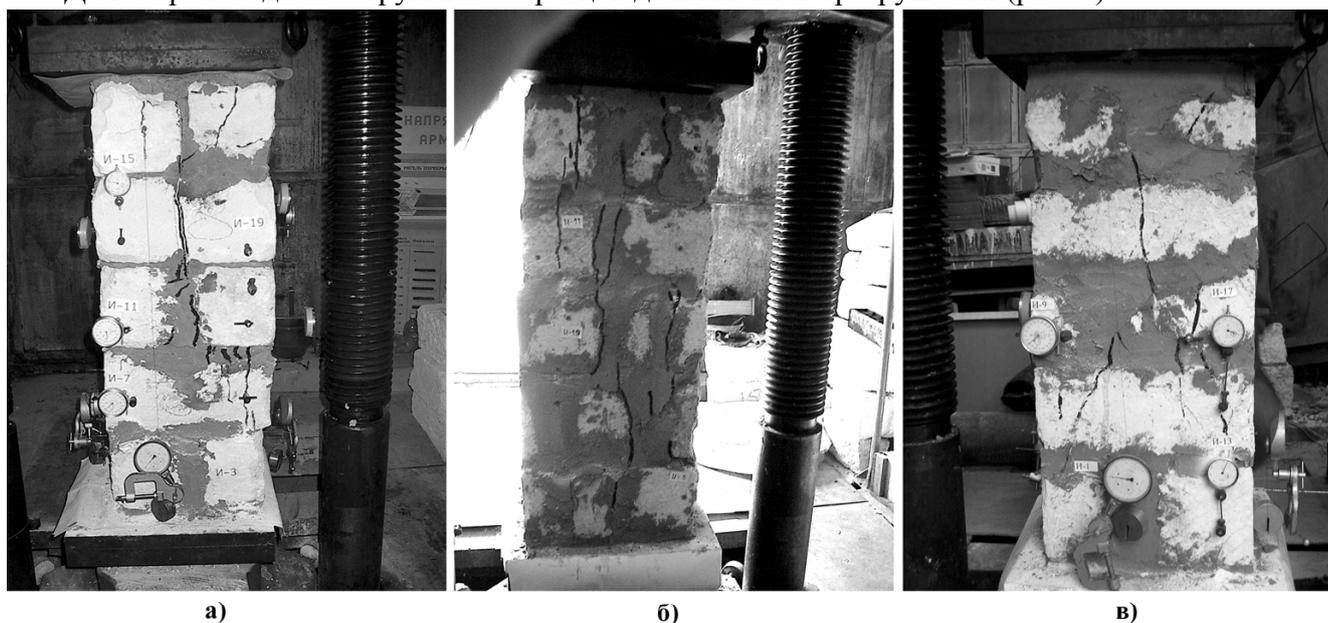


Рис. 3. Разрушение каменных образцов: а – каменный образец №1; б – каменный образец №2; в – каменный образец №3.

В результате испытаний каменных образцов натуральных размеров получили данные, которые позволили построить графики зависимости между напряжениями в швах и кладке (рис. 4).

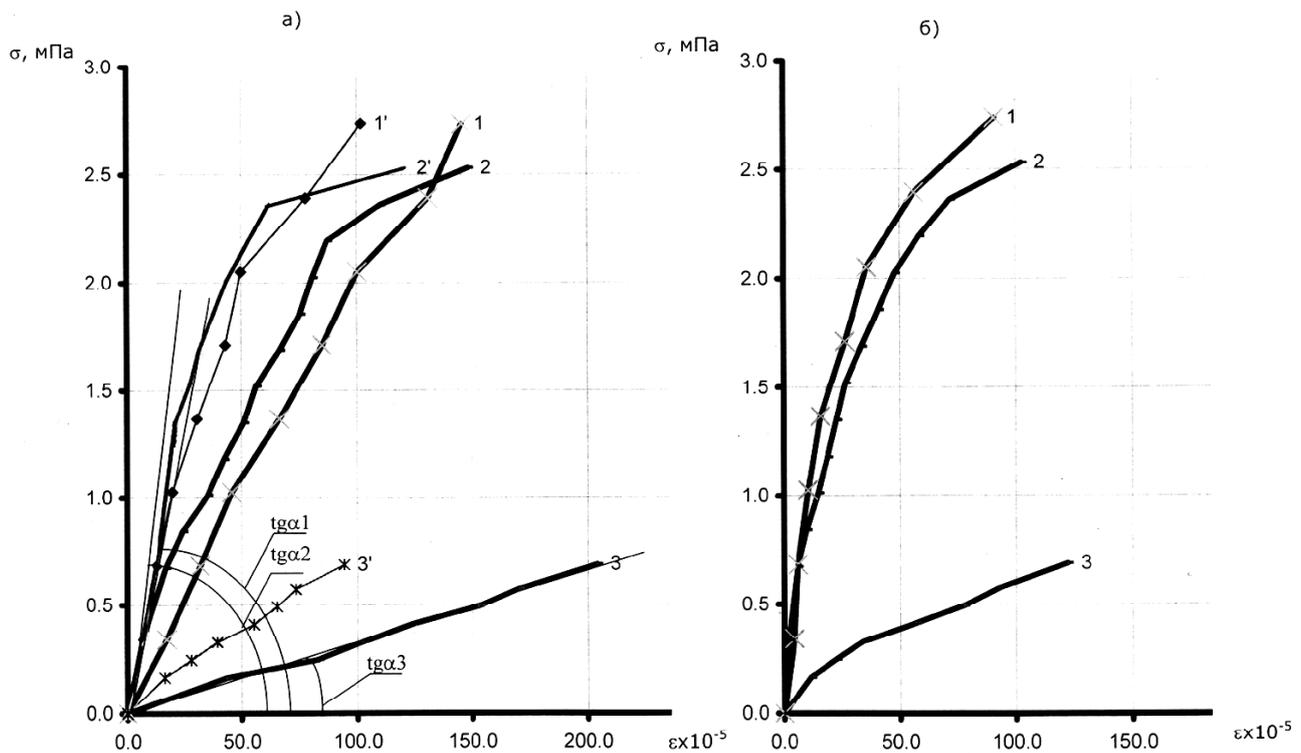


Рис. 4. Зависимость между напряжениями и деформациями кладки

а - в горизонтальных швах кладки центрально сжатых образцов: 1 – по данным измерительных приборов И-1, И-2, И-3, И-4, установленных на образце №1; 1' – по данным измерительных приборов И-9, И-10, И-11, И-12, установленных на образце №1; 2 – по данным измерительных приборов И-1, И-2, И-3, И-4, установленных на образце №2; 2' – по данным измерительных приборов И-9, И-10, И-11, И-12, установленных на образце №2; 3 – по данным измерительных приборов И-1, И-2, И-3, И-4, установленных на образце №3; 3' – по данным измерительных приборов И-9, И-10, И-11, И-12, установленных на образце №3.

б - в вертикальных швах кладки центрально сжатых образцов: 1 – по данным измерительных приборов И-5, И-6, И-7, И-8, установленных на образце №1; 2 – по данным измерительных приборов И-5, И-6, И-7, И-8, установленных на образце №2; 3 – по данным измерительных приборов И-5, И-6, И-7, И-8, установленных на образце №3;

Модуль упругости каменной кладки вычисляли по определенным в процессе испытания напряжениям (30% разрушающей нагрузки) и продольным относительным деформациям $\epsilon_{\text{прод}}$ по подобию нормативного документа [5].

По результатам настоящего эксперимента получили начальные модули упругости каменной кладки, которые составили:

- для каменного образца №1 $E=7778$ мПа;
- для каменного образца №2 $E=5346$ мПа;
- для каменного образца №3 $E=928$ мПа.

ВЫВОДЫ:

1. Для формирования математических моделей каменной кладки при общей оценке ее НДС в качестве деформативных характеристик кладки можно использовать модули упругости, полученные автором данной статьи (если нет непосредственных испытаний).
2. При увеличении прочности раствора от $16,6 \text{ кг/см}^2$ до $45,4 \text{ кг/см}^2$ прочность кладки (в среднем) повышается 6-7%.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН В.1.1-1-94. Проектирование и строительство гражданских зданий из блоков и камней пыльных известняков крымских месторождений в сейсмических районах. - К.: Госкомстроительства Украины, 1995.
2. СНиП II-22-81 Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования. - М.: Стройиздат, 1983. - 40 с.
3. Пангаев В.В., к.т.н., Сердюк В.М., инж. О деформационных характеристиках цементных кладочных растворов//Изв. Вузов. Строительство. – 2004. -№9.
4. СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования./Госстрой СССР.-М.: Стройиздат, 1982.-42 с.
5. ГОСТ 24452-80 Бетоны. Методы определения призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона. Официальное издание, Госстрой СССР - М: Издательство стандартов, 1985 г.

Емельянов М.П., к.т.н., доцент, Литовченко П.А., к.т.н., доцент
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Коротков А.Н., инженер
КрымНИОпроект. Севастополь

Испытания анкеров в фундаментах для крепления колонн и стен

Приведены результаты силовых испытаний анкеров в фундаментной плите для здания повышенной этажности. Показаны особенности применения мастик для анкеров фирм Zerezit и Sika.

Реконструкция зданий, бетонные фундаменты, высотные здания, анкера в бетоне, мастика для анкеров, силовые испытания, рекомендации по применению

В настоящее время при реконструкции зданий или возобновлении строительства часто приходится сталкиваться с незавершенным строительством объектами. При проведении строительных работ на таких объектах возникает необходимость изменения ранее разработанных планировочных решений, которые вносят коррективы в несущую систему здания. Это требует от проектировщиков, помимо традиционных вопросов проектирования, разрабатывать решения по обеспечению взаимосвязи и совместной работы существующих и вновь возводимых конструкций здания.

Настоящая работа выполнена в связи с завершением строительства 12-ти этажных жилых домов на существующих фундаментах в г.Севастополе. Массив железобетонной плиты фундаментов зданий был уложен при начале строительства в период 1996-1998 г.г. Основанием фундаментных плит служит известняк низкой прочности. Существующая плита состоит из двух слоев. Из-за дефектов укладки бетона и вероятного наличия технологических швов в нижней плите толщиной около 1,0 м, сверху была выполнена еще одна плита толщиной 60 см. В связи с неудовлетворительным состоянием арматурных выпусков из массива фундаментной плиты, а также из-за изменения планировочных решений и размещения несущих конструктивных элементов здания, потребовалась установка новых выпусков арматуры.

В соответствии с проектом и конструктивными особенностями надфундаментных конструкций основным видом арматурных выпусков из фундаментной плиты приняты стержни диаметром 20 мм. Проектной организацией было предложено два вида мастик для заделки анкеров: мастики фирм Zerezit и Sika. По технологическому регламенту применения мастик для мастики Sika диаметр отверстия в бетоне плиты для данного диаметра анкеров требовался 32 мм, для мастики Zerezit – 60 мм. Анализ расчетных напряжений в анкерных стержнях показал, что длина анкерной стержней определяется конструктивными требованиями и должна составлять не менее 20 диаметров арматуры.

Проведенные натурные испытания анкеров на выдергивание должны были подтвердить теоретические проектные решения, а также дать практические рекомендации по применению мастик разных фирм. В качестве анкеров применили различные виды арматуры, помимо арматуры периодического профиля (А-III), требующей меньшую длину анкерной стержней, испытаны анкера из гладкой (А-I) арматуры, требующей большую длину анкерной стержней, но имеющую большие относительные удлинения.*

При проведении испытаний анкера располагали попарно на расстоянии не менее 50 см друг от друга. Строго посередине между стержнями устанавливали домкрат ДГ-50, на который опиралась траверса из двух швеллеров прокатного профиля №12, сваренных между собой с помощью пластин. К арматурным анкерам-стержням приваривали стальные коротыши для обеспечения упора траверсы. Схема испытаний показана на рис. 1.

В процессе нагружения анкеров контролировали значения их смещения с помощью индикаторов часового типа ИЧ-10. Для того, чтобы установить поверхность скольжения анкера индикаторы устанавливали на разном расстоянии от стержня. По индикатору, установленному рядом со стержнем, контролировали проскальзывание стержня относительно анкерующей мастики. По второму индикатору, установленному за пределами отверстия в бетоне, контролировали смещение цилиндра из мастики относительно бетонного массива.

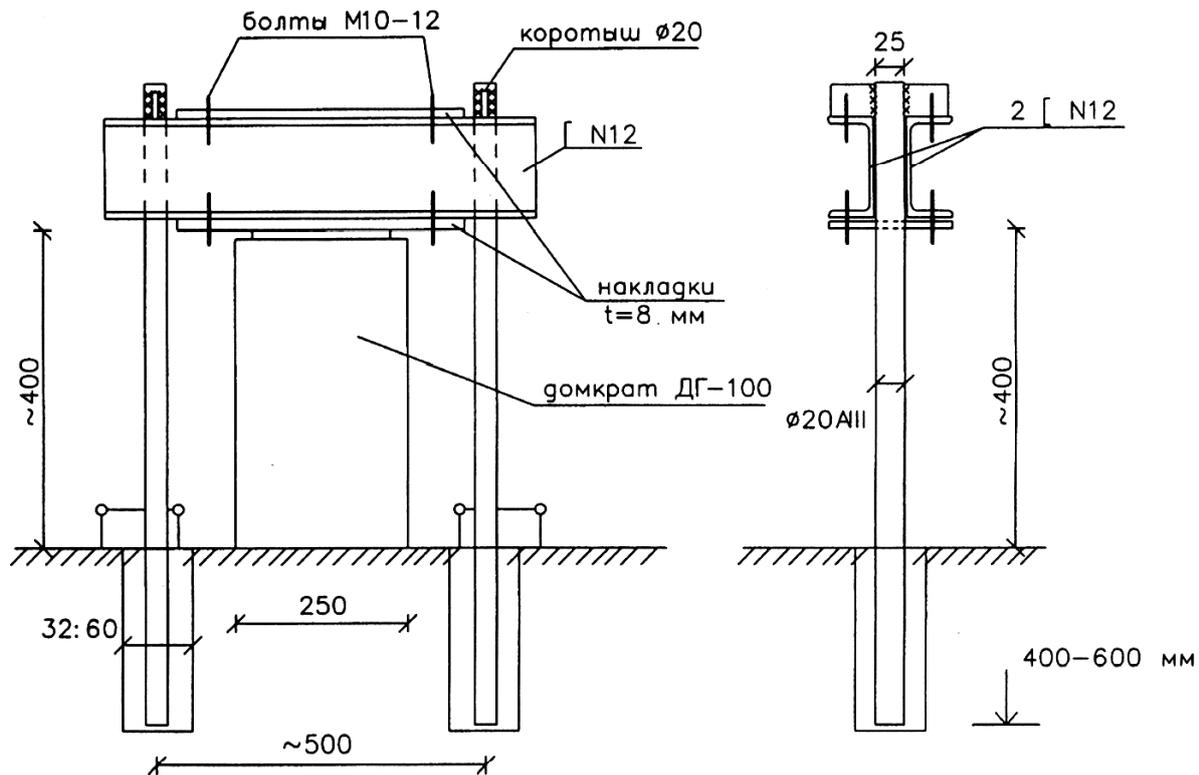


Рис.1. Схема испытания анкеров.

Общий вид испытаний показан на рис.2.



Рис.2. Общий вид испытания.

Программа испытаний была разделена на два этапа. На первом этапе все работы по устройству анкеров выполняли рабочие строительной организации, не имеющие специальной подготовки по применению анкерующих мастик. Были испытаны анкера из арматуры классов А-I и А-III на мастиках Zeresit и Sika. Диаметр отверстий и длина анкерки для мастики Sika составляли 32 мм и 40 см, а для мастики Zeresit – 60 мм и 60 см соответственно. Полученные результаты представлены на графике (рис.3, кривые 1 и 2). Предельное состояние образцов наступило в результате проскальзывания цилиндра мастики по бетонной поверхности отверстия. При этом напряжения в арматурных стержнях, в случае применения мастики

Zeresit, не превышали 95 МПа. При использовании мастики Sika проскальзывание образцов происходило при незначительных усилиях. Полученные результаты объяснены нарушениями технологии приготовления и применения мастик или их ошибочными составами.

Так как на первом этапе испытаний не было получено положительных результатов, то был проведен второй этап, который характеризовался следующим:

1. Диаметр арматуры для анкеров принят 20 мм независимо от класса арматуры и применяемых видов анкерующих мастик.
2. Анкера из арматуры класса А-I выполнены двух видов:
 - свободный стержень;
 - стержень, имеющий сплюснутый при изготовлении торец.
3. Глубина заделки стержней постоянна – 40 и 60 см.
4. Диаметр сверления отверстия в бетоне для мастики Zeresit – 60 мм, для мастики Sika - 32 мм.

5. Технологию подготовки мастик и их применение осуществляли строго по рекомендациям изготовителей продукции. Так перед укладкой клеящего состава фирмы Zeresit осуществляли пропитку бетона после сверления и очистки от пыли глубокопроникающей грунтовкой СТ17, а затем через 3-4 часа заполняли цилиндрическую полость мастикой.

6. Испытания проводили не ранее чем через 6 суток после установки анкеров.

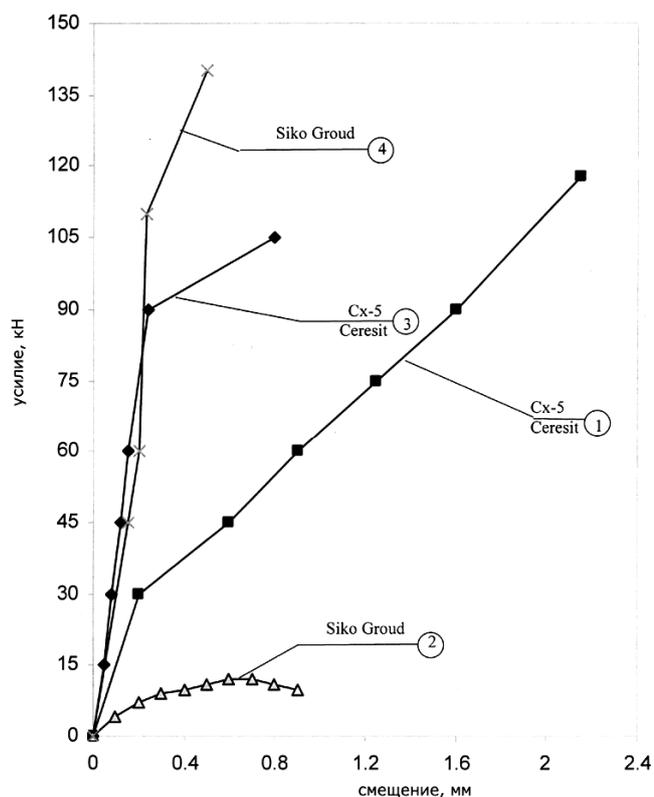


Рис.3. Характерные графики деформаций анкеров под нагрузкой

1,2 – испытания 1-го этапа

3,4 – испытания 2-го этапа

При подготовке и проведении испытаний второго этапа были приглашены представители фирм производителей анкерующих мастик.

Нагружение образцов на втором этапе испытаний осуществляли этапами по 20 кН с выдержкой на каждом этапе не менее 45 мин. Для контроля обратимости смещений анкеров было выполнено нагружение до усилия 60 кН на каждый анкер (что соответствует расчетным напряжениям в стержнях 191 МПа) с последующим полным снятием нагрузки. Дальнейшее нагружение осуществляли до проскальзывания анкеров без увеличения нагрузки.

В таблице и на рис.3 (кривые 3 и 4) приведены основные результаты испытаний.

При использовании мастики CX5 Zeresit для стержней из арматуры класса А-III наиболее характерным видом наступления предельного состояния является проскальзывание цилиндра мастики по бетонной поверхности (обр.1,2,8). При этом напряжения в арматуре были близки к расчетному сопротивлению арматуры на растяжение. Для арматуры класса А-I характер разрушения образцов нестабилен.

Таблица.

Характеристика и результаты испытания анкеров

№ п/п образца	Вид мастики для анкеровки	Длина анкеровки, м la	Наличие анкерующего устройства	Класс арматуры	Максимальное усилие на 1 образец при испытании, (кН)	Максимальные напряжения в стержнях анкеров ? max, (МПа)	Поверхность разрушения
1-1	Ceresit cx5	400	-	A-I	106	337,6	сег- мет
1-2	Ceresit cx5	600	-	A-I	118	375,8	сег-бетон
1-3	Sica groud	400	-	A-I	12	38,2	мет-sica
2-1	Ceresit cx5	400	-	A-III	110	350,3	по сварке
2-2	-//-	400	-	A-III	140	446,0	сег-бетон
2-3	-//-	400	-	A-I	60	191,0	сег-мет
2-4	-//-	400	+	A-I	65	207,0	сег-бетон
2-5	-//-	400	-	A-I	40	127,0	сег-бетон
2-6	-//-	400	+	A-I	100	318,0	текучесть
2-7	-//-	600	-	A-I	90	287,0	сег-бетон
2-8	-//-	600	-	A-III	100	318,0	по сварке
2-9	-//-	600	+	A-I	100	318,0	текучесть
2-10	Sica groud	400	+	A-I	100	318,0	текучесть
2-11	-//-	470/400	-	A-I	90	287,0	мет-sica
2-12	-//-	600/400	-	A-III	190	605,0	текучесть

Проскальзывание происходило как по поверхности контакта металл-мастика, так и по поверхности мастика-бетон. Это объясняется влиянием неконтролируемых случайных факторов на силы сцепления поверхности анкера с мастикой (наличие ржавчины, масляных пятен, местных вмятин на поверхности и т.п.). Напряжения в арматуре могут превышать ее расчетное сопротивление на растяжение, а могут и не достигать указанного значения.

При применении мастики Sika Croud 311 образцы проскальзывали при больших усилиях в стержнях, чем с применением мастики CX5 Zeresit, при этом разрушение стабильно происходило по зоне контакта металла и мастики. В образце №12 разрушающее усилие зафиксировано при уровне напряжений в арматурном стержне 600 МПа. Столь высокий уровень напряжений для арматуры класса А-III объясняется тем, что по новой классификации она относится к классу А500 и при испытаниях был достигнут предел текучести арматуры.

ВЫВОДЫ

1. Устройство анкерных выпусков арматуры для обеспечения сопряжения несущих конструкций здания с существующей фундаментной плитой возможно с применением клеящих мастик. Применение мастик типа CX5 Zeresit и Sika Croud 311 для крепления анкеров в бетонном основании позволяет получить соединения удовлетворительного качества и обеспечить достаточно надежную работу арматуры в конструкциях.
2. Выполнение работ по устройству анкерных креплений с применением клеящих мастик требует строгого соблюдения указаний технологических регламентов по приготовлению и применению мастик. В актах на скрытые работы необходимо указывать особенности устройства каждой серии анкеров.
3. Рекомендуемый уровень растягивающих напряжений в стержнях анкеров для арматуры класса А-III составляет 200 МПа, для арматуры класса А-I – 100 МПа. Глубина заделки анкеров должна быть не менее 20 диаметров стержней.
4. Более стабильные показатели получены при применении в качестве анкеров стержней арматуры класса А-III.**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мулин Н.М. Стержневая арматура железобетонных конструкций. - М.: Стройиздат, 1975.
2. Руководство по конструированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения)/ Промстройпроект, ЦНИИпромзданий, НИИЖБ.-М.: Стройиздат, 1978.
3. СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования/ Госстрой СССР.-М.: Стройиздат, 1985.
4. СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования/ Госстрой СССР.-М.: Стройиздат, 1982.

Примечания главного редактора

* - Большие относительные удлинения арматуры не могут появиться в вертикальных несущих конструкциях 12-ти этажных жилых домов, а слабое сцепление гладкой арматуры с бетоном является общеизвестным фактом и определяет бесполезность этой части работы.

** - Результат был очевиден и без выполнения этой работы.

Кириленко В.Ф., к.т.н., доцент, Кузенков М.Ю., инженер
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Деформативность и исчерпание несущей способности деревофанерных балок с наклонным расположением рубашки фанеры.

Выполнены экспериментальные исследования балок с переменным по длине расположением рубашки фанеры. Показано, что для определения прогибов можно пользоваться методами строительной механики с учетом приведенных сечений и обязательным учетом поперечных сил. Выявлены причины исчерпания несущей способности.

Деревофанерные балки, испытания, деформативность, несущая способность.

Постановка задачи.

Применение деревофанерных балок по сравнению с дощатоклееными прямоугольного сечения позволяет уменьшить расход древесины на 30-40%. Экономия древесины может быть больше, однако её ограничивает постановка поперечных ребер жесткости для обеспечения устойчивости тонких фанерных стенок. Повысить устойчивость стенки и избавиться от необходимости установки ребер можно приданием очертанию стенки волнистой формы, однако это связано с усложнением технологии изготовления балок. Остаётся незаслуженно забытым теоретическое исследование устойчивости тонких длинных фанерных пластинок, применяемых в конструкциях крыльев самолетов в тридцатые годы прошлого столетия, выполненные Л.И.Балабухом [1]. Эти исследования показали, что для авиационной фанеры направление рубашки под углом 45° даёт значительное повышение устойчивости при сдвиге. Значительно позднее на это обстоятельство указывают сотрудники лаборатории лесных продуктов США [2]. Выполненные в СССР исследования устойчивости фанерных пластинок с конечным отношением сторон и различными углами наклона рубашки при сдвиге [3] позволило предложить совершенно новый тип тонкостенных конструкций - конструкции с равноустойчивыми стенками по длине, что достигается не применением внешнего ресурса (увеличение толщины стенки, изменение её формы), а реализацией внутреннего ресурса – использованием анизотропных свойств фанеры [4]. Применение фанерных стенок с наклонным расположением рубашки, кроме того, приводит к увеличению жесткости балок в своей плоскости, однако последнее обстоятельство исследовано недостаточно.

Конструкции балок и расчетные характеристики материалов.

Для проведения испытания были изготовлены две одинаковые деревофанерные балки двутаврового сечения пролетом 2050мм и высотой сечения $h=200$ мм. Каждый пояс балки изготовлен из двух сосновых брусков сечением $b/2 \times h_{\text{п}} = 50 \times 40$ мм. Стенки выполнены из берёзовой клееной трехслойной фанеры марки ФК, толщиной $\delta = 3$ мм. По длине балки в третях пролёта были поставлены поперечные рёбра жесткости из брусков сечением 50×50 мм, такие же рёбра были приклеены к стенке в опорных сечениях. Фанерная стенка по длине балки имела переменное направление рубашки фанеры: в крайних отсеках волокна рубашки направлены под углом 45° (восходящими) к опорам. Направление волокон рубашки в среднем отсеке балки принято вдоль оси балки. Листы фанеры крайних и среднего отсеков сопрягаются в местах установки поперечных ребер (рёбра устанавливаются с двух сторон стенки). Соединение деревянных поясов и стенки, а также приклейка поперечных рёбер выполнено с помощью клея ПВА.

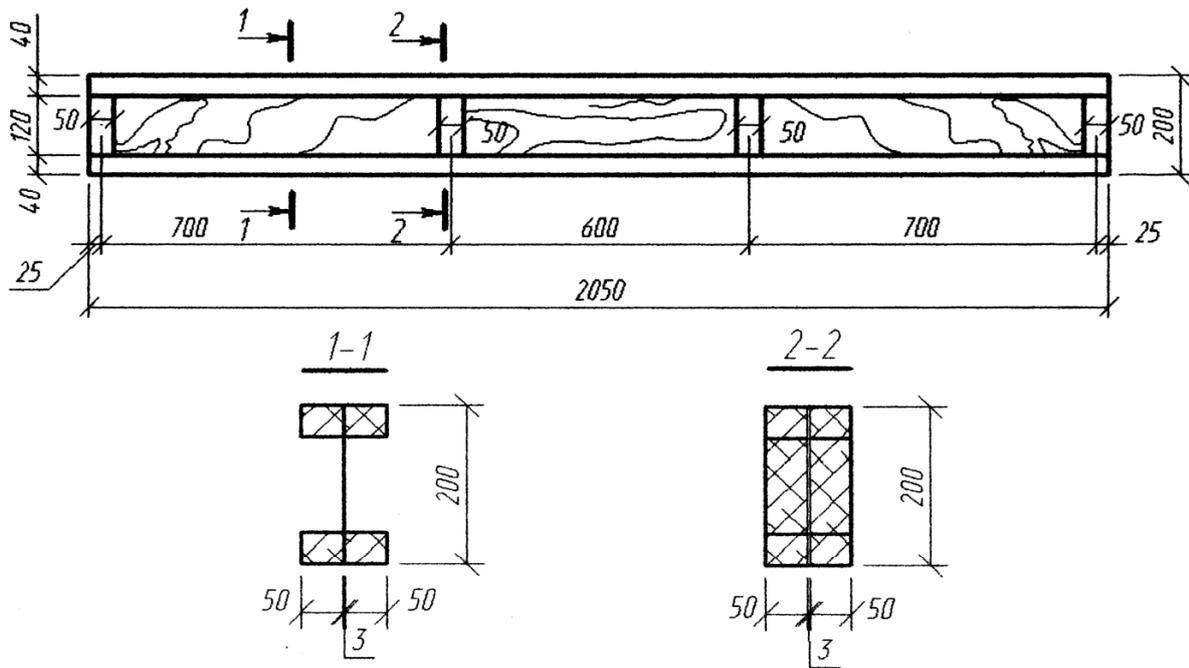


Рис. 1. Конструкция экспериментального образца.

Перед проведением основного эксперимента были испытаны образцы материалов поясов на сжатие и определен модуль упругости древесины вдоль волокон $E_d = 1100 \text{ кН/см}^2$. Образцы из фанеры испытывали с помощью разрывной машины при направлении рубашки фанеры вдоль их осей, перпендикулярно осям и под углом 45° . Модули нормальной упругости фанеры вдоль рубашки, перпендикулярно рубашке и под углом 45° были получены непосредственно из эксперимента и составили соответственно $E_{\phi} = 973 \text{ кН/см}^2$; $E_{\phi 90} = 700 \text{ кН/см}^2$; $E_{\phi 45} = 259 \text{ кН/см}^2$. Модуль сдвига фанеры в главных направлениях был определен после испытания образцов с направлением рубашки под углом 45° по формуле:

$$G_{\phi} = \frac{E_{\phi 45}}{2(1 + \nu_{45})}, \quad (1)$$

где $\nu_{45} = 0,5$ – коэффициент Пуассона, определённый известным способом при растяжении образцов с наклонным расположением рубашки. Подстановка в формулу (1) численных значений упругих постоянных $E_{\phi 45}$ и ν_{45} даёт значение модуля сдвига

$G_{\phi} = 83,4 \text{ кН/см}^2$.

ϕ Модуль сдвига фанеры при угле наклона рубашки под углом 45° к оси образца находили по формуле [5]

$$G_{\phi 45} = \frac{E_{\phi} E_{\phi 90}}{E_{\phi} (1 + \nu_{90}) + E_{\phi 90} (1 + \nu_0)}, \quad (2)$$

где ν_0, ν_{90} – коэффициенты Пуассона для главных направлений, полученные в результате испытания образцов с продольным и поперечным направлениями рубашки фанеры ($\nu_0 = 0,112$; $\nu_{90} = 0,053$).

В результате подстановки всех упругих постоянных в (2) получим:

$$G_{\phi 45} = \frac{973 \times 700}{973 \times (1 + 0,112) + 700 \times (1 + 0,053)} = 369 \text{ кН/см}^2,$$

Полученные результаты свидетельствуют о том, что сдвиговая жесткость фанерной стенки с направлением рубашки под 45° в $369/83,4 = 4,4$ раза больше, чем при ортогональном направлении, совпадающим с продольной осью балки.

Испытание балок.

Балки загружали двумя сосредоточенными силами в третях пролета. Нагрузку создавали винтовым домкратом, измеряли с помощью силоизмерителя ДОСМ-5 и через траверсу передавали на балку. В местах приложения сосредоточенных сил на верхний пояс балки укладывали металлические подкладки. Такие же пластины укладывали на опорах. Прогибы балок измеряли индикаторами часового типа ценой деления 0,01 мм. Для исключения деформации осадок опорных сечений при определении прогиба балки в середине пролета индикатор крепили к металлической рамке, подвешенной снизу балки в левом и правом опорных сечениях (рис. 2 и рис. 3). Степень нагрузки составляла $2P=1$ кН.

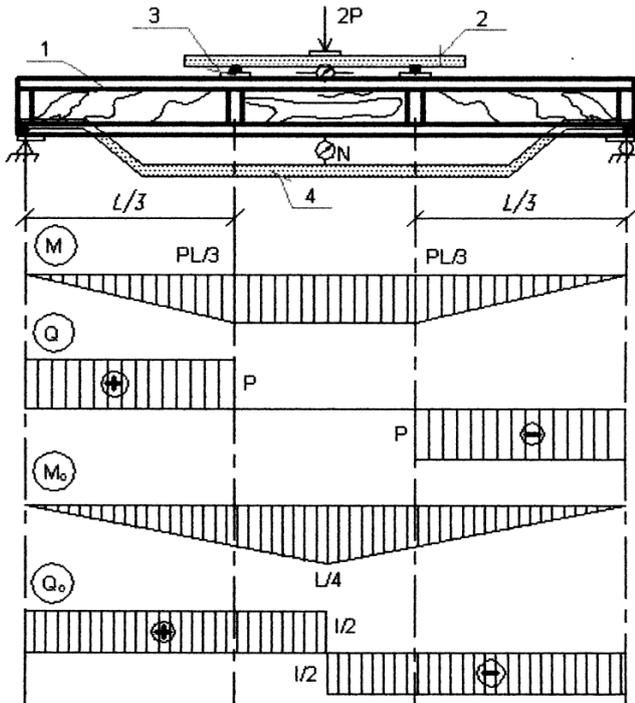


Рис. 2. Схема испытательной установки.

Таблица 1.

Прогибы балки в середине пролета

№ п/п	Нагрузка. $2P$ (кН)	Отсчет. U	ПРИРАЩЕНИЕ. $\Delta f = \Delta U$, (мм).	ПРОГИБ. $f_{экр}$ (мм).
1	0	0,49		0
2	1	1	0,51	0,51
3	2	1,47	0,47	0,98
4	3	1,97	0,5	1,48
5	4	2,45	0,48	1,96
6	5	2,98	0,53	2,49
7	6	3,53	0,55	3,04

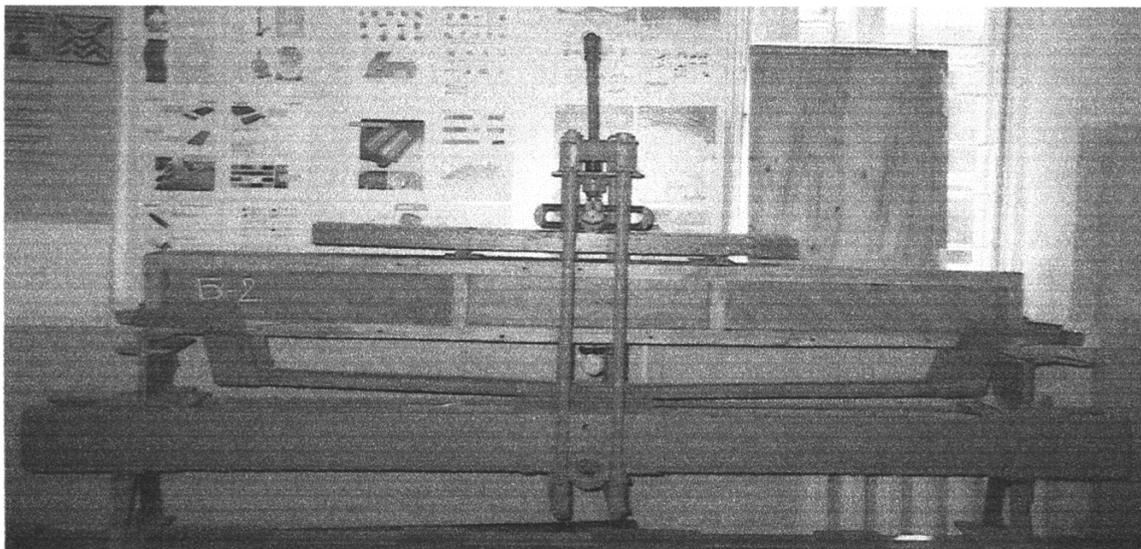


Рис. 3. Испытательная установка. Общий вид.

Результаты испытаний и их оценка.

В процессе испытания измеряли нагрузку на балку $2P$ и прогиб балки в середине пролета. Результаты испытаний представлены в табл.1.

Теоретические значения прогиба балки вычисляли по формулам строительной механики с учетом приведенных к одному материалу (материалу поясов) геометрических характеристик сечения и учета деформаций сдвига.

Момент инерции сечений крайних отсеков с расположением рубашки фанеры под углом 45° , приведенный к древесине поясов, вычислен следующим образом:

$$J_{np}^{kp} = 2 \left[\frac{bh_n^3}{12} + bh_n \left(\frac{h-h_n}{2} \right)^2 \right] + \frac{\delta h^3}{12} \frac{E_{\phi 45}}{E_o} = 2 \left[\frac{10 \times 4^3}{12} + 10 \times 4 \times 8^2 \right] + \frac{0,3 \times 20^3}{12} \times \frac{2590}{11000} = 5273 \text{ см}^4.$$

Момент инерции сечений среднего отсека с расположением рубашки фанеры вдоль оси балки, приведенный к материалу поясов:

$$J_{np}^{kp} = 2 \left[\frac{bh_n^3}{12} + bh_n \left(\frac{h-h_n}{2} \right)^2 \right] + \frac{\delta h^3}{12} \frac{E_{\phi}}{E_o} = 2 \left[\frac{10 \times 4^3}{12} + 10 \times 4 \times 8^2 \right] + \frac{0,3 \times 20^3}{12} \times \frac{9730}{11000} = 5403 \text{ см}^4.$$

Для определения прогиба балки использовали правило перемножения эпюр M_p и Q_p соответственно на M_o и Q_o , по Верещагину (рис. 2), отдельно для крайних и среднего отсеков, кроме того согласно [6] полагаем, что фанерная стенка полностью воспринимает поперечную силу. В результате получим следующее:

$$f = \frac{PL^3}{81E_o J_{np}^{kp}} + \frac{5PL^3}{216E_o J_{np}^{cp}} + \frac{PL}{3G_{\phi 45} F_{cm}}, \quad (3)$$

где третий член учитывает прогиб балки от сдвига. Здесь все обозначения соответствуют принятым ранее, $F_{cm} = \delta \times h_o = 0,3 \times 16 = 4,8 \text{ см}^2$ – площадь сечения стенки высотой, равной расстоянию между осями верхнего и нижнего пояса.

После подстановки всех исходных величин получим зависимость между прогибом балки и действующей нагрузкой

$$f = \frac{200^3 \times P}{81 \times 1100 \times 5273} + \frac{5 \times 200^3 \times P}{216 \times 1100 \times 5403} + \frac{P \times 200}{3 \times 368,5 \times 4,8} = 0,086P(\text{см})$$

Сравнение теоретических и экспериментальных значений прогибов (Рис.4), показывает, что максимальное отклонение составляет 14%. Сопоставление деформативности балок с наклонным расположением рубашки и с традиционным (вдоль оси балки) показывает значительное увеличение жесткости первых за счет резкого увеличения сдвиговой жесткости стенки. Это обстоятельство было экспериментально подтверждено другими авторами [7].

Исчерпание несущей способности.

Поскольку нагрузку прикладывали ступенями через 1 кН, в момент перехода нагрузки 2Р от 6 к 7 кН наблюдалось потрескивание в одном из крайних отсеков балки без видимых внешних эффектов. В этот момент также было отмечено падение нагрузки, после чего балка полностью была разгружена. Осмотр места приклеивания поясов к фанерной стенке показал, что при целостности клеевых швов между поясами и фанерной стенкой обнаружили участки со скалыванием между шпонами фанеры (рис. 5) в соединении с нижним поясом балки. Объяснение этого явления теоретическим путем выполнено в [8], где показывается, что наклонное направление рубашки фанеры является причиной появления дополнительных скалывающих напряжений в местах приклеивания стенки к поясам. Здесь, кроме касательных напряжений, вызванных действием поперечной силы, возникают касательные напряжения от растяжения (сжатия) поясов и фанерной стенки.

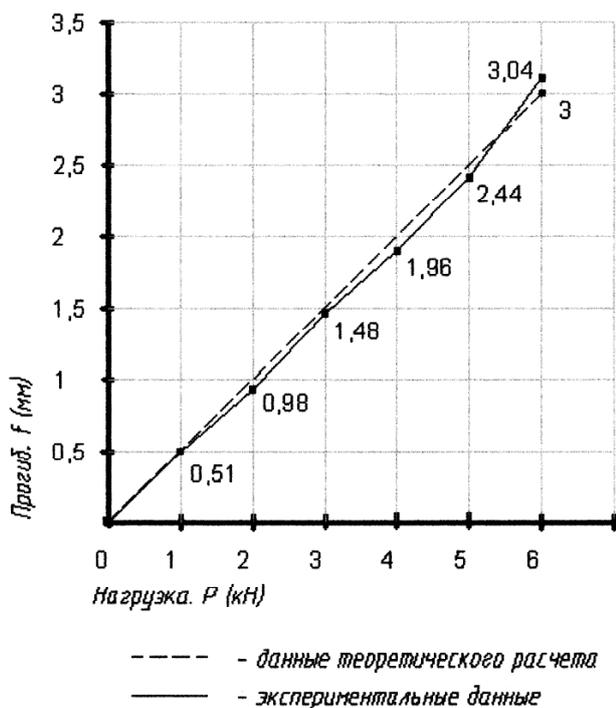


Рис. 4. Зависимость прогиба балки от нагрузки.

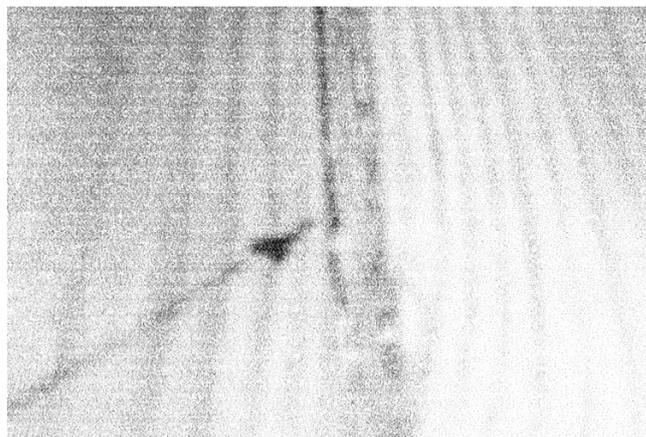


Рис. 5. Разрушение экспериментального образца.

ВЫВОДЫ

1. Прогибы балок с переменным направлением рубашки по длине могут быть определены по формулам строительной механики с учетом приведенных сечений и деформаций сдвига. Деформативность таких балок значительно ниже чем обычно применяемых с продольным направлением рубашки.
2. В балках с наклонным расположением рубашки потенциально опасными являются разрушения клеевых соединений поясов со стенкой, поэтому при их расчете необходимо учитывать результаты работы [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балабух Л.И. Устойчивость фанерных пластинок // Техника воздушного флота. -1937. -№9-С.19-38
2. Справочное руководство по древесине /Лаборатория лесных продуктов США. – М.: Лесная промышленность, 1979. - 544с.
3. Кириленко В.Ф. Устойчивость фанерных пластинок с наклонным расположением рубашечных слоёв при сдвиге // Облегченные конструкции зданий: Межвуз. сб. /РИСИ. –Ростов н/Д, 1983 –С.17-21.
4. А.С. 1620562 СССР, МКИ Е04 С3/14 Деревянная балка с фанерной стенкой /Кириленко В.Ф. и др. (СССР). Заявл. 13.02.82; Оpubл. 15.01.91., Бюл. №2
5. Ашкенази Е.К. Анизотропия древесины и древесных материалов.-М.: Лесная промышленность, 1987.-224с.
6. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80)/ЦНИИСК им. Кучеренко.- М.:Стройиздат, 1986.- 216с.
7. Новожилов А.Ф., Левкович Т.И., Левкович Н.Н. Влияние на прочность составных балок направления волокон фанерной стенки // Разработка современных конструкций из дерева, фанеры и пластмасс : Межвуз. темат. сб. тр. /ЛИСИ-Л.; 1989. –С. 70-74
8. Кириленко В.Ф.Руйнування приопорних зон двотаврових деревофанерних балок //Зб. наук. праць./Укр ДАЗТ. – Харків, 2003. –Вип. 56.-С. 111-119

Константинов В.А., инженер

Корпорация «УКПРОСБУД»

Линченко Ю.П., к.т.н., профессор, Васильев М.В., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Предварительные исследования напряженно-деформированного состояния узлов анкеровки экструзионных многопустотных плит

Приведены результаты численного и физического исследования узлов анкеровки многопустотных плит, полученных методом непрерывного формования. В численном эксперименте учтены неупругие свойства материалов. Получена картина НДС в процессе нагружения и схема разрушения узла. Результаты численного эксперимента подтверждены испытанием фрагментов плит с анкерными узлами.

Железобетон, сейсмика, стыки, анкеровка, моделирование, напряженно-деформированное состояние

В соответствии с методикой, изложенной в предыдущих статьях [1,2], выполнено исследование узла анкеровки сборной многопустотной плиты перекрытия, изготовленной методом непрерывного формования. Такие плиты по технологии изготовления не имеют выпусков арматуры. Требуется устройство выпусков после изготовления плиты. Разработано предложение узла, устраиваемого после монтажа плит путем бетонирования пустот с установленной в них арматурой [1]. При этом пробивка полок плит не требуется.

Исследованы численные модели анкеров армированных стержнями 8А400С и 8А500С. В соответствии с требованиями норм строительства в сейсмических районах следует предусматривать условия, облегчающие развитие в элементах конструкций и их соединениях пластических деформаций. Поэтому в типовых решениях для выпусков из плит применяется арматура класса АШ – А400С. Однако в настоящее время на заводы ЖБИ как класс А400С поставляется арматура с различными характеристиками. Нами выполнено испытание арматуры, используемой для выпусков из предварительно напряженных плит на одном из заводов Крыма. Результаты испытания арматуры приведены в табл. 1. Диаграмма арматуры показана на рис. 1.

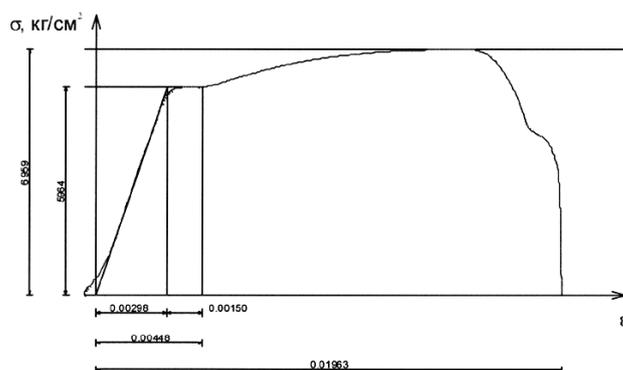


Рис.1. Диаграмма арматуры, используемой на заводах ЖБИ для изготовления выпусков из плит

Таблица 1.

Результаты испытаний образцов арматуры

Образец	Длина образца, мм	Максимальное усилие, кгс	Усилие при пределе текучести, кгс	Относительное удлинение σ , %
1	401	3500	3000	—
2	399	3300	2920	16,6

Полученные при испытаниях усилия превышают значения нормированных механических свойств при номинальном диаметре арматуры. Вероятно, арматура была прокатана с положительным допуском. Деформации на площадке текучести не превышают 0.2%. Относительное удлинение перед разрывом достигает 16%.

По результатам испытаний арматура занимает промежуточное положение между классами А500С и А600С по ДСТУ 3760-98 /3/. По этому исследованы анкера с двумя указанными выше характеристиками арматуры – А400С и полученными при испытании.

Приняты следующие размеры анкера и характеристик материалов. Длина анкера в пустоте плиты - 200 мм; бетон анкера – В20; прочность бетона контактного слоя бетон плиты – бетон анкера соответствует характеристикам бетона класса В15.

В численных моделях приняты средние значения характеристик материалов, определенные обратным переходом от их нормативных значений. Характеристики армирования анкеров и результаты испытания численных моделей приведены в табл.2.

Покажем процесс отладки численной модели. Вначале эксперименты выполняли на модели из конечных элементов балка-стенка. Для этих элементов используется итерационный метод расчета. Алгоритм устойчиво работает при экспоненциальном законе деформирования. Однако, при кусочно-линейном законе деформирования, описывающем поведение арматуры с выраженной площадкой текучести, расчет начинает расходиться и останавливается после 1-го – 2-го шага нагружения (0.1...0.2 от полной нагрузки). Моделирование же экспоненциальной зависимостью, при котором модель работает устойчиво, не отражает достаточно точно работу арматуры в пластической стадии. Следовательно, не учитывается реальное появление и накопление повреждений в бетоне стыка плит.

Поэтому в дальнейшем модель была отредактирована с переходом на конечные элементы КЭ 241 - физически нелинейный универсальный плоский конечный элемент оболочки. При этом была обнаружена методическая особенность: в модели необходимо запрещать перемещения узлов по направлениям, по которым не происходят деформации. Иначе программа диагностирует разрушение и останавливает расчет на первой - второй ступени (табл.2; модели 2_1, 2_2). При закреплении узлов по незадействованным в расчете направлениям (начиная с модели 2_3) расчет идет устойчиво до полного разрушения модели при напряжениях в арматуре, превышающих предел текучести.

При моделировании физической нелинейности в ПК «ЛИРА» предусмотрено, что конечные элементы состоят из двух материалов: основного (бетон) и армирующего (арматура). Мы не можем рассматривать анкер, как бетонный элемент, содержащий армирующий материал, так как исследуем модель с приложением нагрузки к арматурному стержню. Поэтому в моделях 2_2...2_4 основному материалу конечных элементов, моделирующих анкерный стержень, задавали характеристики диаграммы арматуры, а армирующий материал не учитывали. В результате расчета получены главные растягивающие напряжения в контактом слое бетона и арматуры перед нарушением анкеровки до 150 МПа и затухают в следующем элементе до 4.0 МПа при заданной прочности бетона анкера при растяжении 1.9 МПа. В соответствии с заданной диаграммой бетона растягивающие напряжения не могут превышать 1.9 МПа. Вопрос интерпретации результатов расчета требует дополнительного изучения.

В последующих моделях (2_7...2_16) анкерный стержень моделировали элементами с основным материалом – бетон анкера, содержащим 99% армирующего материала. Это достаточно близко соответствует характеристика арматурного стержня. При этом растягивающие напряжения в бетоне не превышает прочности бетона при растяжении.

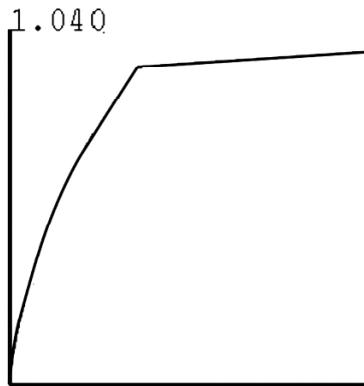
Характеристики и результаты испытаний численных моделей анкеров

Шифр	d_s	Диаграмма			Усиление анкера	$N_u, \text{кН}$	$\sigma_{su}, \text{МПа}$	Причина разрушения	Примечания
		1	2	3					
2_1	8	0,002 400	0,02 410	0,12 500		2,0	80	Ошибка моделирования: не закреплены узлы по Y	Во всех последующих моделях узлы закреплены
2_2	8	0,002* 400	0,02* 410	0,12* 500		4,0	160	Ошибка моделирования: не закреплены узлы по Y	
2_3	8	0,002* 500				12	480	Нарушение анкеровки стержня	
2_4	8	0,002* 500			Объединение перемещений примыкающих узлов	12	480	Нарушение анкеровки	
2_7	8	0,002 400	0,02 410	0,12 500		10,5	420	Нарушение анкеровки после достижения текучести	
2_8	8	0,002 570	0,08 670			10,4	440	Нарушение анкеровки	$\Delta=0,34 \text{ мм}$
2_9	8	0,002 570	0,08 670		Анкерная шайба $1,15 \text{ см}^2$	17	680	Достижение временного сопротивления, разрыв стержня	$\Delta=5,8 \text{ мм}$
2_10	8	0,002 570	0,08 670			13	530	Нарушение анкеровки	Длина анкера 250 мм
2_12	8	0,0029 570	0,08 670			15	24	Трещина в бетоне анкера, передача всей нагрузки на стержень, нарушение анкеровки	Учтена работа бетона анкера за пределами плиты; $\Delta=0,01 \text{ мм}$
2_14	8	0,0029 570	0,08 670		Отгиб стержня $90^\circ, l = 50 \text{ мм}$	12	480	Нарушение анкеровки	$\Delta=0,25 \text{ мм}$
2_15	12	0,0029 570	0,08 670			14	280	Нарушение анкеровки	
2_16	12	0,0029 570	0,08 670		Анкерная шайба 2 см^2	20	400	Нарушение анкеровки	

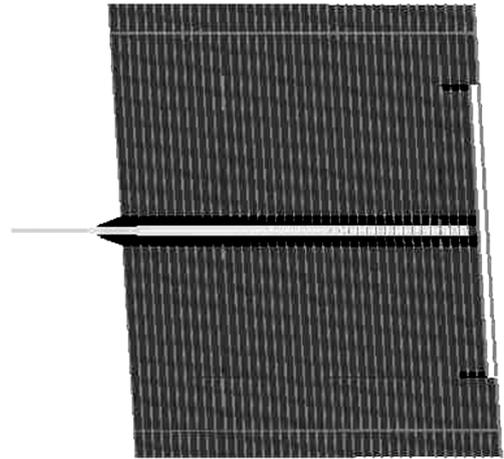
Примечания: * - основной материал имеет характеристики арматуры; армирующий материал не задан. D - перемещение загруженного конца стержня относительно торца плиты на последней ступени перед разрушением.

В модели 2_7 с анкерным стержнем А400С достигается предел текучести арматуры (рис.2); завершается разрушение нарушением анкеровки при напряжениях менее временного сопротивления. В модели 2_8 с анкерным стержнем А500С происходит нарушение анкеровки при напряжениях менее условного предела текучести арматуры. В модели 2_9 выполнено усиление анкеровки устройством шайбы на конце стержня. Для моделирования усиления элементам бетона, примыка-

ющим к концу стержня, присвоены характеристики материала, моделирующего арматуру. Разрушение модели (рис.3.) достигнуто при напряжении в арматуре более 670 МПа, что свидетельствует о достижении временного сопротивления арматуры. Нарушение контакта с бетоном плиты произошло на длине не более 10% длины анкера.

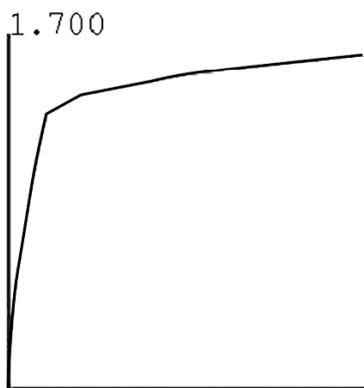


Загр.1, Лок.загр.1 шаг=15

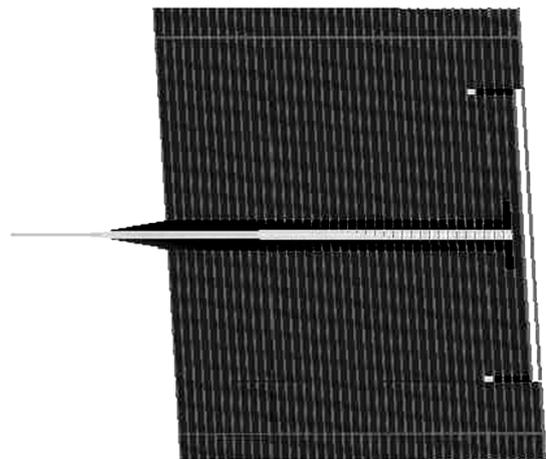


1. Расчетная схема:
 - Уравнений 4028
 - Элементов 1799
 - Узлов 1347
 - Загружений 1
 - Физ.нелинейность
2. Расчет:
 - Шаговый
3. Ресурс:
 - Вирт.память 4-5 М
 - Диск.память 5.595 М
 - Время расчета 1-2 мин.

Рис.2. Схема разрушения анкера при моделировании анкерного стержня армирующим материалом (99%). Модель ancer_2_7



Загр.1, Лок.загр.1 шаг=17



1. Расчетная схема:
 - Уравнений 4028
 - Элементов 1799
 - Узлов 1347
 - Загружений 1
 - Физ.нелинейность
2. Расчет:
 - Шаговый
3. Ресурс:
 - Вирт.память 4-5 М
 - Диск.память 5.595 М
 - Время расчета 1-2 мин.

Рис.3. Схема разрушения анкера со стержнем усиленным шайбой. Модель 2_9.

Модель 2_12 учитывает работу монолитного бетона за пределами торца плиты. Разрушение происходит на 15 ступени при увеличении нагрузки на анкер свыше 14 кН. Вероятно, разрушение происходит следующим образом. Появляются трещины в бетоне анкера по краям на выходе из плиты (рис.4). Нагрузка начинает перераспределяться на стержень. Трещина резко прогрессирует

и вся нагрузка на 15-й ступени передается на анкерный стержень. Напряжение в стержне пытается достичь значения $(10 \times 15) / 0.25 = 600$ МПа, что превышает заданный предел текучести арматуры 580 МПа и прочность анкеровки; наступает полное разрушение. Перед разрушением, на 14-й ступени перемещение на расстоянии 30 см от начала анкера – 0.016 мм; напряжение в арматурном стержне до 24 МПа. При работе анкера в составе перекрытия разрушение происходить не будет, так как увеличение деформация в наиболее нагруженных зонах приведет к перераспределению усилий на другие, менее нагруженные узлы.

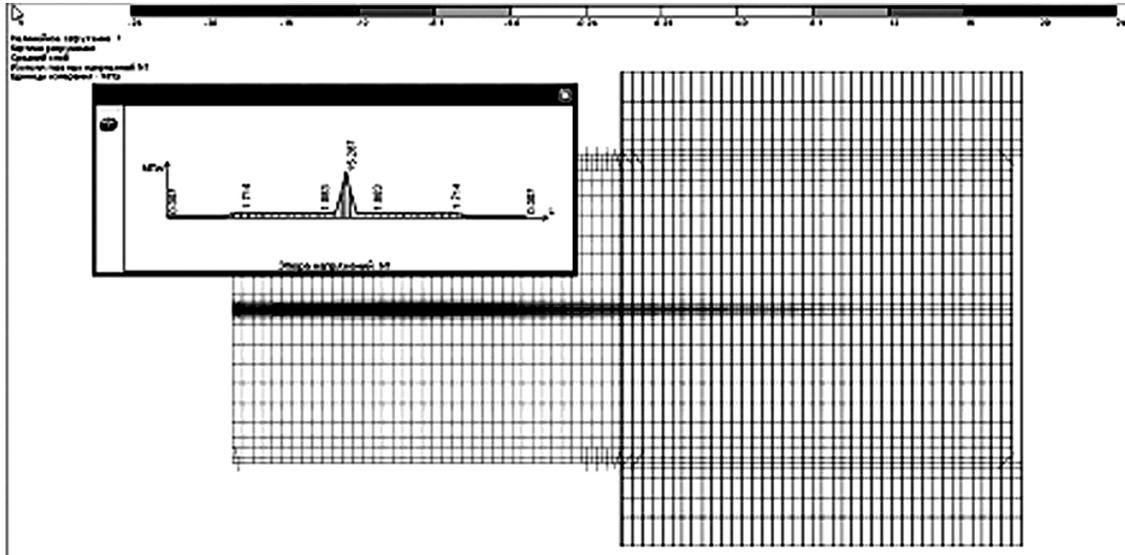


Рис.4. НДС и начало разрушения анкера с учетом работы бетона замоноличивания за пределами пустоты плиты

В численной модели 2_14 выполнен отгиб стержня (лапка); разрушающая нагрузка увеличилась лишь на 9%. Вероятно устройство такого усиления анкеровки недостаточно эффективно.

В численных моделях 2_15, 2_16 исследован анкер со стержнем 12 мм без усиления и с усилением. Разрушающая нагрузка возросла на 40 и 15% соответственно; напряжения в арматуре снизились. Контакт анкера с бетоном плиты нарушен на длине 25%; при знакопеременной нагрузке возможно проскальзывание анкера.

Для проверки адекватности численного моделирования были изготовлены анкеры в пустотах фрагментов плит с характеристиками соответствующими характеристикам численных моделей 2_8. Анкерные стержни выполнены из арматуры А500С. Фрагменты испытаны на разрывной машине (рис.5). При испытаниях измеряли смещение загруженного конца стержня относительно торца плиты. Графики смещений в численной модели и в испытанных фрагментах приведены на рис.6. Разрушение произошло при нагрузке 30 кН – напряжение в анкерном стержне – 560 МПа. Нагрузка и напряжения соответствуют условному пределу текучести арматуры. Разрушающая нагрузка выше, чем в численном эксперименте. Длина анкеровки, уточненная после испытания, составила 250 мм. Соответственно увеличена длина анкера в численной модели 2_10; напряжение в стержне перед разрушением 530 МПа. Расхождение разрушающей нагрузки в численном и физическом экспериментах составляет 5%. Смещения стержня отличаются более значительно, но при нагрузке, близкой к разрушающей, сходятся.



Рис.5. Испытание фрагмента анкерного узла в разрывной машине

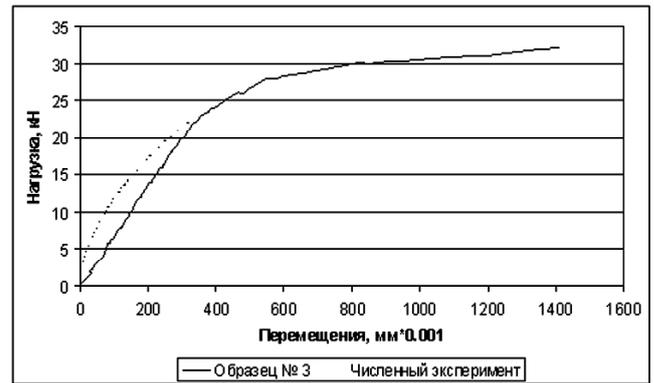


Рис. 6. Смещение загруженного конца анкерного стержня относительно торца анкера

ВЫВОДЫ

1. Результаты численного моделирования анкерных узлов (разрушающие нагрузки, перемещения анкерного стержня) не имеют принципиальных отличий от результатов физического испытания анкерных узлов, выполненных в фрагментах плит. Следовательно, численное моделирование может быть применено для анализа напряженно-деформированного состояния анкерных узлов, в том числе в составе перекрытия.
2. Разрушение анкера с арматурой $\varnothing 8A400C$ происходит после достижения в арматуре предела текучести и завершается нарушением анкеровки;
3. Разрушение анкера с арматурой $\varnothing 8A500C$ происходит в результате нарушения анкеровки арматуры.
4. При моделировании элементов, усиливающих анкеровку (шайба), разрушение происходит в результате достижения временного сопротивления;
5. Прочность по контакту бетон анкера – бетон плиты обеспечена во всех случаях, за исключением стержня $\varnothing 12A500C$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Линченко Ю.П. Константинов А.В. Направления исследований перекрытий из экструзионных плит / в Сб. научных трудов НАПКС. Вып.10, Симферополь: НАПКС, 2005.
2. Линченко Ю.П. Константинов А.В. Методика численного моделирования анкерного узла многослойных экструзионных плит непрерывного формования / в Сб. научных трудов НАПКС. Вып.12, Симферополь: НАПКС, 2005.
3. Рекомендации по применению арматурного проката по ДСТУ 3760-98 при проектировании и изготовлении железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры/ Госстрой Украины. Технический комитет по стандартизации «Арматура для железобетонных конструкций»-К: «Оранта», 2002. 39 с.

Линченко Ю.П., к.т.н., профессор, Васильев М.В., инженер.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Дефекты незавершенного здания из монолитного железобетона и предложения по их оценке

На примере обследования незавершенного строительства здания из монолитного железобетона даны предложения по классификации дефектов в зависимости от их местоположения и по расчетно-теоретическому анализу влияния дефектов на несущую способность конструкций

монолитный железобетон, дефекты конструкции, устранение дефектов

В пособии по обследованию строительных конструкций зданий [1] даны рекомендации по оценке технического состояния железобетонных конструкций по внешним признакам. Согласно последним конструкции присваивается одна из четырех категорий состояния от нормального до аварийного или предаварийного. При этом удовлетворительным является состояние, при котором, в частности, потери сечения рабочей арматуры не более 5 %, ориентировочная прочность бетона в пределах защитного слоя ниже проектной не более 10 %.

Согласно рекомендациям по обследованию железобетонных конструкций в [2] при наличии трещин вдоль арматурных стержней до 3 мм с явными следами коррозии арматуры конструкция должна быть отнесена к категории – непригодная к нормальной эксплуатации, а для преднапряженной арматуры и при расположении на опорах - состояние аварийное. Снижение несущей способности зависит от уменьшения площади сечения арматуры и размеров исключенного из работы бетона сжатой зоны. Уменьшение несущей способности нормальных сечений вследствие нарушения сцепления арматуры с бетоном ориентировочно до 20%.

Из выше изложенного видно, что состояние одной и той же конструкции может быть признано от удовлетворительного до аварийного в зависимости от используемых рекомендаций. При этом не оговаривается возможность дальнейшего негативного воздействия на конструкцию и как следствие развитие коррозионных процессов. Не учитывается так же напряженно-деформированное состояние в зоне с дефектом.

Рассмотренный в данной статье объект расположен с восточной стороны от пос. Массандра на склоне между трассой Симферополь – Ялта и нижней дорогой Ялта – Никита (рис. 1). Строительство здания начато в 1983 г. и прервано, ориентировочно, в 1990 г. К моменту обследования возведены железобетонные конструкции трех блоков до уровня верхних этажей. По четвертому блоку выполнены фундаменты и часть блока до уровня 3-го этажа. Исполнительная документация по зданию отсутствует. В период остановки строительства здание находилось в не законсервированном состоянии.

Проект здания разработан институтом «Союзкурортпроект» в 1982 - 83 г.г. Назначение здания – основной корпус санатория на 500 мест. Здание состоит из четырех самостоятельных в конструктивном отношении блоков, выполняемых в монолитном железобетоне. Отдельные блоки санатория представляют собой многоэтажные здания с внутренним двориком и подсечками нижних этажей по наружным и внутренним противолежащим углам. Здание имеет несущие продольные и поперечные стены, связанные поэтажно монолитными и сборно-монолитными дисками перекрытий. В местах подсечек роль основных несущих конструкций выполняют продольные стены и диски перекрытий, образующие со стенами многоэтажную балку.

Здание имеет сложное объемно-планировочное решение не характерное для строительства в сейсмических районах: вынос консольных этажей; марши, относящиеся к разным блокам в пределах одной лестничной клетки, перепады перекрытий и не удовлетворяет требованиям и рекомендациям норм строительства в сейсмических районах.

Обследование здания выполнено в связи с подготовкой к завершению строительства с изменением функционального назначения. Новое назначение здания – бизнес-центр с гостиничным комплексом. В связи с изменением функционального назначения необходима перепланировка с

устройством дополнительных проемов. Предполагается также рассмотреть возможность надстройки здания.



Рис. 1 Общий вид здания с трассы Симферополь – Ялта.



Рис. 2 Эксцентриситет стен.

- При оценке несущей способности конструкций достаточно просто учесть следующие дефекты:
- прочность бетона ниже проектной;
 - фактические размеры сечений конструкций;
 - неплотный бетон в конструкциях, который распространен по сечению стен до горизонтальных стержней арматурных сеток (рис. 5). Соответственно данный дефект может быть учтен уменьшением расчетной толщины стены.
 - фактический защитный слой бетона.

Выполнено детальное обследование конструкций. В ходе инструментального обследования определены размеры сечений несущих конструкций, прочность бетона, параметры армирования.

Значения прочности тяжелого бетона конструкций стен и перекрытий с обеспеченностью 95% находятся в диапазоне от 21-30 МПа.

Процентное отношение конструкций из тяжелого бетона, среднее значение прочности которых не менее марки 300 (проектная прочность), составляет 60%.

Процентное отношение конструкций из легкого бетона, среднее значение прочности которых не менее марки 150 (проектная прочность), составляет 20%.

При обследовании обнаружены следующие дефекты, характерные для монолитных железобетонных конструкций:

- отклонение толщины конструкций от проектной на 10...20% как в большую так и в меньшую стороны.
- эксцентриситеты стен между этажами до 80 мм для стен номинальной толщиной 300 мм (рис. 2);
- участки неплотного бетона (рис. 3);
- непробетонированные участки (рис. 4), в т.ч. штрабы глубиной до 2/3 сечения стены;
- смещение арматуры по сечению стен до 60 мм от проектного положения;
- разрушение защитного слоя бетона в результате коррозии арматуры;
- малый защитный слой бетона (трещины в бетоне отсутствуют, но есть пятна ржавой окраски, расположенные вдоль стержней арматуры);
- коррозия арматуры на непробетонированных участках или в местах где было остановлено строительство.

Причинами дефектов являются нарушение технологии производства работ и длительное содержание без консервации под атмосферными воздействиями.

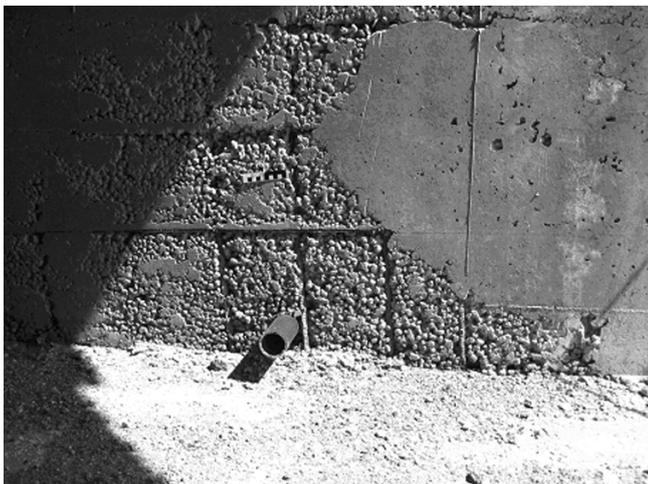


Рис. 3 Участок неплотного бетона.



Рис. 4 Непробетонированный участок.



Рис. 5 Удаление неплотного бетона для выяснения глубины его распространения.

Сложности вызывает учет повреждения арматуры коррозией. Степень коррозии можно определить исходя из количества продуктов коррозии, уменьшения диаметра стержней, проявлений на поверхности бетона. Предлагаемая классификация коррозии представлена в табл. 1.

Помимо степени коррозии при оценке ее влияния на несущую способность конструкции и выбора способа устранения дефекта необходимо учитывать местоположение этих участков. Часть этих зон после завершения строительства окажется внутри помещений с температурно-влажностным режимом, при котором интенсивной коррозии происходить не будет. В этом случае при обеспеченной несущей способности достаточно косметического ремонта. Если же участки с дефектами после завершения строительства окажутся в условиях благоприятных для развития коррозии (санузлы, наружные стены), то потребуются восстановление защитного слоя, а при необходимости и усиление конструкций. Оценка опасности дефектов в зависимости от их местоположения и мероприятия по их устранению представлены в табл. 2.

Таблица 1.

Классификация коррозии арматуры и её влияние на несущую способность конструкций

Характеристика коррозии	Проявление в бетоне	Класс коррозии	Учет влияния на несущую способность, мероприятия по
Плотный налет на поверхности. Чешуйки при ударе не отделяются.	Трещины в защитном слое отсутствуют	Слабая.	Несущая способность существенно не снижается, $\gamma_k=1,0$
		Удовлетворительное состояние	Необходимы меры по предотвращению дальнейшей коррозии: защита бетона, устранение причин
Чешуйчатая. Образуются чешуйки толщиной до 1 мм. Чешуйки отделяются при ударе молотком. Размеры чешуек ~ 2...4 мм.	Трещины в защитном слое бетона длиной 20...30 см, шириной 0,1...0,3 мм. Уменьшение рифления, сглаживание ребер. Уменьшение диаметра до 1,5 мм	Средняя.	Несущая способность снижается на 10...20% - $\gamma_k=0,9...0,8$; а в зоне анкеровки $\gamma_k=0,7$
		Неудовлетворительное состояние	Удаление бетона на участках с трещинами. Удаление продуктов коррозии. Восстановление защитного слоя бетона. Защита бетона, устранение причин. В агрессивной среде – усиление и защита. Усиление с частичной передачей нагрузки на усиливающие элементы
Пластинчатая. Образуются пластины толщиной 2...10 мм	Разрушение защитного слоя бетона. Существенное уменьшение диаметра арматуры, уничтожение рифления. Уменьшение диаметра на 2...4 мм и более	Сильная.	Несущая способность снижается на 20...40 % $\gamma_k=0,8...0,6$, на опоре 30...70% $\gamma_k=0,7...0,3$
		Предавварийное состояние	Временные дополнительные опоры, разгрузка. Ремонт и защита. Усиление с частичной или полной передачей нагрузки на усиливающие элементы

Оценка опасности дефектов и меры по устранению

№ п/п	Характер дефекта	Зона расположения	Влияние на прочность	Мероприятия
1	Коррозия арматуры слабая до средней	Плита перекрытия монолитная в пролете, в помещении	- $\gamma_k = 0,9$	Удаление рыхлого бетона; очистка арматуры; затирка раствором цементно-песчаным.
	Коррозия арматуры сильная	Плита перекрытия монолитная в пролете, в помещении	+ $\gamma_{k \leq} = 0,5$	Разборка плиты, устройство новой
2	Коррозия арматуры, слабая до средней, повреждение защитного слоя	Стена наружная	- $\gamma_k = 0,9$	Удаление поврежденного защитного слоя по всем трещинам; очистка арматуры; зачеканка или нагнетание полимерцементного раствора под опалубку; защита поверхности.
	Коррозия арматуры, слабая до средней, повреждение защитного слоя	Стена внутренняя	$\gamma_k = 0,9$	То же, что п.2, но восстановление цементно-песчаным раствором. Защита в жилых помещениях не требуется
	Рыхлый, тощий бетон. Коррозия арматуры	Плита перекрытия, стена внутренняя	$\gamma_k = 0,9$	Затирка раствором
	Рыхлый, тощий бетон. Коррозия арматуры	Стена наружная	$\gamma_k = 0,8$	По п. 1; торкретирование раствором или нагнетание под опалубку; защита
	Наклонные трещины, коррозия арматуры	Перемычка	$\gamma_k = 0,7$	Усиление
	Коррозия арматуры, непробетонированный участки	Перемычка	$\gamma_k = 0,85$	Зачеканка цементно-песчаным раствором

ВЫВОДЫ

При обследовании обнаружен ряд отступлений от проекта, а так же повреждений конструкций, снижающих их долговечность и прочность. Только по результатам обследования нельзя судить об обеспечении прочности и надежности конструкций и, следовательно, нельзя разработать адекватные достаточно обоснованные и экономичные мероприятия по ремонту и/или усилению конструкций. Для этого необходимо сопоставить фактическую прочность конструкций с результатами расчета напряженного состояния несущей системы здания (в том числе с учетом реконструкции по завершении строительства). В связи с этим необходимо выполнить расчеты несущей системы здания с учетом дефектов, ремонта, реконструкции, и, при необходимости, усиления конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий./ АО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ».- М. 1997.
2. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд: Затв.наказом від 27 листопада 1997 р. за № 32/288 і введ. до дії з 1 грудня 1997 р. Держкомбуд та Держжохоронпраці.- К.: НДІБВ, 1997.

Линченко Ю.П., к.т.н., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Константинов В.А., инженер

президент корпорации «УКПРОСБУД»

Методика численного моделирования анкерного узла многопустотных экструзионных плит непрерывного формования

Предложена конструкция и рассмотрена методика исследований анкерных узлов плит перекрытий. Анкеры устраиваются в пустотах плит. Исследования выполняются в последовательности аналитический обзор и приближенный расчет узла – численное моделирование – проверка физическим экспериментом. Критерий работы узла – пластическое разрушение.

Железобетон, сейсмика, стыки, анкеровка, численное моделирование

В предыдущей статье [1] мы выполнили анализ перспектив и проблем внедрения виброэкструзионной технологии плит перекрытий на Украине. Рассмотрено современное состояние исследований и применения перекрытий из экструзионных плит технологии «PCE Engineering». Выполнен анализ соответствия перекрытий требованиям отечественных норм проектирования. Предложены общие подходы к методике исследований и совершенствования перекрытий для сейсмических районов на основе численного эксперимента.

Одной из особенностей экструзионных плит непрерывного формования является отсутствие выпусков арматуры на торцах плит для их анкеровки, так как плиты получают распиливанием отформованной ленты на блоки заданной длины. Применяемое для анкеровки плит конструктивное решение сопряжено с существенным повреждением плит и низкотехнологично. В связи с этим возникает задача разработки и исследования анкерных узлов плит.

Предлагается анкерный узел, выполненный в пустоте плиты (рис.1). Анкерный узел включает арматурный стержень, замоноличенный в бетонную пробку. Длина анкера такова, что обеспечивается пластический характер повреждения в результате достижения в арматурном стержне предела текучести при обеспечении анкеровки стержня и отсутствия проскальзывания бетонной пробки.

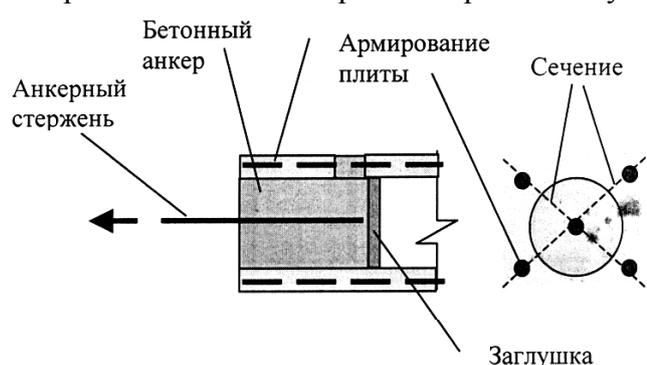


Рис. 1. Конструкция анкерного узла и расчетное сечение

Для эксперимента приняты следующие материалы: бетон плиты - В40; бетон анкера - В20. Анкерный стержень из арматуры класса А400С1.

Мы создаем численную модель физического эксперимента с доведением конструкции до разрушения. В единичном физическом эксперименте реализуются случайные значения прочности материалов. Их эквивалентом в численном эксперименте являются средние значения величин. Средние значения характеристик материалов определим по их нормативным значениям с учетом данных статистической обработки и обеспеченности. В результате анализа [2] получено соотношение между средним значением прочности бетона при сжатии и классом бетона $B = 0.78R_m$, а

В методике исследований принята последовательность: анализ существующих исследований и методов расчета – разработка предварительных конструктивных решений и численных моделей – анализ моделей на ПК «ЛИРА» - испытание фрагментов плит с анкерными узлами – разработка методики расчета и конструирования. При численном моделировании используются физически нелинейные конечные элементы (КЭ 241), позволяющие моделировать поведение конструкции с учетом накопления повреждений вплоть до полного разрушения, то есть выполнять численный эксперимент.

также соотношение между средним значением прочности при растяжении (временное сопротивление осевому растяжению) и нормативным значением прочности при растяжении $R_{btm} = 0.73R_{btm}$. Используя эти соотношения, определим средние значения характеристик бетона для численных экспериментов:

$$R_{bm} = R_{bn} / 0.78; R_{btm} = R_{btm} / 0.73 \quad (1)$$

Длина анкера из условий обеспечения анкеровки арматурного стержня диаметром 8 мм по нормам /3/ при средней прочности бетона анкера и обеспечении прочности анкеровки вплоть до достижения временного сопротивления арматуры

$$l_{ан} = \left(w_{ан} \frac{R_{su}}{R_{bm}} + \Delta\lambda_{ан} \right) d \quad (2)$$

Примем следующие исходные данные: $R_{su} = 500$ МПа; $R_{bm} = 19.2$ МПа; $d = 0,008$ м. При данных условиях

$$l_{ан} = \left(0,5 \frac{500}{19.2} + 8 \right) 0,008 = 0,168 \text{ м}$$

В соответствии с рекомендациями по применению проката по ДСТУ 3760-98 /7/ базовая длина анкеровки

$$l_b = \frac{d}{4} \cdot \frac{R_s}{\varphi_4 \varphi_5 R_{bb}} \quad (3)$$

При средних характеристиках материалов получим длину анкеровки 36.5 см, то есть приблизительно в два раза больше, чем по нормам /3/.

Примем длину анкера 0,2 м. Достаточность анкеровки проверим численным и физическим экспериментом.

Рассмотрим назначение характеристик контактного слоя: бетон плиты – бетон анкера. Методика расчета прочности контактных швов изложена в справочном пособии по проектированию сборно-монолитных конструкций /4/. Расчет прочности контактных швов между сборным элементом и монолитным бетоном производят из условия

$$F \leq F_{sh},$$

где: F - сдвигающее усилие в шве от внешней нагрузки; F_{sh} - предельное сдвигающее усилие, воспринимаемое контактным швом. В шве контакта отсутствуют поперечная арматура и шпонки. Обжатие шва не учитываем. Перейдем также от расчетных характеристик материалов к средним значениям. Предельное сдвигающее усилие определяется сопротивлением шва сдвигу:

$$F_{sh} = R_{sh,bm} b_{sh} l_{sh}, \quad (4)$$

где: $R_{sh,bm}$ - среднее по длине участка сдвига суммарное расчетное сопротивление сдвигу контактного шва; b_{sh}, l_{sh} - расчетная ширина и длина поверхности сдвига соответственно.

Сопротивление шва сдвигу $R_{sh,bm}$ за счет сцепления и механического зацепления

$$R_{sh,bm} = \gamma_{b1} \gamma_{b2} \gamma_{b3} R_{btm}, \quad (5)$$

Сопротивление монолитного бетона растяжению $R_{btm} = 1.92$ МПа принимаем для бетона класса В20.

Значения коэффициентов, учитывающего влияние многократно повторяющейся нагрузки, γ_{b1} для плоского шероховатого, армированного поперечной арматурой контакта принимают равными: при коэффициенте асимметрии цикла нагружения $\rho = 0.3$ $\gamma_{b1} = 0.65$. В нормах /3/ коэффициент условий работы бетона $\gamma_{b1} = 0.75$ при коэффициенте асимметрии цикла $\rho = 0/3$, табл.16/. Примем коэффициент условий работы для анкерного узла $\gamma_{b1} = 0.7$.

По нормам проектирования бетонных и железобетонных конструкций $\gamma_{b2} = 1.1$ при учете особых нагрузок /3, табл.15 /. Для моделирования испытаний кратковременной нагрузкой примем значение коэффициента $\gamma_{b2} = 1.0$.

Коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности контактного шва на сцепление бетона /4, табл.1/ меняется бессистемно от 0.6 до 1.2 при изменении прочности бетона от 10 до 40 МПа. Примем среднее значение коэффициента. При контакте, осуществляемом по гладкой криволинейной поверхности $\gamma_{b3} = 0.9$. Влияние обжатия шва в первом приближении не учитываем ($\sigma_{b,m} = 0$).

Соппротивление шва сдвигу при оговоренных условиях $R_{sh,bm} = 0.63R_{btm}$. С другой стороны, известно соотношение для прочности бетона при срезе и при растяжении: $R_{sh,bm} = 2R_{btm}$. Отсюда можем получить соотношение между прочностью бетона при растяжении и прочностью контактного слоя при растяжении $R_{btm,con} = 0.32R_{btm}$. При испытании статической нагрузкой коэффициент $\gamma_{b1} = 1.0$, тогда $R_{btm,con} = 0.46R_{btm}$. Для бетона класса В20 получим $R_{btm,con} = 0.46R_{btm} = 0.88$ МПа. Прочность контактного слоя бетона при сжатии также примем несколько сниженной – как для бетона класса В15 - $R_{btm,con} = 14.1$ МПа.

В статье /5/ приведены результаты испытаний железобетонных стоек с обоймой при внецентренном сжатии. Сечение стоек 10x15 см, толщина обоймы – 5.0 см; длина обоймы 50 см. Бетон стойки В12.5 ($E_b = 2.1 \times 10^7$ кН/м³), обоймы – В15 ($E_b = 2.3 \times 10^7$ кН/м³). Разрушение происходило по обойме при нагрузке 200 кН. Будем считать, что нагрузка между стойкой и обоймой распределяется пропорционально жесткостям при сжатии, тогда усилие в обойме составит $F = 144$ кН. Все продольное усилие в обойме возникает за счет сдвиговых усилий в контактном слое. Расчетная площадь контакта при симметричной по длине эпюре – 0.125 м². Средние напряжения сдвига на

контакте с учетом симметричного загрузения $R_{sh,bm} = 0.144 / 0.125 = 1.152$ МПа. Для рассматриваемого эксперимента получаем $R_{sh,bm} = 0.84R_{btm}$, что на 25% больше, чем по методике норм. Очевидно, существенное влияние здесь оказывают распорные усилия на контакте, возникающие в результате поперечных деформаций сжатого бетона.

Окончательно принимаем в запас прочность бетона контактного слоя при растяжении

$$R_{btm,con} = 0.4R_{btm} \quad (6)$$

Для бетона класса В20 - $R_{btm,con} = 0.76$ МПа. Это значение принято в расчетной модели. Предельное усилие сдвига по контакту бетон – бетон при длине анкера 200 мм составит по формуле (5) 75 кН.

Будем считать, что все растягивающее усилие в стыке воспринимается сечениями анкеров – бетоном и арматурой. Усилие в анкере перед образованием трещины составит 58 кН. Часть усилия воспринимаемая бетоном анкера – 38.2 кН – почти в два раза превосходит усилие, соответствующее достижению напряжения текучести в арматурном стержне анкера. Следовательно, при образовании трещины в анкере образуется пластический шарнир с усилием, соответствующим пределу текучести арматуры – 20 кН.

В результате анализа получены предельные усилия в анкере:

- при достижении предела текучести в анкерном стержне – 20 кН, при достижении временного сопротивления – 50 кН;
- при сдвиге по контакту бетон анкера – бетон плиты – 75 кН;
- перед появлением поперечной трещины в анкере – 58 кН.

Длина анкеровки 200 мм обеспечивает работу до исчерпания временного сопротивления анкерного стержня. Следовательно, при рассматриваемых параметрах анкера обеспечивается его пластическая работа вплоть до достижения временного сопротивления в анкерном стержне.

Рассмотрим далее моделирование узла конечными элементами. При численном моделировании узла можно применить плоские конечные элементы и плоскую расчетную модель или пространственную расчетную модель из объемных элементов. Отметим следующие пре-

имущества плоской модели:

- сравнительно небольшое количество конечных элементов позволяет применить более мелкие конечные элементы в критических зонах: контактных слоях бетон – стержень и бетон анкера – бетон плиты;
- небольшое количество конечных элементов позволяет быстро изменять характеристики модели и быстро выполнять расчеты и анализ их результатов, что желательно при отладке методики моделирования и предварительных экспериментах с широким варьированием большого числа параметров.

В статье /6/ изложены результаты физического эксперимента по исследованию сцепления канатной арматуры с бетоном. Разработана конечноэлементная модель, дающая результаты, хорошо согласующиеся с результатами полученными другими авторами и результатами физического эксперимента. При этом сделана попытка учесть нелинейную работу бетона послойным изменением его модуля упругости. Структура модели подобна, предлагаемой нами для исследования анкерного узла.

Пространственная расчетная модель будет применена в дальнейшем для уточнения результатов, полученных на плоской модели в отдельных характерных точках варьирования параметров.

Так как сечение пустоты в плите и анкера круглое, то расчетное сечение следует принимать радиальным (см. рис.1). По высоте сечение разбиваем на ряд слоев (рис.2). Характеристики примененных конечных элементов приведены в табл.1. Бетон полка плиты, бетон анкера и анкерный стержень моделируем плоскими конечными элементами балка – стенка. Ребра плиты моделируем стержневыми конечными элементами, соединяющими элементы полка. Следует учесть, что модель в этом случае справедлива только для центрального приложения нагрузки. Армирование плиты моделируем стержнями с соответствующими характеристиками. Для моделирования анкерного стержня применяем плоские элементы.

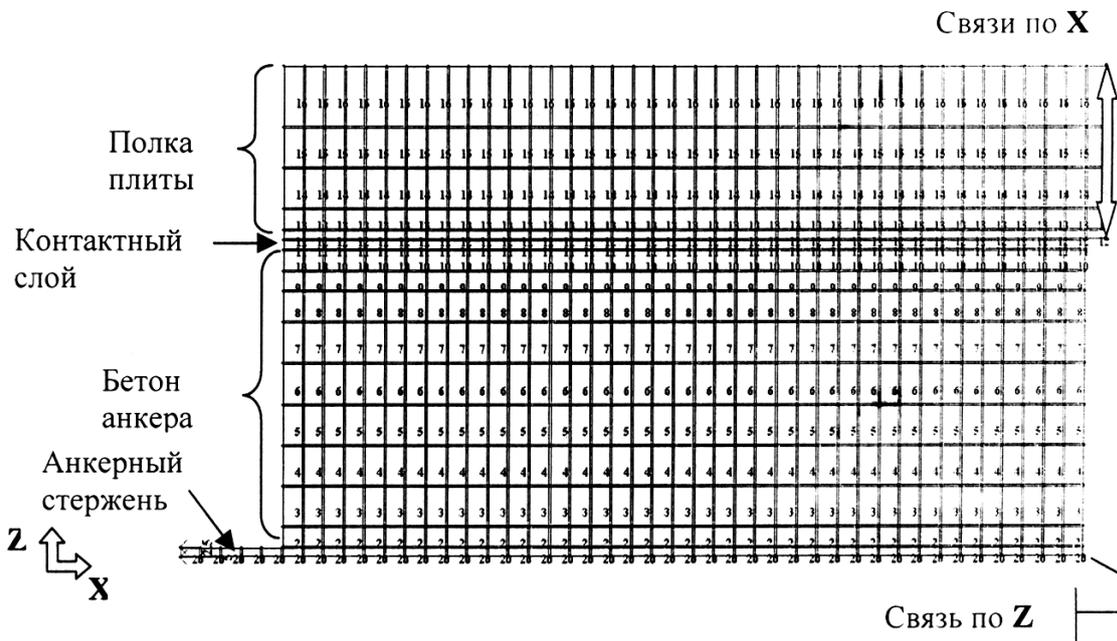


Рис.2. Конечноэлементная модель. Проставлены типы жесткостей. Стержневые элементы условно не показаны

Ширина сечения конечных элементов, моделирующих бетон анкера и полка плиты, будет переменной по высоте сечения модели. Ширина i -того конечного элемента равна длине дуги вырезанного сектора посередине слоя. Ширину сечения конечных элементов в зоне полки b_k плиты принимаем по трапеции, равновеликой по площади вырезанному сечению полки.

Исходя из вышеизложенного, ширину сечения конечных элементов d определяли по формулам:

при $Z \leq 77.5$ мм (зона анкера)

$$d_i = \pi \frac{Z_i}{2};$$

при $Z > 77.5$ мм (зона полки плиты)

$$d_i = 122 + 2.23(Z_i - 77.5),$$

где: Z_i - расстояние от центра сечения до середины элементарного слоя.

Шаг разбиения по оси Z принимаем переменным: от 2.5 мм в контактной зоне анкера до 10 и 15 мм в периферийной зоне полки плиты (рис.2). Меньший шаг принимаем в зонах резкого изменения жесткостей и предполагаемого резкого изменения напряженного состояния – это контакт арматуры с бетоном и контакт бетона анкера с бетоном плиты.

Шаг по оси X принимаем постоянным и таким, что бы отношение размеров сторон прямоугольных конечных элементов было минимальным. Рекомендуется выполнение условия /7/

$$0.2 \geq \frac{a}{b} \geq 0.5,$$

где a и b - максимальный и минимальный размер плоского элемента.

При шаге разбиения по оси $X = 5$ мм условие выполняется на всей модели за исключением полки плиты в зонах, не примыкающих к анкеру, где соотношение сторон достигает $\frac{a}{b} = 3$. Однако в этих зонах напряженное состояние в меньшей степени влияет на работу анкера и можно допустить более грубое разбиение.

Общий вид трехмерного изображения конечноэлементной модели представлен на рис.3. В модели приняты три типа конечных элементов по физико-механическим характеристикам бетона: бетон плиты, бетон анкера, бетон контактного слоя между плитой и анкером. Для моделирования анкерного арматурного стержня в центральном слое задаем процент армирующего материала близкий к единице – 99 %. Физико-механические характеристики задаются диаграммами деформирования с учетом нелинейности. Для бетонов и контактного слоя приняты экспоненциальные зависимости $\sigma - \varepsilon$; для армирующего материала – кусочно-линейная. Характеристики типов жесткости конечных элементов сведены в табл. 1.

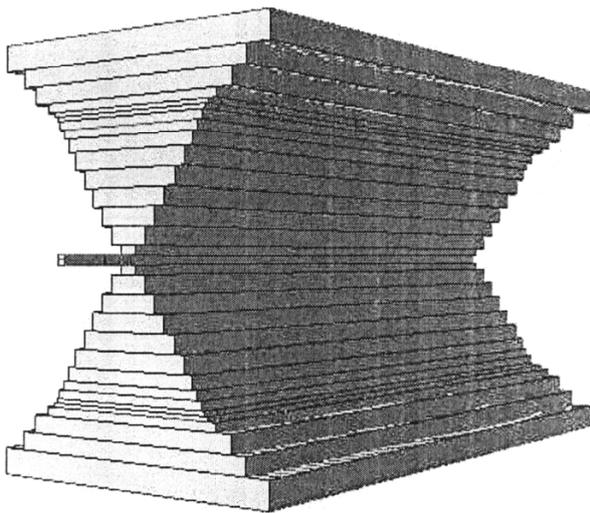


Рис.3. Трехмерное изображение конечноэлементной модели

В результате предварительного численного эксперимента получены картины напряженно – деформированного состояния (НДС) (рис.4), трещинообразования и разрушений в анкерном узле (рис.5). Разрушение модели наступает при усилении, соответствующем достижению в армирующем материале напряжений предела текучести. НДС и схема разрушения расчетной модели анкерного узла соответствуют выполненному анализу.

Характеристики типов и жесткости конечных элементов

Наименование элемента	Тип КЭ	Сечение, см	E^- , МПа	E^+ , МПа	σ^- , МПа	σ^+ , МПа	ε^-	ε^+
Анкерный стержень	241	5.0x2.5	2×10^5	2×10^5	-400 -410 -500	400 410 500	-0.002 -0.02 -0.16	0.002 0.02 0.16
Стержни армирования плиты	10	D12	2×10^5	2×10^5	-400	400	-0.002	0.002
Бетон плиты В40	241	переменное	3.25×10^4	3.25×10^4	-37.2	2.88	-0.0025	0.00025
Бетон анкера В20	241	переменное	2.7×10^4	2.7×10^4	-19.2	1.92	-0.0025	0.00025
Контактный слой бетон-бетон	241	0.25x12.7	2.3×10^4	2.3×10^4	-14.1	0.76	-0.002	0.0002

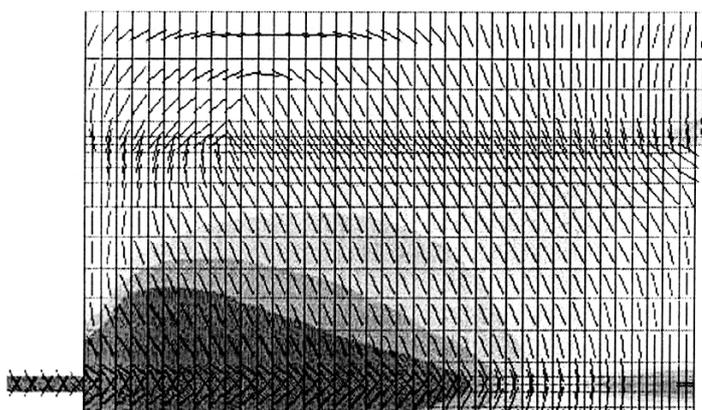
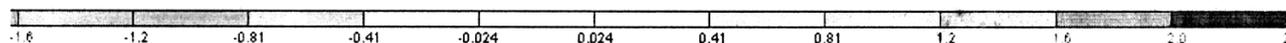
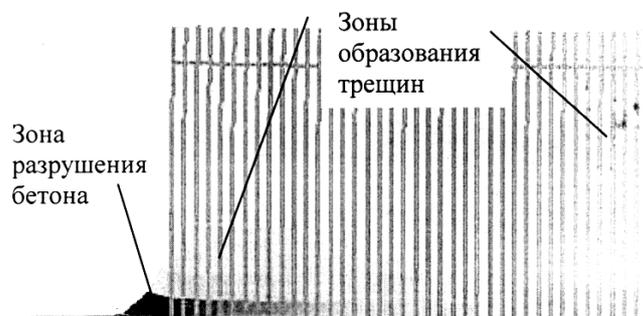
Рис.4. Площадки и изополю главных напряжений N_1 (МПа) в бетоне

Рис.5. Изополю повреждений и разрушения бетона

ВЫВОДЫ

Эффективная методика исследования конструкций может быть построена по общей схеме: приближенный предварительный анализ по известным зависимостям и исследованиям для разработки численной модели – многофакторное численное моделирование – выборочная проверка результатов численного моделирования физическим экспериментом.

Разработана расчетная модель, удовлетворительно отражающая НДС исследуемого анкерного узла. Дальнейшие исследования будут направлены на совершенствование модели, проведении на ее базе широкого многофакторного эксперимента. Затем будет разработан конечный элемент, отражающий свойства многоэлементной модели и исследовано НДС перекрытия с учетом допустимых повреждений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Линченко Ю.П. Константинов А.В. Направления исследований перекрытий из экструзионных плит / в Сб. научных трудов НАПКС. Вып. 10, Симферополь: НАПКС, 2005.
2. Байков И.Н. Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции: Общий курс. –М: Стройиздат, 1991.-767 с.
3. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. –М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 79 с.
4. Проектирование железобетонных сборно-монолитных конструкций. Справочное пособие к СНиП 2.03.01-84. -М.:Стройиздат 1991. 40 с.
5. Третьяк В.В., Ткаченко А.Е. О влиянии сцепления бетона на прочность усиленных обоями железобетонных элементов / Известия вузов. Строительство. 2001. №12. С. 105...107.
6. Астахов Ю.В., Астахов Н.В. Численный метод определения сцепления каната с бетоном / Известия вузов. Строительство. 2002. №3. С. 123...130.
7. Рекомендации по применению арматурного проката по ДСТУ 3760-98 при проектировании и изготовлении железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры/ Госстрой Украины. Технический комитет по стандартизации «Арматура для железобетонных конструкций» -К: «Оранта», 2002. 39 с.

Литовченко П.А., к.т.н., доцент, Емельянов М.П., к.т.н., доцент
 Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Уроки реконструкции здания по ул.Морская,1а в г.Ялта

Проведен анализ ошибок, совершенных при проектировании работ по выполнению нулевого цикла при реконструкции здания в стесненных условиях. Показаны методы исправления допущенных ошибок, повлекшие за собой изменения в конструктивной схеме здания и изменения общепринятой технологии производства работ.
реконструкция, стесненные условия, котлован, подпорная стенка, откос, устойчивость

Реконструкция зданий и сооружений в настоящий момент занимает все большую долю в общем объеме строительства. Особенно сильно данная тенденция проявляется в условиях Крымского региона. Это объясняется отсутствием свободных для застройки территорий и исторической ценностью возведенных объектов. Кроме того, стоимость реконструкции здания в общем итоге оказывается как минимум на 15-20% меньше нового строительства.

При проведении реконструкции практически всегда возникают специфические задачи и требования, как на стадии проектирования, так и на стадии выполнения строительно-монтажных работ. Эти задачи зачастую вытекают не из специфики конструктивных решений и технического состояния реконструируемых зданий, а диктуются особенностью ведения строительных работ в стесненных условиях и отсутствием свободных транспортных развязок, необходимостью сохранения непрерывности жизнедеятельности района, в котором расположена площадка строительства. Учет особенностей реконструкции объектов может повлечь изменения в конструктивной схеме здания по сравнению с аналогичными объектами при новом строительстве. Поэтому инженерам проектировщикам и производителям работ, занимающимся реконструкцией объектов, следует иметь углубленные знания для решения специфических вопросов реконструкции, тем более, что конкретика решаемых задач, как правило, индивидуальна для каждого объекта.

Авторы статьи являлись экспертами при решении строительных проблем, возникших при реконструкции здания по ул.Морская, 1а в г.Ялта.

Рассматриваемый объект расположен в центральной части г. Ялта, в его приморской части на пересечении ул.Морская и набережной. Проект здания разработан проектной организацией Крымская КАРМ «Укрпроектреставрвция» в 2005 году [5]. Проектом предусмотрено размещение здания между корпусами гостиницы «Маріино» и жилого дома по ул. Морская, 3 (рис. 1).

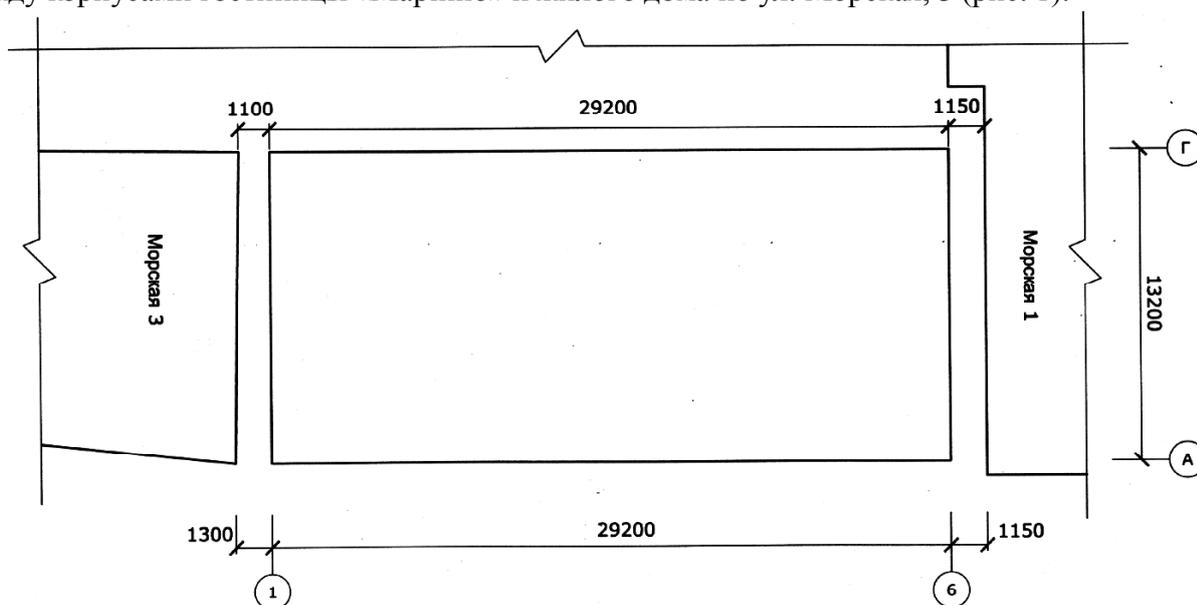


Рис.1 Схема размещения здания.

По данным отчета об инженерно-геологических изысканиях, выполненных инженерно-гео-

логической и гидрогеологической партией Департамента государственной геологической службы Украины, КП «Южэкогеоцентр» [4] на площадке строительства выделено три инженерно-геологических элемента: ИГЭ-1 – насыпные и пролювеальные грунты; ИГЭ-2 – суглинки с дресвой; ИГЭ-3 – суглинки галечниковые. Основанием подошвы фундаментов служат суглинки дресвяные со следующими физико-механическими характеристиками: $\gamma = 22,2 \text{ кН} / \text{м}^3$; $C_1 = 24 \text{ Па}$; $E = 32 \text{ Па}$; $\varphi_1 = 27^\circ$. По показателю текучести суглинки относятся к твердым, а по степени влажности и числу пластичности – к непросадочным грунтам. Грунтовые воды встречены на глубинах от 8,4 м до 9,1 м от поверхности грунта. Их положение соответствует уровню Черного моря. Опасные геологические процессы в виде оползней, селей, абразии отсутствуют. Сейсмичность площадки соответствует 9 баллам.

Строящееся здание имеет прямоугольную в плане форму габаритными размерами в осях 29,2x13,2 м (рис. 2). Здание запроектировано с подвальным этажом. Конструктивно здание решено по рамно-связевой схеме. Продольные и поперечные вертикальные диафрагмы расположены в осях 1-2/Б-В и 5-6/Б-В. Вертикальные несущие конструкции и фундаменты предусмотрены монолитными железобетонными, перекрытия – сборно-монолитными железобетонными [5].

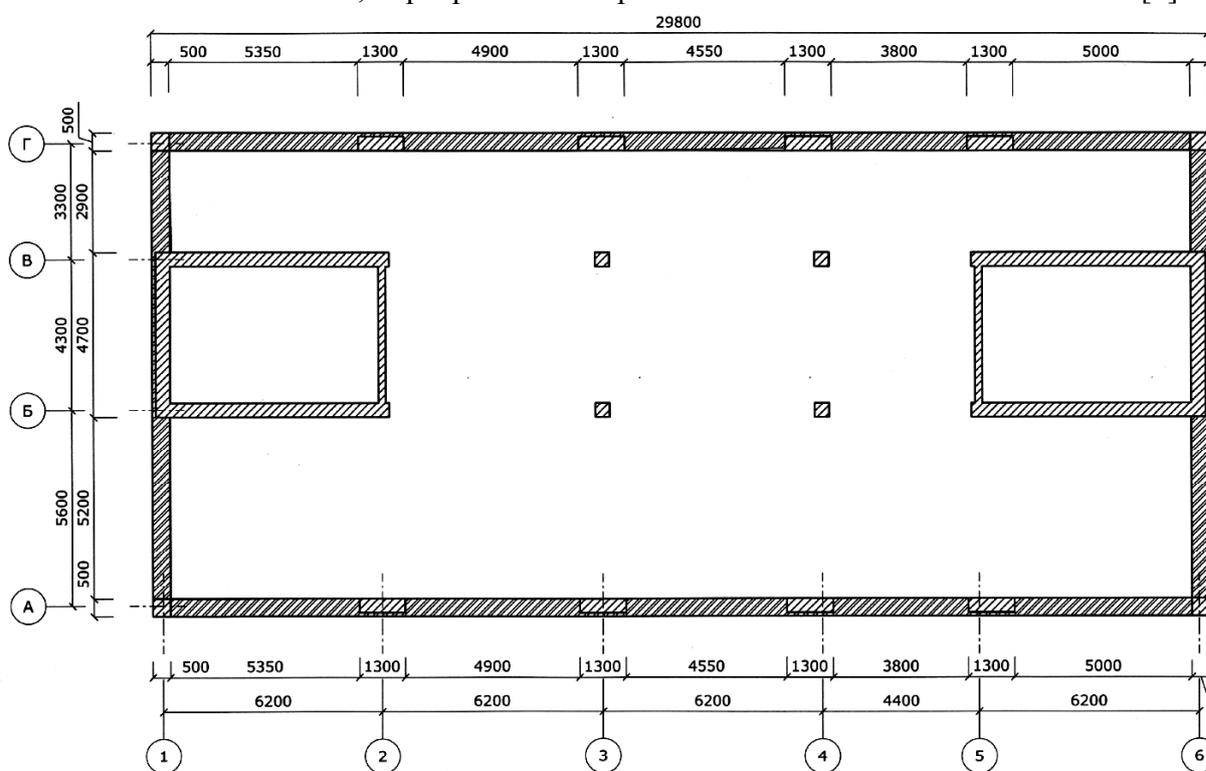


Рис.2 Схема конструктивного решения ниже отм. –3,000.

Фундаменты здания перекрестные ленточные. Отметка подошвы фундамента составляет -3,95, что соответствует абсолютной отметке +0,05. Отметка подошвы фундамента по оси 6 совпадает с отметкой подошвы фундамента дома бывшей гостиницы «Маріино» (рис. 3.б), а по оси 1 - находится ниже подошвы фундамента жилого дома на 3,3 м (рис. 3.а). Между жилым домом и строящимся зданием (ось 1) предусмотрена свайная подпорная стена из трубобетонных свай с заполнением промежутков между трубами выше отметки подошвы фундамента деревянным брусом.

Наружные стены по периметру здания до отметки -0,3 предусмотрены монолитными железобетонными толщиной 400 мм.

На период выполнения работ нулевого цикла крепление стенок котлована предусмотрено:

- со стороны оси 1 – свайной подпорной стеной;
- со стороны осей А и Г – временными стальными анкерными сваями;
- со стороны оси 6 – крепление не нужно.

После возведения нулевого цикла предусмотрена обратная засыпка котлована с послойным трамбованием грунта.

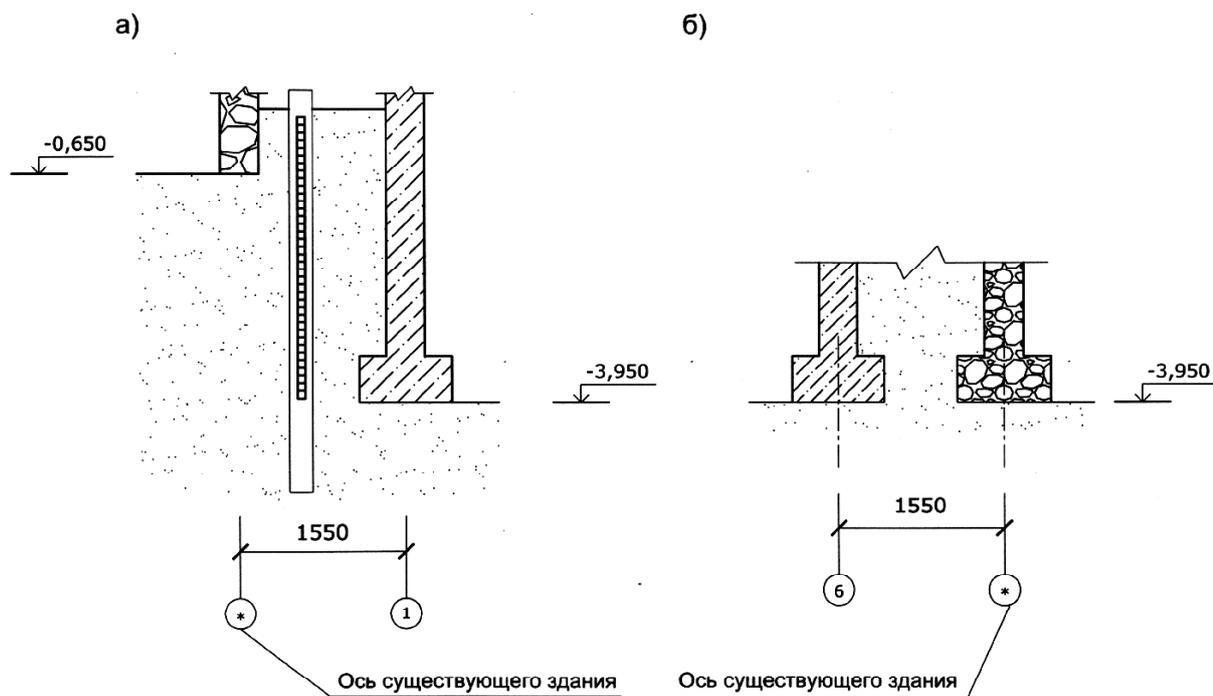


Рис.3 Схема сопряжения фундаментов существующих и строящегося здания

а) сопряжение фундаментов со зданием по ул. Морская, 3. б) сопряжение фундаментов со зданием по ул. Морская, 1

После начала производства работ у владельцев соседних зданий (Морская, 1 и Морская, 3) возникли опасения в негативном влиянии строительства на техническое состояние существующих зданий.

Авторами проведено техническое освидетельствование площадки строительства и соседних зданий, в результате которого установлено:

1. На момент обследования на площадке строительства проводились работы по отрывке котлована и устройству фундаментов здания:

- в осях 5 – 6 и В – Г котлован под здание отрыт до проектной отметки и ведутся подготовительные работы по бетонированию фундаментов;
- на остальных участках глубина котлована составляет от 1 до 2,5 м;
- выполнено временное крепление стенок котлована;
- выполнено дополнительное бетонирование и гидроизоляция части существующей стены подвала здания (Морская, 1) у оси 6;
- выполнено дополнительное бетонирование части существующей стены подвала здания (Морская, 3) у оси 1;
- выполнено устройство части свайной подпорной стены у оси 1.

Все работы выполняются в соответствии с проектом. Схема выполненных объемов работ показана на рис. 4.

2. Свайная подпорная стена в районе оси 1 выполнена с применением бурозабивных свай. Сваи - трубобетонные. В стальную трубу диаметром 325 мм и толщиной стенки 10 мм установлен арматурный каркас с продольной арматурой $4\varnothing 18$ А-III. После чего труба заполнена бетоном класса В 15. По верху свай выполнен монолитный железобетонный ростверк минимальным сечением 40x40 см. Прочность бетона ростверка, соответствует классу В 15. Армирование ростверка осуществлено арматурными стержнями $4\varnothing 18$ А-III, установленными в верхней и нижней зонах сечения. Относительная отметка низа ростверка составляет +1,05. Фактическая относительная отметка низа свай не постоянна и изменяется в пределах от -6,05 до -9,05 (средняя отметка составляет -8,34). Заполнение между сваями выше отметки дна котлована производится сверху вниз (по мере откопки котлована) деревянным брусом сечением 10x10 см.

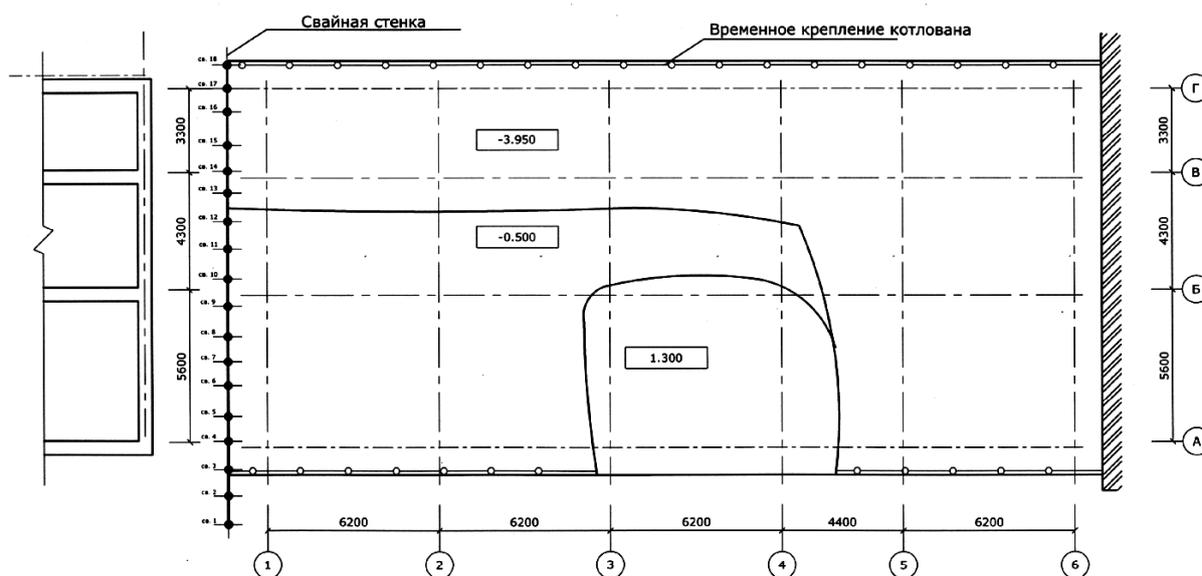


Рис. 4 Схема выполненных работ нулевого цикла.

3. Здание по ул. Морская, 1 трехэтажное с подвалом. В конструктивном отношении здание имеет жесткую конструктивную схему. Глубина заложения фундаментов соответствует проектной отметке подошвы фундаментов строящегося здания. Ширина подошвы фундамента составляет 1,2 м, толщина стен подвала - 0,9м. Фундамент и стены подвала выполнены из твердых пород известняка на цементно-песчаном растворе. Стены выше подвала выполнены из известняка-ракушечника. Толщина стен в надземной части 0,5 м. По фасадной части стен здания выявлены отдельные локальные повреждения (трещины и разрушения штукатурного слоя, местные сколы). Характер повреждений не дает оснований связывать их с проводимыми строительными-монтажными работами. Отрытый котлован рядом со стеной снижает устойчивость грунта под подошвой фундамента. Но после устройства фундамента строящегося здания и пригруза грунта это негативное влияние будет исключено.

4. Здание по ул. Морская, 3 двухэтажное с подвалом. Конструктивная схема здания жесткая. Глубина заложения фундаментов имеет относительную отметку -0,62 и располагается на 3,3 м выше проектной отметки подошвы фундаментов строящегося здания. Поэтому принятое решение о возведении свайной подпорной стены обосновано. Ширина подошвы фундамента составляет 1,2 м, толщина стен подвала - 0,9м. Фундамент и стены подвала выполнены из бутовой кладки на цементно-песчаном растворе. Стены выше подвала выполнены из известняка-ракушечника. Толщина стен в надземной части 0,5 м. В средней части здания в уровне первого этажа предусмотрен сквозной проезд с ул. Морская во внутреннюю часть двора. В продольных стенах со стороны главного фасада выявлены трещины, которые свидетельствуют о неравномерных деформациях основания под зданием. Ширина раскрытия трещин составляет 0,5...1,5 мм. Сразу после обнаружения на трещины были установлены гипсовые маяки, за которыми ведется наблюдение.

5. Конструктивным элементом, обеспечивающим эксплуатационную надежность и защиту от негативного влияния строительства на надежность жилого дома по ул. Морская, 3, является свайная подпорная стена у оси 1.

Для того, чтобы оценить степень защиты здания по ул. Морская, 3 подпорной стенкой, был проведен ее расчетный анализ. Учитывая, что в период отрывки котлована деформации грунтового основания под подошвой фундамента здания по ул. Морская, 3 будут происходить в любом случае, подпорная стенка была рассчитана по первой и второй группам предельных состояний. На основании фактических замеров и исполнительных схем была принята расчетная схема свайной подпорной стены, как консольной конструкции без анкера (рис. 5). Свайная подпорная стена воспринимает максимальные нагрузки только в период возведения нулевого цикла. В последующем после обратной засыпки котлована боковое давление грунта, вызванное разностью отметок подошвы фундаментов соседних зданий, будет восприниматься непосредственно стенами подвала строящегося здания. Поэтому расчет подпорной стены выполнен только на период возведения нулевого цикла.

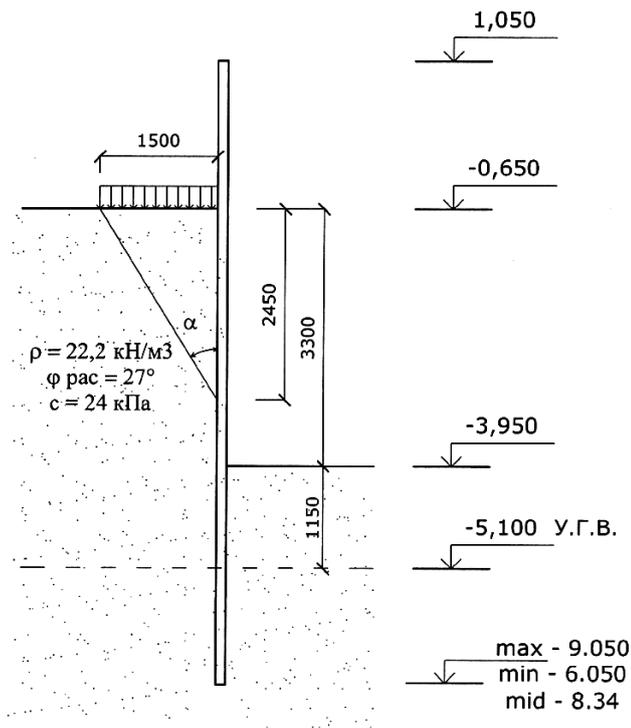


Рис. 5 Схема к расчету свайной подпорной стены.

Требуемую глубину погружения свай, расчетные значения изгибающих моментов и поперечных сил в сечениях свай определяли графоаналитическим методом по схеме Якоби [2,3] в предположении вращения стенки как жесткого элемента вокруг точки, лежащей ниже дна котлована, при удовлетворении следующих условий:

- момент результирующего пассивного давления F_p , определяемый последовательным приближением для разных глубин, должен быть равен моменту от воздействия активного загрузения F_a относительно точки вращения;
- неуравновешенная горизонтальная сила $F_p - F_a$ должна погашаться силой F_s за счет увеличения заделки на $\Delta t = 0,15t_0$.

При выполнении расчетов активное давление грунта определяли по формулам:

$$\sigma_a = \rho \times Z \times \lambda_a - c(1 - \lambda_a) / \operatorname{tg} \varphi$$

$$\lambda_a = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2)$$

Активное давление от распределенной нагрузки (q) на поверхности грунта определяли по формуле:

$$\sigma_p = q \times \lambda_a$$

Пассивное давление грунта определяли по формулам:

$$\sigma_p = \rho \times Z^* \times \lambda_p - c(1 - \lambda_p) / \operatorname{tg} \varphi$$

$$\lambda_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \varphi/2)$$

где: ρ – удельный вес грунта, лежащего выше рассматриваемого сечения, при наличии грунтовых вод определяется с учетом взвешивающего действия воды;

c , φ – соответственно удельное сцепление и угол внутреннего трения грунта на глубине;

z , z^* – расстояние от поверхности грунта до рассматриваемого сечения с тыльной и лицевой стороны подпорной стены соответственно.

Полученные эпюры активного, пассивного давления грунта и результирующая эпюра приведены на рис. 6. На рис. 7 представлены силовой и веревочный многоугольники, построенные в масштабе сил и масштабе длин.

Вертикальную нагрузку от давления фундамента на основание приняли расположенной сразу за подпорной стеной на полосе шириной 1,5 м., что соответствует фактическим размерам фундамента. Расчетное давление на грунт, определенное с учетом фактических размеров стены здания, ширины подошвы фундамента, конструктивного решения здания, составило $q=108$ кН/м². При выполнении расчетов не учитывали сейсмические воздействия, так как подпорная стена выполняет свое техническое назначение только в период возведения нулевого цикла здания. После возведения подземной части здания и обратной засыпки грунта боковое давление грунта, возникающее из за разности отметок подошвы фундаментов зданий будет восприниматься железобетонными стенами подвала строящегося здания.

Геологический разрез, расчетные характеристики грунта и уровень грунтовых вод приняты по данным инженерно-геологических изысканий [4].

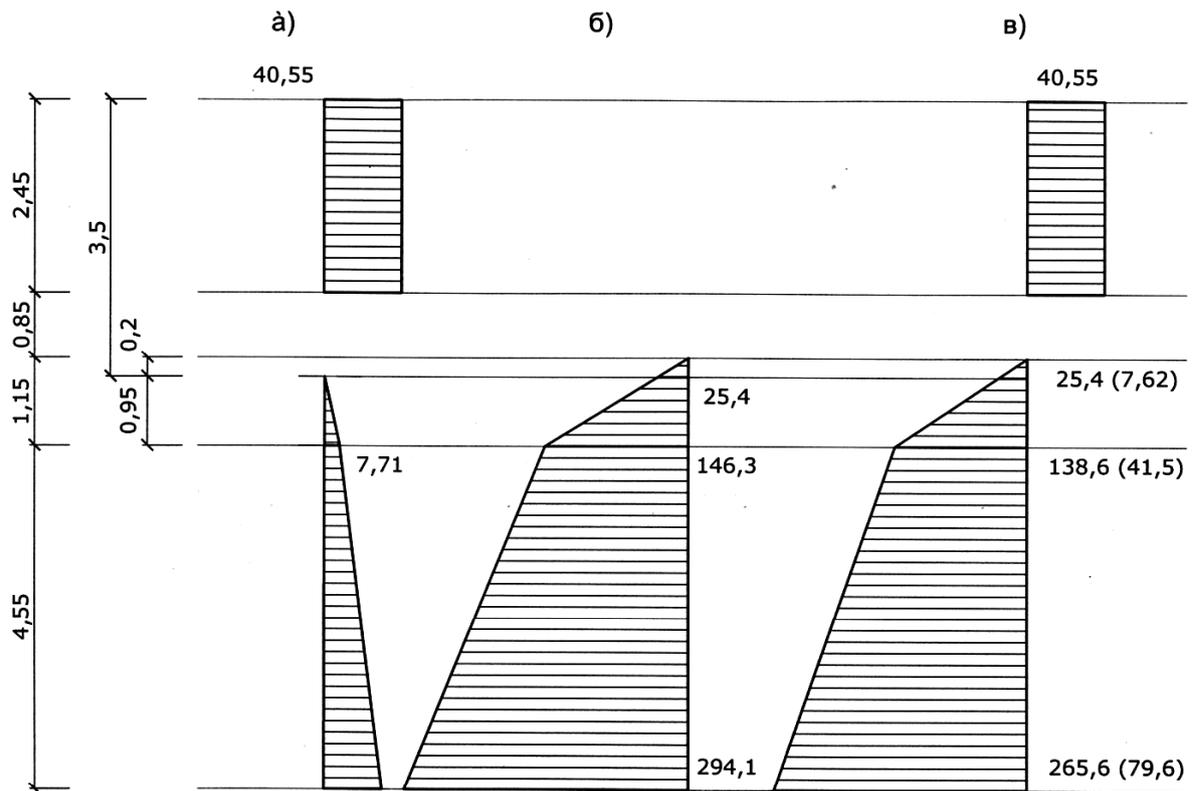


Рис.6 Эпюры давления грунта на стенки

а) – эпюра активного давления; б) – эпюра пассивного давления; в) – эпюра суммарного давления; - значения эпюр даны в кН/м; - в скобках приведены значения с учетом диаметра свай (0,3м)

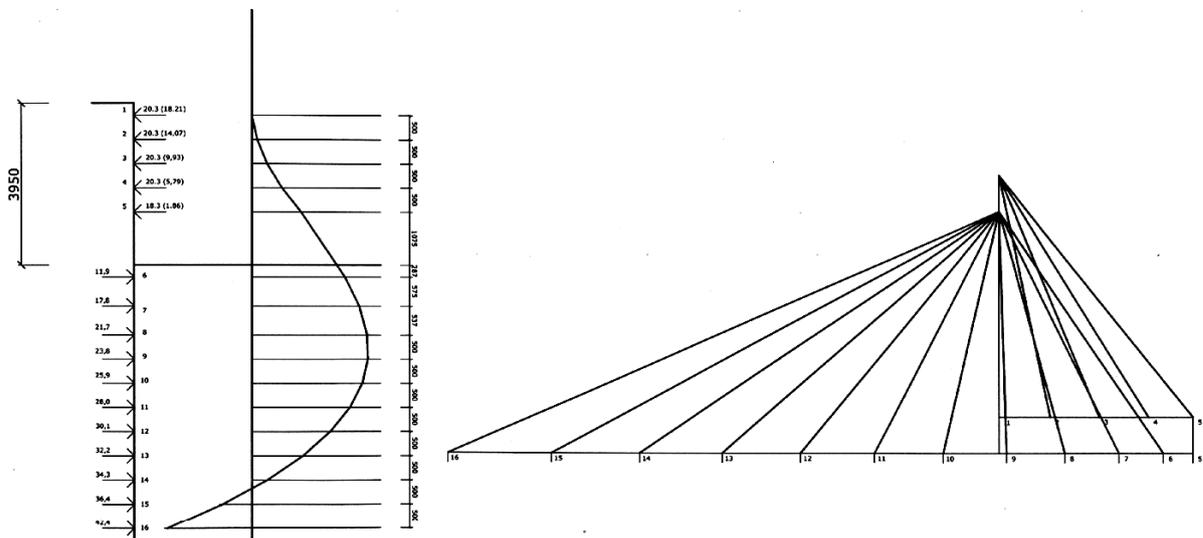


Рис.7 Построение силового и вервочного многоугольников.

Расчет свай по предельным состояниям второй группы проводили по методике Приложения 1 СНиП 2.02.03-85 [6].

Из результатов расчета следует, что необходимая глубина погружения свай в грунт должна быть не менее 5,4 м относительно отметки дна котлована (рис. 6.а). Фактическая средняя глубина погружения составляет 3,39 м, а фактическая максимальная и минимальная - 5,1 и 2,1 м соответственно.

Расчетные изгибающий момент и поперечная сила, действующие в сечении свай в уровне дна котлована составляют 120 кНхм и 101,5 кН соответственно. При данных усилиях перемещения сваи в уровне дна котлована при фактических глубинах погружения составляют от 5 до 12 см, что не обеспечивает надежной защиты здания по ул. Морская, 3 от возможных дефор-

маций откоса котлована.

Максимальные изгибающий момент и поперечная сила в сечении сваи составляют 317,5 кНм и 101,5 кН соответственно. При данном силовом воздействии напряжения в фибровых волокнах сваи составят 41 МПа, что значительно меньше расчетного сопротивления металла наружной трубы свай – 210 МПа.

На основе результатов расчета сделаны следующие выводы:

1. Несущая способность свай по материалу достаточна.
2. Фактическая глубина погружения свай не обеспечивает достаточной надежности работы подпорной стены по грунту.
3. Возможные перемещения верхней части подпорной стены и грунта за ее лицевой поверхностью повлекут за собой развитие неравномерных осадок здания по ул. Морская, 3.

В качестве мероприятий, повышающих жесткостные параметры свайной подпорной стены у оси 1, предложено устройство дополнительных контрфорсов. Так как нагрузка от бокового давления грунта, после возведения нулевого цикла, все равно будет передаваться на стены подвала здания, то целесообразно контрфорсы совместить с продольными стенами подвала здания по осям А, Б, В и Г и выполнить в виде продолжения этих стен до лицевой поверхности подпорной стенки. Армирование контрфорсов назначено конструктивно. Фундаменты контрфорсов выполнены такими же, как и фундаменты под стены подвала здания. Высота контрфорсов принята до уровня верха ростверка свай подпорной стены.

При таком конструктивном решении меняется расчетная схема работы свай подпорной стены. Контрфорсы, в силу развитости сечения, можно принять как абсолютно жесткие неподвижные опоры. Ростверк, выполненный по верху свай и закрепленный в контрфорсах, будет выполнять для отдельно взятой промежуточной сваи роль анкера. Таким образом, расчетная схема «консольная свая» трансформируется в схему - «консольная свая с анкером». В этом случае, в зависимости от усилия возникающего в анкере (методики Якоби или Блюма-Люмейера) [2,3], расчетная глубина погружения сваи в грунт составит 1,1 – 3,0 м., что соответствует фактическим глубинам погружения свай.

Так как в осях 5-6 и В-Г котлован отрыт до проектной отметки, то в первую очередь необходимо на этом участке выполнить фундаменты и монолитные стены подвала, а так же контрфорсы подпорной стены по осям В и Г. В случае несовпадения оси контрфорса с осью существующих свай, между двумя соседними сваями необходимо установить горизонтальные ребра жесткости. Работы по дальнейшей отрывке котлована на этом этапе следует приостановить.

На втором этапе отрывается траншея шириной 1,2-1,5 м в районе оси А (сваи 3-4) и глубиной до проектной отметки. После чего у сваи 3 выполняется временный контрфорс из стальных элементов. В качестве вертикальных стоек рекомендовано применить стойки временного крепления откоса котлована, выполнив под них монолитный железобетонный фундамент. На третьем этапе отрывается траншея в районе оси Б (свая 8) аналогичная предыдущей. После чего у сваи 8 выполняется временный контрфорс. Технологическая схема выполнению работ нулевого цикла представлена на рис.8. После устройства временных контрфорсов можно удалить оставшийся грунт из котлована и продолжить работы нулевого цикла по традиционной технологии.

Следует учесть, что при выполнении контрфорсов подпорной стены с наружной стороны здания у оси 1 будут образованы карманы, в которых возможно скопление грунтовых вод. Поэтому верхнюю поверхность фундаментов на этом участке рекомендуется выполнить с уклоном в сторону водоотведения, а в нижней части контрфорсов предусмотреть дренажные отверстия.

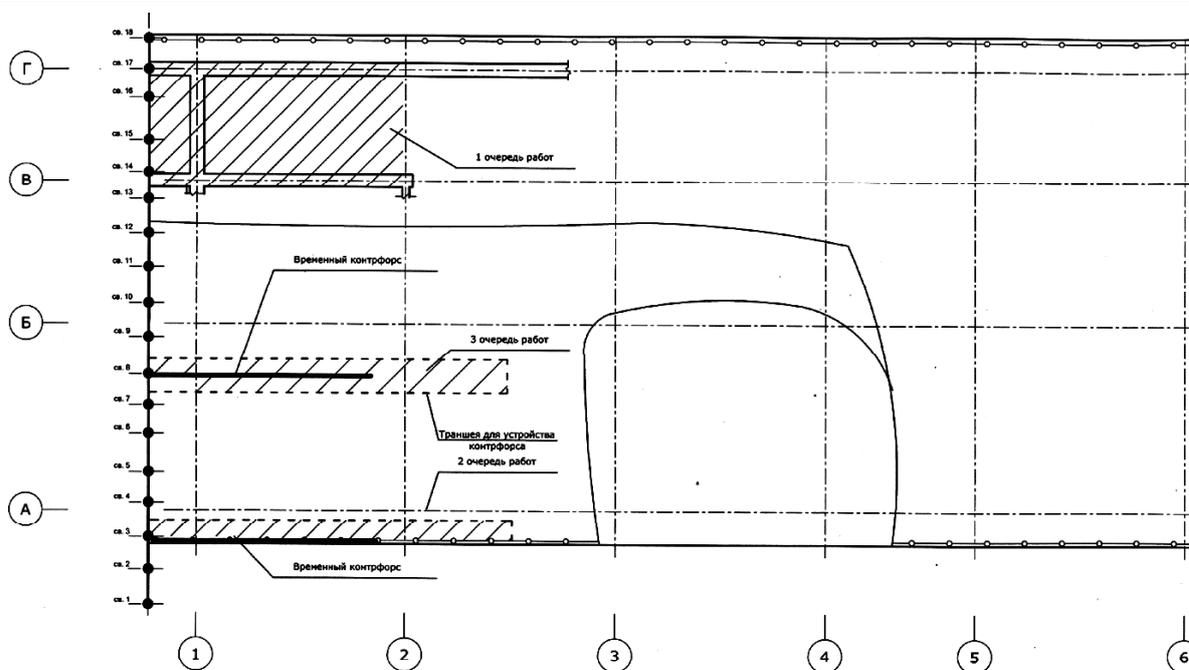


Рис. 8 Технологическая схема устройства контрфорсов шпунтовой стены.

ВЫВОДЫ

1. При разработке проекта реконструкции здания по ул.Морская, 1а в г.Ялта авторами допущена ошибка в конструктивном решении подпорной стены – элемента, обеспечивающего эксплуатационную надежность существующего здания.
2. При разработке проектов реконструкции необходимо учитывать специфику проведения строительно-монтажных работ, стесненность строительной площадки. При этом работу конструктивных элементов здания и инженерных сооружений необходимо анализировать на всех этапах строительства.
3. Предложенные конструктивные мероприятия и технологическая схема производства работ нулевого цикла позволили предотвратить возможное разрушение существующего здания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. – М.: Высшая школа, 1981 г.
2. Основания и фундаменты: Справочник/ Г.И. Швецов, И.В. Носков, А.Д. Слободян, Г.С. Госькова; под редакцией Г.И. Шевцова. – М: Высшая школа, 1991 г. – 383 с.
3. Основания и фундаменты и подземные сооружения. Справочник проектировщика/ М.И. Горбунов-Посадов, В.И. Крутов и др.; Под общей редакцией Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова. – М: Стройиздат, 1985 г. – 480 с.
4. Отчет-заключение об инженерно-геологических изысканиях на земельном участке для проектирования утраченных объемов бывшей гостиницы «Маріино» (г. Ялта, ул. Ленина, 21 – Морская, 1). Департамент государственной геологической службы Украины. КП «Южэкоцентр». Инженерно-геологическая и гидрогеологическая партия. – Ялта, 2004 г.
5. Рабочий проект. Восстановление утраченных строений памятника архитектуры – бывшей гостиницы «Маріино» в г. Ялта, наб. Ленина/ул. Морская, 21/1 (район старая Ялта). «Укрпроектреставрация», Крымская КАРМ. – Симферополь, 2005 г.
6. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. Нормы проектирования М.: Стройиздат, 1986 г.
7. Швец В.Б., Феклин В.И., Гинзбург Л.К. Усиление и реконструкция фундаментов. - Высшая школа, 1986 г.

Панюков Э.Ф., д. т. н. профессор; Алексеенко В.Н., к. т. н. доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Обеспечение сейсмостойкости реконструируемого корпуса №2 МЦО «Юность» в г. Алуште

Приведены результаты обследования 4-5-этажного корпуса №2 МЦО «Юность» в г. Алуште. Выявлено, что несущие конструкции здания находятся в удовлетворительном состоянии (категория II) и могут быть оставлены для дальнейшей эксплуатации. На основании расчётов на основные и особые сочетания нагрузок разработаны рекомендации с необходимыми техническими решениями по обеспечению сейсмостойкости существующей части здания с надстройкой мансарды и пристройки к нему.

Многоэтажное здание, реконструкция, сейсмостойкость, усиление, безопасность, эксплуатация

Администрацией МЦО «Юность» принято решение повысить комфортность отдыхающих в молодёжном центре в соответствии с современными требованиями. В связи с этим запланирована комплексная реконструкция жилых корпусов и специальных сооружений для отдыха молодёжи. Применительно к корпусу №2 (Рис. 1) реконструкция заключается в надстройке мансардного этажа и радикальной перепланировке существующих 4 – 5 этажей с расширением их жилой площади за счёт пристройки к дворовому фасаду. Ширина проектируемой пристройки принята равной 3,6 м (Рис. 2).



Рис.1. Фрагмент фасадов реконструируемого корпуса МЦО «Юность» в осях Л-Ж и 11-3

Целью работы является оценка состояния несущих конструкций объекта и разработка рекомендаций по обеспечению сейсмостойкости здания при выполнении реконструкции с надстройкой мансарды и пристройкой к дворовому фасаду для его дальнейшей безопасной эксплуатации.

В соответствии с техническим заданием выполнены следующие работы:

1. Анализ соответствия фактического исполнения здания технической и проектной документации.
2. Установление конструктивной схемы здания и определение фактических параметров несущих и ограждающих конструкций.
3. Вскрытием шурфов в характерных зонах установлены фактические параметры фундаментов под несущими стенами.
4. Инструментальное обследование несущих конструкций (стен, пилонов, перекрытий, покрытия) с оценкой прочности бетона, прочности камня и раствора по рекомендациям и установлением армирования с его контрольным вскрытием в наиболее ответственных ситуациях [1-4].
5. Анализ соответствия конструктивных решений и состояния конструкций требованиям действующих норм с разработкой рекомендаций по использованию существующих конструкций при реконструкции здания.
6. Рекомендации по возведению пристраиваемой и надстраиваемой частей здания и технические решения узлов и элементов усиления с обеспечением сейсмостойкости объекта.

Здание расположено на левобережье реки Демирджи в районе впадения её левого притока реки Сухой примерно в 500 м от моря на южном склоне в контуре территории Международного центра отдыха «Юность» в северо-восточной части г. Алушты по ул. Перекопской, 20/2.

Участок, на котором расположено здание, относится к району с 8-балльной расчётной сейсмичностью по карте общего сейсмического районирования [6], что подтверждено инженерно-геологическими изысканиями [7] с уточнением сейсмичности участка [8].

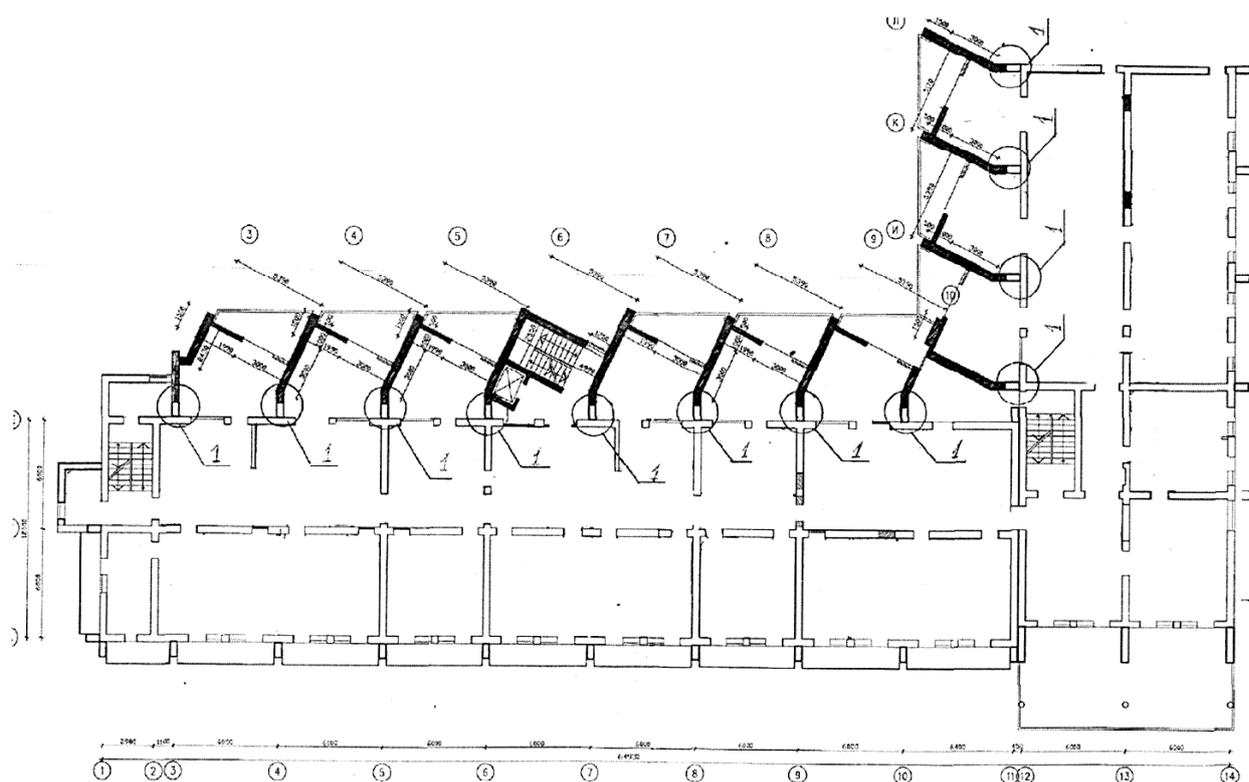


Рис.2. План 5-го этажа реконструируемого корпуса МЦО «Юность» с пристройкой в осях 11-3 и Л-Ж.

Подземные воды на глубине 3 - 4 м. В [7, с. 11] сделано предположение, что в период продолжительных осадков или утечек из бассейнов и водонесущих коммуникаций высока вероятность образования локальной верховодки и затопление пазух котлованов с ухудшением несущей способности грунтов. Это предположение подтвердилось при отрывке котлована под пристройку к дворовому фасаду корпуса №2 – котлован был затоплен водой. В связи с этим в расчётах принимали значения характеристик грунта в водонасыщенном состоянии, а расчётную сейсмическую интенсивность строительной площадки 9 баллов.

Склон устойчив. Согласно карт и Кадастра оползней Крыма Ялтинской ИГГП на территории МЦО «Юность» оползневые процессы не отмечены [10].

Для оценки сейсмостойкости объекта выполнен анализ пространственной несущей системы пристройки к зданию с учетом требований норм проектирования [5, 6]. При этом учтены принятые архитектурно-планировочные и конструктивные решения, параметры конструкций и характеристики принятых материалов.

Корпус № 2 МЦО «Юность» построен в 1965 г., в 1989 г. реконструирован с надстройкой этажа. При реконструкции существующее здание было обстроено монолитными железобетонными рамами с шагом 6,0 м, на которых сооружены лоджии. Позже над корпусом была возведена шатровая кровля с покрытием из керамической черепицы-чешуи.

Существующее здание четырёхэтажное с цокольным этажом в центральном крыле.

Здание Г-образное в плане, состоящее из двух блоков, разделённых антисейсмическим швом. Общие габариты плана блока 1 составляют 52,5x15,5 м, блока 2 – 32,6x12,4 м. Высота этажей 2,8 м.

По конструктивному решению построенная в 1965 г. часть здания с несущими продольными стенами из кирпичной кладки с внутренней продольной несущей стеной [5, 6]. Шаг несущих продольных стен 6,0 м.

Фундаменты под стены железобетонные ленточные двухступенчатые. Глубина заложения фундаментов от поверхности грунта переменная, но не менее 1,2 м, что соответ-

ствуется рекомендациям норм [5]. Ширина подошвы фундаментов в 5-этажном блоке 1 под наружные стены – 1,0 м, под внутреннюю несущую стену – 1,36 м; в 4-этажном блоке 2 – под все несущие стены – 0,82 м. Фундаменты находятся в удовлетворительном состоянии (категория II), их параметры (без усиления) позволяют провести реконструкцию здания с обеспечением его дальнейшей безопасной эксплуатации, так как нагрузка на них не увеличивается, а несколько уменьшается в связи с перепланировкой помещений и сокращением количества перегородок, а также их заменой на облегченные.

Стены толщиной 380 мм выполнены из кирпичной кладки. Прочность кирпича соответствует маркам М75-М100. Прочность раствора колеблется от М25 до М50. При реконструкции здания в 1989 г. с надстройкой этажа стены ранее возведенной части здания были усилены обоями из стального уголка по всем проёмам и армированной штукатуркой. Техническое состояние стен – удовлетворительное (категория II). При реконструкции на существующие стены не будут передаваться значительные дополнительные нагрузки, поэтому они могут быть оставлены для дальнейшей эксплуатации.

Междуэтажные перекрытия возведенной в 1965 г. части здания выполнены из сборных железобетонных плит СПО 59-10 и СПО 59-8 по серии ИИС 03-02 с вставками из монолитного железобетона и устройством антисейсмических поясов по всем стенам здания. Сечение антисейсмического пояса по наружным стенам составляет 130x220 мм; по внутренним стенам 140x220 мм. Антисейсмические пояса армированы пространственными каркасами из 6Ø12АШ с хомутами Ø6АІ шагом 250 мм. Бетон по прочности на осевое сжатие для антисейсмических поясов соответствует классу В12,5 – В15; для сборных железобетонных плит не менее – В20.

Реконструкция, проведенная в 1989 г., состояла из возведения вокруг существующей части здания монолитного железобетонного пространственного рамного каркаса для устройства на нём лоджий, стойки которого выполнены в виде пилонов сечением 400x800 мм и армированы объёмными каркасами с продольной рабочей арматурой из стержней 6Ø25АШ с хомутами Ø6АІ шагом 300 мм. Бетон по прочности на осевое сжатие соответствует классу – В15;

Поперечные ригели рам сечением 400x500 мм выполнены неразрезными (промежуточной опорой служит внутренняя продольная стена) с консолями за наружными стенами, армированы объёмными каркасами с разным количеством продольных рабочих стержней, соответственно эпюре огибающих моментов. Продольными связями рам служат монолитные железобетонные перекрытия лоджий толщиной 160 мм, армированные сетками в двух уровнях из стержней Ø12АШ с ячейкой 100 – 150 мм. Бетон по прочности на осевое сжатие соответствует классу – В15.

Фундаменты под рамы выполнены в виде монолитных железобетонных лент шириной 550 мм с выступами 900 мм в местах размещения пилонов. Ширина выступов 550 мм. Высота сечения лент 500 мм. Бетон по прочности на осевое сжатие соответствует классу В12,5.

Перекрытие над пятым этажом (чердачное покрытие) выполнено из сборных железобетонных плит по серии 1.141.1 – 19с(20с) марок ПК8-60.10(12, 15) – С 8(С8У). Выполнено контрольное вскрытие армирования плит, в других плитах армирование определяли с помощью прибора ИЗС-10Н. Бетон по прочности на осевое сжатие соответствует классу В20. Перекрытие выполнено с монолитными вставками и монолитными антисейсмическими поясами сечением (140-280)x220 мм, армированных пространственными каркасами из 4Ø10АІ с хомутами Ø6АІ шагом 250 мм. Бетон по прочности на осевое сжатие соответствует классу – В15; Перекрытие находится в удовлетворительном техническом состоянии (категория II) и может быть оставлено для дальнейшей эксплуатации после реконструкции с надстройкой мансарды. Его несущая способность составляет 8 кН/м², что вполне достаточно для восприятия проектных нагрузок.

Анализ результатов обследования технического состояния конструкций существующего зда-

ния показал, что все несущие конструкции находятся в удовлетворительном состоянии (категория II) и могут быть оставлены для дальнейшей эксплуатации. Необходимые конструктивные мероприятия по обеспечению сейсмостойкости здания выполнены. Обратим внимание на следующее обстоятельство. Проектом предусмотрена замена существующей кровли на мансарду. В связи с этим, с одной стороны, нагрузка на существующее здание несколько должна увеличиться, с другой стороны, замена существующей относительно тяжёлой кровли на лёгкую из современных материалов, съём с перекрытия пятого этажа рулонного ковра и утеплителя, а также демонтаж на всех этажах части перегородок приведут к снижению нагрузки. Основание, фундаменты и несущие стены имеют запас несущей способности и позволяют безболезненно выполнить надстройку мансарды. Однако, по неизвестным причинам ширина подошвы ленточных фундаментов под наружные и внутреннюю продольные стены блока 2 была принята одинаковой. Очевидно, что при имеющейся конструктивной схеме фундамент и основание под внутреннюю стену будут воспринимать большие нагрузки. Несмотря на то, что несущая способность основания под самой нагруженной стеной достаточна для восприятия таких нагрузок, во избежание возможных неравных осадков фундаментов желательно их различие уменьшить. Это можно сделать без дополнительных затрат, передав нагрузку от кровли и снега только на наружные стены с помощью несущих конструкций в виде металлических ферм, и тем самым исключить передачу этой части нагрузки на внутреннюю стену.

В блоке 1 ширина подошвы ленточных фундаментов под наружные и внутреннюю продольные стены назначена практически пропорционально действующим на них нагрузкам, поэтому здесь нагрузку от кровли мансарды целесообразно передать на все стены.

Возведение пристройки к дворовому фасаду здания следует выполнить с соблюдением следующих условий.

1. Для исключения ощутимого повышения давления на грунт основания под фундаментами существующего здания пристройку возвести на фундаменте в виде сплошной железобетонной плиты. Отметка зачищенного дна котлована под фундаментную плиту не должна быть ниже отметки подошвы существующих фундаментов и не должна быть выше её более, чем на 200 мм.
2. Для эффективной работы фундаментной плиты с экономичным расходом материала поперечные стены первого этажа выполнить в монолитном железобетоне.
3. Поскольку при отрывке котлована под фундамент пристройки вскрыта верховодка необходимо между подготовкой под фундамент из тощего бетона и непосредственно фундаментной плитой выполнить горизонтальную гидроизоляцию.
4. В связи с обводнённостью грунтов основания расчётную сейсмическую интенсивность для строительной площадки необходимо принять равной 9 баллам [6], либо выполнить дренажную защиту основания под зданием от замачивания.
5. Между фундаментной плитой пристройки и существующими фундаментами обеспечить осадочный шов шириной не менее 20 мм.
6. Между наземными частями пристройки и существующим зданием предусмотреть антисейсмический шов шириной не менее 110 мм.
7. Результаты расчёта несущей системы пристройки на ПК «Лира-9.2» выявили возможность отрыва фундаментной плиты [в связи с её незначительной шириной при имеющейся этажности (высоте)] при сейсмическом воздействии интенсивностью 9 баллов, поэтому пристройку в уровне верхнего перекрытия следует связать с железобетонными рамами существующего здания гибкими связями, обеспечивающими, с одной стороны, устойчивость пристройки, с другой стороны, возможность её свободных осадков. Конструктивное решение связей показано на рис. 3.

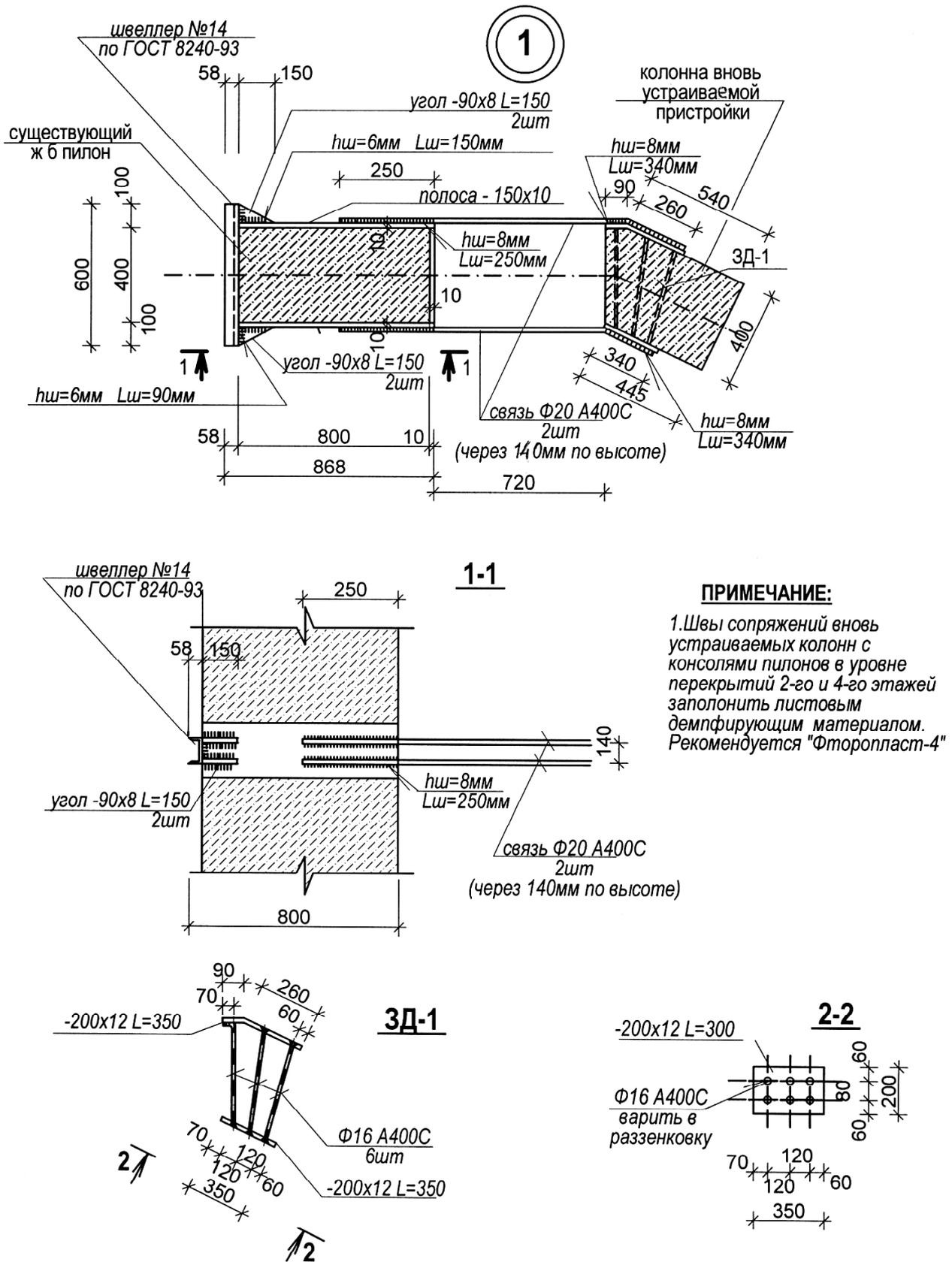


Рис.3. Конструктивное решение узла сопряжения вновь устраиваемой колонны с существующими железобетонными пилонами.

ВЫВОДЫ.

Инструментальным обследованием несущих конструкций здания выявлено, что они находятся в удовлетворительном состоянии (категория II) и могут быть оставлены для дальнейшей эксплуатации, установлена конструктивная схема здания. На основании расчётов на основные и особые сочетания нагрузок разработаны рекомендации с необходимыми техническими решениями по обеспечению сейсмостойкости существующей части здания с надстройкой мансарды и пристройки к нему.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ДОКУМЕНТОВ

1. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд: Затв. наказом від 27 листопада 1997 р. за № 32/288 і введ. до дії з 1 грудня 1997 р. Держкомбуд та Держохоронпраці.- К.: НДІБВ, 1997.
2. Рекомендации по оценке состояния и усилению строительных конструкций зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1989, 104 с.
3. Рекомендации по обследованию и оценке качества с применением неразрушающих методов возводимых и эксплуатируемых конструкций./ НИИЖБГосстоя СССР. – М.: Стройиздат, 1987.
4. Методические рекомендации по обследованию некоторых частей зданий (сооружений) и их конструкций / НИИСП.- Киев: Держбуд, 1998 г. с.22.
5. ДБН В.1.1.-1-94. Проектування і будівництво цивільних будівель із блоків і каменів пиляних вапняків Кримських родовищ в сейсмічних районах. Київ: Держком України у справах містобудування і архітектури, 1995, с. 40.
6. СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования. Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1982. с.48.
7. Отчёт об инженерных изысканиях для строительства и реконструкции МЦО «Юность» по ул. Перекопская, 20/2 в г. Алуште (для рабочего проекта). «КрымГИИНТИЗ», Симферополь, 2005. – 79 с.
8. Отчёт по теме: «Уточнение сейсмичности участка проектируемого строительства и реконструкции международного центра отдыха «Юность» по ул. Перекопская, 20/2 в г. Алуште. Крымский экспертный совет по оценке сейсмической опасности и прогнозу землетрясений. Симферополь, 2005. – 38 с.
9. Рабочий проект. Реконструкция спального корпуса №2 т/л «Юность» в г. Алуште. «КрымНИИПроект» Алушт. отд. г. Алушта. 1983. АР- 33 л.
10. Проект реконструкции корпуса №2 на территории международного центра отдыха «Юность» АР Крым. Пояснительная записка. ООО «РОМАР БУД-СЕРВИС». Лицензия АБ №204605. Киев, 2005.– л. 15.

Пермяков В.А., д.т.н., профессор

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

Ажермачев С.Г., к.т.н., ассистент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

К вопросу действительной работы угловых швов в комбинированных сварных соединениях при циклических нагрузках

Рассматривается работа комбинированных сварных соединений при циклических нагрузках. Показана картина напряженного состояния лобовых и фланговых швов при одинаковых деформациях. Даются рекомендации повышения несущей способности угловых сварных швов в комбинированных соединениях при циклических нагрузках.

угловые швы, комбинированные соединения, концентраторы напряжений, деформации, усталостные трещины, разрушения.

Комбинированные сварные соединения, включающие лобовые и фланговые швы, широко применяются в металлических конструкциях различного назначения [1, 2, 3].

Наличие лобовых сварных швов снижают уровень концентрации напряжений у концов фланговых швов при работе их в упругой стадии, что благоприятно сказывается на работе соединения при статических и переменных нагрузках.

При статических нагрузках разрушения комбинированных сварных соединений происходят в пластической стадии при относительно выровненных напряжениях во всех швах. Поэтому расчет комбинированных сварных соединений можно выполнять по формулам, приведенным в [4, 5].

Несущая способность сварного соединения при наличии только фланговых швов (рис. 1)

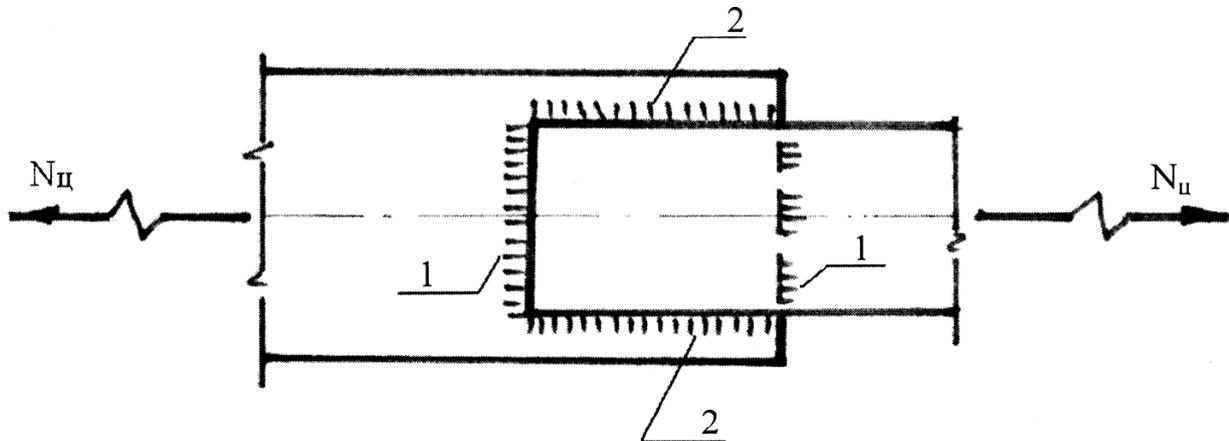


Рис. 1 Комбинированное сварное соединение

1 – лобовые швы;

2 – фланговые швы.

$$N_{фи} = \beta K_2 \Sigma \ell_{фл} \cdot R_{wf} \quad (1)$$

Несущая способность сварного соединения при наличии только лобовых швов $N_{ли}$

$$N_{ли} = \beta K_1 \Sigma \ell_{л} \cdot R_{wf} \quad (2)$$

Несущая способность комбинированного сварного соединения при наличии фланговых и лобовых швов

$$N_{кс} = N_{фи} + N_{ли} \quad (3)$$

При одинаковых катетах фланговых и лобовых швов несущая способность комбинированного сварного соединения будет

$$N_{kc} = \beta K \Sigma l_{uw} R_{wf} \quad (4)$$

Здесь β - коэффициент провара сварного шва;
 K_1 и K_2 - катеты сварных швов лобовых и фланговых);
 $l_{л1}$ и $l_{ф2}$ - длина лобовых и фланговых сварных швов;
 Σl_{uw} - суммарная длина сварных швов в соединении;
 R_{wf} - расчетное сопротивление металла углового сварного шва.

Присутствие угловых швов (лобовых и фланговых) предопределяет зоны высоких концентраций напряжений при нагружении соединения. При средних рабочих напряжениях (0,7-0,8) от предела текучести в местах концентраторов напряжений последние в отдельных зонах могут достигать или превосходить предел текучести металла, что при циклических нагружениях может привести к раннему появлению усталостных трещин. Поэтому при циклических нагружениях выражение (4) не может быть использовано для определения несущей способности сварного соединения и комбинированного в частности.

Рассмотрим работу комбинированного сварного соединения, имеющего лобовые и фланговые швы, при нагружении (рис. 1). Лобовые швы работают на растяжение при высоких концентраторах напряжений, фланговые швы работают на сдвиг. Жесткость лобовых швов выше, чем фланговых [6]. Поэтому при одних и тех же деформациях напряжения в лобовых швах выше, чем во фланговых (рис. 2).

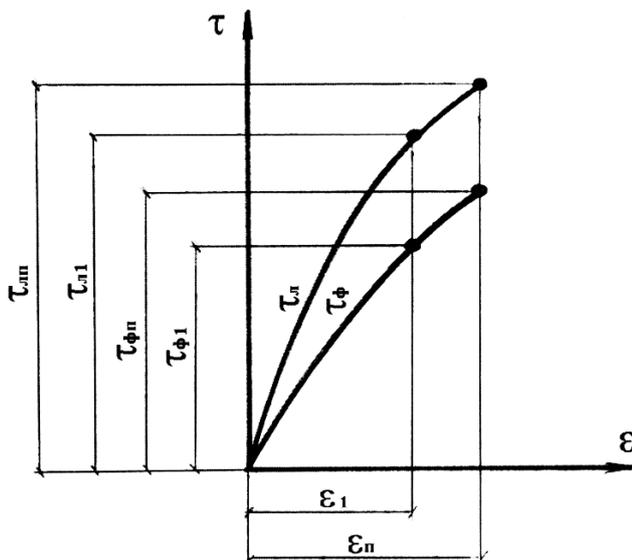


Рис. 2 Модель работы лобовых и фланговых швов при циклических нагрузках

При наличии концентраторов напряжений пики напряжений в лобовых швах могут достичь предела текучести раньше, чем во фланговых швах. При повторных нагружениях в зонах пластических деформаций появятся усталостные трещины, которые могут спровоцировать хрупкое разрушение лобовых швов. После их разрушения усилия, воспринимаемые ими, в виде удара передадутся на фланговые швы. В результате разрушится все соединение.

Приняв такую модель работы комбинированного сварного соединения при циклических нагрузках, рассмотрим аналитическую зависимость, которая бы более близко отражала работу сварного соединения.

Несущая способность лобовых сварных швов:

$$N_{ли} = A_{ли} \cdot R_{wf} \frac{1}{\alpha_l}, \quad (5)$$

несущая способность фланговых швов

$$N_{фи} = A_{фи} \cdot R_{wf} \frac{\gamma}{\alpha_f}, \quad (6)$$

тогда несущая способность всего сварного соединения при циклическом нагружении будет

$$N_u = R_{wf} \left(\frac{A_{ли}}{\alpha_l} + \frac{A_{фи} \cdot \gamma}{\alpha_f} \right) \quad (7)$$

Здесь $A_{ли}$ и $A_{фи}$ - соответственно площадь лобовых и фланговых швов;

α_l и α_f - соответственно коэффициент концентрации напряжений для лобовых и фланговых швов;

$\gamma = \frac{G_{\phi}}{G_n}$ - отношение жесткостей фланговых и лобовых швов.

При соединении сварными швами элементов толщиной 10-30 мм значение коэффициента γ можно принять равным 0,6 [6].

Для повышения долговечности комбинированных сварных соединений при воздействии циклических нагрузок необходимо лобовые швы выполнять пологими вдоль усилия. Отношения катетов 1/1,5 – 1/2. Пологость шва обеспечивать при сварке, либо обработать его наждачным кругом. При этом шлифовальные дорожки должны располагаться вдоль усилия.

А фланговые швы и околошовную зону подвергнуть дробеструйной или термической обработке.

ВЫВОДЫ

Долговечность комбинированных сварных соединений при циклических нагружениях зависит в первую очередь от работы лобовых швов.

Лобовые швы в сварных соединениях должны иметь пологую форму, а фланговые швы и околошовную зону подвергнуть дробеструйной или термической обработке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников Н.П. Металлические конструкции. Современное состояние и перспективы развития. М. Стройиздат. 1983. – 543 с.
2. Металлические конструкции. Т.1., Элементы стальных конструкций. Учебное пособие для строительных вузов./В.В. Горев, Б.Ю. Уваров, В.В. Филиппов и др. под ред. В.В. Горева. – М: Высшая школа. 1997. – 527 с.
3. Николаев Г.А., Куркин С.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. М: Высшая школа. 1982. – 272 с.
4. СНиП 11-223-81*. Нормы проектирования. Стальные конструкции. М. Стройиздат. 1991. – 96 с.
5. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП 11-23-81*). М.ЦИТП. 1989. – 148 с.
6. Навроцкий Д.И. Расчет сварных соединений с учетом концентрации напряжений. Машиностроение. Л. 1968. – 170 с.

Трофимцов Ю.А., к.т.н., доцент, Сребняк В.М., к.т.н., доцент, Балакчина О.Л., инженер
 Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Расчет стальных тяжей, усиливающих каменные стены

Предложена методика определения продольной силы, действующей в стальных тяжях, усиливающих каменные стены. Методика учитывает геометрию локализации трещин в стенах и основана на анализе напряженно-деформированного состояния основания здания с учетом упруго-пластической работы грунта.

стальные тяжи, усиление каменных стен, ленточный фундамент.

Как показывает многолетний опыт обследования, наиболее распространенным повреждением каменных зданий является образование вертикальных и наклонных трещин в стенах из-за неравномерной осадки оснований. В большинстве случаев, неравномерные осадки оснований связаны с их замачиванием ливневыми водами из-за разрушения отмостки, неправильной вертикальной планировки или подведенными в здание водами из-за неисправности инженерных сетей.

Если по указанным выше причинам, стены здания получают значительные повреждения, то приходится выполнять их усиление. Наиболее распространенным и эффективным способом усиления каменных стен, является заключение здания в обойму из преднапрягаемых стальных тяжей [1, 2].

Для назначения сечения стального тяжа необходимо знать максимальное значение продольной силы, создаваемой в нем при преднапряжении или возникающей при эксплуатации здания.

Для определения продольной силы N , действующей в тяже используется формула, известная из [1]

$$N = 0,2R_{cp}Lh, \quad (1)$$

где R_{cp} - расчетное сопротивление кладки срезу по неперевязанному сечению; L - длина здания; h - толщина стены.

Формула не учитывает характера локализации трещин и не связана с напряженно-деформированным состоянием основания, являющимся между тем первопричиной появления трещин. Прямая пропорция между N и L приводит к необоснованно большим значениям силы при большой длине здания.

Разработка методики расчета стальных тяжей, лишенной перечисленных выше недостатков - является **целью** настоящей статьи.

В решенной ниже **задаче** поставлено следующее условие.

Произошло замачивание основания под торцевой стеной здания прямоугольного в плане. Неравномерные осадки фундаментов привели к появлению вертикальных трещин в продольных стенах которые отделили от здания его часть, примыкающую к торцевой стене. Для усиления стен здание заключается в обойму из стальных преднапрягаемых тяжей, располагаемых в уровнях перекрытий. Требуется определить значения продольных сил в тяжях, необходимые для закрытия вертикальных трещин.

Расчетная схема отделившейся части здания (продольной стены) показана на рис. 1.

Для решения задачи приняты следующие предпосылки.

1. Замоченное основание под торцевой стеной утратило способность упругой разгрузки и после преднапряжения затяжек (закрытия трещин) отпор грунта под торцевым фундаментом равен нулю.

2. Нулевая линия эпюры отпора грунта под фундаментом продольной стены совпадает с внутренней гранью торцевого фундамента.

3. Давление фундамента на грунт не превышает условного предела текучести грунта kR , где R - расчетное сопротивление грунта; k - коэффициент, принимаемый больше единицы.

Форма эпюры отпора грунта (рис. 1) будет меняться в зависимости от уровня нагружения основания. При малом уровне нагружения основание работает упруго и эпюра (верхняя на схеме) имеет форму, характерную для решений задач о жесткой полосе на упругом полупространстве [3]. В этих решениях краевое напряжение (слева) получается равным бесконечности. Мы же, согласно принятой предпосылке ограничиваем его и принимаем равным условному пределу текучести грунта kR .

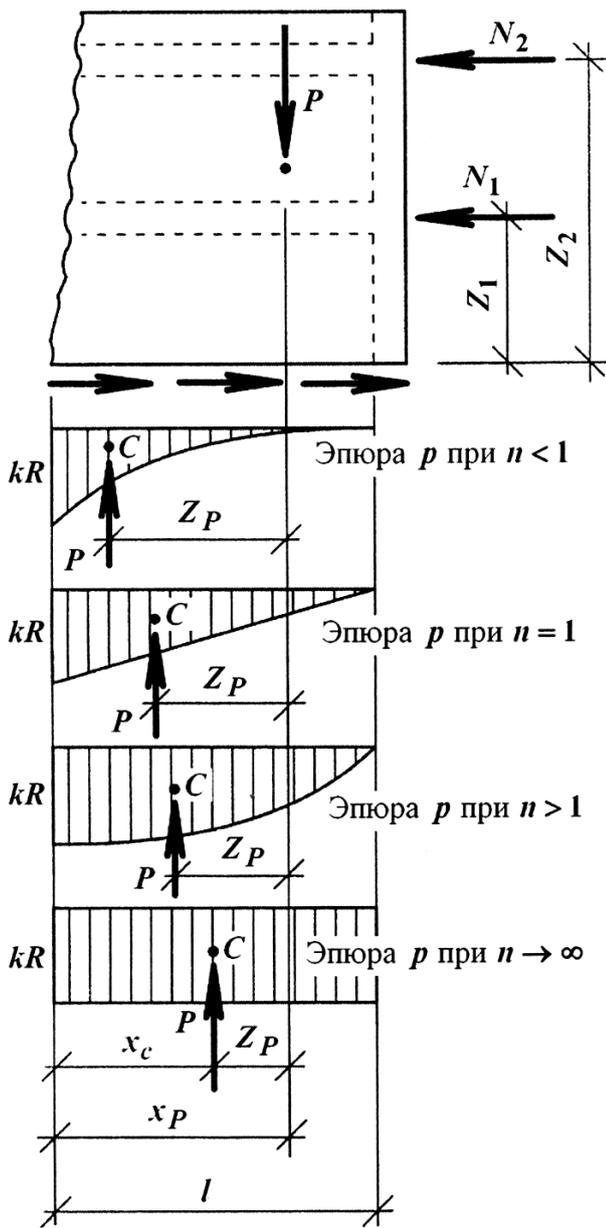


Рис. 1. Расчетная схема отделившейся части здания.

где P - вес рассчитываемой части здания, определяемый как доля веса отделившейся части здания, передаваемая на одну продольную ленту фундамента (включая часть торцевой стены); b - ширина фундамента.

Подставив уравнение (3) в равенство (6), получим

$$P = bkR \int_0^l \left(1 - \frac{x^n}{l^n}\right) dx = blkR \left(1 - \frac{1}{n+1}\right), \quad (7)$$

откуда

$$n = \left(1 - \frac{P}{blkR}\right)^{-1} - 1. \quad (8)$$

Введем аналитическое определение уровня нагружения основания

При большем уровне нагружения грунта сильнее проявляются его пластические свойства и коэффициент заполнения эпюры принимает большее значение (средние эпюры). Нижняя эпюра соответствует предельному случаю полной текучести (коэффициент заполнения равен единице).

Если разместить начало координат в нижней точке трещины, а ось X направить горизонтально, то все показанные на рис. 1 эпюры отпора грунта p можно задать функцией вида

$$p = A - Bx^n. \quad (2)$$

Найдем коэффициенты A и B используя граничные условия:

$$\text{- при } x = 0 \rightarrow p = kR \rightarrow A = kR;$$

$$\text{- при } x = l \rightarrow p = 0 \rightarrow B = \frac{kR}{l^n}.$$

Теперь уравнение отпора грунта будет выглядеть так

$$p = kR \left(1 - \frac{x^n}{l^n}\right). \quad (3)$$

Если использовать относительные координаты

$$\xi_x = \frac{x}{l}; \quad \xi_p = \frac{p}{kR}, \quad (4)$$

то уравнение (3) примет вид

$$\xi_p = 1 - \xi_x^n. \quad (5)$$

Из условия равновесия вертикальных сил

$$P = b \int_0^l p dx, \quad (6)$$

$$\xi_F = \frac{P}{blkR}. \quad (9)$$

Теперь запишем (8) с учетом (9)

$$n = (1 - \xi_F)^{-1} - 1, \quad (10)$$

Координату равнодействующей отпора грунта найдем как отношение статического момента эпюры к ее площади

$$x_c = \frac{\int_0^l x p dx}{\int_0^l p dx} = \frac{\frac{1}{2} - \frac{1}{n+2}}{1 - \frac{1}{n+1}} l. \quad (11)$$

Относительная координата равнодействующей отпора грунта будет определяться формулой

$$\xi_{xc} = \frac{x_c}{l} = \frac{\frac{1}{2} - \frac{1}{n+2}}{1 - \frac{1}{n+1}}. \quad (12)$$

С использованием формул (10) и (12) построен график, показанный на рис. 2.

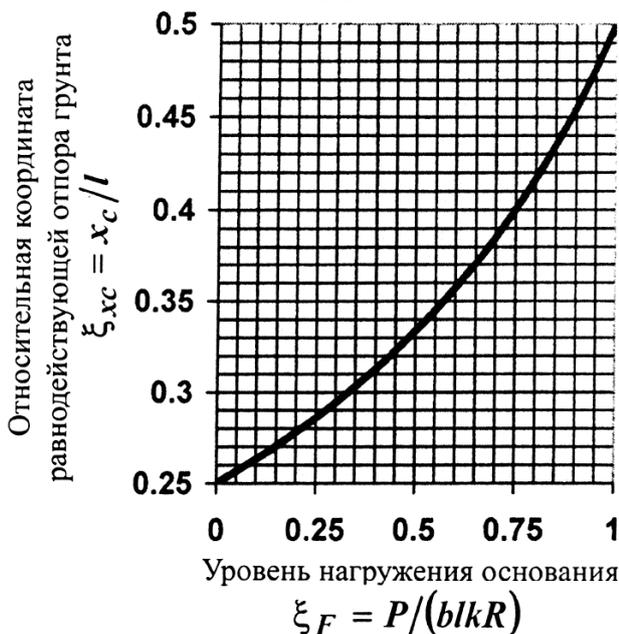


Рис. 2. Зависимость относительной координаты равнодействующей отпора грунта от уровня нагружения основания.

Для этого можно использовать результаты исследований [4], из которых видно, что заметное увеличение пластических осадок ленточного фундамента начинается при давлениях равных $1,8R$.

Анализ полученных формул показывает, что увеличение коэффициента k приводит к возрастанию силы N , поэтому для введения в расчет некоторого запаса, целесообразно принять значение коэффициента $k=2$.

Необходимо отметить, что преднапряжение тяжей до усилия N , при котором происходит закрытие вертикальных трещин, следует рассматривать не столько как обязательную цель усиления здания, сколько как методический прием, позволяющий определить необходимое усилие N .

Плечо пары вертикальных сил Z_P определится разницей координат

$$Z_P = x_P - x_c = x_P - \xi_{xc} l, \quad (13)$$

где x_P - координата центра тяжести рассчитываемой части здания.

Если тяжести во всех (i - x) уровнях принять одинаковыми, то усилия преднапряжения в них могут быть одинаковыми $N_i = N$. Из условия равенства моментов получим формулу для определения усилий в тязях.

$$N_i = N = \frac{PZ_P}{\sum_{i=1}^m Z_i}, \quad (14)$$

где m - число (i - x) уровней, в которых расположены тязи; Z_i - расстояние от подошвы фундамента до оси тязя i - го уровня.

Для окончательного решения задачи остается задаться значением коэффициента k , определяющего условный предел текучести грунта.

Методика расчета была использована при разработке технических решений по усилению конструкций пристройки здания школы в с. Войково Первомайского района АР Крым (х/д № 25128). Длина здания составляет 69,5 м.

При расчете по формуле (1) усилие $N = 765$ кН и для его восприятия требуется тяж, состоящий из двух арматурных стержней класса А400С (А-III) диаметром 40 мм (площадь сечения - $25,12 \text{ см}^2$).

Расчет по предложенной методике дает максимальное значение усилия $N = 239$ кН и для его восприятия достаточно одного стержня класса А400С (А-III) диаметром 32 мм (площадь сечения - $8,042 \text{ см}^2$).

Таким образом, применение предложенной методики позволило снизить расход стали на тяжи более чем в 3 раза, а требуемый диаметр арматуры - 32 мм соответствует рекомендациям [2] – 28...36 мм.

ВЫВОДЫ

1. Разработанная методика определения максимального усилия в тяже, усиливающем продольную стену, учитывает геометрию локализации трещин в стенах и основана на анализе напряженно-деформированного состояния основания здания с учетом упруго-пластической работы грунта.
2. Опыт применения методики показал, что она дает большую экономию стали в сравнении с ранее известным методом расчета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хило Е.Р., Попович Б.С. Усиление строительных конструкций. - Львов: Вища шк.: Изд-во при Львов. ун-те, 1985. – 156 с.
2. Кушнирук Ю.Г., Морин А.Л., Чернышев А.А. Справочник по технологии капитального ремонта жилых и общественных зданий. – К.: Будівельник, 1989. – 256 с.
3. Основания, фундаменты и подземные сооружения / М.И. Горбунов-Посадов, В.А. Иличев, В.И. Крутов и др.; Под общ. ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с.
4. Скибин Г.М. Экспериментальное обоснование расчетной модели упругопластического основания ленточных фундаментов. // Изв. вузов. Строительство. – 2005. – С.121-124.

Федоркин С.И., д.т.н., профессор; Ажермачев Г.А., к.т.н., профессор
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Козловский Л.К., Беспалов С.М., Козловский А.Л., инженеры
ПВВП «Аэроспецмонтаж»

Аварии на Чернобыльской АЭС двадцать лет

Рассматриваются последствия аварии на энергоблоке №4 ЧАЭС. Показано состояние разрушенного объекта и «Укрытия». Предлагаются радикальные мероприятия защиты разрушенного энергоблока №4 и «Укрытия». Авария, разрушения, радиоактивность, усиление, трещины, защита, эвакуация отходов.

Аварии на Чернобыльской АЭС скоро исполнится 20 лет. Определенные мероприятия по уменьшению воздействия радиоактивных элементов были выполнены в первые годы после аварии. «Укрытие» разрушенного энергоблока №4 ЧАЭС возводилось в сжатые сроки и было принято, может быть, не самое лучшее техническое решение. Однако главная задача была решена – максимально уменьшили радиоактивные выбросы. Прошедшие годы показали, что в защитных конструкциях появились трещины и количество их и размер увеличиваются. Опасность разрушения конструкций «Укрытия» постоянно возрастает. Кроме того, разрушенные и получившие повреждения в результате аварии железобетонные конструкции энергоблока используются в качестве несущих элементов объекта «Укрытия». Наибольшие опасения вызывает стена по оси 50 [1]. В случае разрушения стены по оси 50 произойдет раскрытие объекта на 80% со всеми вытекающими радиационными последствиями.

Государственным научно-исследовательским институтом строительных конструкций (г. Киев) [2] были выполнены расчеты несущей способности конструкций покрытия балки «мамонт» и «осьминог» и их опорных элементов, основанием которых служат обломки разрушенных конструкций, скрепленные щебнем, пропитанным цементным раствором.

Действительную несущую способность опорных конструкций под основные балки перекрытия и их долговечность определить невозможно. Это еще раз подчеркивает срочную необходимость создания «Укрытия 2», обеспечивающего изоляцию всего объекта, включая и первоначальное «Укрытие».

Разрушения, вызванные аварией на четвертом энергоблоке ЧАЭС, наличие деформированных и разрушенных железобетонных и металлических конструкций, труб и другого технологического оборудования вместе с обломками строительных конструкций, пылью и другим мусором создали условия полной неразрешимости дальнейших действий.

Разборка и удаление завалов с использованием каких-либо механизмов без участия человека невозможна. Необходимо помнить, что радиоактивный фон в этой зоне в 1000 раз превышает допустимые пределы.

Исходя из вышесказанного, напрашивается применение робота или какого-то манипулятора. Однако это тоже не решает проблемы строповки грузов, т.к. конструкции и отдельные элементы могут быть зацементированы и превышать грузоподъемность подъемного механизма (крана). Эти вопросы может решать на месте только человек. Однако недопустимый радиоактивный фон это исключает.

Существуют предложения сооружения «Укрытия 2», которое должно быть устроено над «Укрытием», выполненным в 1986 г. [3]. Пожалуй это одно из оптимальных предложений в настоящее время. При создании нового «Укрытия 2» необходимо по возможности решать и многие другие вопросы, в частности, обеспечить мониторинг за состоянием процессов, происходящих в зоне завалов, в атмосфере над энергоблоком №4, а при необходимости производить дополнительные защитные мероприятия, позволяющие снизить радиоактивный фон. При устройстве «Укрытия 2» необходимо одновременно решать вопросы устойчивости и прочности наружных стен и опорных конструкций покрытия. Предложенные мероприятия стабилизации стен [1, 2] не могут надежно

обеспечить их закрепление. Стабилизирующие башенные конструкции, имеющие большую массу, могут сами спровоцировать обрушение стен при сейсмических воздействиях в результате значительных амплитуд при собственных колебаниях. Точки опирания подкрепляющей башни на стену являются опорами, в которых будут возникать реактивные силы при колебаниях башни-опоры.

Даже при установке демпферных устройств в точках опирания на стену будет передаваться циклическая нагрузка. Если между опорными узлами консолей и стеной будет зазор, то поддерживающие башни не будут выполнять своей роли.

И в первом и во втором вариантах возможно падение стены наружу. Это приведет к выбросу большого количества радиоактивной пыли в окружающую среду, соизмеримую с выбросом в апреле 1986 года. Загнать вырвавшегося «Джина» обратно в «бутылку» будет также трудно, как организовать защиту в 1986 г.

«Укрытие 2» должно быть достаточно герметичным, иметь большой объем и гарантировать нераспространение радиоактивных веществ в окружающую среду.

Для более эффективной эксплуатации «Укрытия 2» необходимо предусмотреть фильтры-накопители радиоактивных веществ, которые должны периодически заменяться.

Даже, если произойдет обрушение стен и будет выброс радиоактивной пыли, то все это должно остаться внутри закрытого объема, а радиоактивная пыль останется в фильтрах-накопителях, которые в последствии могут быть отправлены в специальные «могильники».

Исходя из сложившихся условий и состояния конструкций «Укрытия» энергоблока №4 ЧАЭС, предлагается следующее техническое решение «Укрытия 2».

1. Над энергоблоком №4 ЧАЭС возводится легкое покрытие из решетчатых арочных ферм из труб, покрытых относительно тонким титановым листом (или листом из нержавеющей стали), обеспечивающим герметичность образованного объема.

Арочная форма «Укрытия 2» позволит создать условия для концентрации газообразных веществ в вершине свода, где должны быть установлены вытяжные шахты, в которых установлены съемные фильтры-накопители. Установка такого «Укрытия 2» производится методом передвижки собранного блока по путям, уложенным вдоль здания.

2. Разрушенные конструкции энергоблока №4 и оборудование не демонтируются, а засыпаются легким абсорбирующим материалом на высоту 5-12 м. при этом материал должен быть рыхлым, огнестойким и не спекаться, позволяющим производить его замену.

3. Для наблюдения за процессами, происходящими внутри «Укрытия 2», устанавливаются автоматические телевизионные камеры и светильники, а для более полного изучения и наблюдения за происходящими процессами, предусматриваются передвижные герметичные вагончики-лаборатории, работающие в автономном и ручном режимах, которые перемещаются по направляющим арочного покрытия.

4. Для подъемно-транспортных работ, при перемещении абсорбирующих материалов предусматриваются не менее 3-х подвесных кранов грузоподъемностью 15-20 тонн, работающих в автономном режиме.

5. Съемные фильтры-накопители, заполненные абсорбирующим материалом, по мере насыщения радиоактивными веществами, снимаются с поверхности «Укрытия 2» при помощи вертолетов.

В настоящее время разработаны системы автоматических захватов, позволяющие произвести строповку и отстроповку фильтров-накопителей без участия человека. Таким образом, при помощи вертолетов (и что очень важно без непосредственного участия человека) возможна транспортировка фильтров в «могильник» и установка новых фильтров.

Применение вертолетов целесообразно и потому, что «могильники» будут удалены от энергоблока №4 на значительные расстояния. Таким образом, постоянно заменяя насыщенные радиоактивными веществами емкости, можно добиться минимального влияния радиоактивных веществ на окружающую среду.

6. «Могильники» должны быть построены раньше или в одно время со строительством «Укрытия 2».

7. При надвигке «Укрытия 2» необходимо демонтировать стальную вентиляционную трубу. Технические решения по демонтажу ее в короткие сроки с минимальным периодом пребывания монтажников в этой зоне имеются. Здесь так же основные работы могут выполнить вертолеты. Опыт подобных работ имеется у специалистов ПИВП «Аэроспецмонтаж».

Если мы обратимся к имеющимся публикациям, то абсолютное большинство касается только защиты верхней части объекта.

Однако нельзя оставлять без внимания нижнюю зону энергоблока №4. Радиоактивные воды из энергоблока и окружающего его грунта накапливаются в верхних земных слоях. Количество радиоактивных веществ в этих водах соизмеримо с радиоактивными веществами, поступающими в атмосферу. По крайней мере не меньше. Эта проблема требует своего скорейшего решения. На наш взгляд целесообразно устройство под энергоблоком тоннелей – наполнителей, куда радиоактивная вода будет попадать через перфорированные стенки тоннелей, накапливаться в отстойниках и удаляться из них автономно по трубопроводам в «могильники», либо в контейнеры, которые будут транспортироваться в могильники.

ВЫВОДЫ

Разрушенный энергоблок №4 ЧАЭС представляет угрозу не только Украине, Белоруссии и России, но и всей Европе. Зарубежная экономическая помощь при строительстве «Укрытия 2» маловероятна. Обещание западных стран помочь при строительстве новых энергоблоков на Хмельницкой и Ровенской АЭС после закрытия Чернобыльской АЭС остается невыполненным. Поэтому считаем, что разработку проекта и строительство «Укрытия 2» должны выполнить отечественные специалисты, привлекая собственных и зарубежных инвесторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Немчинов Ю.И., Бамбура А.Н., Гурковский А.Б., Марьенков Н.Г. Расчет западного фрагмента объекта «Укрытия» с учетом сейсмических воздействий в рамках проекта стабилизации SIP. Будівельні конструкції, Вып. 60. Київ. НДІБК, 2004. С. 292-297.
2. Бамбура А.Н., Сазонова И.Р., Богда В.М., Марьенков Н.Г. Особенности расчета на сейсмические воздействия балки «Мамонт» и ее опор в рамках проекта стабилизации SIP объекта «Укрытие». Будівельні конструкції, Вып. 60. Київ. НДІБК, 2004. С. 249-254.
3. Любченко И.Г., Матвеев И.В., Кошелева Н.Н., Замков В.Н. О совершенствовании конструкции нового безопасного кон-
файмента над четвертым энергоблоком Чернобыльской АЭС. Металлические конструкции: взгляд в прошлое и будущее». Сталь. Кив. 2004 с.124-128

Раздел 2. Основания и фундаменты, механика и сейсмостойкость

УДК 654.12.059

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

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Определение расчетных значений сопротивления грунтов сдвигу при нахождении вида кривой скольжения откосов

Представлены основные уравнения, определяющие с заданной вероятностью расчетные значения f и c и характеризующие средние значения касательного напряжения.

Кривая скольжения, склон, нормальные и касательные напряжения, коэффициенты трения и сцепления, нормативная регрессия

Для нескальных и полускальных грунтов оснований, слагающих откос, в предельном состоянии кривую скольжения, проходящую в массиве склона, определяет известное соотношение Кулона между нормальными и касательными напряжениями по поверхностям скольжения

$$fp + c - \tau_p = 0 \quad \text{или} \quad \tau_p = fp + c \quad (1)$$

На любой другой площадке, включая и зону предельного состояния, имеем

$$fp + c - \tau_p \geq 0 \quad (2)$$

Характеристическое свойство кривой скольжения будет заключаться в следующем: кривая S будет кривой скольжения только тогда, когда

$$\int_S (pf + c - \tau_p) ds = 0 \quad (3)$$

Действительно, если S - кривая скольжения, равенство (3) выполняется вследствие (1), и наоборот, если выполняется (3), выполнится и (1), вследствие (2), и кривая S будет кривой скольжения.

Само по себе характеристическое свойство не дает способа определения кривой скольжения. Можно вывести экстремальное свойство кривой скольжения, которое определяет методы ее нахождения.

Действительно, вследствие (2) для любой кривой S_1 , не являющейся кривой скольжения, имеем

$$\int_{S_1} (p_1 f + c - \tau_{p1}) ds > 0 \quad (4)$$

и определение кривой скольжения сводится к отысканию кривой, которая обеспечивает минимум интегралу (4).

Таким образом для откоса в предельном состоянии можно записать

$$\min_S \int (pf + c - \tau_p) ds = 0 \quad (5)$$

Это равенство можно рассмотреть и с иных позиций. Так как оно определяет некоторую связь между параметрами откоса f и c , при которых откос находится в предельном состоянии, уравнение предельного равновесия запишем так

$$\varphi(f, c) = \min_S \int (pf + c - \tau_p) ds = 0 \quad (6)$$

При практическом использовании выражения (6) необходимо тщательнее подходить к определению расчетных коэффициентов f и c , которые являются определяющими при расчете устойчивости и не ограничиваться только оценкой отклонения средних значений этих параметров, как предусмотрено в нормах [1].

На наш взгляд представляется более правильным подход построения доверительной границы

средних значений касательного напряжения. Это позволит избежать существенных ошибок при проектировании оснований и расчете устойчивости склонов.

Кроме того, в этом случае случайной величиной является, определяемая опытом τ , а не взаимосвязанные между собой параметры аппроксимации f и c , не имеющие физического смысла.

Установлению доверительной границы предшествует построение нормативной регрессии $\tau_n = f_n p + c_n$. Значения параметров f_n и c_n рассчитывают методом наименьших квадратов по результатам лабораторных опытов на срез образцов грунта или полевых испытаний грунта [2,3]. При этом предполагается, что геометрические размеры всех образцов одинаковые и они несоизмеримо малы по сравнению с размерами исследуемого грунтового массива. В этом случае для получения минимальной несмещаемой оценки среднеквадратичного отклонения опытных данных от нормативной регрессии значения параметров f_n и c_n рекомендуется находить по следующим выражениям

$$f_n = \frac{p\tau - \bar{p}\bar{\tau}}{\bar{p}^2 - (\bar{p})^2}; \quad c_n = \frac{\bar{p}^2\bar{\tau} - p\tau\bar{p}}{\bar{p}^2 - (\bar{p})^2} \quad (7)$$

где

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i^2}; \quad \bar{\tau} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i^2}; \quad p\tau = \frac{\sum_{i=1}^n P_i T_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i^2}; \quad \bar{p}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i^2}{\sum_{i=1}^n \omega_i^2} \quad (8)$$

P_i, T_i - опытные значения соответственно нормальной к плоскости среза и сдвигающей силы.

Доверительная граница представляет собой нижнюю границу доверительной зоны, за пределы которой с определенной вероятностью не выйдет истинная регрессия τ_n в заданном диапазоне нормального напряжения p . Выражение для построения доверительной границы имеет вид

$$\tau = \tau_n - \frac{su}{\sqrt{n}} R(p) \quad (9)$$

где

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (\tau_i - f_n p_i - c_n)^2}; \quad R(p) = \sqrt{1 + \frac{(p - \bar{p})^2}{\bar{p}^2 - (\bar{p})^2}}; \quad \bar{p} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i; \quad \bar{p}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i^2$$

n - объем выборки опытных данных; $p_i; \tau_i$ - опытные значения нормального и касательного напряжения; u - определяемое по таблице критическое значение случайной величины в диапазоне $[p_1; p_2]$ при односторонней доверительной вероятности $1 - \alpha$ и числе степеней свободы $n - 2$.

Анализ выражения (9) показывает, что чем меньше диапазон значений p при той же выборке опытных данных, тем доверительная граница располагается выше, сливаясь в пределе с доверительной границей для частных значений p . Учитывая это, предлагается строить доверительную границу и находить расчетные значения параметров f и c в диапазоне расчетных значений p , который может быть существенно меньше опытных значений. При этом, очевидно, мы будем получать обоснованно математически более достоверные значения f и c .

Часто из-за невозможности получения результатов при $p = 0$ приходится экстраполировать доверительную границу и расчетные значения f и c в область малых значений p .

В этом случае доверительная граница для несвязных грунтов пересекает положительную ось p в области малых значений и уходит в область отрицательных значений τ . Это же наблюдается для связных нескальных и даже скальных грунтов при малом объеме выборки опытных данных, большом их разбросе и высокой обеспеченности расчетных значений τ .

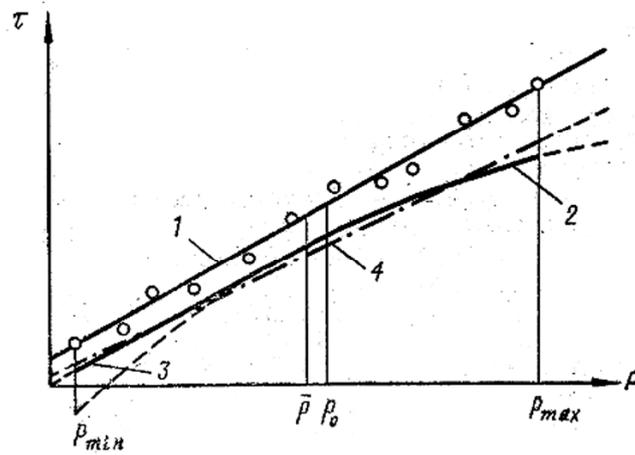


Рис. 1. Схема к определению расчетных значений f и c :

1- нормативная регрессия; 2- доверительная граница по выражению (2); 3- то же по выражению (3); 4- прямолинейная аппроксимация

В этом случае пересечение доверительной границей оси ρ противоречит физическому смыслу, так как на нее не накладываются смысловые ограничения, в то время как значения параметров зависимости (1) ограничены условием $\tau_{np} \geq 0$, из которого следует условие $c \geq 0$.

Поэтому на доверительную границу необходимо вводить ограничения, отбрасывая семейство прямых $c \leq 0$, т.е. в области малых значений ρ доверительную границу по выражению (2) предлагается заменять касательной к ней, исходящей из начала координат

$$\tau = f_1 \rho \quad (10)$$

Абсцисса точки касания ρ_0 и значение параметра f_1 определяются выражением

$$\rho_0 = \begin{cases} \frac{\bar{\rho}}{B} \left(1 - \sqrt{1 - B \frac{\bar{\rho}^2}{(\bar{\rho})^2}} \right), u \neq \frac{c_n}{s} \sqrt{na}; \\ \frac{\bar{\rho}^2}{2\rho}, \quad u = \frac{c_n}{s} \sqrt{na}; \end{cases} \quad (11)$$

$$f_0 = f_n - \frac{su(\rho_0 - \bar{\rho})}{(\bar{\rho})^2 a \sqrt{n} R(\rho_0)},$$

где

$$a = \frac{\bar{\rho}^2}{(\bar{\rho})^2} - 1, \quad B = \frac{c_n^2 an - s^2 u^2}{c_n^2 an - s^2 u^2 (1 + a)}$$

При этом диапазон расчетных значений ρ следует принимать таким, чтобы выполнялось условие $\rho_{max} \geq \rho_0$.

Помимо выбора диапазона расчетных значений ρ , положением доверительной границы можно управлять такими параметрами, как значение доверительной вероятности, объем выборки и положение центра распределения опытных данных, определяемыми соответственно значениями n и $\bar{\rho}$.

Выбор значений параметров должен основываться на опыте предыдущего строительства и эксплуатации аналогичных сооружений. Объем выборки опытных данных может быть определен по экономическим соображениям в зависимости от уменьшения стоимости строительства. Значе-

ние доверительной вероятности расчетных значений τ и параметров f и c должно соответствовать мере надежности здания или сооружения. В современной системе взаимосвязанных частных коэффициентов безопасности при расчете по предельным состояниям по нашему мнению лучше всего принять единое для сооружений всех классов значение доверительной вероятности для f и c . В этом случае оно должно быть принято таким, чтобы расчетные значения c и f для всех типов грунтов соответствовали традиционным значениям. Положение центра распределения опытных данных не должно строго фиксироваться, а может варьироваться, подчиняясь наиболее характерным значениям p для данного типа сооружений.

Тогда, чтобы получить доверительную границу расчетных значений f и c в диапазоне расчетных значений p предлагается аппроксимация прямой методом наименьших квадратов. За меру отклонения функции (2) от двучлена (1) в диапазоне $[p_{\max}; p_{\min}]$ принимается величина

$$D = \int_{p_{\min}}^{p_{\max}} (\tau_{np} - \tau)^2 dp \quad (12)$$

Величина D должна принять наименьшее значение. Тогда получим систему уравнений для нахождения f и c

$$\begin{cases} \frac{\partial D}{\partial f} = 2 \int_{p_{\min}}^{p_{\max}} (\tau_{np} - \tau) p dp = 0 \\ \frac{\partial D}{\partial c} = 2 \int_{p_{\min}}^{p_{\max}} (\tau_{np} - \tau) p dp = 0 \end{cases} \quad (13)$$

После подстановки в эту систему уравнений выражений (1) и (2) и интегрирования получим выражения для определения расчетных значений f и c

$$\begin{aligned} f &= f_n - \beta \left\{ [R(p_{\max})]^3 - [R(p_{\min})]^3 - 1,5\xi(\bar{p}_1)[F(p_{\max}) - F(p_{\min})] \right\} \\ c &= c_n + (f_n - f)\bar{p}_1 - \beta \frac{(p_{\max} - p_{\min})^2}{2} [F(p_{\max}) - F(p_{\min})] \end{aligned} \quad (14)$$

где

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{4su[\bar{p}^2 - (\bar{p})^2]}{(p_{\max} - p_{\min})^3 \sqrt{n}}; \quad \xi(p) = \frac{p - \bar{p}}{\bar{p}\sqrt{a}}; \\ \bar{p}_1 &= \frac{p_{\max} + p_{\min}}{2}; \quad F(p) = \xi(p)R(p) + Ash[\xi(p)] \end{aligned} \quad (15)$$

Формулы (14) и (15) получены в предположении построения доверительной границы по выражению (2). Если одна часть доверительной границы определяется выражением (2), а другая – (3), то формулы для определения расчетных значений примут следующий вид

$$f = f_n \Phi(p_{\max}) - f_1 \Phi(p_{\min}) + 2\eta \frac{c_n}{(p_{\max} - p_{\min})} - \beta \left\{ [R(p_{\max})]^3 - [R(p_0)]^3 - \right. \\ \left. - 1,5(\bar{p}_1)[F(p_{\max}) - F(p_0)] \right\} \quad (16)$$

$$c = c_n \frac{p_{\max} - p_0}{p_{\max} - p_{\min}} + (f_n - f) \bar{p}_1 + (f_1 - f_n) \frac{p_0^2 - p_{\min}^2}{2(p_{\max} - p_{\min})} - \beta \frac{(p_{\max} - p_{\min})^2}{8 \bar{p} \sqrt{a}} [F(p_{\max}) - F(p_0)] \quad (17)$$

где

$$\Phi(p) = \eta \frac{p + p_0}{p_{\max} - p_{\min}} + \left(\frac{p - p_0}{p_{\max} - p_{\min}} \right)^3; \eta = 3 \frac{(p_{\max} - p_0)(p_0 - p_{\min})}{(p_{\max} - p_{\min})^2} \quad (18)$$

ВЫВОДЫ

Выражения (14), (15) и (16), (17) определяют с заданной вероятностью расчетные значения f и c , характеризующие средние значения касательного напряжения. Этими значениями можно пользоваться при оценке устойчивости больших масс грунта, например, склонов, объем которого равномерно покрывается выборкой опытных данных. При малых выборках опытных данных расчетные значения f и c с заданной обеспеченностью рекомендуется назначать ниже расчетных значений той же обеспеченности, характеризующих средние значения касательного напряжения для больших масс грунта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений. - М.: Стройиздат, 1985. - 40 с.
2. Долматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. - М.: Стройиздат, 1981. - 319 с.
3. Основания, фундаменты и подземные сооружения: Справочник проектировщика / Под общей редакцией Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова. - М.: Стройиздат, 1985. - 480 с.

Ефремов А.В., д.э.н., профессор, Смирнов Л.Н., инженер
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Закономерности проявления оползневых процессов

В статье, исходя из положений теории упругости как элемента теории катастроф, сделана попытка описания оползней в различных стадиях их существования. На базе иллюстративной «машины катастроф» Зимана, рассмотрены закономерности движения оползня-потока по наклонной плоскости. Ценность данного подхода для описания оползневых процессов заключается в том, что он позволяет разработать универсальный метод исследования всех скачкообразных переходов, разрывов, внезапных качественных изменений, то есть отклонений, характерных для оползней

оползни, теория катастроф, теория упругости, теория особенностей, математические модели, машина катастроф, положения равновесия, закономерности поведения оползней.

Общие положения.

Математическое описание оползневых процессов можно осуществлять исходя из закономерностей непрерывного и дискретного, то есть из терминов, описывающих возникновение дискретных структур на гладких отображениях Уитни [1] и теории бифуркаций динамических систем Пуанкаре и Андронова А.А. [2]. Здесь, под словом «бифуркация» подразумевается раздвоение, которое употребляют для обозначения всевозможных качественных перестроек или метаморфоз объектов при изменении параметров, от которых они зависят.

Исходя из этих посылок, положенных в основу теории катастроф, попробуем понять, хотя бы приблизительно, закономерности проявления оползневых процессов.

Цель статьи – ознакомить специалистов, изучающих поведение оползней, с новым подходом и аппаратом описания закономерностей проявления оползневых процессов.

Сведения о работах по общей теории катастроф появились в конце 60-х и в начале 70-х годов прошлого столетия. К числу основоположников теории катастроф можно отнести К. Зимана, Х. Уитни, Дж. Мозера, Б. Морена, Г.Н. Тюрину и др., работы которых опубликованы в сборнике переводов [3].

Для понимания закономерностей проявления оползневых процессов рассмотрим теорию особенностей Х. Уитни [1] и принципы демонстрации доказательства теории особенностей на машине катастроф К. Зимана [4].

Поскольку теория Х. Уитни дает существенную информацию об особенностях отображений общего характера, можно попытаться использовать ее для изучения множества разнообразных явлений и процессов, и в том числе закономерностей протекания оползневых процессов. Совокупность теории особенностей и ее приложений К. Зиман предложил называть *теорией катастроф*. В тех сферах применения теории катастроф, где закономерности отображений достаточно хорошо известны, применение ее приводит к полезным результатам. Однако для отображения закономерностей оползневых процессов, где неизвестно не только анализируемое отображение, но и само его существование, без дальнейшего изучения этих процессов применить теорию катастроф будет проблематично.

Подобных (оползневых процессам) сфер много, однако в них приложения теории катастроф носят пока спекулятивный характер, так как здесь допускаются отступления от строгости математических требований. Однако, если пока нельзя достичь решения задач по классической модели, приходится находить приближенный подход к решению поставленной задачи. Именно поэтому на данном этапе развития теории катастроф, в работах ученых наблюдается резкое снижение уровня требований к строгости и новизне публикуемых результатов.

И все-таки, несмотря на недостаточность проработки отдельных сторон теории катастроф, на ее базе необходимо постоянно искать приближенные методы закономерностей возникновения и протекания катастрофических процессов. Теория катастроф и ее математические модели сами по себе не предотвращают катастроф, однако они позволяют человеку понять общие черты самых разных природных явлений скачкообразного режима той или иной системы в ответ на плавное изменение

различных условий. Уже сейчас теория катастроф в условиях нарастания катастрофических процессов (землетрясения, наводнения, оползни, эпидемии и др.), является основой разработки математических моделей определения условий возникновения и развития различных природных катастроф.

Особая ценность этой теории для описания оползневых процессов заключается в том, что она дает универсальный метод исследования всех скачкообразных переходов, разрывов, внезапных качественных изменений, то есть отклонений, характерных для оползневых процессов.

Положение равновесия в теории упругости.

В отличие от приведенных выше примеров, применение особенностей к исследованию бифуркаций положений равновесия в теории упругости, в основе которой лежат и закономерности оползневых процессов, обоснованы безупречно. Теория упругости базируется на том, что во многих телах или конструкциях при соответствующих внешних нагрузках может возникнуть несколько положений равновесия.

Для описания происходящих оползневых процессов в рамках теории упругости представим оползень как механизм, состоящий из упругой (скажем, пластиковой) линейки, расположенной горизонтально, перпендикулярно направлению движения оползня и опирающейся на амортизаторы равномерно по всей длине линейки. Здесь тело линейки с приложенными к ней усилиями предоставляет силы (присвоим им символ $-\alpha$ с отрицательным знаком), которые стараются вывести оползень из состояния покоя и привести его в движение, а амортизаторы выполняют роль сил, которые стремятся удержать оползень в состоянии покоя (присвоим им символ $+\beta$ с положительным знаком). При внешних нагрузках на линейку возникает несколько возможных положений равновесия в зависимости от того, где будут приложены нагрузки и от их величины. При этом при увеличении груза в том или ином месте в некоторый момент происходит «катастрофа» или, как это называется по другому, «хлопок». В момент хлопка линейка, вследствие ее излома скачком переходит из одного состояния в другое. Теория особенностей (катастроф) позволяет определять моменты «хлопков», что подтверждается экспериментами.

При выявлении закономерностей поведения оползней, под оползнем будем понимать часть ограниченной земной поверхности, которая без потери контакта с неподвижным основанием перемещается на новый, как правило, более низкий гипсометрический уровень. Исходя из указанного понимания, под процессом оползня будем подразумевать последовательное изменение его состава, состояния, свойств с момента зарождения и перемещения оползня на другой уровень, вплоть до полного затухания, проявляющегося в деформациях, слагающих его горных пород.

Учитывая, что наиболее распространенными категориями оползней, являются оползни скольжения, именно на них и рассмотрим механизм изменений. В основных чертах механизм оползней скольжения представляется в следующем виде. Первичному оползню обычно предшествует длительный процесс формирования склона, в течение которого изменяется его конфигурация, вследствие чего возрастают основные характеристики поля напряжений, а также изменяется состав и свойства слагающих склон пород.

Под воздействием собственного веса пород в отдельных частях склона образуются зоны, где развиваются деформации хрупкого разрушения или медленной ползучести. Последовательное преодоление максимального или пикового сопротивления пород сдвигу в отдельных точках склона вызывает возникновение дополнительных напряжений в соседних точках, что в конечном результате приводит к прогрессирующему разрушению в зоне смещения [5].

Рассмотрим на предлагаемом механизме, какое положение примет оползень (упругая линейка, опирающаяся на амортизаторы) при различных усилиях.

1. Позиция первая – оползень находится в состоянии покоя, т.е. силы трения $\beta > \alpha$ сил давления – линейка находится в горизонтальном положении (рис. 1).
2. Позиция вторая – оползень начинает движение «по центру» (рис. 2).

Здесь в начальный момент времени возмущение имелось в центре кривой a . Скорость его распространения примем равной единице. Чтобы узнать, где будет возмущение через время t , нужно отложить по каждой нормали в кривой отрезок длиной t , полученная кривая называется волновым фронтом (рис. 3).

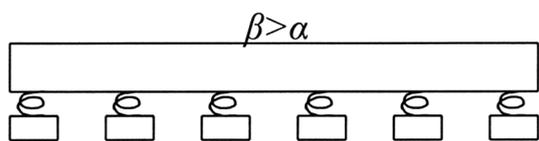


Рис. 1. Оползень находится в состоянии покоя.

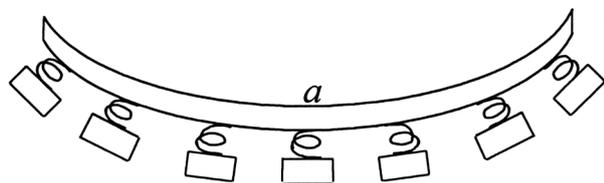


Рис. 2. В состоянии движения - центральная часть.

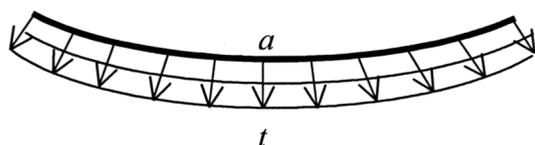


Рис. 3. Эволюция волнового фронта.

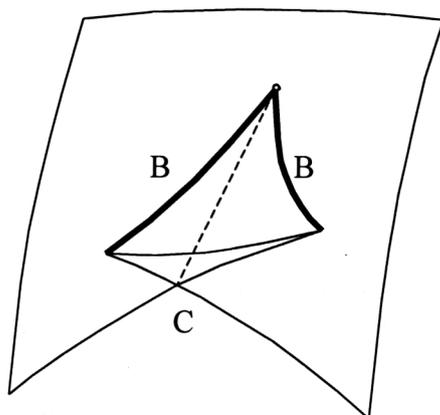


Рис. 4. Ласточкин хвост.

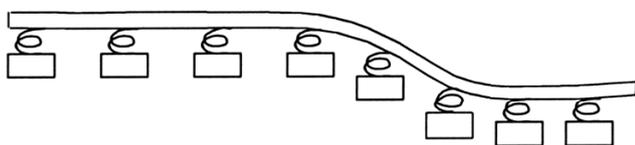


Рис. 5. Скольжение оползня левым крылом.

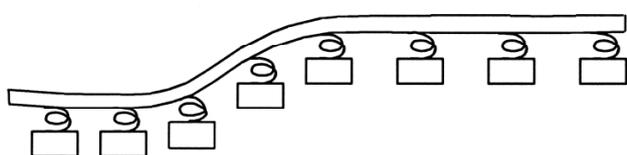


Рис. 6. Скольжение оползня правым крылом.

Данное положение оползня указывает на то, что силы трения пока удерживают оползень в состоянии плавного сдвига и катастрофа (хлопок) еще не наступила. Эта ситуация соответствует начальному волновому фронту, не имеющему особенностей. Однако через некоторое время, при выходе оползня из неустойчивого равновесия, особенности начнут возникать. Эти особенности устойчивы по динамике сползания оползня и неустраняемы малым изменением начального волнового фронта.

В соответствии с теорией катастроф [7] для гладкого начального фронта с течением времени будут образовываться лишь стандартные особенности (складки, сборки и точки возврата). В трехмерном пространстве на гладком волновом фронте, в рамках которого происходят процессы изменения перемещения оползня, с течением времени возникают лишь ребра возврата и стандартные особенности типа «ласточкин хвост», изображенные на рис. 4. У этой фигуры имеются ребра возврата (В) и линия самопересечения (С).

Ласточкин хвост можно определить как множество всех точек (a, b, c) таких, что многочлен $x^3 + ax^2 + bx + c$ имеет кратный корень, а так же из пространственной кривой $a = t^2$; $b = t^3$; $c = t^4$. Он образован всеми ее касательными.

Пересечения «ласточкина хвоста» параллельными плоскостями общего положения, являются плоскими кривыми. При движении (скольжении) оползня указанные кривые перестраиваются в момент, когда плоскость (оползень) проходит через вершину хвоста. То есть, при прохождении границы оползня через вершины «ласточкина хвоста» силы трения уже не обеспечивают движения возросших масс оползня в состоянии плавного скольжения и происходит «хлопок», т.е. переход оползня в новое состояние, характеризующееся резким сдвигом по горизонтали и вертикали.

3. Позиция третья – движения оползня начинается с периферии с левого или правого крыла (рис. 5, 6).

Закономерности движения оползня рассмотрим на приспособлении по наглядной иллюстрации особенности «хлопков» - машины катастроф Зимана (рис. 7) [7].

Этот механизм состоит из доски (А), которую условно принимаем за платформу, по которой скользит оползень, картонного диска (В), прикрепленного иглой по центру (С) так, чтобы он мог свободно вращаться. Диск принимаем за механизм

распределения напряжения между скользящими крыльями оползня и остальной его частью. Другая игла (D) воткнута только в диск ближе к его краю, а третья (E) только в доску. Иглу (E) принимаем за крайнюю точку сопротивления крутящему моменту при скольжении правого крыла оползня. Чтобы окончить сборку машины нужно еще две ленты из легкорастяжимой резины (F, G), карандаш (H) и лист бумаги (I).

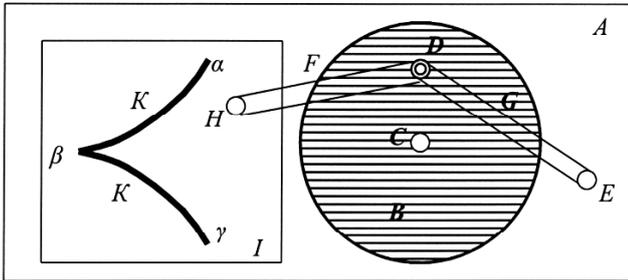


Рис. 7. Машина катастроф Зимана.

После того как игла (D) соединена с иглой (E) и с карандашом (H) резиновыми лентами (F, G) – ставим острие карандаша в некоторой точке на листе бумаги. Условно представляем схему (D, F, H) крылом оползня, и затем натягиваем резиновые ленты. Диск устанавливается в некотором положении. Теперь при движении острия карандаша диск будет поворачиваться. Оказывается, что при некоторых положениях острия карандаша малое изменение его положения способно вызвать «катастрофу», т.е. скачек диска в новое положение в точках β и γ . Если отметить на листе места всех таких катастроф, то получится кривая катастроф (K).

Для определения момента наступления катастрофы (хлопка) необходим математический аппарат, который поможет лучше оценить вклад теории особенности в выявлении закономерностей оползневых процессов. Математический аппарат должен базироваться на том положении, что состояние машины катастроф описывается тремя параметрами. Действительно, положение острия карандаша определяется двумя самоуправляющимися параметрами – силой, вызывающей нарушение неустойчивого равновесия и силой, препятствующей разрушению неустойчивого равновесия. Положение диска определяется еще одним параметром – углом поворота, называемым также внутренним параметром системы. Условно считаем, что степень растяжения резиновых полос указывает на то, что величины всех параметров известны, что позволяет определить потенциальную энергию движения оползня.

Угол изгиба при движении крыла оползня образуется так, чтобы эту энергию минимизировать (по меньшей мере, локально). В фиксированной точке (фиксированное положение карандаша) потенциальная энергия движения крыла оползня, представляет собой функцию оползня, в определенном месте. Данная функция может иметь в зависимости от самоуправляющихся параметров один или несколько минимумов. Если при изменении самоуправляющихся параметров положение минимума меняется плавно – скачка не происходит. Скачок происходит при таких значениях самоуправляющихся параметров, для которых локальный минимум исчезает, слившись с локальным максимумом, происходит скачок, а движущаяся часть оползня после скачка оказывается в положении, отвечающем другому локальному минимуму.

Аналогичная кривая катастроф K' получится и при движении левого крыла оползня. Разница будет заключаться только в том, что острие фигуры на горизонтальной линии (β) будет направлено влево.

4. Позиция четвертая – оползень движется в обход естественного или искусственного препятствия. В качестве естественного препятствия может быть резкое вздутие подстилающих пород, по которым происходит скольжение оползня, а в качестве искусственного, скажем, обтекаемые оползневыми массивами фундаменты, которые могут представлять собой отдельные опоры (или небольшую группу опор) глубокого заложения, заделанных ниже поверхности скольжения в устойчивый грунт. Верхняя часть таких фундаментов работает как барьер, вокруг которого происходит обтекание оползневых масс. Здесь в отличие от предыдущих трех позиций движение оползневых масс происходит по принципу приложения сил к упругой линейке, которая в центральной части покоится на жестких опорах, а правое и левое крыло – на амортизаторах (рис. 8).

Естественно, что при скольжении, наталкиваясь на обтекаемое, оползневое препятствие, оползень, как бы, превращается в две самостоятельные консоли (левую и правую), закономерности скольжения у которых будут разные.

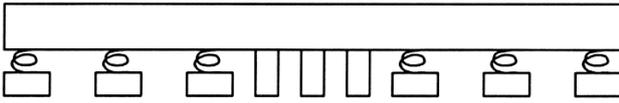


Рис. 8. Оползень находится в покое перед жестким массивом в центре (обтекаемое препятствие).

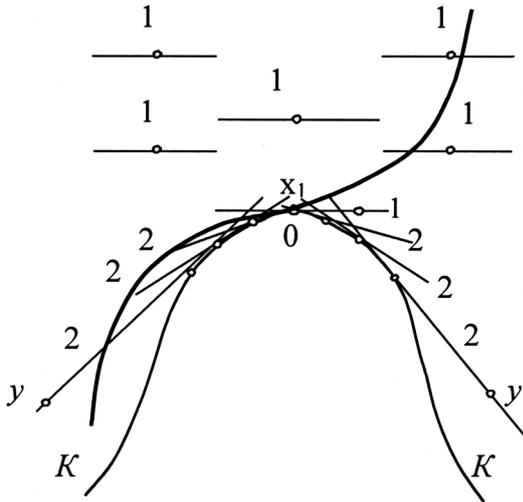


Рис. 9. Схема касания отрезков прямых кривой (поверхность).

Условие касания геодезической пучка с асимптотическим направлением – это одно условие на точку поверхности. Для поверхности и пучка общего положения это условие выполняется на некоторой кривой на поверхности, зависящей от пучка. На рис. 9 асимптотические направления изображены горизонтальными линиями (1), а кривая касания обозначена буквой (K), геодезические – прямыми (2). В отдельных точках (например O) эта кривая (K) сама будет иметь асимптотическое направление – это точка перегиба асимптотических.

Таким образом, возникает двухпараметрическое семейство путей – один параметр представляет геодезические линии пучка, а другой – точку срыва касательной, уходящей с поверхности препятствия. Вдоль каждого пути определена функция времени, отсчитываемая от начальной точки (x). Время достижения конечной точки (y) по такому пути определено не однозначно (в одну конечную точку может вести несколько таких путей). Тем не менее, ясно, что исследование полученной многозначной функции времени составляет необходимый этап изучения особенностей системы кратчайших путей.

Исходя из общих положений теории катастроф, можно утверждать, что оползень как система может находиться в четырех следующих состояниях:

- 1) в устойчивом равновесии – когда силы трения, удерживающие оползневую массу на подстилающей платформе значительно больше сил, пытающихся сдвинуть оползневую массу с места;
- 2) в неустойчивом равновесии, когда силы трения, удерживающие оползневую массу несколько больше или равно силам, пытающимся сдвинуть оползневую массу с места. В этом положении любое шевеление системы приводит ее к потере устойчивости;
- 3) в положении, когда оползень теряет устойчивость. В этом случае силы, пытающиеся сдвинуть оползневую массу, превышают силы трения, удерживающие оползень на месте. При потере устойчивости оползень начинает медленно «скользить» по наклонной поверхности коренных пород;
- 4) в положении срыва (катастрофы), когда силы сдвига значительно превышают силы трения.

Учитывая, что первая позиция ни у кого особой тревоги не вызывает, начнем рассмотрение позиции, где оползень находится в неустойчивом равновесии. Здесь происходит эволюционный процесс, который математически описывается векторным полем в фазовом пространстве. Некоторая часть оползня

Кратчайший путь из точки x в точку y в обход препятствия (рис.9) состоит из отрезков прямых (1) и отрезков (2) геодезических (кратчайших линий), на геометрию которых сильно влияют различные перегибы поверхности препятствия.

Предположим, что начальная точка пути (x_1) зафиксирована, и рассмотрим кратчайшие пути, ведущие из точки (x) во всевозможные точки (y). Пути в загороженные препятствием точки начинаются с отрезков прямых (1), касающихся препятствия.

Продолжения этих путей образуют пучок (однопараметрического семейства) геодезических на поверхности препятствия. Следующие участки путей представляют собой новые отрезки прямых, касательных к геодезическим. Они могут заканчиваться в конечной точке (y) или снова касаться поверхности препятствия.

Рассмотрим простейший случай пути, состоящего из начального и конечного отрезков прямой с отрезком геодезической между ними. Близкие геодезические пучка заполняют на поверхности препятствия некоторую область. В каждой точке этой области геодезическая пучка имеет определенное направление. В точках общего положения это направление меняется на асимптотическое.

(назовем ее точкой фазового пространства) определяет состояние оползня как системы. Приложенный в этой точке вектор показывает скорость изменения ее состояния. В других точках, называемых положениями равновесия, вектор обращается в нуль, потому, что их состояние не изменяется с течением времени. То есть, при неустойчивом равновесии оползня имеются два вида участков (назовем их точками) в одних из которых происходят какие-то изменения, а другие находятся в состоянии покоя. Рассмотрим это равновесие как фазовое пространство (положительный квадрат плоскости) оползня как системы, описывающей соотношение между двумя указанными видами точек. На оси абсцисс отложим точки (x), в которых происходят активные процессы, способствующие потере неустойчивого равновесия, а на оси ординат точки (y), которые находятся в состоянии покоя (рис. 10).

На рис. 10 точка (P) отражает положение равновесия, а точка (A) соответствует равновесному количеству участков оползня, где происходят активные процессы, способствующие потере неустойчивого равновесия оползня при меньшем количестве мест, находящихся в состоянии покоя. Здесь видно, что с течением времени, если система еще находится в состоянии неустойчивого равновесия, в ней устанавливаются колебания, показывающие, что неустойчивое равновесие состояния ухудшается.

Установившиеся колебания изображаются замкнутой кривой на фазовой плоскости. Эта кривая называется предельным циклом, а кривые в фазовом пространстве, образованные последовательным соотношением различных видов точек (x - y) называются фазовыми кривыми. То есть, при увеличении соотношения (x / y) наступает момент потери оползнем неустойчивого равновесия.

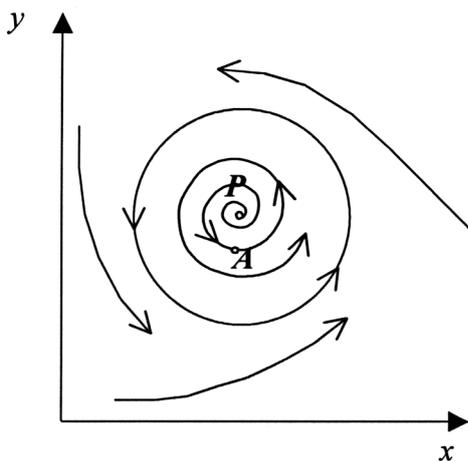


Рис. 10. Фазовая плоскость модели точек x - y .

Сложность определения наступления момента потери неустойчивого равновесия заключается в том, что оползень как система зависит от параметров, которые никогда не бывают известны даже приблизительно.

Однако к настоящему времени можно считать решенным теоретический вопрос о перестройке фазовых кривых при разделении положений равновесия в однопараметрических семействах общего положения.

Теперь рассмотрим состояние оползня потерявшего неустойчивое равновесие. Потеря устойчивости состояния равновесия при изменении соотношения между участками оползня, где происходят активные процессы, способствующие потере устойчивости и участками, находящимися в состоянии покоя происходит одновременно с соответствующей перестройкой фазового отражения на плоскости (рис. 11).

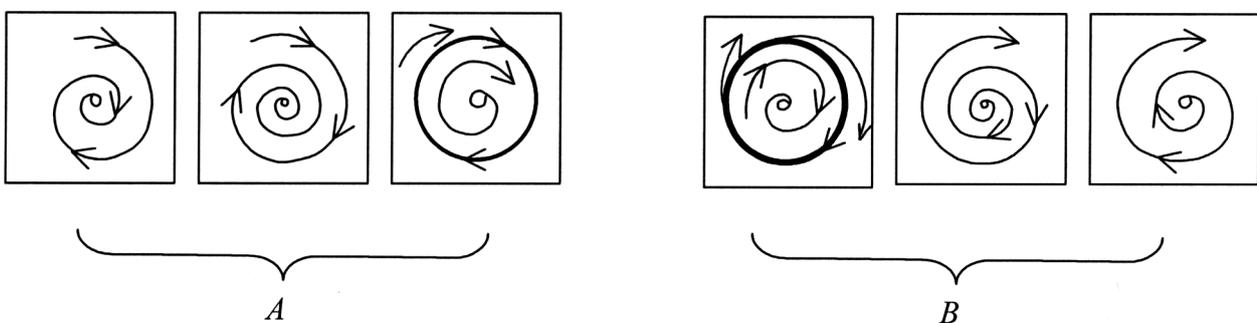


Рис. 11. Разделение общего процесса при рождении цикла.

Как видно из рис. 11 возможны два варианта раздвоения процесса.

А. При изменении указанного соотношения из положения неустойчивого равновесия образуется предельный цикл неустойчивого равновесия, однако равновесие еще не теряется.

В. В положении неустойчивого равновесия исчезает предельный неустойчивый цикл. Это при-

водит к тому, что область положения равновесия уменьшается до нуля, а неустойчивость передается равновесному состоянию.

При последующем увеличении соотношения x/y , в случаях А и В наблюдаются следующие явления.

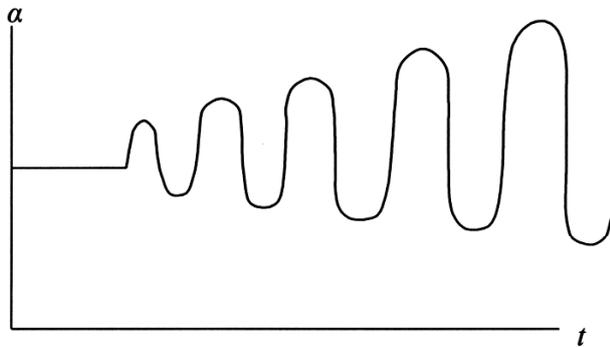


Рис. 12. Мягкая потеря устойчивости равновесия.

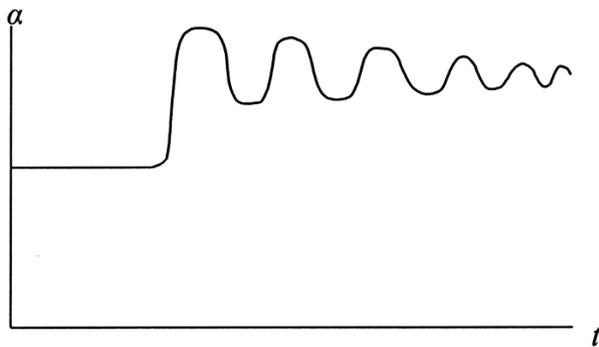


Рис. 13. Жесткая потеря устойчивости равновесия.

А. После потери неустойчивого равновесия установившимся является колебательный периодический режим называемый мягкой потерей устойчивости равновесия (рис. 12). Здесь амплитуда колебаний пропорциональна квадратному корню из закритичности (отличие параметра (x/y) от критического значения, при котором неустойчивое равновесие теряет устойчивость).

Мягкой потерей устойчивости этот вид называется потому, что устанавливающийся колебательный режим при малой закритичности мало отличается от состояния неустойчивого равновесия.

В. Так как оползень уже находится в режиме мягкой потери устойчивости, область распространения этого режима становится весьма малой и всегда присутствующие случайные возмущения выбрасывают данную систему из одной области еще до того, как область распространения полностью исчезает.

Этот вид называется жесткой потерей устойчивости, характеризующийся тем, что при этом система уходит с режима мягкой потери устойчивости скачком (рис. 14) и перескакивает на иной режим движения. Этот режим может быть другим устойчивым стационарным или более сложным движением. Переход оползня как системы на такой режим означает, что в ней на-

блюдаются сложные и непериодические колебания, которые весьма чувствительны к малому изменению начальных условий.

Если говорить об оползне как о системе с особенностями границы устойчивости, то в общем виде мы этот вопрос уже рассматривали в различных положениях равновесия системы, зависящей от ряда параметров. В результате высказано мнение, что оползень может находиться в четырех состояниях: 1) устойчивого равновесия, когда $y > x$; 2) неустойчивого равновесия, когда $y \geq x$; 3) потери устойчивости, когда $y < x$; 4) срыва (катастрофы), когда y катастрофически меньше x .

Эти утверждения базируются на том, что положение равновесия оползня зависит от ряда параметров. Изобразим эту систему с двумя параметрами (x, y). Изучаемая область в пространстве параметров разобьется тогда на две части в соответствии с тем, устойчиво или нет положение равновесия. То есть, таким образом, мы получаем на плоскости параметров область устойчивости, составленную значениями параметров, при которых равновесие устойчиво, область неустойчивости и разделяющую их границу устойчивости.

В соответствии с общей стратегией Пуанкаре [7], граница устойчивости может иметь особенности, которые не исчезают при малом шевелении составляющих системы.

На рис. 14 изображены все особенности границы устойчивости положений равновесия: 1) в общих двухпараметрических семействах эволюционных систем с фазовым пространством любой размерности; 2) в трехпараметрических.

Формулы на рисунках описывают область устойчивости (при подходящем выборе координат на плоскости) или в пространстве параметров, вообще говоря, криволинейных.

Из рис. 14 видно, что область устойчивости во всех случаях располагается углом наружу, вклиниваясь вершинами в область неустойчивости. Таким образом, для оползня как системы, принадлежащей особой части границы устойчивости, при малом изменении параметров более вероятно попадание в область неустойчивости, чем в область устойчивости. Это проявление общего принципа, согласно которому все хорошее (например, устойчивость) более хрупкое, чем плохое [7].

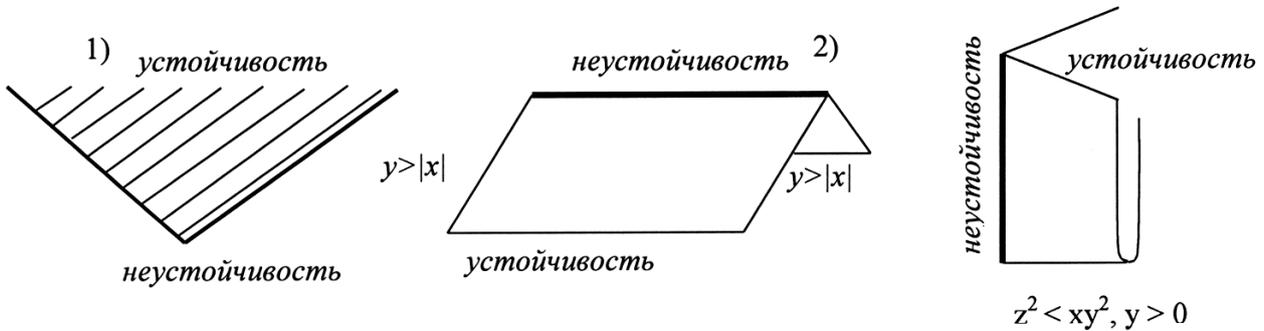


Рис. 14. 1) типичная особенность границы двумерной области устойчивости; 2) типичные особенности границ трехмерных областей устойчивости.

ВЫВОДЫ

Оползни побережья Крыма имеют повсеместное неравномерное распространение (примерно 75% их расположены в пределах южного склона главной гряды Крымских гор). Они характеризуются большим разнообразием форм, масштабностью проявлений и скоростью смещения. Сейчас любая хозяйственная деятельность в прибрежной зоне сталкивается с проблемой отрицательного влияния на неё оползневых процессов.

В дальнейшем для того, чтобы на базе теоретических положений, объясняющих закономерности проявления оползневых процессов необходимо разработать экономико-математические модели и практический инструмент поведения оползня во время медленного скольжения, определения времени медленного скольжения и наступления срыва (катастрофы).

ЛИТЕРАТУРА

1. Whitney H. On singularities of Euclidean Spaces I. Mappings of the Plane into the Plan // Ann. Math. – 1955, - V. 62 – P. 374-410.
2. Андронов А.А. Математические проблемы теории автоколебаний // I Всесоюзная конференция по колебаниям. – М.: Л.; ГТТИ. – 1933. – С. 32-72.
3. Особенности дифференцируемых отражений. – М.: Мир, 1968.-268 с.
4. Zeeman E.C. B. W.W. 1981. Bibliography on Catastrophe Theory; University of Warwick, 1981. – 73 p.
5. Шадунц К.М. Оползни-потоки. – М.: Недра, 1983. – 284 с.
6. Кюнтцель В.В. Закономерности оползневых процессов на европейской территории СССР и его региональный прогноз. – М.: Недра, 1980. – 211 с.
7. Арнольд В.И. Теория катастроф. – М.: Наука, 1990. – 128 с.

Рязанова Н.И., инженер
«КрымГГИИНТИЗ»

Интегральный инженерно-геологический прогноз влияния сооружений и поведение грунтового массива под воздействием факторов оползнеобразования

Рассматриваются главные проблемы комплексного инженерно-геологического, гидрогеологического исследования и мониторинга сооружений на оползнеопасных склонах, прогноз изменений геологической среды под воздействием природно-техногенных причин.

делясьивные оползни, оползневые формы рельефа, оползневые террасы, оползневые цирки микрорельефа

Обоснованная экспресс-оценка оползнеопасности или степени оползневой активности, суммарного воздействия неблагоприятных локальных геодинамических условий осваиваемых под строительство участков с учётом региональных схем и действующих нормативных документов требует разнопланового, вариантного изучения геологических процессов и физико-технических свойств горных пород. Они предопределяют условия возведения различных сооружений и направление инженерно-геологических мероприятий на обеспечение устойчивости естественных и подвергшихся техногенной перепланировке склоновых массивов и оснований зданий и сооружений. Для оползневых процессов, вызванных техногенным воздействием, свойственно чрезвычайное разнообразие реакции, интенсивности развития и длительности периода релаксации, то есть восстановления геодинамического равновесия на последующем уровне взаимодействий после завершения техногенных преобразований. При проектировании ответственных сооружений необходим пространственный прогноз оползневых явлений на основе детального анализа структурно-геологической и тектонической обстановки для создания региональных схем оползневых процессов. Однако решение этого вопроса осложняется массовым строительством, развитием курортной и промышленной инфраструктур, ограниченностью, особенно в южных регионах, участков с благоприятными инженерно-геологическими условиями, что обуславливает необходимость переносить строительство на территории, ранее считавшиеся непригодными в инженерно-геологическом и сейсмологическом отношении. Самое незначительное воздействие человека на геологическую среду вызывает нарушение равновесия геологических, гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических условий осваиваемой территории (вызывает изменение коррозионных свойств грунтов, приводит к образованию локальных техногенных водоносных горизонтов).

В пределах урбанизированных территорий необходимо выполнять комплексную оценку степени оползневой опасности на локальных участках строительства, на основе анализа влияния природных постоянных (геоморфология, гидрогеологические условия, геологическое строение, литология, тектонические зоны повышенной трещиноватости и проницаемости) и переменных (сейсмичность, осадки, гидрологический режим территории, абразия) факторов с учётом существующего и ожидаемого техногенного (подрезки и пригрузки склонов, бытовые утечки из водонесущих коммуникаций, динамические нагрузки, взрывы) влияния на формирование оползневых склонов. Это необходимо, потому что даже при условии правильного освоения склонов, из-за нарушения режима эксплуатации (ненормированный полив, уничтожение зелёных насаждений, динамические вибрагрузки) могут активизироваться оползневые процессы, воздействующие на геологическую среду и хозяйственные объекты.

Детальное инженерно-геологическое районирование при освоении оползнеопасных склонов на локальных участках проводится на основе оценочных параметров (соотношение высоты и крутизны склона), прогноза изменения инженерно-геологической обстановки во взаимосвязи с существующими и предполагаемыми видами освоения и с учётом обеспечения экологической безопасности окружающей среды. Качественные вероятностные критерии оценки устойчивости склоновых массивов, как функции взвешенных по вкладу в оценку устойчивости нормированных ха-

рактических компонентов инженерно-геологических условий, позволяют при отсутствии количественных оценочных показателей выполнять предварительное обоснование противооползневых мероприятий и осуществить оценку необходимых объёмов проектно-изыскательских работ.

Вероятность возникновения чрезвычайных оползнеопасных ситуаций, пиковый кумулятивный характер их проявления усиливаются прокладкой линейных инженерных сооружений (автодорог, подземных и наземных коммуникаций-трубопроводов, кабелей связи) при условии проводки этих магистралей в пределах склонов балок, оврагов, вызывающих аварийные смещения и разрушения на склонах переменного профиля. На склонах эрозионных врезов, не связанных с разрывными нарушениями, эрозионные процессы вызывают образование сравнительно небольших эрозионных оплывин, оползней (первого порядка). Природные факторы образования оползней (прочностные свойства пород, слагающих склон, неблагоприятные локальные инженерно-геодинамические условия, циклично проявляющиеся сезонные увлажнения; тектонические воздействия [1], развивающаяся поверхностная и глубинная, речная и овражно-балочная эрозия) приводят к потере равновесия пород на склонах, изменению напряжённого состояния массивов, уменьшению прочности пород из-за повышения порового давления глин. Пики активизации оползней синхронно связаны с сезонами увлажнения, когда осадки наиболее часты, как правило, в весенний период и в конце года.

Так специальные инженерно-геологические, геофизические исследования, наблюдения за активизировавшимися оползневыми процессами на км 694+670 автотрассы Киев-Харьков - Ростов-на-Дону, расположенном между гг. Артёмовск и Славянск Донецкой области, были выполнены для разработки мероприятий по защите вовлечённого в оползневой процесс обводного участка дороги, имеющего протяжённость 360 м и обустроенного в обход аварийно опасного отрезка магистрали.

Изысканиями установлено, что участок дороги находится в пределах современного действующего оползня, имеет аварийное состояние; целостность асфальтового покрытия нарушена как вдоль, так и поперёк полотна дороги. Оползневые террасы имеют скибообразный характер, содержат новые свежие трещины и заколы, стенки отрыва, высотой 0.5-1.5м. Полотно дороги меняли дважды, но оптимальная влажность его грунтов, по-видимому, не была достигнута; рассечено продольными и поперечными радиально расходящимися трещинами. Уровни подземных вод повышаются в весенний период. Ещё один пик является доминирующим в апреле-мае, когда таяние снегов совместно с дождями создаёт самые благоприятные условия для инфильтрации влаги, что приводит к потере устойчивости глин.

Дорога и обустроенный объезд создают дополнительный барражный эффект для разгрузки подземных вод. Огромные динамические нагрузки движущимся на участке автотрассы транспортом приводят к активизации оползневых подвижек; дренажные сооружения не перехватывают подземных вод и приводят к доувлажнению искусственных грунтов дорожного полотна. Следовательно, необходим отвод подземных вод, укрепление полотна дороги противооползневыми сооружениями (сваи, виадук), обустройство дренажных сооружений.

Участок изысканий находится в зоне переменного увлажнения. За десятилетие с 1986 по 1997г., по данным метеостанции г. Славянска, отмечено повышение количества выпадающих атмосферных осадков от 370 мм в год до 1618 мм в год. Развивающийся в пределах участка изысканий оползень имеет фронтальный 2-х уровневый консеквентный характер. Первый уровень оползня приурочен к аллювиально-пролювиальным грунтам и наблюдается по северному и южному бортам балки. Второй уровень оползня, вероятно, приурочен к соскальзыванию деляпсивных и аллювиально-пролювиальных грунтов по кровле коренных отложений протопиевской свиты нижнего триаса (T_1pr).

Ввиду оползнеопасности территории и интенсивного развития современных оползневых подвижек в делювиально-пролювиальных отложениях по бортам балок выполнены расчёты устойчивости по наиболее опасным поверхностям смещения. Принятые расчётные прочностные характеристики грунтов определены лабораторными испытаниями в условиях повторного быстрого сдвига по подготовленной поверхности смещения в водонасыщенном состоянии.

По результатам этих расчётов склон находится в предельно устойчивом и в неустойчивом состоянии. Коэффициенты устойчивости склона при обычном сочетании нагрузок изменяются от 0,68 до 1,55, а с учётом сейсмического воздействия от 0,66 до 1,49. Характер и динамика напряженного состояния неустойчивого массива пород определяются, прежде всего, особенностями механизма образования и развития оползневого процесса.

К основным динамическим факторам, предопределяющим инженерно-геодинамическую обстановку на участке, необходимо отнести следующее:

1. Наличие в массиве пород ослабленных зон древнеоползневого генезиса.
2. Состояние ползучести пород поверхностных отложений.
3. Механическая пригрузка склоновых отложений, находящихся под воздействием дополнительных вертикальных напряжений от веса насыпи дороги.
4. Вибродинамические сотрясения от проходящего по дороге тяжелого транспорта.
5. Возрастание сдвигающих напряжений из-за увеличения влажности и веса пород в периоды аномального выпадения атмосферных осадков.
6. Глубокий плантаж и орошение сельхозугодий из верхового пруда, примыкающих в северо-западной части к оползневому участку.

Современная инженерно-геодинамическая обстановка на участке подтвердилась характером распределения полей напряжений, полученным по данным регистрации вариаций естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ), и по результатам комплексных наблюдений методом вертикального электродондирования ВЭЗ (классического и вариационного).

Таким образом, по результатам комплексных геодезических, инженерно-геологических, геофизических исследований получены представления о структурном строении массива пород на исследуемом участке, количественные характеристики глубинного строения оползнеопасных склонов. На основе этих данных были построены комплексные инженерно-геологические разрезы, отражающие инженерно-геологическую и гидрогеологическую структуру массива, с обозначением потенциальных поверхностей смещения существующих оползневых ступеней, древних поверхностей смещения, потенциально ослабленных зон, в пределах которых наиболее вероятно развитие дальнейших оползневых деформаций. Для контроля за проявлениями оползневых подвижек на участке изысканий оборудованы топогеодезические репера и шесть скважин-пьезометров. Контрольные замеры по ним с интервалом в полтора-два месяца подтвердили возрастание амплитудных проявлений оползневых подвижек во время ливневых дождей в июле 2003 и 2004 гг. (произошли обрушения звеньев центральной дренажной прорези, был вырван водами отстоящий со стороны плантажированного поля сектор полотна дороги, появились новые родники).

Оползневые процессы на Южном берегу Крыма (ЮБК) тесно связаны с зонами разрывных тектонических нарушений – поперечных или продольных к общему простиранию Главной гряды Крымских гор. Приуроченность к зонам разрывных нарушений обуславливает значительную обводнённость оползневых накоплений коренных пород и особенности распределения подземных вод в склоне. Основными природными факторами оползнеобразования на ЮБК являются деятельность подземных вод, оказывающих на породы склона гидростатическое и гидродинамическое давление, уменьшающих прочность пород вследствие увлажнения и выщелачивания, а также абразия, речная и овражная эрозия, интенсивно протекающие на склоне процессы разгрузки и выветривания флишевых пород, что приводит к образованию в склоне (в том числе и на больших глубинах) в весьма слабых мелкочешуйчатых аргиллитах слоёв, способных при вибрации сейсмического или искусственного происхождения переходить в текучее состояние [3]. Поэтому весьма важно, на какой стадии развития находится оползень во время влияния техногенных факторов, кумулятивный характер воздействия факторов оползнеобразования, запаздывание реализации воздействия во времени. Развитию оползней на оползнеопасных и оползневых склонах способствует инженерная и хозяйственная деятельность (искусственные обводнение, пригрузки или подрезки, приводящие к локальным пере-

напряжениям склоновых массивов, пребывающих в состоянии близком к предельному равновесию, обнажение коренных пород при подрезках склонов, что усиливает выветривание пород; динамические сотрясения, создающиеся движущимся транспортом, работой механизмов, взрывами и др.).

Оползневой участок в верховьях Шархинского карьера по добыче плагиогранитов в районе Алушты также является природно-техногенным оползнем. В геоструктурном отношении территория приурочена к южному макросклону Главной гряды Крымских гор. В геологическом строении территории принимают участие флишевые отложения таврической серии и магматические породы средней юры, представленные плагиогранитами. Выше по склону хребта Шарха присутствуют известняки оксфордского яруса. Азимуты простираения отложений таврической серии имеют северное и северо-восточное направление с углами падения $42-50^{\circ}$. Массив плагиогранитов погружается к северу и имеет обратный уклон относительно поверхности земли.

На территории оползневого склона преобладают процессы эрозии, денудационного сноса продуктов выветривания горных пород, а также активизация оползневых процессов, вызванная вскрышными и взрывными работами в Шархинском карьере при разработке массива плагиогранитов, масштабной перепланировкой и подрезкой склона в языковой части оползнеопасного участка, пригрузкой головной части крутого склона, а, следовательно, увеличением техногенной нагрузки. При прохождении сейсмических волн от массовых взрывов на карьерах в горном массиве (бортах карьера) остаются незначительные необратимые смещения, которые накапливаются после серии взрывов. Это явление рассматривается как квазинепрерывный процесс деформирования горного массива, имеющий скорость порядка 1см/год . При такой скорости деформирования горного массива на его склонах развиваются оползневые явления, массивы остаются сплошными, но легко деформируемыми [4]. Эти скорости смещения характерны для оползневых склонов, чем и обусловлены периодически происходящие оползни, подготовленные медленным движением масс по склону.

Генетически формирование склона здесь связано с протеканием деформационного процесса в щебенисто-суглинистых породах на скрытой стадии развития – в виде глубинной ползучести. Следует отметить, что при дальнейшей разработке вскрышных пород, глубина выветрелой зоны пород таврической серии будет увеличиваться, а в оползневые деформации будут вовлекаться новые глубже залегающие и подвергшиеся разуплотнению породы массива.

В разрезе выделяются две активные «работающие» поверхности смещения, приуроченные в основном на всем протяжении оползневого склона к зонам ослабленных литологических контактов пород, в пределах которых проявляются петрологические и физико-механические неоднородности.

Первая от поверхности зона деформаций неглубокого заложения ($1,5 - 2,0\text{ м}$) связана с проявлением самых поверхностных деформаций в насыпных суглинисто-глинистых отложениях, смещающихся по контакту с горизонтом дислоцированных оглеенных аргиллитов. Динамика смещения по этой поверхности имеет сезонную активность, соответственно динамика развития деформаций обусловлена изменением режима «плотности-влажности пород».

Вторая (основная) поверхность смещения оползня, сформировавшаяся на глубинах от $4,0\text{ м}$ до $7,0-8,0\text{ м}$, зафиксирована приблизительно на гипсометрическом уровне контакта аргиллита дислоцированного и нижеподстилающего выветрелого аргиллита.

Прогнозируемые поверхности смещения (расположенные в массиве выше головной зоны срыва) имеют двухуровневую структуру. Их формирование также связано как с наличием ослабленных зон по литологическим контактам, так и зон с концентрацией касательных напряжений, возникших после общей подвижки оползня, происходящей, прежде всего, на границе пород с различными прочностными свойствами.

По результатам расчётов устойчивости склона коэффициенты устойчивости при особом сочетании нагрузок составили $K_y=0,60-1,05$, а с учётом сейсмичности $K_y=0,54-0,89$, склон неустойчив, следовательно, произойдёт перераспределение поверхностей скольжения и волнообразное выпирание грунтов вскрыши.

ВЫВОДЫ.

Оползневые процессы и проявления оползневых подвижек, как в пределах древних оползневых цирков, так и на современных участках склоновых массивов, вызываются суммой природных факторов (эрозионными процессами, интенсивным выветриванием, атмосферными осадками) и провоцируются совместным сейсмическим и гравитационным воздействием, зачастую приуроченностью к зоне регионального тектонического нарушения, интенсивной техногенной деятельностью в пределах сложных в инженерно-геологическом отношении территорий (нивелированием и перепланировкой рельефа, исчезновением природного микрорельефа, возникновением техногенных форм рельефа, изменением энергии поверхностного и подземного стока, локальным подтоплением, повышением уровня подземных вод и увеличением зоны насыщения грунтов).

Прогнозы оползневой активизации базируются на изменяющихся во времени факторах (осадки, современные тектонические движения) и оценке влияния техногенных факторов при освоении и эксплуатации сложных участков склонов, линейных сооружений, дорог, дамб, откосов и отвалов карьеров, что определяет методику мониторинга (наблюдения за деформациями поверхности склона, физическими, газово-химическими полями, гидрогеологическими условиями с учётом вибродинамических нагрузок, методов добычи полезных ископаемых).

На конкретных участках строительства и антропогенного освоения территории требуется индивидуальное детальное изучение факторов оползнеобразования – *природных* и *техногенных* с учётом характера их проявления (*постоянные* и *временные*) и энергии воздействия (*активные* и *скрытые*).

Интегральная оценка устойчивости наиболее опасных участков склона требует использования расчётно-обоснованной математической модели с учётом техногенных воздействий (перепланировок, пригрузок весом сооружений, подрезок), деформационно-прочностных характеристик оползневых и приконтактных отложений, историко-геологической цикличности проявления оползневых процессов (сейсмичности, циклов всплесков солнечной активности, атмосферных воздействий), генезиса грунтов.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ

Деляпсивные оползни – происходят под действием собственной силы тяжести горных пород.

При соотношении сил (моментов) сопротивления оползневому смещению и действующих сдвигающих сил равным единице и меньше единицы, возникает неустойчивое состояние склонового массива.

Оползневые формы рельефа – формы микрорельефа, сформированные поверхностью горных пород, претерпевающих оползневые смещения или подвергшихся оползневым дислокациям (оползневые террасы, оползневые цирки).

ЛИТЕРАТУРА

1. Баленко В.Г. Исследования наклонов земной поверхности по профилю Киев-Артёмовск. – К.: Наукова думка, 1980. – 174с.
2. Отчёт о специальных инженерно-геологических изысканиях для разработки РП защиты обводной дороги на трассе Киев – Харьков – Должанский, км 694+670 / «КрымГИИТИЗ».- Симферополь, 2003.
3. Руководство по инженерно-геологическим изысканиям на оползневых склонах Южного берега Крыма. / Под ред. М.К. Рзаевой. – М.: Стройиздат, 1978. – 74 с.
4. Комарницкий Н.И. Влияние зон и поверхностей ослабления в породах на устойчивость откосов. - М.: Наука, 1966. – 144 с.

Сильченко К.В., инженер

Институт «КрымГИИНТИЗ». Симферополь

Расчет удерживающих противооползневых сооружений в виде свай-шпон на «переползание».

Предложен способ расчета удерживающих противооползневых сооружений в виде свай-шпон на «переползание».

Устойчивость оползневых склонов, удерживающее противооползневое сооружение, свай-шпоны, переползание грунта

В качестве мероприятий для повышения устойчивости оползневых склонов нередко применяются свайные удерживающие сооружения. При большой мощности оползневой толщи свая оказывается в трудных условиях работы на изгиб. В этом случае можно применить железобетонные свай-шпоны, головы которых не доводят до поверхности земли. Они имеют меньшую длину, за счет этого меньшую гибкость и работают в большей степени на сдвиг, чем на изгиб, что позволяет значительно снизить материалоемкость противооползневого мероприятия.

При проектировании свай-шпон одним из необходимых условий является исключение «переползания» грунта [1]. Для этого нужно определить высоту сваи в оползневом теле так, чтобы не было смещения грунта по плоскостям скольжения, проходящих через головы свай.

В настоящей статье предлагается метод расчета на «переползание» по заданной поверхности скольжения. Суть его заключается в определении предельного давления $E_{пр}$, при котором оползневой грунт начинает переползать через сооружение, и сравнении его с оползневым давлением $E_{оп}$ в расчетном сечении. Строгие решения теории предельного равновесия «малоприспособляемы» для выполнения этого расчета. Возникают значительные математические затруднения, связанные с определением очертания линий скольжения в массиве грунта, поэтому метод реализуется с использованием теории предельного равновесия в рамках приближенного решения. Для простоты расчета принимается, что $E_{пр} = E_{оп}$.

На рис. 1 показана расчетная схема, где свая-шпона 1 высотой $h_{ш}$ над поверхностью скольжения 2 располагается в оползневой толще 3 мощностью H . Углы наклона поверхности оползня и плоскости скольжения обозначены соответственно β и α . Грунт, удельный вес которого g , имеет прочностные характеристики j - угол внутреннего трения и c - сцепление. На призму выпора ABCD весом Q и длиной L действует оползневое давление $E_{оп}$, сила сопротивления сдвигу T .

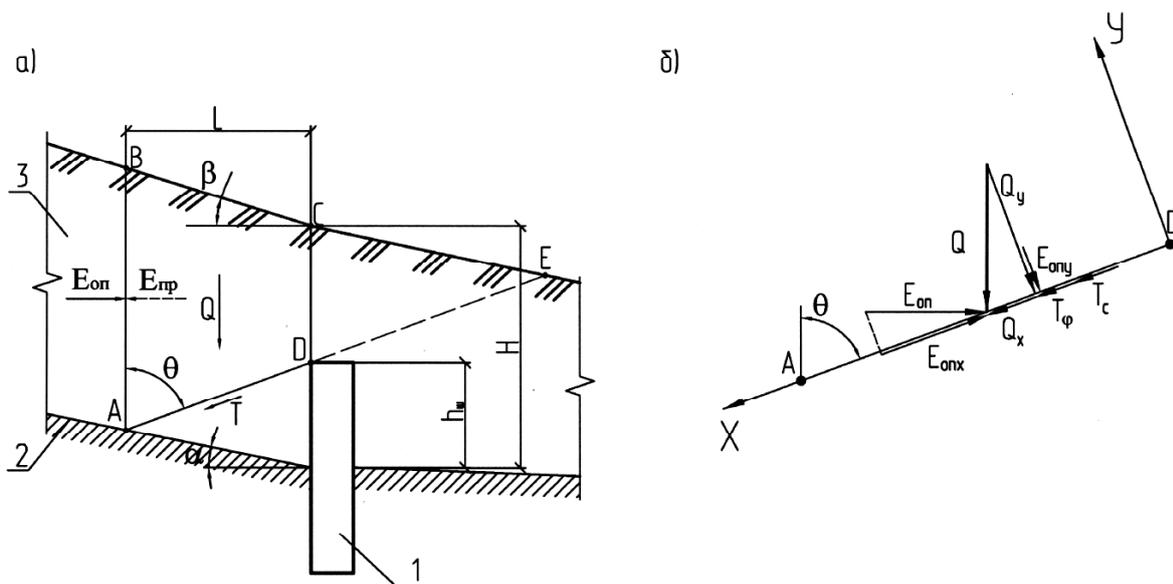


Рис.1. Расчетная схема.

а – общая схема сооружения; б – проекции действующих сил на расчетную плоскость AD; 1 – свая-шпона; 2 – поверхность скольжения оползня; 3 – оползневая толща.

Расчетная схема принята при следующих допущениях:

- перемещение свай и продавливание грунта между ними исключено;
- линия скольжения имеет прямолинейное очертание и наклонена к вертикали под углом $\varphi = 45^\circ + j/2$;
- отсутствие трения по боковым граням призмы выпора;

Эти допущения заложены в теории Кулона. Ввиду того, что создание полного отпора возможно лишь при существенном смещении [2], сооружение рассчитываем на часть пассивного давления, реализуемого по плоскости AD.

Для рассматриваемой призмы выпора ABCD составляется уравнение предельного равновесия, которое представляет собой сумму проекций всех сил на плоскость AD (ось X).

$$\sum X = T_\varphi + T_c + Q_x - E_{onx} = 0 \quad (1)$$

где: T_j – сила трения по плоскости AD, равная $T_\varphi = (Q \cdot \sin \theta + E_{on} \cdot \cos \theta) \cdot \operatorname{tg} \varphi$;

T_c – сила сцепления по плоскости AD, равная $T_c = \frac{c \cdot L}{\sin \theta}$;

Q_x – проекция веса блока ABCD на ось X, равная $Q_x = Q \cdot \cos \theta$;

E_{onx} – проекция оползневого давления на ось X, равная $E_{onx} = E_{on} \cdot \sin \theta$.

Выполнив все преобразования относительно $h_{ш}$ получим квадратное уравнение (2).

$$K_1 \cdot h_{ш}^2 + K_2 \cdot h_{ш} - F = 0 \quad (2)$$

где:

$$K_1 = \frac{0,5 \cdot \gamma \cdot (\cos \theta + \sin \theta \cdot \operatorname{tg} \varphi) \cdot \left[\frac{\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{ctg} \theta + \operatorname{tg} \alpha} - 1 \right]}{\operatorname{ctg} \theta + \operatorname{tg} \alpha} \quad (3)$$

$$K_2 = \frac{\gamma \cdot H \cdot (\cos \theta + \sin \theta \cdot \operatorname{tg} \varphi) + \frac{c}{\sin \theta}}{\operatorname{ctg} \theta + \operatorname{tg} \alpha}$$

$$F = (\sin \theta - \cos \theta \cdot \operatorname{tg} \varphi) \cdot E_{on}$$

Из уравнения (2) находим действительный корень и получаем выражение для нахождения $h_{ш}$.

$$h_{ш} = \frac{-K_2 + \sqrt{K_2^2 + 4 \cdot K_1 \cdot F}}{2 \cdot K_1} \quad (4)$$

Величина предельного давления на сооружение E_{np} , высотой, равной оползневой толще, или максимально возможное оползневое давление в сечении оползня $E_{on(max)}$, определяется выражением:

$$E_{np} = E_{on(max)} = \frac{K_1 \cdot H^2 + K_2 \cdot H}{(\sin \theta - \cos \theta \cdot \operatorname{tg} \varphi)} \quad (5)$$

Определив высоту сваи-шпоны по формуле (4) всегда следует считаться с тем, что линия скольжения другого вида может оказаться более опасной. Поэтому необходимо выполнять проверочные расчеты устойчивости.

Задавшись предварительной высотой сваи-шпоны, рассчитанной по формуле (4), составляем новые расчетные профили склона с учетом образования поверхностей скольжения над головой сваи (рис. 2). По методу Г.М. Шахунянца [1] определяются новые коэффициенты устойчивости. Если они

меньше нормативного, то необходимо увеличить высоту свай-шпоны и повторить расчет.

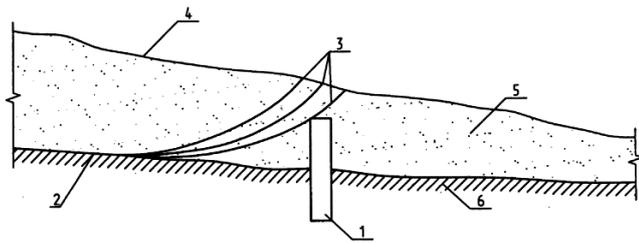


Рис.2.

1 – свая-шпона; 2 – поверхность скольжения оползня;
3 – возможные поверхности скольжения;
4 – поверхность оползня; 5 – оползневая толща; 6 –
коренные породы.

Этот метод не имеет строгого теоретического обоснования, так как здесь используется приближенное решение теории предельного равновесия. Однако, формула (4) позволяет сразу оценить возможность применения свай-шпон. Так в случае превышения оползневой давления над предельным $E_{пр} < E_{оп}$ (выход поверхности скольжения из оползневой толщи $h_{ш} > H$), она будет иметь неопределенный результат.

ВЫВОДЫ

1. При проектировании противооползневых сооружений в виде свай-шпон необходимо выполнять расчеты на «переползание» для исключения смещения грунта по плоскостям скольжения, проходящих через головы свай.
2. Предложенная методика расчета на «переползание» дает возможность сразу оценить возможность применения свай-шпон, определив необходимую длину сваи в оползневой толще $h_{ш}$ (4) и предельное давление $E_{пр}$ (5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гинзбург Л.К. Противооползневые удерживающие конструкции. - М.: Стройиздат, 1979. – 80 с.
2. Снитко Н.К. Статическое и динамическое давление грунтов и расчет подпорных стенок. - Л.: Госстройиздат, 1963. – 295 с.

Сухорученко С.К., инженер
Институт «КрымГИИНТИЗ»

Влияние изменения физических и набухающих свойств набухающих глин на экологическую безопасность при хозяйственном освоении территории (на примере Предгорного Крыма).

Исследованы, по лабораторным определениям, изменения физических и набухающих свойств нижнемеловых глин Предгорного Крыма в природных и природно-технических комплексах. Приведены примеры деформаций зданий и сооружений из-за процесса набухания и усадки в природно-технических комплексах.
давление набухания, относительное набухание, экология.

Игнорирование человеком и недоучёт такого свойства глинистых грунтов, как набухание и связанная с ней усадка при проектировании жилищного, промышленного, транспортного строительства приводит к инженерно-экологической опасности, выражающейся в недопустимых деформациях или разрушении зданий, сооружений, транспортных магистралей, нарушении целостности коммуникаций, изменении физико-механических и фильтрационных свойств набухающих грунтов, ухудшении почвенного покрова, усилении других опасных инженерно-геологических процессов – в частности, активизации оползней.

Объектом исследования являются нижнемеловые глины Крымского Предгорья.

Места распространения нижнемеловых глин в Крымском Предгорье характеризуются, как правило, равнинным или слабовосхолмлённым низкогорным рельефом, реже - расчленённым низкогорным рельефом. Поэтому значительная часть площадей под нижнемеловыми глинами из-за своего современного отражения в рельефе подверглась влиянию различной степени антропогенного вмешательства, а именно: здесь расположены города и посёлки (Симферополь, Феодосия, пригороды Белогорска и Старого Крыма, Грушевка, Денисовка и др.), созданы водохранилища (Чернореченское, Тайганское, Белогорское), проложены автомагистрали государственного значения (часть магистрали Симферополь – Феодосия).

Непосредственному изучению природы набухания нижнемеловых глин посвящено малое количество работ, в которых мнения авторов, по поводу отнесения нижнемеловых глин к набухающим, расходятся [2, 3, 4]. При создании ядра плотины Симферопольского водохранилища были использованы аптские глины, лабораторные исследования которых установили следующее: давление набухания не превышало 0,3-0,4 кгс/см² и в минералогическом составе преобладали минералы группы каолинита с примесями гидрослюдистых минералов [3]. В более поздних источниках аптские глины из этого района отнесены к сильнонабухающим глинам с давлением набухания до 5,2 кгс/см² и с гидрослюдистомонтмориллонитовым минералогическим составом глин, причём 60% общей массы составляет минерал монтмориллонит [4].

На протяжении 44 лет институтом «КрымГИИНТИЗ» (до 1990 года - симферопольский филиал института «УкрГИИНТИЗ») исследовались физико-механические и набухающе-усадочные свойства нижнемеловых глин по всему Крыму. На основе этих исследований все ярусы нижнего мела, в которых встречаются глины, были отнесены к набухающим глинам.

На основе изучения опубликованной литературы принята классификация, по которой выделяют природные и природно-технические комплексы [1]. В природно-технических комплексах происходит процесс изменения природы под воздействием человека с последующим преобразованием природных комплексов на основе технической деятельности. В результате возникают природно-технические комплексы, включающие природную геосистему и техническую систему. Техническая система включает различные объекты – жилищные, промышленные, сельскохозяйственные, транспортные и др.

Для анализа физических и набухающих свойств нижнемеловых глин в природных и техногенно-природных комплексах автором использованы фондовые материалы института «КрымГИИНТИЗ».

Средние показатели физических и набухающих свойств для природных комплексов были следующими: естественная влажность – 0,282; влажность на границе текучести – 0,563; влажность

предела раскатывания – 0,306; число пластичности – 0,267; показатель текучести – 0,16; плотность грунта – 1,82 г/см³; коэффициент пористости – 0,935; пористость – 47,1%; степень влажности – 0,81; относительное набухание – 0,13; давление набухания – 1,0 кгс/см² и влажность набухания – 0,257. Средние показатели физических и набухающих свойств для природно-технических комплексов были следующими: естественная влажность – 0,343; влажность на границе текучести – 0,675; влажность предела раскатывания – 0,309; число пластичности – 0,361; показатель текучести – 0,08; плотность грунта – 1,74 г/см³; коэффициент пористости – 1,063; пористость – 51,1%; степень влажности – 0,85; относительное набухание – 0,14; давление набухания – 1,0 кгс/см² и влажность набухания – 0,513.

Из приведённого выше вытекает следующее: в природно-технических комплексах, по сравнению с природными комплексами, повысились значения естественной влажности, степени влажности, влажности на границе текучести, числа пластичности, коэффициента пористости, пористости и уменьшилось значения плотности грунта, что в целом говорит об ухудшении свойств грунтов. Значения давления набухания и относительного свободного набухания между природными и природно-техническими комплексами возросли незначительно или не изменились, значение влажности набухания изменилось в два раза.

Рассмотрим некоторые примеры разрушения или деформаций зданий и сооружений из-за процесса набухания и усадки в природно-технических комплексах.

В 1991 году институтом «КрымГИИНТИЗ» были проведены изыскания под микрорайон «Сары-Су» в Белогорском районе. По результатам изысканий нижнемеловые глины были отнесены к набухающим глинам. После возведения сооружений и прокладки водонесущих коммуникаций через 10 лет были отмечены деформации в домах, связанные с недоучётом при строительстве способности глинистых грунтов к набуханию. Нагрузка одно-двухэтажных зданий составляла до 0,5 кгс/см², а среднее значение давления набухания составило 0,75 кгс/см² (по результатам лабораторных испытаний грунтов), что привело к образованию трещин в домах.

Следующим примером разрушения зданий из-за набухания грунтов служит разрушение 5-этажного жилого дома по улице Лескова, 45 в городе Симферополе, где наряду с оползневыми подвижками (оползень №1010) существенную роль сыграло набухание аптских глин. Здание было деформировано по следующим причинам: длительный отрезок времени на месте будущего строительства находилась выемка дороги для выезда из глиняного карьера при строительстве дамбы Симферопольского водохранилища, а также длительное время не укладывали фундаменты в открытые котлованы. Все эти причины привели к разуплотнению грунта и, как следствие, при замачивании к полному нарушению их структурной прочности. Результаты определений набухающих свойств нижнемеловых глин свидетельствуют о том, что при повторном определении давление набухания увеличилось в 3,2-4,5 раза, а значение относительного свободного набухания в 1,9-3,3 раза. Для слоя 5а среднее значение давления набухания изменилось при повторном определении с 0,77 кгс/см² до 2,54 кгс/см²; для слоя 7а – с 2,7 кгс/см² до 5,08 кгс/см². Среднее значение свободного относительного набухания для слоя 5а изменилось с 0,13 до 0,42; для слоя 7а – с 0,20 до 0,69. Если учесть, что даление от массы 5-ти этажных зданий колеблется от 2,1 до 2,3 кгс/см², а давление набухания превысило эти значения в два раза, то естественно фундаменты здания стали деформироваться. Неоднократные циклы набухания и усадки привели к деформации здания, вследствие чего люди были отселены из разрушенного здания.

Изменение свойств глинистых грунтов происходит, как правило, из-за изменения уровня подземных вод в природно-технических комплексах, что связано с:

- а) изменением рельефа при подрезке склона во время строительства,
- б) появлением эффекта барража из-за подземных сооружений (что вызывает подъём уровня подземных вод),
- в) значительными потерями из водонесущих коммуникаций,
- г) нерегулируемым поливом приусадебных участков и газонов,
- д) нарушением режима влаги в зоне аэрации за счёт твёрдых покрытий и застройки (что снижает испарение),

е) не регулируемым сбросом дождевых вод в ливневую канализацию.

В качестве примера изменения уровня подземных вод и обусловленного этим проявления процесса набухания и усадки можно привести деформации и подтопление корпуса №2 ТЭК «Таврия» по улице Беспалова в городе Симферополе. При изысканиях кооператива «Гелиос» в 1988 году отмечалось, что здание корпуса №2 было построено в 1971 году, а в 1977 году в подвальных помещениях под всем зданием появилась вода. В результате, начиная с 1978 года в стенах здания начали появляться трещины, прогрессирующие с каждым годом. Полы в подвалах, где распространены аптские глины, вспучились и повлекли за собой деформации перегородок и стен. Поэтому здание в 1988 году было стянуто поясами из полосового железа по всему периметру, чтобы предотвратить дальнейшее разрушение. Но деформации здания, после проведённого мероприятия по стяжке полосовым железом продолжались, поэтому в 2002 и 2005 годах были проведены институтом «КрымГИИНТИЗ» изыскания для определения причин деформаций и подтопления корпуса №2 ТЭК «Таврия». По результатам исследований выявлена тенденция повышения уровня подземных вод; Как и в 1988 году было отмечено вспучивание полов подвала. Сами глины характеризовались по результатам лабораторных исследований низкими значениями физико-механических свойств и переходом глин из твёрдой и полутвёрдой консистенции в мягкопластичную и текучепластичную консистенцию. Наряду с процессами набухания по результатам исследований был отмечен интенсивный вынос глинистых и песчаных частиц из грунтов различного генезиса. Выявлены дренажи в непосредственной близости от здания с достаточно большими коэффициентами фильтрации (до 5 м³/сутки), в которых грунты представляли собой промытые дресвяно-щебенистые грунты. Пробы воды, отобранные из скважин, по своему химическому составу и минерализации были близки к водопроводной. Из приведённого выше следует, что причинами деформаций явилось подтопление здания техногенными подземными водами и изменение вследствие этого инженерно-геологических свойств аптских глин.

ВЫВОДЫ

В целом застройка территории многоэтажными зданиями в местах развития нижнемеловых набухающих глин привела к снижению инженерно-экологической безопасности. Это связано со следующими причинами: значение давления набухания в 2-2,5 раза выше, чем значение давления от веса 5-этажного здания; ухудшились показатели физико-механических свойств набухающих грунтов; потери из водонесущих коммуникаций, приводят к постепенному повышению уровня подземных вод; появление экранов при застройке территории препятствует испарению; с отсутствием ливневая канализация на улицах для сброса дождевых вод отсутствует.

На территориях застроенных домами приусадебного типа, состояние экологической безопасности можно признать удовлетворительным, что связано с меньшей антропогенной нагрузкой, а деформации зданий в основном происходят из-за неправильной укладки фундаментов без учёта набухающих свойств грунтов, реже - из-за подъёма уровня подземных вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геоэкология. Научно-методическая книга по экологии. – Симферополь: Таврия, 1996. – 384с.
2. Инженерная геология. Т.8. Кавказ. Крым. Карпаты. –М.: Издательство МГУ, 1978. – 366с.
3. Лобасов П.Д. Опыт использования плотных структурных глин для возведения профильных земляных сооружений // ВНИИГС сборник трудов №4. Вопросы механики грунтов. Л.М., 1954, с.5-27
4. Устойчивый Крым. Симферополь – южная столица. – Киев, Симферополь: СОНАТ, 2001. – 360с.

Цмыкал Д. А., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

Сейсмометрический анализ производственных шумов.

Проведена работа по изучению спектральных характеристик участка конструкции в условиях производственных шумов. Сделаны выводы о полной пригодности калибровочного стенда к подготовке сейсмоаппаратуры. Ставится задача о получении детальной волновой картины в сооружении.

калибровочный стенд, сейсмоканал, сейсμοприемник, спектральный анализ, коэффициент корреляции, динамическая паспортизация

Целью данной работы является оценка пригодности стенда [1,2,3] к калибровке и идентификации сейсмоканалов для динамической паспортизации зданий и сооружений, изучение волновых процессов вдоль основных осей здания при распределенном воздействии источников производственного шума на участок конструкции, определение возможности получения данных для динамической паспортизации здания посредством калиброванной сейсмоаппаратуры.

Схема размещения сейсмометрической аппаратуры в производственном помещении представлена на рис.1. Металлообрабатывающие станки 1 и 2 установлены на демпфирующем постаменте 3. На первом этапе проведения эксперимента на бетонном полу цеха, в области ригеля перекрытия первого этажа (зона 0) установили два калиброванных и идентифицированных комплекта сейсμοприемников (СП) типа СМЗ-КВ с попарно одинаковой ориентировкой СП по осям «X», «Y», «Z». Расстояние от колонны 4 до СП ориентации «X» комплекта №3 (ближайшего к колонне) – 0,6 метра, расстояние между соседними СП внутри комплекта – 0,3 метра, расстояние между одноименно ориентированными СП – 1 метр. При такой расстановке аппаратуры произвели запись общего фона производственного шума в память персонального компьютера (ПК) (станки 1 и 2 выключены). Затем, при той же расстановке произвели записи при включенных станках. Запись производили с частотой выборки 800 Гц. Использование столь высоких частот дискретизации

сигнала вызвано необходимостью выявления некоторых особенностей сейсмических сигналов техногенного происхождения. Для оцифровки аналогового сигнала сейсμοприемников использовали аналогово-цифровой преобразователь L-203 фирмы L-Card, обеспечивающий 12-битную дискретизацию сигнала по уровню.

Для определения характеристик колебаний здания вдоль основных осей здания, проводили спектральный анализ записанных данных с использованием специализированной программы GeMiS [4], позволяющей отображать зарегистрированные или моделированные массивы отсчетов в виде графиков на экране, выполнять обработку исходных данных во временной или в частотной областях, фильтрацию или сглаживание исходных данных, производить межканальную и межканальную обработку сигналов. Перед проведением спектрального анализа записанный сигнал подвергли следующему преобразованию:

$$F(t) = F(t) - M[F(t)]$$

Благодаря этому, записанный сигнал освобождается от постоянной составляющей, неизбежно присутствующей вследствие разбалансировки делителей

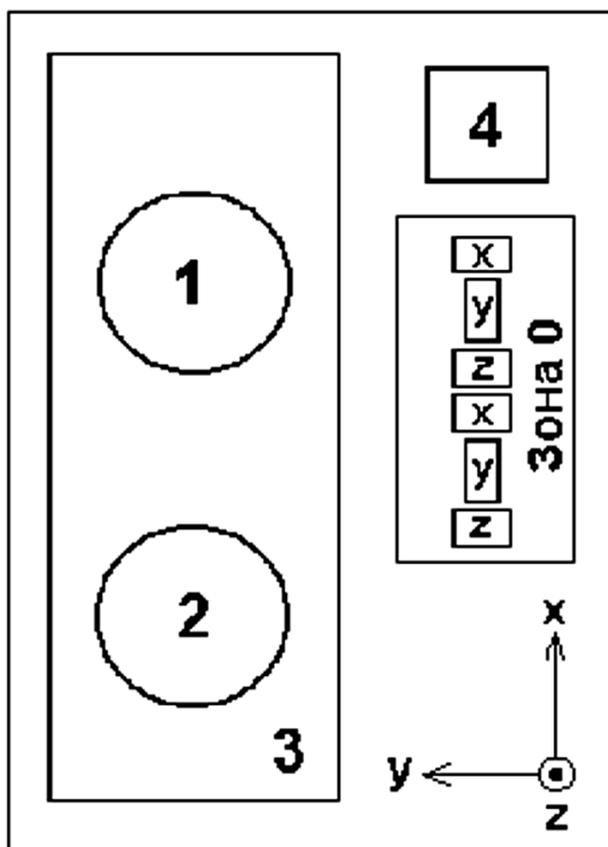


Рис.1 Схема размещения аппаратуры

напряжения на входе дифференциальных усилителей сейсмоканала. Спектральный анализ производили с шагом 0,1953Гц, используя весовую функцию Хемминга. Результаты спектрального анализа общего шумового фона (при выключенных станках 1 и 2) представлены на рис. 2а - 2в.

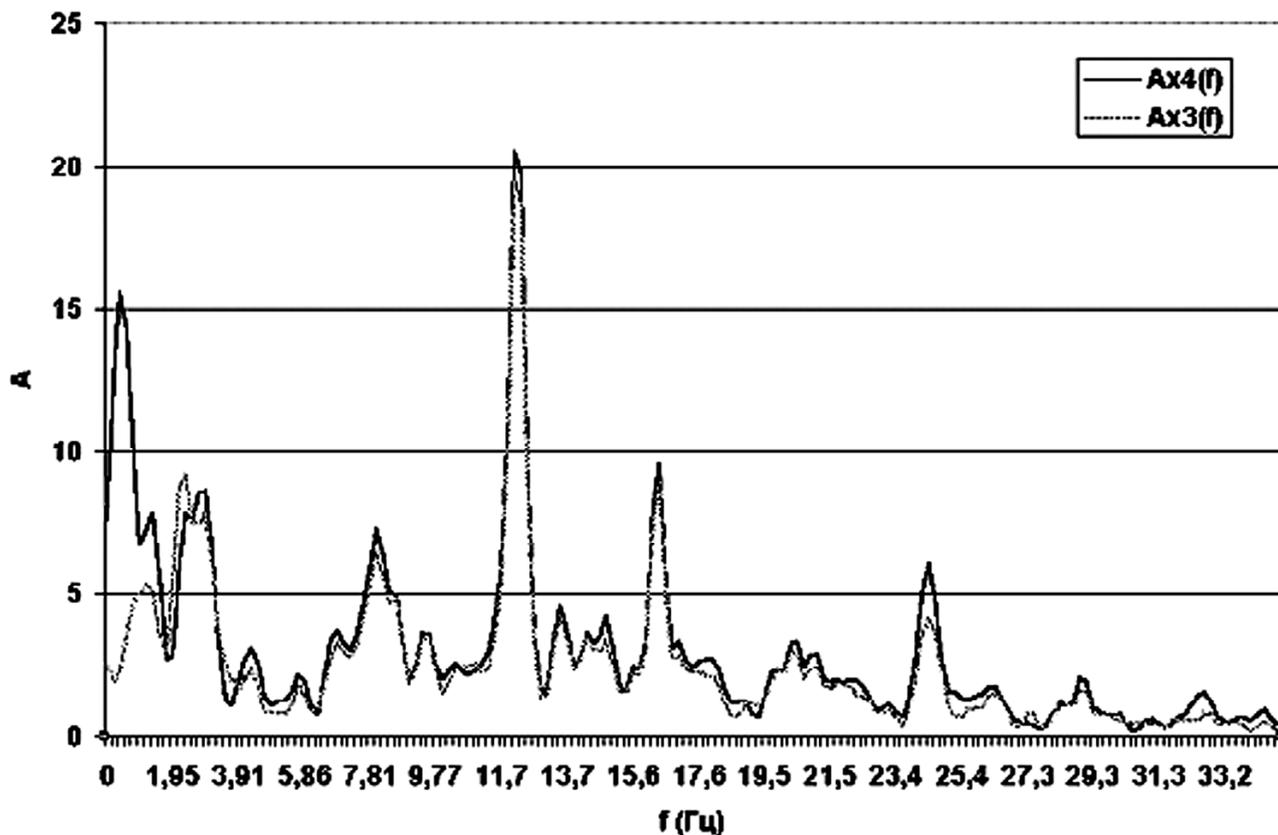


Рис 2а. Спектры «Х» компонент при выключенных станках.

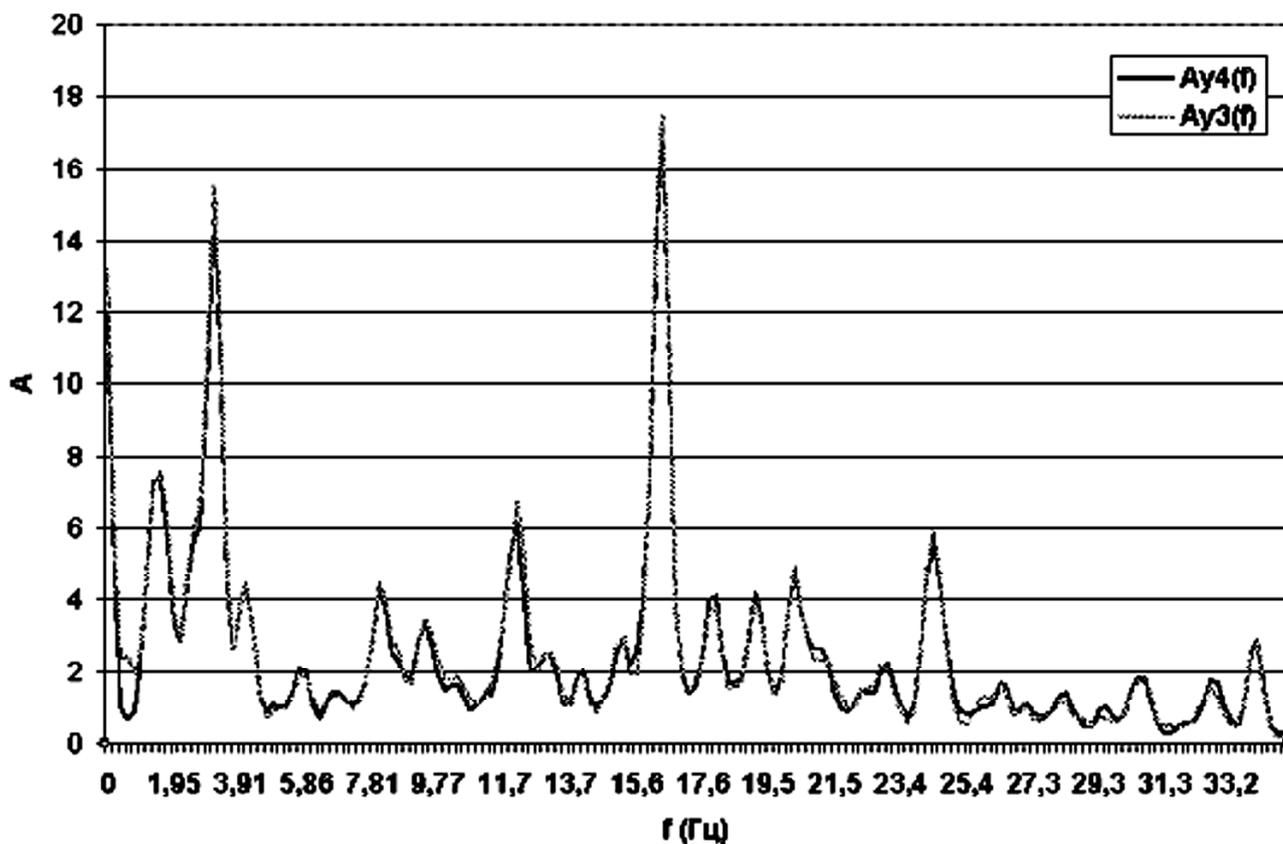


Рис 2б. Спектры «Y» компонент при выключенных станках.

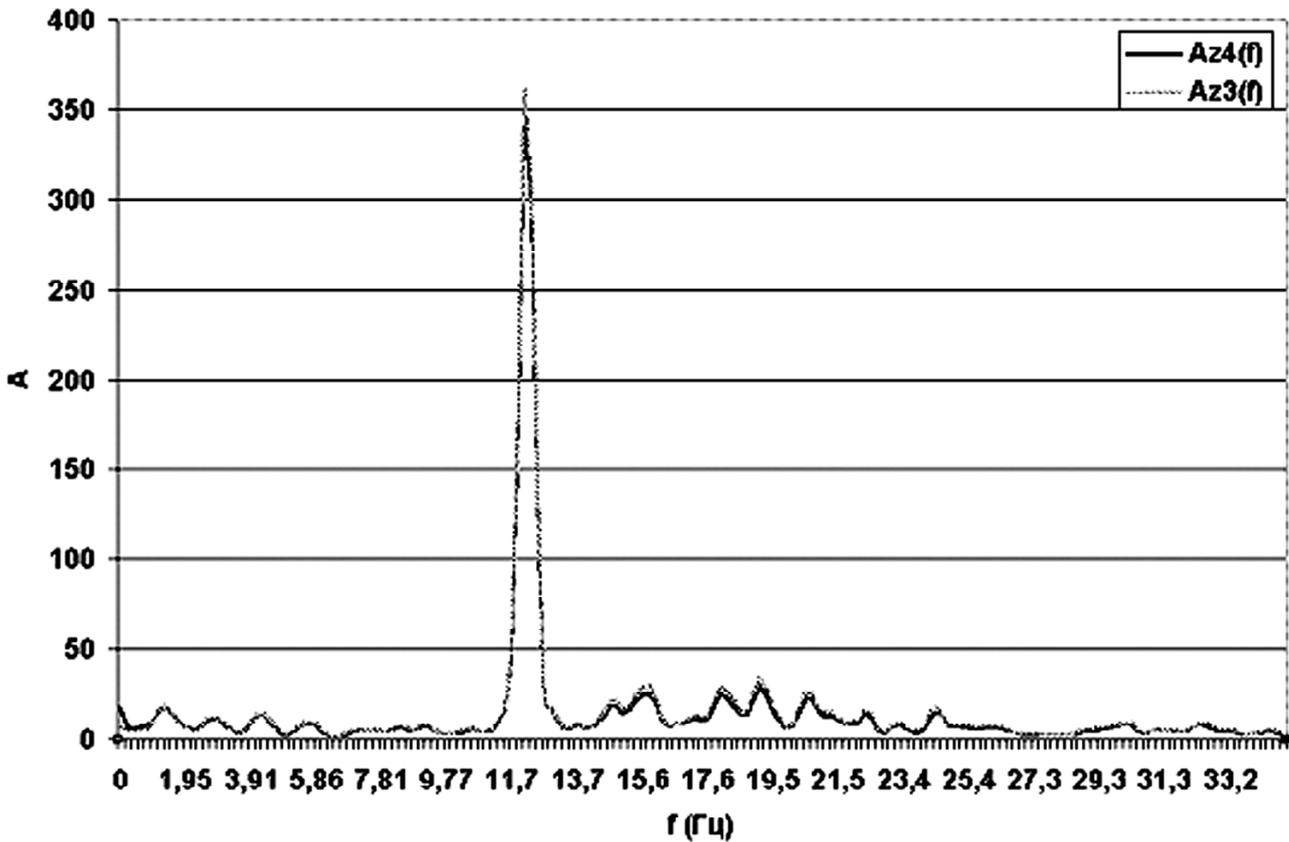


Рис 2в. Спектры «Z» компонент при выключенных станках.

Легко заметить, что амплитуда спектра производственных шумов на частоте 12,3 Гц является доминирующей в записи компонент «X» и «Z» и, очевидно, определяется как конструктивными особенностями данной точки здания, так и ее фоновой нагрузкой. Отношения максимумов спектра на этой частоте по компонентам имеют следующие значения:

$$\left(\frac{A_z}{A_x} \right)_{12,3} \approx 18, \left(\frac{A_z}{A_y} \right)_{12,3} \approx 58$$

С учетом того факта, что вдоль оси «X» протяженность, а, следовательно, и жесткость здания гораздо больше, чем вдоль оси «Y», такие соотношения абсолютно не противоречат теории. В спектре компонент «Y» доминируют максимумы на частотах 3,1 Гц и 16,4 Гц, которые присутствуют и в спектре компонент «X», но уже в качестве локальных максимумов. Интерес вызывает диапазон частот 0-3 Гц в спектрах «X» компонент. Налицо различие не только амплитуд спектра, но и его формы. Объяснить эту аномалию можно либо неодинаковой удаленностью СП от колонны 4, либо особенностью взаиморасположения СП и станков. Для выявления факторов, вызывающих неоднородность спектров «X» компонент в данном диапазоне частот, необходимо проведение дополнительных наблюдений.

После включения станков распределение максимумов спектра изменилось см. рис. 3а - 3в.

Прежде всего, в спектрах компонент «X» и «Y» доминирующим стал максимум в районе частоты 8,4 Гц, причем в спектре компонент «Y» явно присутствуют гармоники этой частоты – четная на частоте 17 Гц и нечетная на частоте 25 Гц. Кроме того, локальный максимум на частоте 17 Гц присутствует и в спектре компонент «Z». В записи компонент «X» обнаружилось превышение на 15-20 % амплитуды спектра колебаний маятника 4 комплекта СП над амплитудой колебаний маятника 3-го комплекта на частоте 8,4 Гц. Эта разница амплитуд, постепенно убывая, практически исчезает на частотах выше 24,6 Гц. Сравнивая спектры записей «Y» и «Z» компонент рис.2б, 2в с рис.3б, 3в, при выключенных и включенных станках, нетрудно заметить, что включение станков привело к существенному возрастанию амплитуд спектров в диапазоне частот 16-19 Гц.

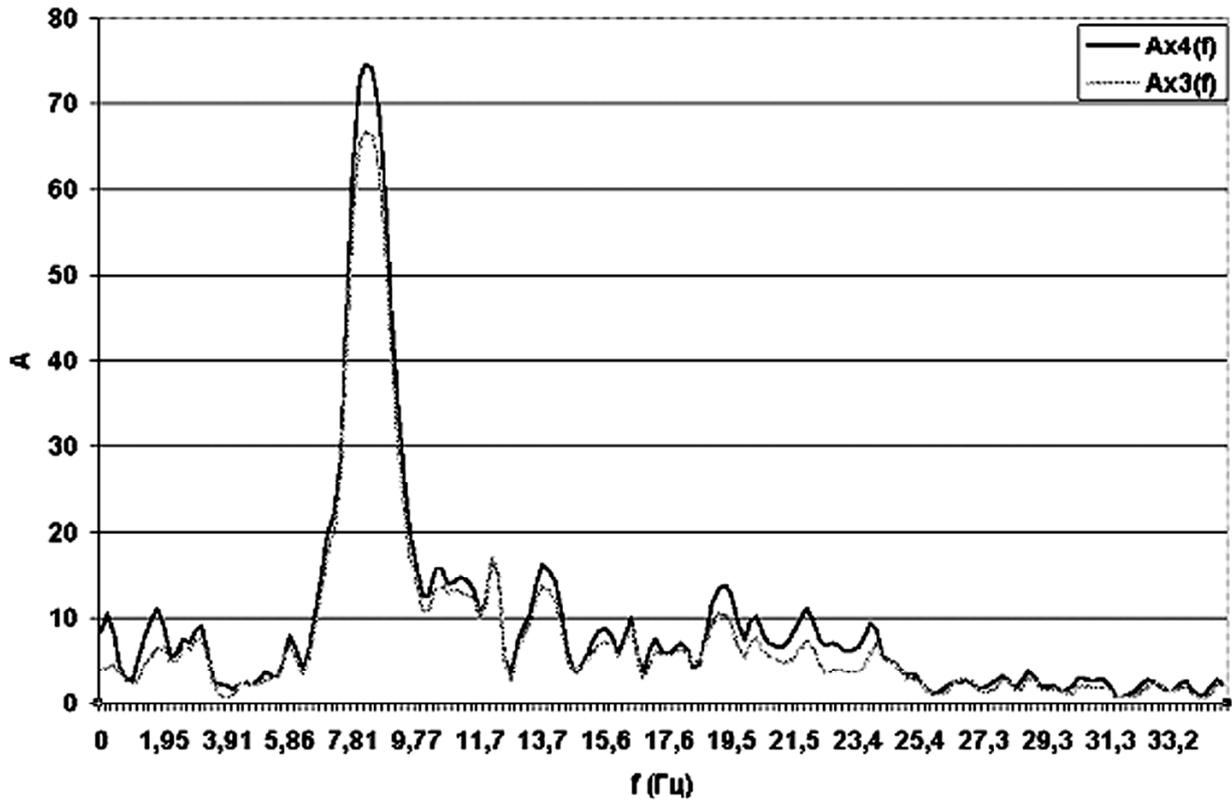


Рис. 3а. Спектры «X» компонент при включенных станках.

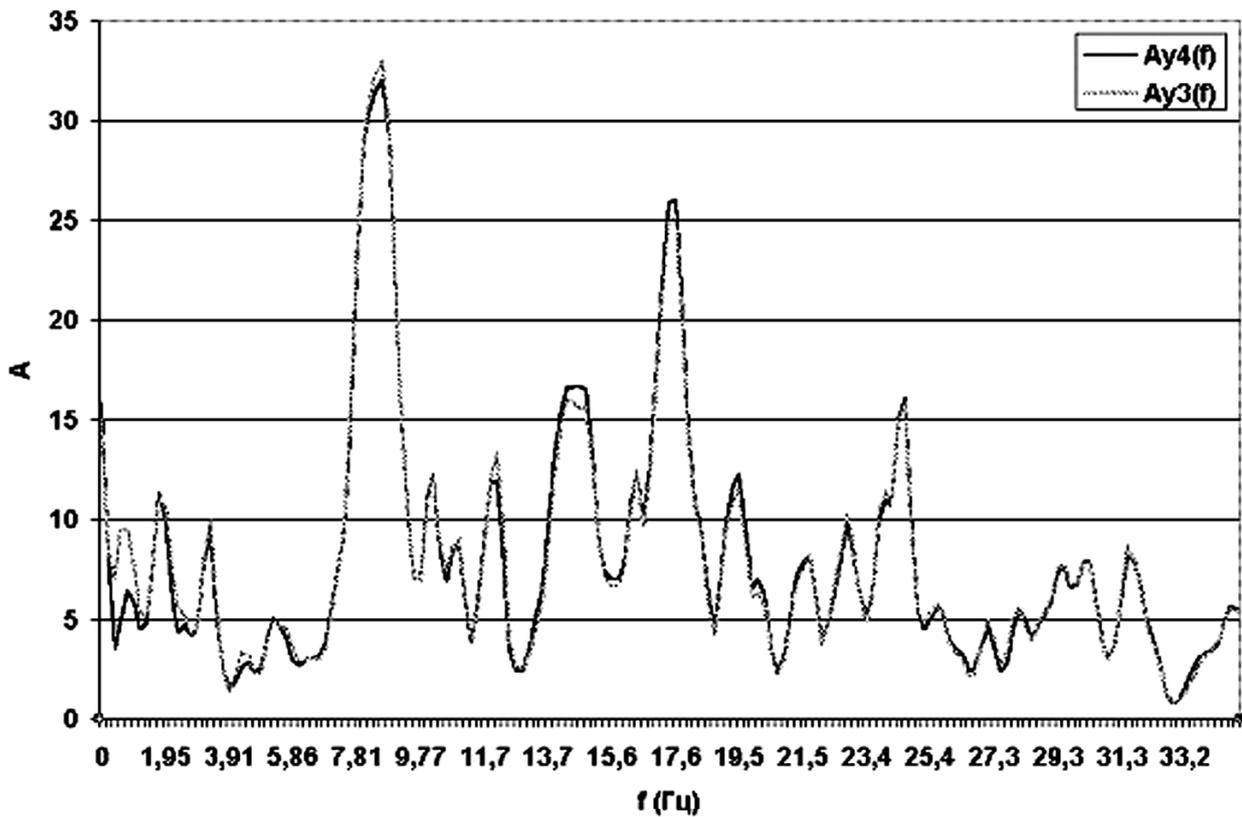


Рис. 3б. Спектры «Y» компонент при включенных станках.

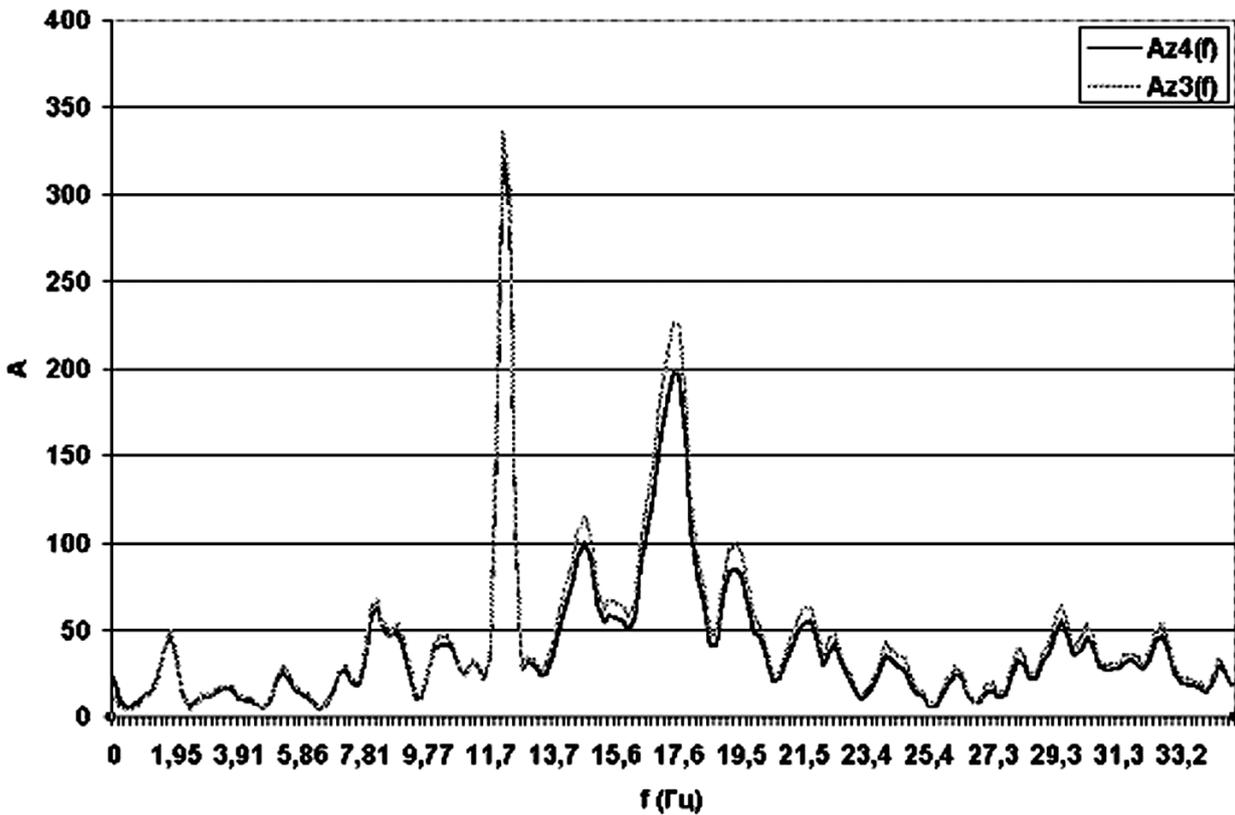


Рис. 3в. Спектры «Z» компонент при включенных станках.

В целом же, в диапазоне частот 0-35 Гц степень идентичности спектров одноименных компонент, как при включенных, так и при выключенных станках очень велика и может быть выражена через коэффициент взаимной корреляции [5]. Значения коэффициента взаимной корреляции $r_{3,4}$ спектров одноименных компонент 3-го и 4-го комплектов СП представлены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты взаимной корреляции спектров одноименных каналов

Режим	$(r_{3,4})_x$ %	$(r_{3,4})_y$ %	$(r_{3,4})_z$ %
Станки выключены	86.7	99.2	99.9
Станки включены	99.4	99.2	99,7

Высокий коэффициент корреляции сигналов пар компонент 3-го и 4-го комплектов при выключенных станках позволяет судить о значительной разнице между парами 3 и 4 на всех трех компонентах при включении станков. Этот факт, по-видимому, следует связывать с различием положений приборов относительно станков.

ВЫВОДЫ:

1. Высокое значение коэффициента корреляции спектров пар компонент свидетельствует о полной пригодности стенда к калибровке и идентификации сейсмоканалов.
2. Поскольку поперечные размеры производственного помещения в несколько раз меньше продольных, понятно, что волновые процессы в направлении оси «Y» существенно более сложны, чем вдоль оси «X». В этом смысле, наиболее простыми являются процессы вдоль оси «Z», что и подтверждается экспериментально.
3. Высокая идентичность сейсмоканалов позволяет ставить задачу детального изучения волновой картины в сооружении, независимо от его функционального предназначения. Сроки выполнения такой работы прямо пропорциональны объему здания и обратно пропорциональны количеству идентифицированных и калиброванных сейсмоканалов. Результаты этой работы должны входить в состав динамического паспорта сооружения.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Бугаевский Г. Н., Белов В. П. Разработка и создание испытательного стенда для калибровки инженерно-сейсмометрической аппаратуры. Отчет о научно-исследовательской работе. № госрегистрации 01.86.0.028360; инв. № 0288.0073463.
2. Бугаевский Г. Н., Белов В. П. Однокомпонентный стенд для испытания сейсмометрической аппаратуры. В сб.: Инженерно-сейсмометрическая служба страны (сбор, обработка и использование информации). Тез. докл. школы-семинара (Махачкала 14-18 окт. 1987г.). Махачкала, изд. МСССС при През. АН СССР, 1987г.
3. Бугаевский Г. Н., Белов В. П., Нестеренко С. Д., Геращенко А. А. Стенд для испытания и калибровки сейсмометрической аппаратуры. Строительство и техногенная безопасность. Сб. научных трудов, вып. 5, с. 92-97. Симферополь, КАПКС, 2001г.
4. GeMiS for Windows. Программа визуализации и анализа экспериментальных данных. Руководство пользователя. Институт сейсмологии и геофизических исследований. М., 1997г. С. 56.
5. Бугаевский Г. Н. Сейсмологические исследования неоднородностей мантии Земли. Киев, Наукова Думка 1987г. 184 с.

Раздел 3. Строительные материалы и изделия

УДК 000:000

Лісневський Р. В., інженер

Інформаційне моделювання процесу прийняття рішення при проектуванні склопакетів.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

Аналіз досягнень в галузі автоматизації проектування будівельних конструкцій, вивчення досвіду проектування склопакетів, а також проведений аналіз фізичних характеристик складових склопакетів дозволяють зробити висновок, про актуальність систем підтримки проектних рішень (СППР) [1,2]. При цьому існує можливість здійснити прогноз щодо загострення протиріччя, притаманного процесу проектування, яке проявляється в наступному: зростання, з одного боку, номенклатури комплектуючих та варіантів використання скло пакетів, з іншого - загострення конкуренції на ринку проектних послуг та, як наслідок, скорочення терміну проектування і зростання ролі замовника в прийнятті проектних рішень [3].

Нові умови роботи проектувальних органів глибоко впливають на організацію процесу проектування та взаємодію в ланці „Замовник – проектувальник.” Існуючі підходи до моделювання процесу в своїй більшості не дозволяють комплексно використовувати кількісно і якісно інформацію при прийнятті проектних рішень, що суперечить сучасному стану розвитку предметної галузі. Виникла практична необхідність створення та впровадження методичного апарату підтримки проектних рішень, який дозволив би найповніше враховувати особисті вимоги та переваги Замовника, а також був би спроможним гнучко адаптуватися до динамічних змін, що відбуваються на ринку проектування склопакетів. Протиріччя в питаннях процесу вироблення рішення при проектуванні склопакетів у будівельних конструкціях вимагають від теорії пошуку шляхів підвищення якості та ефективності проектних рішень.

Виходячи із всього вищевказаного, автором в даній статті пропонується на розгляд підхід до питання інформаційного моделювання процесу прийняття рішення при проектуванні склопакетів у будівельних конструкціях.

Аналіз предметної галузі проектування склопакетів, особливостей роботи проектувальника та його взаємодії із замовником проектних рішень (надалі Замовник) показав, що процес проектування із використанням системи підтримки проектних рішень, як підсистеми СІ ППР, доцільно організувати за інформаційною моделлю, що наведена на рис. 1 .

Математична постановка задачі прийняття рішення може бути зроблена в такий спосіб.

Нехай ϵ множина варіантів рішення задачі проектування $V = (v_i)$ та ϵ множина показників якості проектних рішень $P = \{p_j\}$. Кожний з варіантів v_i характеризується множиною значень

$$v_i = \{p_{ij}\}, \text{ де } i = \overline{1, i} - \text{кількість варіантів проектів рішень,}$$

$$j = \overline{1, j} - \text{кількість показників якості проектних рішень}$$

На етапі замовлення Замовник формулює вихідні данні проектування у вигляді вектору:

$$W = \{p_j\} \quad (1)$$

де p_j - значення, j-го показника якості проектних рішень що очікується.

Крім того, Замовник формулює свої вимоги щодо показників якості, які Проектувальником оформлюються у вигляді вектору:

$$\Omega = \{\omega_j\}, \quad (2)$$

де ω_j - відносна важливість, j - показник якості проектних рішень;

$$\sum_{j=1}^1 \omega_j = 1$$

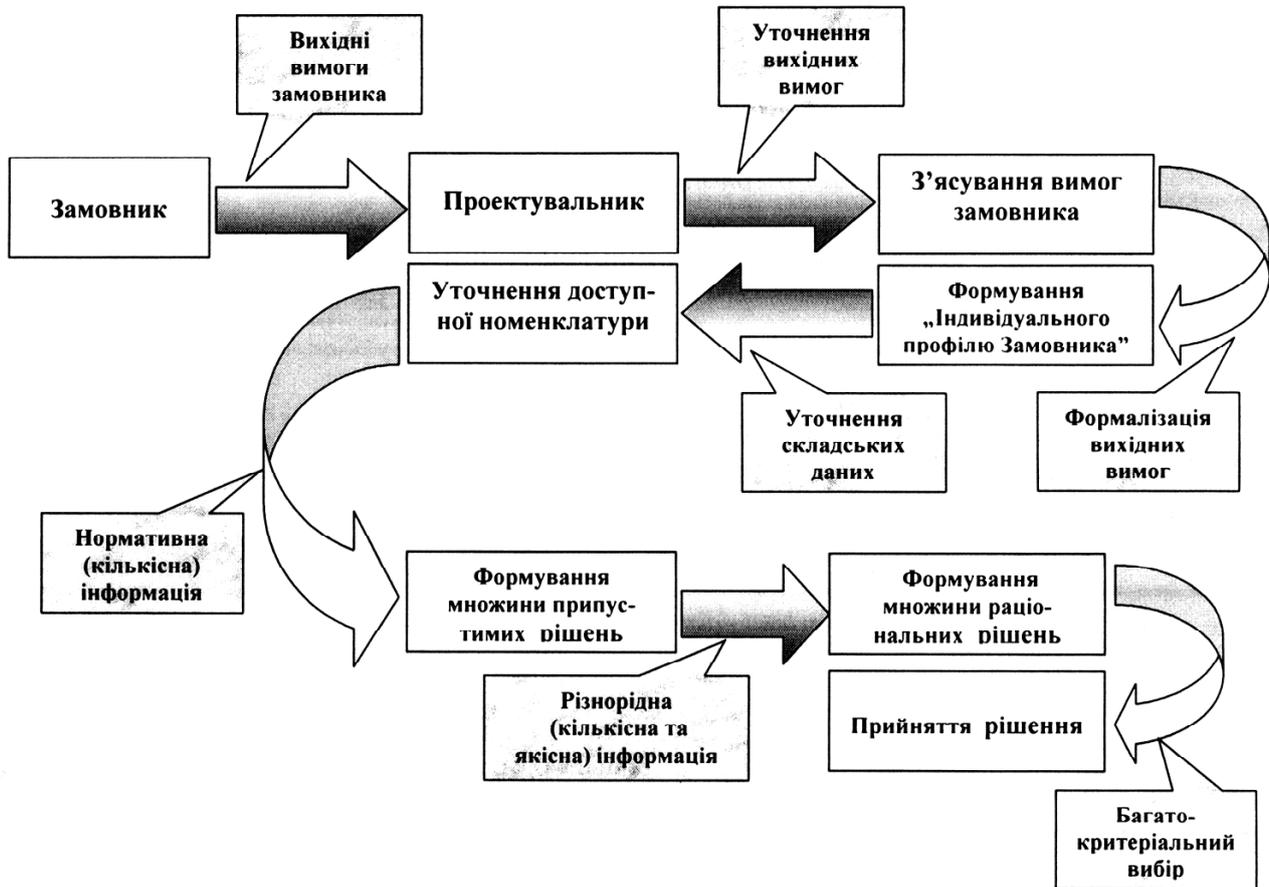


Рис. 1. Інформаційна модель процесу прийняття проектних рішень при проектуванні скло пакетів

Необхідно на основі переваг Замовника обрати такий варіант рішення задачі проектування, щоб виконувалось співвідношення:

$$\exists v_i : \forall p_j \in P : |p_j - p_{ij}| \leq \alpha \quad (3)$$

де α - порогові значення розсогласовування.

Розкриємо загальну послідовність вирішення задачі вибору проектних рішень.

1. Після з'ясування вихідних даних (умов та переваг Замовника) Проектувальник здійснює їх формалізацію, формулюючи «Індивідуальний профіль Замовника» (ІПЗ) у вигляді:

$$W = \{P^*, M(P), \mu(p_i^*), \Omega(P^*), \alpha_p, a, b\} \quad (4)$$

де $P^* = \{p_i^*\}$ - множина бажаних значень показників якості проектних рішень;

$M(P) = \{\mu(p_i)\}$ - родина функцій належності $\mu(p_i) : p_i \rightarrow [0,1]$ варіантів проектних рішень до нечітких множин «якісних проектних рішень за j -м показником якості» [3];

$\mu(p_i^*)$ - бажане для Замовника значення функції належності варіанту рішення до нечіткої множини якісних проектних рішень за j -м показником якості.

α_p - критерії раціональності вибору варіантів проектних рішень;

a, b - відповідно верхня (нижня) межі потужності множини раціональних варіантів проектних рішень (визначають скільки варіантів рішення пропонується на розгляд замовнику)

2. Після формування «ІПЗ» й уточнення інформації про наявність комплектуючих, формується множина можливих варіантів рішення задачі вибору проектних рішень:

$$V = \{v_i\} \quad (5)$$

Після цього здійснюється фазифікація множини варіантів, тобто перехід до її відображення у вигляді:

$$v_i = \{ | p_{ij} \mu(p_{ij}) | \} \quad (6)$$

де p_{ij} - значення, j -го показника якості для i -го варіанту проектних рішень;
 $\mu(p_{ij})$ - значення функції приналежності i -го варіанту рішення до нечіткої множини якісних проектних рішень за j -им показником якості.

3. На множині лінійно упорядкованих за показником надійності варіантів рішення здійснюється формування множини припустимих проектних рішень за критерієм:

$$V_{II} = \{v_i\} : \mu(p_{ij}) \geq \alpha_{II} \quad (7)$$

де α_{II} – порогові значення функції приналежності i -го варіанту проектного рішення нечіткій множині припустимих проектних рішень за j -м показником якості.

4. Для усіх варіантів припустимих проектних рішень формуються оцінки, що характеризують ступінь відповідності конкретного варіанту „ДЗ”:

$$O_i = \max_i \min_j w_j \mu(p_{ij}) \quad (8)$$

5. На множині припустимих рішень формується множина раціональних рішень:

$$V_p = \{v_i\} : O_i \geq \alpha_p \quad (9)$$

де α_p - порогове значення функції приналежності варіанту рішення нечіткій множині раціональних проектних рішень за j -м показником якості.

6. Замовнику пропонується на розгляд лексикографічне упорядкована α_p - множина раціональних проектних рішень.

Викладений загальний порядок вирішення задачі вибору раціональних варіантів проектних рішень при проектуванні склопакетів відбиває лише загальні аналітичні залежності у взаємозв'язку із інформаційною моделлю процесу прийняття рішення. Поряд з цим, реалізація запропонованого підходу дозволяє підвищити якість проектних рішень та підвищити ефективність проектування склопакетів убудівельних конструкціях взагалі.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Державний стандарт України /скло, склопакети, блоки віконні зі скло пакетами / - К.: ДКБАЖПУ, 2001. - 111 с.
2. Герасимов Б.Н. Дивизинюк М.М., Субач І.Ю. Системы поддержки принятия решений, проектирования, применения и оценка эффективности - Севастополь: изд. НИЦ ВСУ «Государственный океанариум», 2004–318 с.
3. Орловський С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации – М. Наука, 1981–208 с.

Орловская Е.В., к.т.н., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Чак Н.А., инженер

Варминско-Мазурский университет в Ольштыне, Польша

Микробиологическая и химическая коррозия бетонов, в том числе, модифицированных серой

Рассматриваются вопросы биохимической коррозии бетонов, в том числе серных и прогнозирование их долговечности с помощью коэффициента стойкости бетона, экспонируемого в агрессивных средах, не зараженных и зараженных тионовыми бактериями и метода деградационных функций.

Бетоны, серные бетоны, биохимическая коррозия, тионовые бактерии, прогнозирование долговечности

Опыт эксплуатации строительных конструкций показывает, что химической коррозии материалов способствует биологическая, которая вызывается жизнедеятельностью животных и растительных организмов. Активность биологической коррозии проявляется в результате продуктов их метаболизма, таких как CO_2 , H_2S , NH_3 , органических и неорганических кислот.

Отличительная особенность всех коррозионных процессов – сложность и многостадийность. Как правило, коррозионный процесс состоит по меньшей мере из 3-х основных стадий: переноса реагирующих веществ к поверхности раздела фаз – реакционной зоне, собственно гетерогенной реакции и отвода продуктов реакции из реакционной зоны. Каждая из этих стадий может состоять из элементарных, протекающих последовательно или параллельно. Очевидно, что результирующая скорость коррозионного разрушения определяется скоростью отдельных стадий. При большой разнице в скоростях решающее значение имеет самая медленная [1].

Биокоррозия строительных материалов, как правило, сопровождается химическими коррозионными процессами, физическими и механическими воздействиями. При этом, с точки зрения условий развития процессов биокоррозии, связанных с жизнедеятельностью живых организмов, различают два основных случая, имеющих значение для прогнозирования и разработки мер защиты материалов [2].

Как в первом, так и втором случаях, результатом органогенной коррозии является изменение свойств материалов, в частности бетонов, деструкция их структуры и снижение эксплуатационных характеристик, приводящее часто к разрушению изделий и конструкций.

В первом случае биоорганизмы находятся в непосредственном контакте с поверхностью конструкций и в процессе метаболизма взаимодействуют с бетоном, в результате чего снижается прочность и ухудшаются все эксплуатационные качества.

Во втором случае биоорганизмы являются продуцентами веществ, агрессивных по отношению к бетону, но непосредственно в пространстве и времени не связаны с конструкцией. При этом коррозионные процессы могут развиваться на значительном расстоянии по отношению к материалу. Этот процесс может быть отдален и во времени от момента, когда наступает контакт агрессивного компонента с конструкцией.

Развитие в органогенных агрессивных средах различных микроорганизмов усложняет способы повышения долговечности материалов и требует придания им соответствующей бактериоцидности. Таким образом, механизмы биоповреждений и органогенной коррозии являются более сложными и многогранными по сравнению с коррозионными процессами, обусловленными только химическими агрессивными средами – солевыми, кислыми, щелочными. Биоповреждения, характерные для бетонных структур при совместном действии физических, химических, механических и других факторов, можно представить в виде схемы (рис. 1).

Различные виды бетонов и конструкций на их основе в той или иной степени подвержены биокоррозии. Особенно большая разрушительная деятельность живых организмов и органогенных сред проявляется на предприятиях пищевой, легкой, химической, нефтеперерабатывающей промышленности, при эксплуатации сельскохозяйственных зданий, гидротехнических сооружений, канализационных систем, трубопроводов сточных вод, элементах туннелей и т.д. [3, 4, 5].

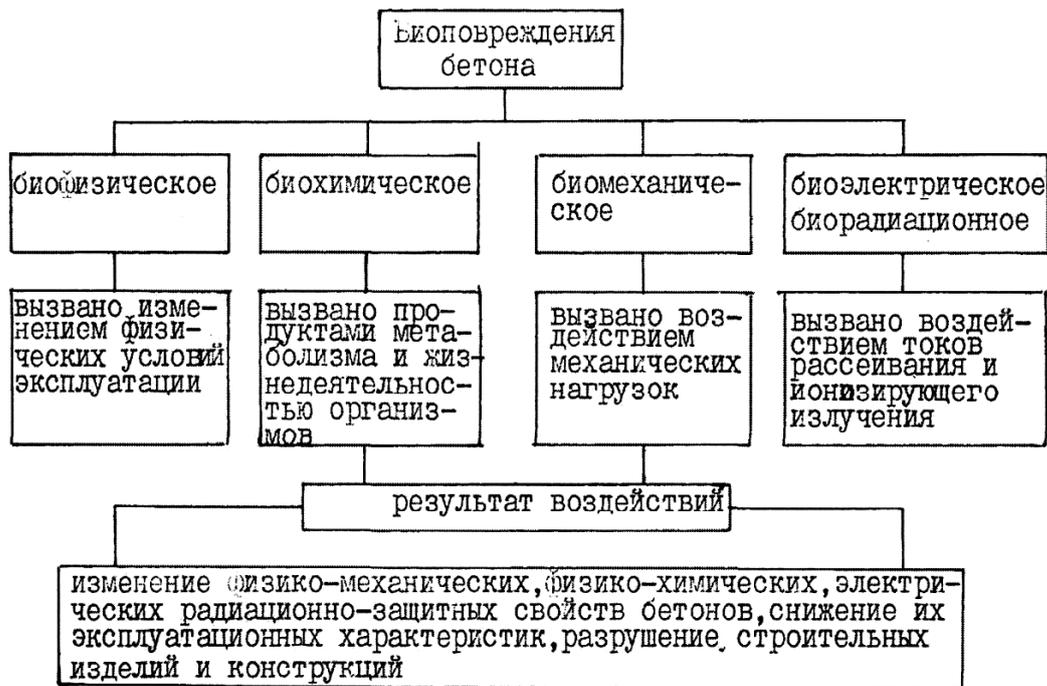
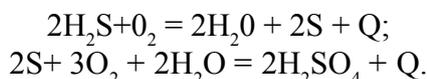


Рис. 1. Схема биокоррозионных процессов, характерных при эксплуатации бетонных и железобетонных изделий и конструкций.

Примером может служить механизм биоповреждения бетонных канализационных коллекторов. В присутствии органических веществ при анаэробных условиях в сточных водах развиваются сульфатредуцирующие бактерии, восстанавливающие серу из различных ее соединений до сероводорода. Образующийся сероводород выделяется из воды и растворяется на сводах коллектора. Далее он окисляется до серной кислоты, вызывающей разрушение цементного камня. Реакции протекают по следующим схемам:



Схематически микробиологическая коррозия бетона канализационного коллектора показана на рис.2.

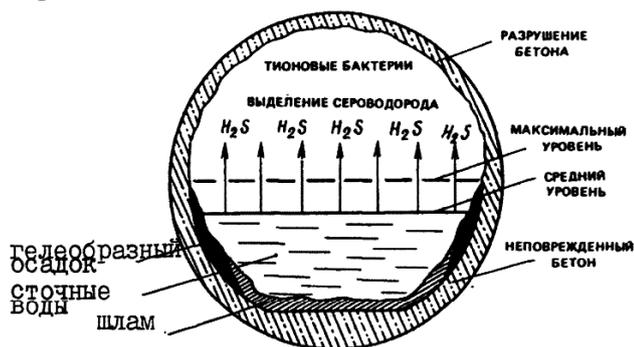


Рис. 2. Схема микробиологической коррозии бетона канализационного коллектора.

Таким образом, можно констатировать, что одновременное воздействие биологических и химических агрессивных сред может, при определенных температурно-влажностных условиях, значительно ускорять процесс деградации бетона. В связи с этим, при коррозии, обусловленной биохимической агрессией, скорость коррозионных процессов будет определяться двумя лимитирующими факторами: скоростью диффузии агрессивной среды через слой продуктов коррозии или интенсивностью развития продуцентов этой среды. Следовательно, при биокоррозии к обычным кинематическим уравнениям химической коррозии вида:

$$a = K \sqrt{\tau}, \tag{1}$$

где: a – глубина коррозии; τ – время экспонирования исследуемого материала в агрессивной среде; K – коэффициент агрессивности, добавляется уравнение развития бактериальной биомассы, зависящее от комплекса экологических условий, обеспечивающих жизнедеятельность данного вида микроорганизмов.

Коэффициент агрессивности является определяющим критерием при оценке химической стойкости бетонов и представляет собой отношение прочности бетона после его экспонирования в агрессивной среде к первоначальной, т.е.

$$K = R_{\tau} / R_0. \quad (1a.)$$

Экспериментальные исследования коррозионной стойкости бетонов показали, что зависимость между снижением прочности и временем экспонирования образцов бетона в агрессивных средах в прямоугольных координатах описывается уравнением вида:

$$K = a\tau^b, \quad (2)$$

где: a и b – постоянные для данного вида бетона и условий экспонирования; τ – время выдержки образцов в агрессивной среде, месяцы.

В области длительного воздействия агрессивных сред ($\tau > 30$ сут), зависимость (2) в логарифмической системе координат устойчиво линейна и аппроксимируется уравнением вида:

$$K = a - b \lg \tau. \quad (3)$$

Коэффициенты a и b вычисляются по экспериментальным данным следующим образом:

$$a = \lg \bar{K} - b \lg \bar{\tau} \quad (4)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (\lg \bar{K} - \lg K_i)(\lg \bar{\tau} - \lg \tau_i)}{\sum_{i=1}^n (\lg \bar{\tau} - \lg \tau_i)^2}. \quad (5)$$

При этом средние значения $\lg \bar{K}$ и $\lg \bar{\tau}$ определяются по формулам:

$$\lg \bar{K} = \frac{\sum_{i=1}^n \lg K_i}{n}; \quad (6)$$

$$\lg \bar{\tau} = \frac{\sum_{i=1}^n \lg \tau_i}{n}, \quad (7)$$

где: $\lg \bar{K}$ и $\lg \bar{\tau}$ – соответственно, логарифмы коэффициентов стойкости и времени экспозиции образцов; n – число серий образцов, испытанных при установлении зависимости $K = f(\tau)$.

Биохимическая стойкость бетонов во времени прогнозируется исходя из конкретных условий их эксплуатации на экономически целесообразный срок службы конструкции (N -лет) и предполагается, что под действием агрессивной среды в течение этого срока допустимое снижение прочности должно соответствовать величине C . Тогда, прогнозируемое снижение прочности C_1 за один месяц составит

$$C_1 = C / \tau. \quad (8)$$

Для принятого срока эксплуатации стойкость бетона изделий и конструкций должна обеспечиваться при условии:

$$K \geq I - C_1 \tau. \quad (9)$$

Согласно ГОСТ 25881 оценка стойкости бетона производится по следующим критериям: $K > 0,8$ – высокостойкий; $0,5 < K < 0,8$ – стойкий; $0,3 < K < 0,5$ – относительно стойкий; $K \leq 0,3$ – нестойкий.

Во второй половине прошлого века разработано большое количество различных видов бетонов, получивших промышленное внедрение в строительстве: легкие, полимерные, полимерцементные, шлакощелочные и т.д. В связи с этим появилось обилие биологически опасных ситуаций и, соответственно возрос интерес к исследованиям биохимической стойкости бетонов.

В последние 25 лет в Канаде, США, Японии, России, Украине и других странах разработаны составы бетонов, в которых в качестве связующего выступает модифицированная сера [6, 7, 8]. Нали-

чие серы в составах бетонов при определенных температурных и влажностных условиях провоцирует развитие и обеспечивает жизнедеятельность тионовых серных бактерий рода *Thiobacillus*. Обладая мощным ферментативным аппаратом, они могут конкурировать с процессами химического окисления. Исследованиями [9, 10, 11] установлено, что бетоны, модифицированные серой, хорошо сопротивляются действию кислых сред, в частности серной кислоте, однако при заражении тионовыми бактериями могут полностью разрушаться. Это объясняется тем, что сера и ее соединения в жизненном цикле бактерий являются источником энергии, поэтому для материалов, содержащих серу, обеспечение микробиологической стойкости является более важным вопросом, чем чисто химической.

Разрушительные процессы при воздействии тионовых бактерий начинаются с поверхности материала, поэтому практическое значение для количественной оценки его деградации имеют исследования, направленные на обоснование модели биodeградации, установление границы фронта продвижения агрессивной среды и выявление изменений физико-механических свойств на поверхности материала [12].

Деградация материалов и конструкций в агрессивных средах связана с диффузионными процессами и происходит в результате химического взаимодействия их компонентов со средой. Согласно теории химического сопротивления композитов, для установления масштаба их деградации, следует определить координату фронта диффундирующей жидкости и изменение упруго-прочностных характеристик по сечению [13].

В зависимости от соотношения скоростей диффузии и биохимического взаимодействия разрушения происходят в 3-х областях: внешней диффузионно-кинетической, когда скорость диффузии среды меньше скорости деструкции и разрушение материала происходит в поверхностном слое, гетерогенная деградация; внутренней кинетической, когда скорость диффузии среды больше скорости химической реакции и разрушению подвергается весь объем материала – гомогенная деградация; внутренней диффузионно-кинетической, когда скорость реакции соизмерима со скоростью диффузии и разрушительные процессы накапливаются с течением времени, – диффузионная деградация.

Для серных бетонов, у которых, в отличие от цементных, отсутствует капиллярно-пористая структура, механизм разрушения зависит не только от скоростей диффузии и химического взаимодействия, но и от уровня развития и накопления бактериальной массы тионовых бактерий. В этом случае скорость изменения концентрации агрессивной среды в материале определяется значением глубины проникновения продуктов метаболизма микроорганизмов и изменением концентрации серы, усваиваемой тионовыми бактериями.

Координата фронта диффузии продуктов метаболизма в материал может быть оценена по формуле [12]:

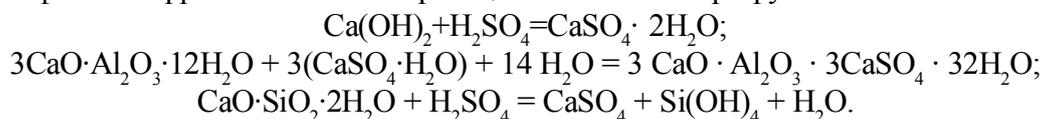
$$a = k(\xi)\sqrt{D\tau} . \quad (10)$$

Для серных бетонов, где сера является источником питания тионовых бактерий, в формулу необходимо ввести коэффициенты, характеризующие концентрацию серы, усваиваемой бактериями (n) и константу скорости взаимодействия серы с ними (k_1):

$$a = k(\xi)\sqrt{D\tau / nk_1} , \quad (11)$$

где $k(\xi)$ – коэффициент, зависящий от концентрации среды по толщине изделия.

Биodeградация цементных бетонов протекает с образованием на поверхности малорастворимых продуктов коррозии, имеющих низкую прочность. Образцы после испытаний характеризуются незначительным снижением массы и резким снижением физико-механических свойств поверхностных слоев. В случае сульфатной коррозии основными реакциями механизма разрушения являются:



Эти продукты коррозии затрудняют доступ агрессивной среды и продуктов метаболизма микроорганизмов во внутренние слои образца и тем самым снижают интенсивность коррозионных процессов. При таком механизме на начальном этапе коррозии, когда слой малорастворимых продуктов корро-

зии еще не образовался, она определяется скоростью химических реакций – процесс находится в кинетической области, на втором этапе по мере роста слоя – процесс коррозии переходит в диффузионную область [15]. Для серных бетонов преобладающим механизмом деградации является не диффузионное, а послойное разрушение материала в результате жизнедеятельности тионовых бактерий и деградация поперечного сечения образцов элементов будет происходить по гетерогенным и гомогенным механизмам.

Биохимическое сопротивление бетонов можно оценить с помощью метода деградационных функций [15]. Такими функциями являются функции, выражающие изменение во времени относительных значений физико-механических характеристик материала. Функции определяются отношением количественных показателей свойств $B(t)$ в моменты времени t и t_0 и показывают временное их изменение при заданных напряжениях (σ), температурах (T) и концентрациях среды (c) с химической активностью M . Общий вид деградационной функции:

$$D(B) = [B(t, T, \sigma, c, M)]/[B(t_0, T)], \quad (12)$$

где: $B(t_0, T)$ – количественное значение характеристики, определенное кратковременными испытаниями при температуре T ;

$B(t, T, \sigma, c, M)$ – количественное значение этой же характеристики, определенное после экспозиции в течение времени t при температуре T в среде с концентрацией c и химической активностью M при действующих напряжениях σ .

Для деградационных моделей при частичном разрушении поверхности бетона характерны остаточные значения прочности и модуля упругости. Оценку остаточных их значений в процессе экспонирования опытных образцов в агрессивных средах можно произвести по [15]. Пример для серного бетона, экспонируемого в различных солевых средах, приведен в работе авторов [см. 13].

На рис. 3 показана деградационная модель изменения модуля упругости. Зависимость изменения E имеет вид:

$$E = E_a = (E_0 - E_a)^n \sqrt{1 - y/a}. \quad (13)$$

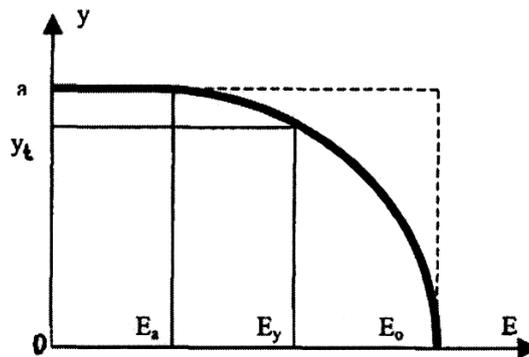


Рис. 3. Деградационная модель изменения модуля упругости: E_0 – начальный модуль упругости; n – показатель механизма деградации, определяемый по результатам экспериментов по формулам [12].

Зная зависимость изменения модуля упругости, можно определить напряжения в конструктивном элементе при проникновении продуктов метаболизма на величину a . Для изгибаемых элементов согласно [12, 15] вид деградационной функции имеет вид:

$$\int_{F(r)} \sigma(t, x, y) y dx dy = \int_0^a y dy \int_0^{E_a} dE + \int_0^a y dy \int_{E_a}^{(E_0 - E_a)^n \sqrt{1 - \frac{y}{a}}} dE = E_a \frac{y^2}{2} \Big|_0^a + \int_0^a (E_0 - E_a)^n \sqrt{1 - \frac{y}{a}} y dy =$$

$$E_a \frac{y^2}{2} \Big|_0^a + (E_0 - E_a) \int_0^a y \left(1 - \frac{y}{a}\right)^{\frac{1}{n}} dy = \frac{a^2 E_a}{2} + \frac{(E_0 - E_a) a^2 n^2}{2n^2 + 3n + 1}; \quad (14)$$

$$\iint_{F(0)} \sigma(t_0, x, y) y dx dy = \int_0^a y dy \int_0^{E_0} dE = E_0 \frac{y^2}{2} \Big|_0^a = \frac{a^2 E_0}{2}. \quad (15)$$

$$D(M) = \frac{\frac{a^2 E_a}{2} + \frac{(E_0 - E_a) a^2 n^2}{2n^2 + 3n + 1}}{\frac{a^2 E_0}{2}} = D(E) + 2 \frac{(1 - D(E)) n^2}{2n^2 + 3n + 1}. \quad (16) \quad D(M) = D(E) + 2 \frac{(1 - D(E)) n^2}{2n^2 + 3n + 1}. \quad (16)$$

$$D(M) = D(E) + 2 \frac{(1 - D(E)) n^2}{2n^2 + 3n + 1}. \quad (17)$$

Феноменологические модели деградации поперечного сечения образцов или элементов конструкций представляются в виде изохрон (графиков, эюр), характеризующих распределение свойств материала по площади или высоте сечения (рис. 4). Принципы построения моделей изложены в работе [15].

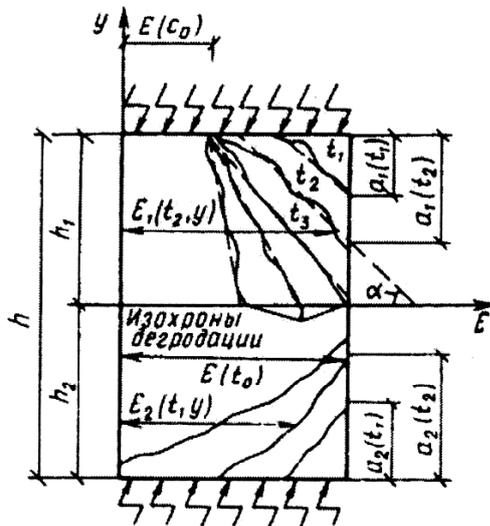


Рис. 4. Феноменологическая модель деградации поперечного сечения образца [15].

Здесь a – характеристика скорости деградации, определяемая как ордината фронта деструкции, вызванной совместным действием напряжений и агрессивной среды; α – характеристика механизма деградации, определяемая как угол наклона прямолинейной изохроны к оси абсцисс.

С целью проверки вышепредставленных положений авторами проведены эксперименты на образцах из серного бетона и цементного бетона, пропитанного расплавом серы. В качестве агрессивных сред были приняты 10 % раствор серной кислоты и вода, и эти же среды зараженные *Th. thioparus* культурами тионовых бактерий и *Th. thiooxidans*. Культивирование бактерий и их характеристики приведены в работе [11].

Образцы периодически извлекали из сред и с помощью частотомера ИЧМК-2 и пульсара-1.0 измеряли собственные частоты колебаний образцов и вычисляли динамические модули упругости. При измерении с помощью пульсара динамический модуль упругости вычисляли по формуле:

$$E_g = \frac{\rho \cdot v^2}{9,81 \cdot \varphi} \cdot 10^5 \text{ (Н/мм}^2\text{)}, \quad (18)$$

где: v – измеренная скорость импульсов, м/с; ρ – плотность бетона, г/см³.

Собственную частоту колебаний образцов определяли перед погружением и в различные сроки экспонирования. Это позволило неразрушающим методом определять изменение динамического модуля упругости на одних и тех же образцах. Образцы-близнецы испытывали на прочность и определяли визуальным методом глубину деградации материала. Обработка результатов позволила построить графические зависимости изменения динамического модуля упругости и прочности и проверить аналитические зависимости для расчета деградационных функций несущей способности изгибаемых элементов согласно рекомендаций [12, 15].

ВЫВОДЫ

Несмотря на обилие публикаций по вопросам коррозии бетонов отсутствует единый взгляд на механизм их микробиологической коррозии. Поэтому исследование кинетики процессов биокоррозии является актуальным.

Результаты длительных испытаний образцов из серного бетона и цементного бетона, пропитанного серой, в различных агрессивных средах показали, что скорость деградации бетона находится в прямой зависимости от совместного действия химической и биологической среды.

Деградационные процессы в образцах, экспонируемых только в химической среде незараженной тионовыми бактериями видов *Th. thioparus* и *Th. thiooxidans* протекали значительно менее активно, чем в зараженной и разрушение образцов в испытуемый срок (до 180 сут) не наблюдалось.

Среди стандартных испытаний образцов в различных агрессивных средах на микробиологическую устойчивость отсутствуют нормативные документы для аналогичных испытаний цементов и бетонов, а длительное проведение испытаний для стандарта непригодно.

Наиболее перспективным методом прогнозирования скорости биохимической деградации бетонов модифицированных серой, по мнению авторов статьи, является неразрушающий метод определения деградационных функций, предложенный для оценки химического сопротивления полимербетонов в работе [15].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прессман А.Л. Коррозия – враг и друг. – М.: Знание, 1971. – С. 5.
2. Иванов Ф.М. Биоповреждения неорганических строительных материалов // В кн. Биоповреждения в строительстве. – М.: Стройиздат, 1984. – С. 183-188.
3. Коррозия и защита бетона от коррозии / Розенталь Н.К., Иванов Ф.М., Любарская Г.В., Чехний Г.В. // Под ред. В.А. Баренфельда. – М.: ВНИИТПИ, 1990. – 60 с.
4. Чуйко А.В. Органогенная коррозия. – Саратов, 1978. – 230 с.
5. Бабушкин В.И. Защита строительных конструкций. – Харьков: «Выща школа», 1989. – 168 с.
6. Патуроев В.В., Волгушев А.Н., Орловский Ю.И. Серные бетоны и бетоны, пропитанные серой. – М.: ВНИИИС, 1985. – 60 с.
7. Орловский Ю.И. Технология изготовления и свойства серных бетонов // Изв. вузов. Строительство и архитектура – 1986. – №12. – С. 50–54.
8. Орловский Ю.И. Особенности технологии производства полимерсеробетонов и изделий на их основе // Бетон и железобетон. – 1993. – №4.
9. Орловский Ю.И., Ивашкевич Б.П., Юрьева / Орловская / Е.В. Биокоррозия серных бетонов // Бетон и железобетон. – 1989. – №4. – С. 45–46.
10. Orlowsky Y.I., Orłowska E.W. Mikrobiologische corrosion und Standhaftigkeit der mit Schwefel modifizierten Zementlösungen und Beton/Internationale Baustofftagung „Ibausil – 14.“ – Weimar: Bauhaus-Universität Weimar, 2000. Band 2.
11. Орловский Ю.И., Коструба М.Ф., Юрьева / Орловская / Е.В., Шах Е.С. Биокоррозия бетонов, пропитанных серой // Бетон и железобетон. – 1986. – №2. – С. 42–44.
12. Биологическое сопротивление материалов // Соломатов В.В., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Семичева А.С., Морозов Е.А. – Саранск: Изд-во Мордовского университета, 2001. – 196 с.
13. Орловский Ю.И., Орловская Е.В., Чак Н.А. Биоповреждения бетонов и критерии их биохимической стойкости. VI Международная конференция: Актуальные проблемы строительства и инженерии среды. – Львов, 2001. – С. 471–477.
14. Микробиологическая коррозия бетона тионовыми бактериями / Свергузова С.В., Гончарова Е.Н., Юрченко В.А., Балятинская Л.Н. // Изв. вузов. Строительство. – 1996. – № 10. – С. 68–71.
15. Соломатов В.В., Сеяев В.П. Химическое сопротивление композиционных строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1987. – 264 с.

Орловский Ю.И., д.т.н., профессор, Ассаль И., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Ползучесть и длительная прочность серного бетона

Установлено, что ползучесть бетона с содержанием технической серы 12 – 20 % на кварцевом наполнителе и прочностью 19 – 60 МПа ниже ползучести тяжелого обычного бетона. Длительная прочность серного бетона без модифицирующих серу добавок соизмерима с прочностью цементных бетонов.

Серный бетон, ползучесть, длительная прочность

Актуальность использования серы в строительных целях диктуется тем, что мировой рынок в последние годы испытывает кризис ее перепроизводства. По мнению специалистов, такая тенденция сохранится и в обозримом будущем до 2015 – 2020 гг. Это заставляет производителей искать новые области применения серы и рынки ее сбыта. Одной из таких областей является изготовление серных бетонов, отличающихся высокими физико-механическими характеристиками и стойкостью при воздействии агрессивных сред [1, 2, 3]. Наряду с этим, широкому внедрению серных бетонов в строительстве мешает малоизученность их долговечности, в том числе ползучести и длительной прочности. Поэтому говорить о применении этого вида бетона в несущих конструкциях преждевременно, хотя немногочисленные исследования свидетельствуют о том, что следует ожидать снижения ползучести по сравнению с цементным. По всей вероятности это связано с отсутствием при формировании структуры серного бетона химических процессов длительной гидратации цементного вяжущего.

Однозначное мнение о ползучести серного бетона в настоящее время отсутствует. Так, по [4] ползучесть образцов, испытанных при сжимающей нагрузке 1 кг/дюйм² (7 МПа) в лабораторных условиях, оказалась сопоставимой с ползучестью цементного бетона. После 7 месяцев скорость деформаций ползучести в среднем составляла $7,5 \cdot 10^{-12}$ 1/с при начальной упругой деформации $1,74 \cdot 10^{-6}$. Отмечалось также, что значение ползучести прямопропорционально зависит от содержания серы. Так, образцы с содержанием серы в 2 раза большим, чем контрольные, показали и в 2 раза выше деформации ползучести.

В работе [5] приведены результаты исследований ползучести серного песчаного бетона с содержанием серы 25 и 35 % по массе с добавкой 10 % известняковой муки и без. Цилиндрические образцы размером 75 x 150 мм в возрасте 7 сут были нагружены осевой нагрузкой, равной 25, 46, 65 и 85 % от разрушающей. Установлено, что значение ползучести возрастало с увеличением содержания серы и являлось нелинейной функцией времени даже при нагрузке равной 25 % от разрушающей. При нагрузке 85 % от разрушающей происходило разрушение образцов с образованием видимых трещин уже на ранней стадии.

Вопросы ползучести и длительной прочности серного бетона изучались на кафедре автомобильных дорог Национального университета «Львовская политехника» под руководством Ю.И. Орловского. Составы опытных образцов приведены в табл. 1.

Были исследованы 7 составов серного бетона с содержанием технической серы 12 – 20 % на кварцевом наполнителе с удельной поверхностью (по Товарову) 300 и 470 м²/кг, кварцевом песке и гранитном щебне фракции 5 – 10 мм. Прочность образцов размером 0,04x0,04x0,16 м на растяжение при изгибе составляла 9,7 – 16 МПа, их половинок на сжатие – 48,8 – 68,4 МПа, осевом растяжении восьмерок – 2,3 – 3,4 МПа. Модуль упругости при 0,3 от разрушающей нагрузки составлял $(47,3 – 56,7) \cdot 10^3$ МПа.

На первом этапе образцы загружали длительной нагрузкой на одноосное сжатие, составляющей $0,3R_b$ в течение 180 сут и нагрузкой, приложенной в 1/3 пролета балочек, создающей растягивающие усилия при изгибе, равной $0,47R_b$ в течение 84 сут, а также ступенчато-возрастающей с выдержкой на каждом этапе в течение 2 сут. Целью испытаний являлось изучение влияния количества серного связующего, удельной поверхности наполнителя и содержания наполнителя на характер и значение деформаций ползучести.

Составы и характеристики серного бетона

№ п/п	Состав С:Н:П:Щ	Сера, %	Удельная поверхность, м ² /кг	Прочность, Мпа			E _б · 10 ³ , МПа
				R _b	R _{btb}	R _{bt}	
1	1:2:2:0	20.0	300	68.4	16	3.4	52.0
2	1:2:2:1,1	16.4	300	48.8	9.9	2.9	47.3
3	1:2:2:2,3	13.3	300	56.3	12.3	2.5	51.1
4	1:2:2:3,2	12.2	300	57.8	10.2		54.8
5	1:2:2:2,3	13.7	300	52.6	11.8	2.3	48.2
6	1:2:2:2,3	13.3	470	58.8	9.7	2.6	50.0
7	1:2:2:3,5	11.8	300	60.4	10.7		56.7

Установлено, что деформации ползучести при сжатии носят затухающий характер (рис. 1). Их значение зависит от количества серного связующего и с увеличением возрастает. При содержании серы 12 – 14 % деформации стабилизировались на 120 сут, достигнув значений $(0,55 – 1,63) \cdot 10^{-5}$; при содержании серы 16–20 % деформации продолжали расти и стабилизировались на 220 – 310 сут, достигнув значений $(1,95 – 2,3) \cdot 10^{-5}$. Для сравнения ползучесть тяжелого бетона на портландцементе с осадкой конуса 1 – 2 см и прочностью около 40 МПа в близких условиях испытаний составляла $5,9 \cdot 10^{-5}$.

Ползучесть образцов при изгибе также носила затухающий характер и увеличивалась с повышением содержания крупного заполнителя, удельной поверхности наполнителя и содержания серы. Характерным явлением при испытании ступенчато-возрастающей нагрузкой является то, что упруго-мгновенные деформации при увеличении нагрузки постоянно уменьшаются и при определенной нагрузке исчезают. В дальнейшем, при ее увеличении вновь появляются и после нескольких ступеней нагружения происходит разрушение образца. Участок, на котором отсутствуют упруго-мгновенные деформации можно принять за предел длительной прочности бетона при изгибе. Для испытанных образцов он находился в интервале 0,6 – 0,8 и для оптимального состава серного бетона С:Н:П:Щ = 1:2:2:3,2 при содержании серы 12,2 % составлял $0,8R_{btb}$.

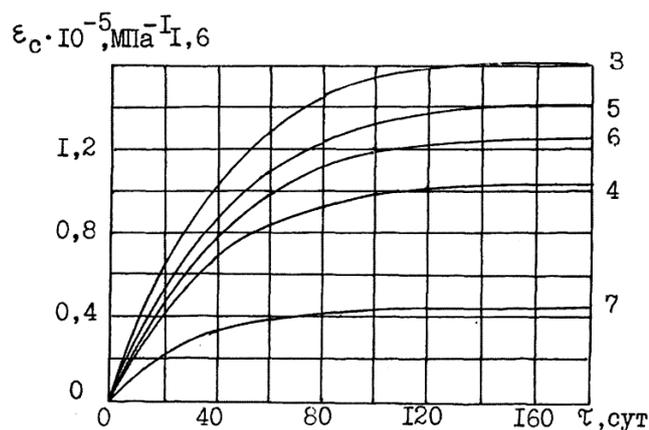


Рис. 1. Ползучесть серного бетона при нагрузке $0,3R_b$. Цифры соответствуют номерам составам, приведенным в табл. 1.

Разрушение образцов происходило внезапно, хрупко и сопровождалось резким хлопком. При этом они распадались на 2 – 3 части с образованием конусовидного скола к центру; магистральные трещины, в основном, огибали крупный заполнитель.

На втором этапе исследовали ползучесть серного бетона выше приведенного состава на пружинных установках, позволяющих создавать высокие уровни нагружения. Деформации образцов-близнецов при уровнях нагружения $0,5 – 0,9R_b$ (рис. 2) показывают, что при уровне до $0,8R_b$ их характер затухающий и достигают они на 360 сут значения $4,5 \cdot 10^{-5}$. При уровне нагружения более $0,8R_b$ развитие деформаций протекает в 3 стадии: быстрый рост непосредственно после приложения нагрузки, замедление роста на второй стадии и дальнейшее ускорение деформаций, приводящее к разрушению образцов. Максимальное значение деформаций непосредственно перед разрушением составило около $9,5 \cdot 10^{-5}$. Разруше-

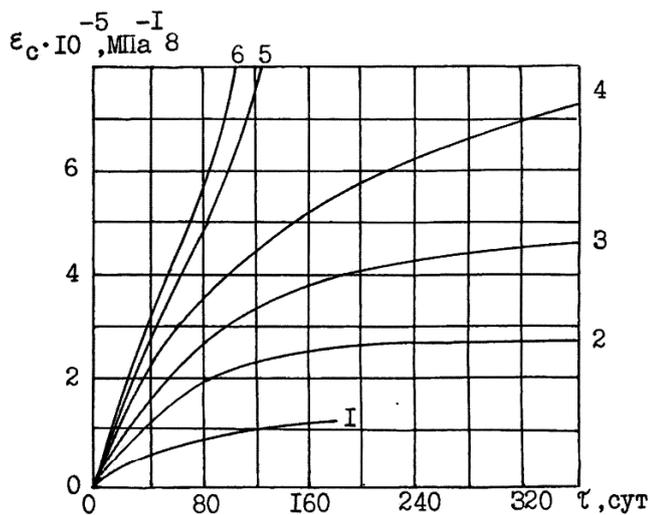


Рис. 2. Деформации ползучести серного бетона состава С:Н:П:Щ = 1:2:2:3,2 при уровне нагружения образцов: 1 – $0,3R_b$; 2 – $0,5R_b$; 3 – $0,8R_b$; 4 – $0,83R_b$; 5 – $0,86R_b$; 6 – $0,92R_b$.

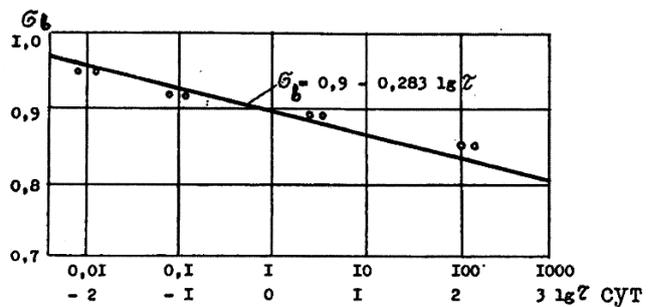


Рис. 3. Длительная прочность серного бетона.

На основании полученных результатов построен график (рис. 3) длительного сопротивления серного бетона, из которого видно, что предел длительной прочности находится на уровне $0,8R_b$ и уравнение прямой имеет вид $\sigma_b = 0,9 - 0,283 \lg \tau$.

Обобщая результаты можно констатировать, что серный бетон без модифицирующих серу добавок по длительной прочности близок к тяжелым цементным бетонам длительная прочность которых, при 40 МПа, составляет 0,85.

ВЫВОДЫ

1. Деформации ползучести серного бетона исследованных составов при уровне нагружения при $0,8R_b$ сжатии носят затухающий характер, их значение зависит от количества серного связующего – с его увеличением растут.
2. При уровне нагружения образцов выше $0,8R_b$ происходит ускорение роста деформаций и, непосредственно перед разрушением образцов их значение составляет $9,5 \cdot 10^{-5}$.
3. Ползучесть серного бетона при изгибе образцов также носит затухающий характер и увеличивается с повышением содержания крупного заполнителя (гранитного щебня), удельной поверхности наполнителя (кварцевая мука) и содержания серы.
4. Установлено, что предел длительной прочности серного бетона находится на уровне $0,8R_b$ и соизмерим с прочностью цементного бетона аналогичной прочности.
5. Предполагается, что модифицирование серы пластифицирующими и стабилизирующими серу в полимерном состоянии добавками существенно повлияет на деформации ползучести и длительную прочность серного бетона. Дальнейшие исследования следует проводить в этом направлении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орловский Ю.И. Технология изготовления и свойства серных бетонов // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1986. – №12.
2. Орловский Ю.И. Бетоны, модифицированные серой: Дис. д-ра техн. наук: 05.23.05. – Львов, 1992. – 529 с.
3. Орловский Ю.И. Особенности технологии полимерсеробетонов и изделий на их основе // Бетон и железобетон – 1993. – №4.
4. Vroom A.H. Sulphur Concrete a new material for Arctic Construction // Proceedings of an International Conference. St/ Jovite/ Quebec/ Canada, 1976. – Pp. 35 – 41.
5. Tewfik Moneer F., Azad Abdul K. Creep of Sulphur – sand composite under uniaxial compression // Inter. Journal Cem. Composit. and Lightweight Concrete. – 1983, 5. - №1. – Pp. 55-59.

Орловский Ю.И., д.т.н., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Гулин Д.В., инженер, Старченко А.Ю., инженер

Дочерняя фирма «Кнауф Маркетинг», Киев

Защита строительных конструкций от ионизирующего излучения с использованием гипсовых строительных плит

Рассматриваются вопросы защиты строительных конструкций зданий и сооружений от ионизирующего излучения в пределах 170 – 480 кВ гипсокартонными плитами при сухом способе строительства.

Ионизирующее излучение, радиационная защита, гипсокартонные плиты.

Ионизирующие излучения, испускаемые атомами некоторых веществ в результате ядерных реакций, в общем виде, делят на электромагнитные (рентгеновское и гамма-излучение) и корпускулярные (потoki нейтронов, альфа- и бета-частиц, протонов). Альфа- и бета-лучи представляют собой быстро движущиеся частицы, испускаемые распадающимися радиоактивными ядрами. Гамма-лучи – это лучи проникающей радиации, которые по своей природе аналогичны рентгеновским лучам.

Альфа- и Бета-частицы, хотя и обладают большой энергией, тем не менее они не очень глубоко проникают в толщу защитных экранов. Наибольшую опасность из всех видов излучений представляют гамма-излучение, рентгеновские лучи и потоки нейтронов, обладающие большой проникающей способностью, поэтому защитные системы проектируются главным образом из расчета и поглощения именно этих излучений.

В практике строительства часто возникает необходимость защиты от различных источников излучений конструкций зданий и сооружений. Одними из таких источников является диагностическое и терапевтическое оборудование больниц, научно-исследовательское оборудование лабораторий, радиоактивные отходы АЭС и др.

Материалы, применяемые для защиты от радиации, должны обладать высокой радиационной стойкостью и относительно высоким коэффициентом ослабления гамма-излучения. Известно, что особо тяжелый бетон, например, баритовый, часто применяют для защиты ядерных реакторов. Однако проблема защиты таким бетоном довольно сложная, так как для ослабления потока нейтронов в защитный экран должно быть включено определенное количество материалов с малой атомной массой, как, например, водород. Также известно, что высоким свойством ослабления ионизирующего излучения обладает свинец, атомы которого сохраняются в стабильном состоянии, и вода. Таким образом, защитная от радиации система должна представлять собой комплексное конструктивное решение с учетом всех выше отмеченных факторов.

В последнее время в строительстве широкое распространение получили гипсокартонные плиты (ГКП) при монтаже комплексных конструкций, состоящих из несущих (балок, колонн) или ограждающих элементов (внутренние перегородки, полы, подвесные потолки) с обшивкой плитами и звуко теплоизоляцией из минеральных волокон. Материал и конструкция плит позволяют эффективно решать вопросы как отделки, так и повышение предела огнестойкости строительных элементов и конструкций [1, 2].

Эффективность ГКП, предназначенных для огнезащиты (ГКПП), связана с тем, что гипс является огнестойким материалом, содержащим около 20% химически связанной кристаллизационной воды. В 1 м² плиты толщиной 15 мм при массе 15 кг/м² содержится 3 л такой воды. Нагревание плиты приводит к переходу кристаллизационной воды в пар, на что требуется большой удельный расход тепла – в 5 раз больший, чем для нагрева воды до кипения. Поэтому надо много времени для испарения всей воды из гипса и пока это не произойдет, на поверхности плиты, обращенной к огню, удерживается так называемая «температура обратной стороны листа». Этим объясняются высокие огнезащитные свойства ГКПП [1].

Кристаллизационная вода, содержащаяся в гипсе, является также надежным источником образования водорода для замедления потока нейтронов при повышении температуры до 200⁰С. Для повышения структурных связей в гипсовый сердечник плит повышенной огнестойкости вводят стекловолокно.

Основным поставщиком гипсовых строительных плит, в том числе для радиационной защиты и выполняющих огнезащитные функции, в Украине является фирма «Кнауф Маркетинг» (Киев). Размеры плит и их строительные-физические характеристики приведены в табл. 1 и 2 [3].

Размеры гипсокартонных плит

Требование	Толщина плит					
	9,5 мм	12,5 мм	15 мм	18 мм	20 мм	25 мм
Допуск по толщине, мм	± 0,9	± 0,9	± 0,9	± 0,9	± 0,9	± 0,9
Стандартная ширина, мм	1250	1250	1250	1250	600	600
Допуск по ширине, мм	от +0 до -5	от +0 до -5	от +0 до -5	от +0 до -5	от +0 до -5	от +0 до -5
Стандартная длина, мм (начиная с 1250 мм, возрастает с шагом 250 мм)	≤4000	≤4000	≤4000	≤3500	≤3500	≤3500
Допуск по длине, мм	от +0 до -5	от +0 до -5	от +0 до -5	от +0 до -5	от +0 до -5	от +0 до -5
Масса на единицу ГКВ (ГКСП)	≤9,5	≤12,5	≤15	≤18	≤20	≤25
площади, кг/м ² ГКФ (ГКПП)	от 8 до 10	от 10 до 13	от 13 до 16	от 15 до 19	от 16 до 20	от 20 до 26

Примечание. ГКСП – гипсокартонные строительные плиты; ГКПП – гипсокартонные противопожарные плиты.

Таблица 2

Строительно-физические характеристики плит

Компенсационная влажность 20 °С, относительная влажность воздуха 65%	около 0,5	% по массе
Теплопроводность Расчетное значение согласно DIN 4108, часть 4	0,21	Вт/мК
Сопротивление диффузии водяного пара μ DIN 4108, часть 4	6...10	—
Изменение длины, обусловленное влажностью при свободном растяжении	5...8*10 ⁻⁶	на каждый % отн. вл. воздуха
Изменение длины, обусловленное температурой при свободном растяжении	1,3...2,0*10 ⁻⁵	на каждый °К

В случае, когда возникает необходимость защиты строительных элементов и конструкций от излучений, используют специальные гипсокартонные плиты, обработанные свинцом или с наклейкой на их поверхности свинцовых лент. Известно, что при поглощении радиоактивного излучения энергия частиц или фотонов передается атомам или молекулам веществ и превращается в тепловую. Поэтому, кроме радиационно-защитной функции, плиты должны иметь повышенную термостойкость, а в случае пожара – высокую огнестойкость. В этом случае плиты армируют стекловолокном.

В качестве защиты от источников излучения, плиты наиболее часто используют в следующих областях применения радиографических устройств и оборудования.

1. Рентгеновское оборудование и специальная медицинская лучевая дозиметрия, используемые врачами, учреждениями службы здравоохранения и в больницах.
2. Ядерная медицина, радиофармацевтика, биомедицинское оборудование, радиоизотопы и меченые соединения в радиохимических лабораториях и пр.
3. Изотопная техника для измерения наполнения, толщины, плотности и структуры, применяемая в различных областях промышленности.
4. Измерительные устройства массы единицы поверхности, применяемые в бумагоделательной, пластмассовой, упаковочной промышленности (пользователи радиоизотопов).
5. Радиометрия (газовая хроматография и прочее), генераторы нейтронов, ядерная физика и все прочее, что преимущественно используют в исследовательских лабораториях.
6. Излучающие устройства(приборы), используемые при производстве упаковочных материалов, напитков, а также в пищевой и фармацевтической промышленности.

Ниже показан пример конструктивного решения стеновой перегородки (рис. 1 и 2), служащей защитным экраном от источников излучения, используемых в диагностических и терапевтических целях в больницах. Источники излучения должны быть экранированы таким образом, чтобы из-

лучение могло проникать через ограждающие стены и полы. Для сухого способа строительства степень ослабления излучения, особенно рентгеновского, зависит от: напряжения, приложенного к трубке рентгеновской установки в киловольтах, расстояния от установки до защитных экранирующих строительных элементов и плотности строительного материала и его эквивалента слою свинца.

В немецком стандарте DIN 6812 «Медицинское рентгеновское оборудование до 300 кВ» содержатся данные, касающиеся эквивалентности свинца различным строительным материалам. Согласно стандарту различают защитные мероприятия против полезного и против паразитного излучения. Ориентировочные толщины слоя свинца для защиты от излучения, относящиеся к различному рентгеновскому оборудованию приведены в табл.3.

Таблица 3

Устройство	Необходимая толщина слоя свинца для экранирования полезного излучения	Необходимая толщина слоя свинца для экранирования паразитного излучения
Дентальное оборудование	как правило, не требуется никакого дополнительного экранирования	
Мамография	1,0 мм	0,5 мм
Снимок (150 кВ)	2,0 мм	0,5 мм
Просвечивание (110 кВ)	1,5 мм	1,5 мм
Терапия (100 кВ)	3,5 мм	1,5 мм
Терапия (200 кВ)	6,5 мм	4,0 мм
Терапия (300 кВ)	20,0 мм	13,0 мм

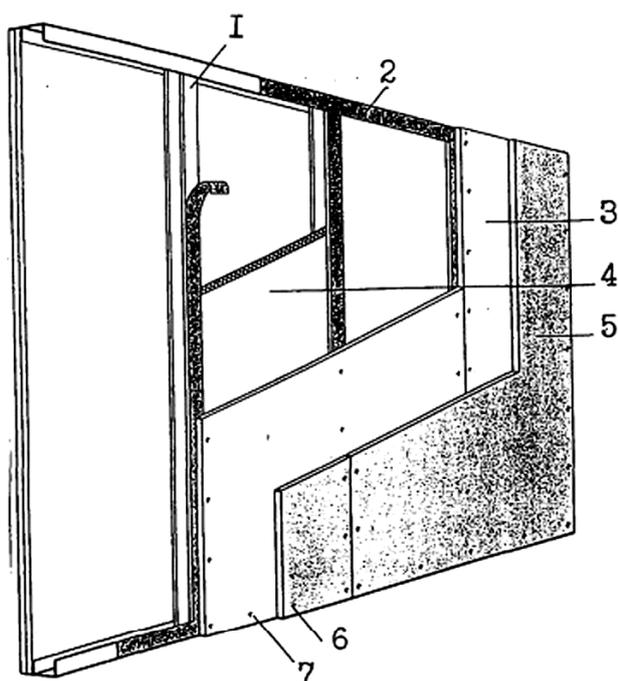


Рис. 1. Конструкция радиационно-защитной стеновой перегородки: 1 – расстояние между осями профильных обрешеточных элементов 62,5 см; 2 – самоклеющиеся вальцованные свинцовые ленты; 3 – обработанные свинцом гипсостроительные плиты; 4 – изоляция; 5 – гипсостроительные или гипсопротивопожарные плиты; 6 – соединительный элемент ТВ 45 длиной 25 см; 7 – то же, ТВ 35.

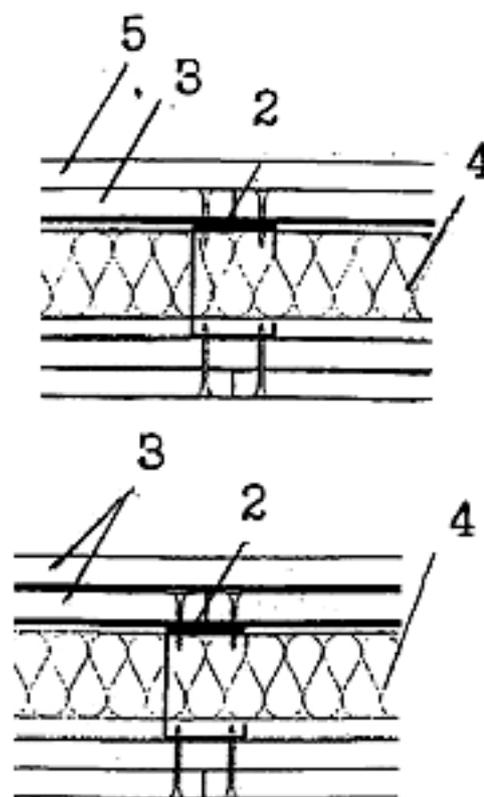


Рис. 2. Варианты конструкции стыков плит. Обозначения см. на рис. 1.

Полезное излучение возникает при работе рентгеновских установок согласно с их назначением и имеет определенное направление, тогда как паразитное, благодаря эффекту рассеива-

ния, может распространяться в различных направлениях и с различной мощностью. При этом местная мощность дозы облучения в свободно доступных помещениях и в жилой зоне не должна превышать 3 мР/неделю.

Защита от излучения жестко встроенного остекления (окна, верхние световые люки) осуществляется с помощью свинцового оконного стекла толщиной от 3,5 до 11,5 мм, соответствующей минимальному свинцовому эквиваленту при 110 кВ от 1 до 3 мм.

ВЫВОДЫ

Строительные мероприятия по защите от излучения при использовании сухого способа строительных работ на основе свинцовой фольги или обработанных свинцом гипсовых строительных плит ограничиваются областью диагностики и рентгеновской терапии незначительной мощности (свинцовый эквивалент до 6 мм).

Для любого излучения, находящегося в пределах от 170 до 400 кВ, смонтированные конструкции, выполненные способом сухих строительных работ, обладают степенью ослабления, значение которой больше значения для соответствующей толщины одного слоя свинца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Циприанович И.В., Старченко А.Ю. Комплексные системы сухого строительства. – К.:Изд-во ОАО «Мастера», 1999. – 192 с.
2. Подвесные потолки общественных зданий /Горохов Е.В., Мушанов В.Ф., Веретенников В.И., Старченко А.Ю., Гавриш А.М., Гулин Д.В., Пахомов И.А., Горохов А.Е. – Киев-Макеевка: РИС ОМС ДонГАСА, 2002. – 96 с.
3. Беккер К., Пфау Й., Тихельман К. Сухой способ строительства. Основные положения. Области применения. Конструкции. Подробности. 2 издание. – Дармштадт: изд. Р.Мюллер, 1996.

Раздел 4. Технология промышленного и гражданского строительства

УДК 624.132.3: 621.878.6

Акимов Ф.Н., к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Оценка эффективности выполнения земляных работ в различных условиях

Предложен метод технико-экономического сравнения землеройно-транспортных машин в различных грунтовых и климатических условиях.

скрепер, грунтовые условия, рабочая зона, технико-экономические показатели, технология работ.

Выполнение земляных работ в строительстве отличается большим разнообразием условий, как следствие, технико-экономических показателей. Факторы, оказывающие наибольшее влияние на эффективность работ, могут быть условно разделены на две группы. К первой относятся факторы, характеризующие объективные условия выполнения работ и практически не зависящие от непосредственных исполнителей: вид и характеристика грунта, наличие или отсутствие промерзания, дальность транспортировки, состояние и уклоны транспортных путей. Ко второй – факторы, зависящие от деятельности исполнителей работ: применяемые средства механизации, технологические схемы, организация работ, квалификация и дисциплинированность персонала, формы оплаты труда и т.д.

Для оценки эффективности выполнения земляных работ при заданном сроке строительства в настоящее время применяют два основных показателя: себестоимость и трудоемкость работ [1]. Эти показатели обычно относят к 1 м^3 грунта. Такой подход позволяет сравнивать между собой показатели земляных работ при условии, что факторы первой группы являются одинаковыми или близкими. При существенном различии этих факторов объекты не сопоставимы. Указанное затруднение может быть преодолено при описании первой группы факторов с помощью показателя качества забоев (рабочей зоны). Этот показатель характеризует совокупность природных, технических и технологических факторов, оказывающих непосредственное влияние на эффективность земляных работ.

В качестве такого показателя целесообразно принимать полезную работу, отнесенную к 1 м^3 разрабатываемого грунта. Общая полезная работа представляет собой сумму полезных работ, выполняемых машиной или комплектом машин. Вид выражения для удельной полезной работы зависит от варианта средств механизации земляных работ. Например, применительно к скреперной разработке грунта показатель имеет вид [2]

$$A_y = K_F + 10^{-3} \gamma (\omega \pm i) L, \text{ МДж/м}^3 \quad (1)$$

где K_F - средняя удельная энергоёмкость заполнения ковша скрепера (МДж), численно равная удельному сопротивлению копания, выраженному в МПа; γ - плотность грунта, кН/м^3 ; ω - среднее удельное сопротивление перемещению скрепера; i - средний уклон транспортного пути; L - дальность транспортирования, м.

В настоящее время получены подобные зависимости и для других вариантов механизации земляных работ [3].

Применение показателей качества забоев позволяет выразить выполненный объём работ не в кубических метрах, как это принято, а в физических единицах работы, и следовательно, привести варианты с различными факторами первой группы к сопоставимому виду.

Для перехода от удельной себестоимости и удельной трудоемкости на единицу работы могут использоваться простейшие соотношения:

$$C_{y.p.} = \frac{C_y}{A_y}, \text{ грн./МДж} \quad (2)$$

$$T_{y.p.} = \frac{T_y}{A_y}, \text{ чел.-ч/МДж} \quad (3)$$

где $C_{y.p.}$ - удельная себестоимость на 1 МДж полезной работы; C_y - удельная себестоимость, грн./м³; A_y - обобщенный показатель качества забоя (рабочей зоны), МДж/м³; $T_{y.p.}$ - удельная трудоемкость на 1 МДж полезной работы; T_y - удельная трудоемкость, чел.-ч/м³.

Важным показателем при сопоставлении эффективности производства земляных работ с различным качеством забоя является условная производительность, которая также может быть получена с помощью показателя:

$$P_1 = \frac{P}{A_y}, \quad (4)$$

где P_1 - производительность, МДж/ч; P - производительность, м³/ч.

Пример расчета удельной себестоимости и трудоемкости на единицу полезной работы при разработке грунта самоходным скрепером с ковшом вместимостью 8 м³ ДЗ-11П представлен в табл. 1. При расчете принимали удельное сопротивление копания для легкого суглинка 0,12 МПа, для тяжелого суглинка 0,18 МПа, плотность легкого суглинка 16,7 кН/м³, суглинка тяжелого 17,2 кН/м³, удельное сопротивление перемещению 0,07.

Таблица 1.

Пример расчета удельной себестоимости и трудоемкости при разработке грунта

Наименование группы	Группы грунта	Дальность перемещения, м	Обобщенный показатель качества забоев, МДж/м ³	Удельная себестоимость		Удельная трудоемкость	
				грн/м ³	грн./МДж	чел.-ч/м ³	чел.-ч/МДж
Суглинок легкий	I	1000	1,31	2,59	1,94	0,055	0,042
		1200	1,55	2,86	1,84	0,061	0,039
		1500	1,91	3,29	1,73	0,071	0,037
		2000	2,50	4,05	1,62	0,087	0,035
Суглинок тяжелый	II	1000	1,41	2,75	1,94	0,060	0,042
		1200	1,65	3,08	1,84	0,067	0,040
		1500	2,02	3,51	1,73	0,077	0,038
		2000	2,63	4,27	1,62	0,094	0,036

ВЫВОДЫ

1. Изложенный метод позволяет:

- выполнять технико-экономическое сравнение вариантов земляных работ в различных условиях;
 - обоснованно планировать, устанавливать и сопоставлять технико-экономические показатели, определять передовые и устаревшие формы механизации и технологию земляных работ.
2. Техничко-экономические показатели практически независимы от факторов первой группы и характеризуют совершенство работы проектной и строительной организации, включая технический уровень средств механизации и совершенство применяемой технологии работ.
3. Дальнейшее развитие данного направления позволит усовершенствовать тарифное и техническое нормирование в зависимости от качества забоев (рабочей зоны) земляных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологія будівельного виробництва / За ред. В.К. Черненко, М.Г. Ярмоленка. – К. Вища школа, 2002.
2. Богуславский В.Е., Акимов Ф.Н. Оценка качества забоев скреперов с помощью обобщенных показателей. Изв. Вузов. Строительство и архитектура, 1984, №6.
3. Богуславский В.Е., Соха Н.Н. Оценка условий эксплуатации гусеничных бульдозеров. В.сб.: Горные, строительные и дорожные машины. - Киев, 1984, вып..37.

Корохов В.Г., к.т.н., профессор, Бурова И.В., инженер, Гармаш М.А., инженер
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Расчет размеров формующей головки шнекового пресса для кирпича, труб, пластмасс

Основной машиной в производстве глиняного кирпича, труб, бетонных погонажных изделий, а также при изготовлении полимерных профилированных изделий являются шнековые (винтовые, червячные) прессы, которые придают изделиям требуемую геометрическую форму, размеры и плотность.

Прессование, давление осевое, радиальное, коэффициент трения, блоковое давление, влажность, скорость, диаметр, длина, конусность, масса.

Важным технологическим показателем прессов является необходимость придания изделию требуемой плотности, чтобы сформованное изделие не оплывало, не теряло свою первоначальную форму, а сохраняло ее при последующей термообработке или сушке. Это свойство изделия зависит от нескольких факторов, основными из которых являются давление, оказываемое шнеком на массу, прессуемую в формующей головке, и физико-механические свойства массы – ее влажность, коэффициенты трения и бокового давления. В свою очередь давление прессования зависит от конструкции шнекового механизма, но в основном является функцией размеров (длины и конфигурации) формующей головки. Если физико-механические свойства сырья, подлежащего прессованию, сравнительно просто определяют лабораторным путем, то для оценки противодавления формующей головки или ее конструктивных параметров при известном давлении, заданном технологией процесса, практически отсутствуют расчетные зависимости. Целью настоящей работы является получение этой зависимости, необходимой для проектного расчета формующей головки при создании или модернизации прессов с более эффективными параметрами конструкции рабочих органов и режима работы. Это позволит отказаться от экспериментального подбора размеров формующей головки. На долю же эксперимента останется лишь уточнение прогнозируемых расчетных значений.

Принципиальная схема формующего шнекового пресса показана на рис. 1. Вращающийся шнек 1 размещен в замкнутом цилиндре 2 диаметром D . Над этим цилиндром находится сообщающийся с ним бункер 3 для приема прессуемого сырья, которое из него попадает в межвитковое пространство шнека. Участок цилиндра длиной l , распложенный влево от торца шнека 1, представляет собой формующую цилиндрическую головку 4. Цилиндрический участок вала 5 диаметром d является формообразующим элементом внутренней полости изготавливаемого трубчатого изделия из глины или бетона. При вращающемся шнеке сырьем необходимой влажности поступает в бункер 3 и заполняет межвитковые каналы этого шнека 1. Оно перемещается шнеком, испытывая давление со стороны его витков. Сырье уплотняется шнеком и перемещается в формующую камеру. Степень уплотнения сырья зависит от значения давления прессования, которое определяется сопротивлением его движению, создаваемому силами трения этого сырья о внутреннюю поверхность формующей головки и о наружную поверхность пустотообразующего участка вала. Таким образом оно зависит от сил трения, в кольцевом канале, по которому движется сырье. А это значит, что зависит от коэффициента трения, от продольных и поперечных размеров этого канала. Поэтому длина l формующей головки (при заданных ее поперечных размерах) является искомым конструктивным показателем машины, обеспечивающим эффективность ее работы. Осевое давление, создаваемое шнеком, а следовательно, и радиальное давление сырья на стенки кольцевого канала формующей головки, непостоянно вдоль ее длины, что усложняет расчет длины этой головки. Давление вдоль камеры изменяется по закону, близкому к линейному: по мере удаления прессуемого сырья от шнека и радиальное и осевое давление уменьшается в результате расхода энергии на преодоление трения. Это подтверждено многочисленными экспериментальными исследованиями при размещении тензометрических датчиков вдоль формующей камеры. Спрессованное трубчатое изделие перемещается по валу 5 за пределы формующей камеры и далее его разрезают на участки нужной длины.

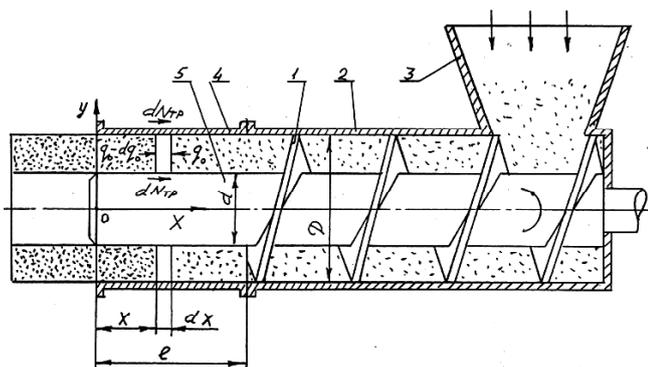


Рис.1. Шнековый пресс с цилиндрической формующей головкой. Формование трубы.

Для расчета длины l цилиндрической формующей головки, обеспечивающей требуемое давление прессования, выделим кольцевой элемент находящейся в равновесии массы толщиной dX . Ось X прямоугольной системы координат расположим вдоль оси пресса, за начало координат примем точку O на торце цилиндрической камеры. Силами веса и инерции частиц пренебрегаем ввиду их малости.

На выделенный элемент сырья, находящийся в формующей головке, действует со стороны шнека осевое давление q_0 , а с противоположной стороны – давление $q_0 - dq_0$, где dq_0 – это потеря давления на трение о стенки камеры. Обозначим площадь кольца, на которую действует осевое давление витка шнека, через F . Сила этого давления равна произведению площади кольца на указанное осевое давление, т.е. Fdq_0 . Из условия равновесия действующих сил, сила давления уравнивается приращением силы трения - $dN_{тр}$. Спроектировав эти силы на ось X получаем

$$Fdq_0 = dN_{тр} \quad (1)$$

Левая сторона этой зависимости

$$Fdq_0 = \frac{\pi(D^2 - d^2) dq_0}{4}, \quad (2)$$

где D и d – соответственно наружный и внутренний диаметры шнека.

Правая составляющая равенства (1) определяется произведением радиального давления q_r , коэффициента трения f сырья о стенки канала и площади соприкосновения выделенного элемента о стенки этого кольцевого канала, т.е. наружным диаметром D и внутренним d

$$dN_{тр} = q_r \cdot f \cdot \pi(D + d) dx \quad (3)$$

Радиальное давление q_r составляет часть осевого давления q_0 , т.е. $q_r = q_0 \varepsilon$. Коэффициент бокового давления сырья ε определяют в лабораторных условиях на стабилometре. Для разнообразных прессуемых материалов его значение находится в широких пределах — от 0,7 до 0,95. Исходя из указанного можно записать

$$dN_{тр} = q_0 \cdot \varepsilon \cdot f \cdot \pi(D + d) dx \quad (4)$$

Приравняв правые части уравнений (2) и (4), заменив обозначения dx на $d\ell$, получаем

$$\frac{\pi(D^2 - d^2) dq_0}{4} = q_0 \varepsilon f \pi(D + d) d\ell \quad (5)$$

откуда

$$dx = d\ell = \frac{\pi(D^2 - d^2) dq_0}{4 \varepsilon f \pi(D + d) q_0} \quad (6)$$

после преобразования получим

$$d\ell = \frac{dq_0}{q_0} \cdot \frac{(D^2 - d^2)}{4 \varepsilon f (D + d)}, \quad (7)$$

$$\ell = \frac{D^2 - d^2}{4 \varepsilon f (D + d)} \int_{q_{0, \text{кон}}}^{q_{0, \text{нач}}} \frac{dq_0}{q_0}, \quad (8)$$

где l , D и d — размеры в м.

После интегрирования получаем расчетное уравнение для определения длины формующей головки пресса, позволяющей вести процесс при заданном давлении прессования

$$\ell = \frac{(D^2 - d^2)}{4\varepsilon f(D + d)} \cdot \ln \frac{q_{o, \text{нач}}}{q_{o, \text{кон}}}, \quad (9)$$

Для конкретных условий прессования одного из материалов с $\varepsilon=0,93$ влажностью 78% при начальном и конечном заданных давлениях прессования соответственно $q_{o, \text{кон}}=0,02$ Мн/м² и $q_{o, \text{нач}}=0,25$ Мн/м² в цилиндрической формующей головке преобразовав зависимость (9), получим расчетное уравнение

$$\ell = \frac{0,63(D^2 - d^2)}{\varepsilon f(D + d)}, \text{ м} \quad (10)$$

Для практических расчетов цилиндрической формующей головки, предназначенной для материалов с известными физико-механическими свойствами, целесообразно воспользоваться уравнением (9) в этом же виде или преобразовав его относительно $q_{o, \text{нач}}$. При известном значении ℓ это позволит определить, какое начальное осевое давление создаст прессующая головка известной длины и будет ли это давление соответствовать требуемому значению технологического процесса.

Для расчета длины цилиндрической формующей головки без пустотообразователя в условиях (2-9) следует принимать $d=0$.

ВЫВОД

Уравнение (9) позволяет выполнить проектный и проверочный расчеты длины формующей головки прессов для кирпича, труб и других изделий, получаемых непрерывным формованием и прессованием сырья при известных его физико-механических свойствах и заданном технологически проверенном давлении прессования. Использование этих зависимостей на стадии проектирования машины позволит отказаться от подбора длины формующей головки экспериментальным путем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ковалев А. А., Морозов А.Д. Исследование энергетических характеристик пневмомеханической установки для сыпучих материалов — Симферополь. КАПКС - 2004.
2. Ковецкий Г.Д., Королев А.В. Процессы и аппараты пищевых производств — М.: Агропромиздат. 1991 г.
3. Борщевский А.А., Ильин А.С. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий — М.: Высшая школа. 1987 г.
4. Сапожников М.Я., Дроздов Н.Е. Справочник по оборудованию заводов строительных материалов — М: Издательство литературы по строительству, 1970 г.

Морозов А.Д., к.т.н., профессор, Жидов С. Н., аспирант, Чередниченко И. А., инженер
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Результаты исследования систем очистки воздуха пневморазгрузчиков пылевидных грузов

Приводятся результаты исследования регенерации фильтров пневморазгрузчиков пылевидных грузов

Пневморазгрузчик, фильтр, вакуум, фильтрующая ткань, аэродинамическое сопротивление, цикл регенерации

Разгрузку цемента, минпорошка и других пылевидных строительных материалов из крытых железнодорожных вагонов обычно выполняют с применением пневматических разгрузчиков всасывающе-нагнетательного действия типа ТА – 27А ; ТА – 33А; ТА – 27М и ТА – 33М, производительностью 50 – 90 т/ч при дальности транспортирования до 50 м с подъёмом материала по вертикали до 35 м.

Принципиальная схема работы пневматического разгрузчика всасывающе-нагнетательного действия представлена на рис. 1

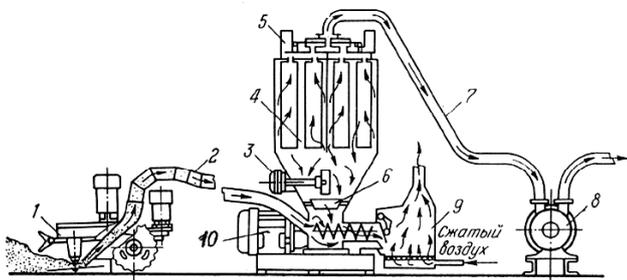


Рис.1 Принципиальная схема работы пневматического разгрузчика всасывающе-нагнетательного действия для пылевидных грузов

1- заборное устройство; 2- материалопровод; 3- указатель уровня; 4- осадительная камера с блоком рукавных фильтров; 5- электромагнит системы управления регенерацией фильтров; 6- отбойник; 7- воздухопровод; 8- вакуум-насос; 9- смешительная камера; 10- пневмовинтовой питатель

С увеличением слоя пыли на поверхности фильтровальной ткани начинает существенно увеличиваться сопротивление рукавных фильтров и падает производительность заборного устройства пневморазгрузчика, при одновременном увеличении энергозатрат на транспортирование нарушается стабильный режим работы разгрузчика из-за низкого уровня материала в осадительной камере 4 и прорыва воздуха через шнек пневмовинтового питателя 10 из смешительной камеры 9. Очистка ткани от слоя осевших частиц производится периодически встряхиванием рукавов блока фильтров с помощью электромагнитного устройства 5. Сопротивление фильтра (потеря давления) складывается из сопротивления фильтрующей ткани и сопротивления слоя осевшего материала и приближённо определяется по формуле:

$$\Delta p = \mu \cdot v_{\phi} \cdot (R_{\phi m} \cdot \beta + R_{cl}) \quad , \text{ н/м}^2 \quad (1)$$

более точное определение сопротивления рукавного фильтра осуществляется по формуле, приведённой в работе [1].

$$\Delta p = \mu \cdot v_{\phi} \cdot (R_{\phi m} \cdot \beta + r_0 \cdot \frac{k \cdot \eta \cdot v_{\phi} \cdot z}{\rho_{каж}} \cdot t) \quad , \text{ н/м}^2 \quad (2)$$

где: μ - динамическая вязкость газа; v_{ϕ} - скорость фильтрования; $R_{\phi m}$ - сопротивление чистой ткани; R_{cl} - сопротивление слоя осадка; β - коэффициент, учитывающий увеличение сопротивления ткани в процессе эксплуатации, $\beta = 2,0 - 3,0$; r_0 - удельное объёмное сопротивление осадка; k - коэффициент осаждения

С помощью самоходного заборного устройства 1 пылевидный материал по гибкому материалопроводу 2 подаётся в осадительную камеру 4, за счёт создания рабочего вакуума (не менее 60%) с помощью вакуумнасоса 8.

Пневмовинтовой питатель 10 (пневмоподъёмник или пневмонасос) материал из осадительной камеры 4 подаёт в смешительную камеру 9, откуда он по транспортному материалопроводу поступает в силосные банки склада сыпучих материалов.

После осаждения материала в осадительной камере 4, транспортирующий агент проходит окончательную очистку от транспортируемого материала в блоке рукавных фильтров, смонтированных в верхней части камеры 4 и затем выбрасывается в атмосферу.

Принцип очистки воздуха от материала основан на фильтрации его через поры ткани и слой осевшего материала (пыли).

пыли на ткани; η - степень очистки, в долях единиц; z - концентрация материала в воздушном потоке; $\rho_{\text{каже}}$ - кажущаяся плотность пыли в слое; t - время фильтрования (время работы фильтра между встряхиваниями); t выбирается таким образом, чтобы Δp не превышало 2000 н/м².

Сопротивление рукавного фильтра прямо пропорционально скорости фильтрования V_ϕ , поэтому V_ϕ принимается относительно небольшой и зависит от типа ткани:

для хлопчатобумажной и шерстяной ткани $V_\phi = 0,01 - 0,02$ м/с;

для синтетической ткани $V_\phi = 0,0085 - 0,017$ м/с;

для стеклоткани $V_\phi = 0,005 - 0,015$ м/с.

Скорость отнесена к полной поверхности фильтрующего блока. Увеличение скорости ведёт к увеличению сопротивления, а следовательно, к увеличению механических нагрузок на ткань и снижению степени очистки.

Сопротивление фильтрованной перегородки $R_{\phi n}$ в 2 - 3 раза выше, чем сопротивление чистой фильтрованной ткани за счёт забивания пор ткани осевшими частицами материала, которые не удаляются при встряхивании и даже при обратной продувке.

На практике, в зависимости от вида транспортируемого материала и требуемой степени очистки выбрасываемого в атмосферу воздуха, потерю давления принимают в диапазоне 750 - 1500 н/м², что позволяет с помощью формулы (2) определить расчётное время цикла регенерации фильтров и время восстановления вакуума, однако погрешность этих расчётов достигает 40 - 70 %.

С целью повышения технической производительности пневморазгрузчиков при тех же энергозатратах и уменьшения выброса в атмосферу пылевидных материалов при степени очистки воздуха 0,995 были произведены в заводских условиях исследования работы пневморазгрузчиков цемента типа ТА-27А и ТА-33А и пневморазгрузчиков минпорошка типа ТА-27М и ТА-33М, позволивших получить экспериментальные данные по аэродинамическому сопротивлению фильтров, работе заборного устройства, узлов всасывающего и нагнетательного участков, а также измерить и получить соотношения времени продувки и восстановления вакуума.

Измерение вакуума, аэродинамических характеристик заборного устройства и аэродинамических сопротивлений фильтров из различных материалов, осуществляли с помощью вакуумметров ВПЗ-У, ДВ-15м и мембранных дифференциальных датчиков.

ВЫВОДЫ

1. Анализ измерений аэродинамических сопротивлений фильтров, прошедших начальное засорение и многократно регенерированных, показал, что восстановление фильтрующих (рабочих) характеристик после регенерации достигает около 95 % для фильтров из хлопчатобумажных и шерстяных тканей и почти 100 % из синтетических и стеклотканей.
2. В случае отсутствия автономности (гарантированного разделения) секторов камеры фильтров наблюдается резкое снижение эффективности процесса регенерации.
3. Время продувки и восстановления вакуума зависит не только от транспортируемого материала, типа фильтровальной ткани, рабочего вакуума, но и от соотношения рабочих объёмов всасывающего тракта и производительности вакуум-насоса. Для пневморазгрузчиков типа ТА-27А и ТА-27М время продувки 2 - 3 сек., а время восстановления вакуума 15 - 20 сек. Для пневморазгрузчиков типа ТА-33А и ТА-33М время продувки 3 - 4 сек., а время восстановления вакуума 20 - 25 сек. Полный цикл регенерации фильтров для пневморазгрузчиков типа ТА-27А и ТА-27М составляет 45 - 50 сек., для установок типа ТА-33А и ТА-33М - 52 - 60 сек.
4. Дальнейшее повышение технической производительности пневморазгрузчиков, автоматическая стабилизация режимов работы всасывающего и нагнетательного трактов, уменьшение аварийных выбросов материала в атмосферу, повышение экологической чистоты отработанного транспортирующего агента, может быть достигнуто только после разработки и внедрения комплексной автоматической системы управления отдельными механизмами и блоком регенерации фильтров.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Абросимов Ю.В. « Каркасные стеклотканевые фильтры НИИОГАЗа», М., «Машиностроение», 1982.-185 с.
2. Морозов А.Д. Пневмомеханическое разгрузочно-транспортное оборудование предприятий стройиндустрии. Симферополь.Изд.КИПКС., 1997.-222с.
3. Морозов А.Д. Научные основы создания пневмомеханических разгрузочно-транспортных машин. Симферополь.Изд. КАПКС.,2002.-256с.

Эльжбета Шафранко, инженер

Факультет Технических Наук, Университет Варминско-Мазурски в г. Ольштын, Польша

Возведение монолитных конструкций с применением сборно-разборных переносных формирующих устройств

Рассматриваются вопросы возведения монолитных конструкций с применением сборно-разборных переносных формирующих устройств в практике многоэтажного высотного строительства Польши.

Монолитное бетонное строительство, монтажные приспособления, опалубка, элементы опалубок, технология работ

Монолитное бетонное строительство уже много лет является популярным решением. Это решение обеспечивает экономические, строительные и эксплуатационные эффекты. Этот тип конструкции приобрел особенную популярность в период развития высоких и нетиповых объектов. Конструкция высоких объектов, как правило, является каркасной или монолитной конструкцией, или соединением этих двух решений. Одними из первых объектов, при строительстве которых применяли монолитные конструкции, были дымовые трубы и шахтные стволы в шахтах. В многоэтажном высотном строительстве монолитные и каркасные методы и их соединение решительно вытеснили стальное строительство. Высокие здания, как правило, имеют систему несущих стен и монолитный стержень, принимающий основную нагрузку. Естественно, фундаменты, столбы и балки, составляющие конструкцию подвалов и подземных гаражей под зданиями также выполнены в виде монолитной конструкции.

Монолитные конструкции также применяют в строительстве инженерных объектов, таких как виадуки, мосты, туннели, подземные гаражи и другие. При конструкциях такого типа практически полностью отказались от готовых элементов и других решений.

Все большей популярностью пользуются монолитные и каркасно-монолитные конструкции, благодаря следующим чертам этого типа строительства:

- универсальности решений,
- пространственной, эффективной работе конструкции,
- низкому капиталовложению,
- быстрой реализации,
- меньшей стоимости.

Выше перечисленные черты являются результатом того, что в монолитном строительстве применяют промышленно-произведенные универсальные приспособления многоразового использования, вводят централизованно-произведенные элементы арматуры и бетонную смесь. Существенным является факт высокой механизации всех процессов – применение подъемных кранов для монтажа и демонтажа опалубки, монтажа арматуры, переноса емкостей с бетонной смесью, применение специальных машин и насосов для транспортировки бетонного раствора, уплотняющих механизмов- вибраторов и агрегатов обезвоздушивания.

Монолитное строительство заключается в возведении строительных и инженерных объектов таким образом, что элементы конструкции формируют, армируют и бетонируют на том месте, на котором проектируемый объект будет использован. Из этого исходит специфика такого типа строительства и основные проблемы, связанные с его реализацией: соответственная и точная установка формирующих приспособлений, правильное и согласно с проектом исполнение армирования, заливка конструкции бетонной смесью таким образом, чтобы обеспечить правильную работу конструкций, соответственная разборка опалубки. В этой работе будет представлена прежде всего проблема подготовки формирующих приспособлений.

Классификация формирующих приспособлений

В строительной практике используют различного вида формирующие приспособления, которые называют опалубками. Самым старшим решением является традиционная опалубка из досок. В настоящее время очень популярны сборно-разборные переносные формирующие приспособления.

собления малых и больших размеров. Для строительства конструкции больших размеров используют передвижные, скользящие и перекатывающиеся приспособления. Во время строительства зданий чаще применяют опалубку многоразового использования, сборно-разборную или традиционную.

Популярная когда-то опалубка из досок, в настоящее время применяется в нетиповых случаях – в немодульных строительных конструкциях (фото 1) или как дополнение к системной опалубке (фото 2). Она выполнена из досок, древесно-стружечной плиты или из фанеры, подогнанных для решения нетиповых ситуаций.



Фото 1. Традиционная опалубка из досок.

Системные опалубки – это опалубки из плит малых и больших размеров, сборно-разборные, переносные. Системные опалубки характеризуются тем, что производители поставляют комплект формирующих щитов (фото 3), элементы, обеспечивающие соответствующую толщину (фото 4), соединительные элементы (фото 5), трубные подкосы, обеспечивающие статичность монтируемых элементов (фото 6), консольные элементы, телескопические стойки для монтажа опалубки перекрытий (фото 7), элементы рабочих площадок (фото 8), а также усиливающие конструкции в случаях монтажа опалубки больших размеров.

Опалубки небольших размеров являются более универсальными, чем крупногабаритные опалубки, однако их монтаж является более трудоёмким. Большое количество соединений при применении опалубки небольших размеров затрудняет получение гладкой поверхности.

Требования, касающиеся технологии работ

Технология производства монолитных работ требует высокой трудовой дисциплины и хорошей организации. Важным моментом является поддержка высокого технического уровня опалубки, а особенно сохранение формы (плоские элементы) и противодействие прилипанию бетона к поверхности опалубки. Это основывается на поддержке чистоты поверхности опалубки, а также смазки её специальными предохраняющими веществами. (Фото 9).

Существенным является точная установка и соединение опалубки таким образом, чтобы выполненный элемент объекта полностью соответствовал проекту. Правильную установку элементов опалубки обеспечивают представленные ранее соединительные элементы, подкосы и т.п. Однако точную установку уровня перекрытия или вертикали стен могут обеспечить только точные измерения. (Фото 10).



Фото 2. Традиционная опалубка для лестничной клетки досок узкой балки.

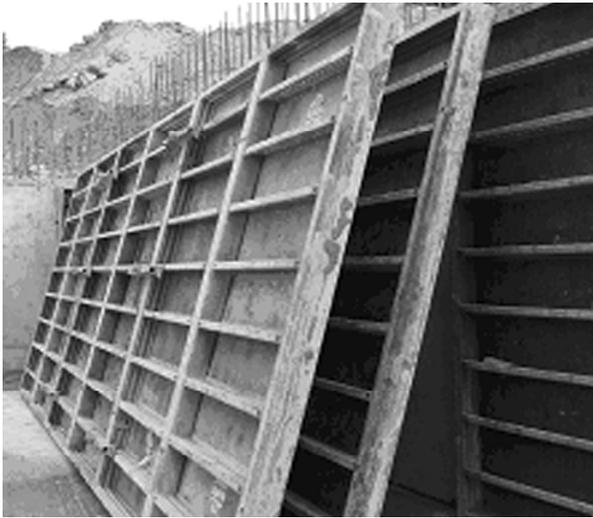


Фото3. Комплект формирующих щитов.



Фото4. Вставка, регулирующая толщину стены.



Фото 5. Соединительные элементы формирующих щитов.



Фото 6. Трубные подкосы.



Фото 7. Элементы, подпирающие опалубку перекрытия.



Фото 8. Рабочие площадки.



Фото 9. Чистка и смазка опалубки

Материалы, используемые при производстве элементов переносной сборно-разборной опалубки

Вопрос, касающийся материалов, следует рассматривать, разделяя материалы на три основные группы:

- формирующие щиты,
- материалы конструкции лесов,
- материалы соединяющих элементов (дистанционные вкладыши, соединители и т.п.).

Формирующие щиты, с точки зрения исполняемой ими роли в период возведения монолитной конструкции, должны обладать определенными свойствами. Должны обеспечить требование гладкости и формы поверхности и в связи с вышеизложенным должны отличаться высокой прочностью, твердостью, водостойкостью, устойчивостью к эксплуатационным нагрузкам (воздействия как мокрого так и сухого раствора). Кроме того, они обязаны иметь относительно низкую массу по отношению к объему. Материалами, которые лучше всего выполняют данные требования в зависимости от размера элемента и условий эксплуатации являются: водостойкая фанера, стальные листы и искусственные материалы.



Фото 10. Регулировка высоты и уровня перекрытий

печивают стабильность и толщину формируемых элементов. Используют также элементы из искусственных материалов, например, дистанционные вкладки для армирования.

ВЫВОДЫ

Переносные сборно-разборные формирующие приспособления охватывают комплект элементов, из которых можно собрать опалубку, отвечающую формой и размерами различным конструкциям. Эти универсальные системы позволяют получать элементы высокой точности в размерах и гладкой поверхности. Известны также решения, позволяющие получать интересные структуры наружных поверхностей. Материал, применяемый для производства этих элементов, обеспечивает им высокую устойчивость и длительный срок службы. Увеличение использования монолитного и монолитно-каркасного строительства ведет за собой постоянный рост технологий и усовершенствование систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ровински Л., Кобела М., Скаржински А. „Технология монолитного бетонного строительства” – PWN Warszawa, 1980–816 с.
2. Каталоги машин и формирующих устройств.

Допустимый изгиб формирующих щитов определяют по условию:

- для лицевой поверхности конструкции:

$$f \leq 1 / 400l \quad /1/$$

- для скрытых поверхностей :

$$f \leq 1 / 250l \quad /2/$$

При расчетах принимают во внимание также воздействие вибраторов, используемых для уплотнения бетонной смеси внутри формы.

Самым популярным материалом для выполнения конструкций как щитов, так и лесов является сталь, чаще всего в виде труб, защищенных различными покрытиями от ржавчины. Из металла изготавливают элементы, усиливающие конструкцию щитов в виде балок, решеток, подмостей и подпорок. Иногда подпирающие конструкцию опалубки перекрытий балки могут быть выполнены из дерева.

Различные элементы формирующих приспособлений чаще всего запатентованы производителями. Они чаще всего производятся из стали, защищенной от ржавчины, а также из алюминиевых сплавов, что уменьшает их массу. Металлические элементы чаще всего обеспечивают стабильность и толщину формируемых элементов.

Хазанзун М.С., инженер, чл.-корр.
Академия строительства Украины

Внедрение передового опыта и новых технологий в тресте «Перекопхимстрой» – один из важнейших факторов сокращения сроков строительства и повышения эффективности

Из истории строительства в Крыму гг. Красноперекопска, Армянска в 1970-1978 гг.
передовой опыт, новые технологии, сроки строительства, эффективность

В марте 1970г. меня перевели в трест «Перекопхимстрой» на должность главного инженера. Масштабы развернувшегося строительства Крымского содового завода и завода двуокиси титана впечатляли. На содовом заводе забивали сваи, выполняли фундаменты, строили вспомогательные сооружения.

На заводе двуокиси титана с начала 1970 года работал цех по выпуску серной кислоты, котельная, начато строительство цеха №1 по выпуску двуокиси титана.

Предстояла большая работа. По распределению обязанностей между руководством треста на меня была возложена ответственность за строительство городов Красноперекопск и Армянск, за бесперебойную работу и развитие завода ЖБИ в п.Исходное, РБУ в г.Красноперекопске, строительство перевалбазы песка в г.Цюрупинске Херсонской области.

Главной моей обязанностью была организация инженерной работы в тресте.

Крупное строительство требовало большого расхода строительных материалов. Необходимо было добиться снижения расхода строительных материалов и повышения производительности труда. На стройках треста постоянно внедряли передовой опыт, новые технологии, механизация отделочных и других трудоемких работ, новые экономичные материалы.

Взамен деревянной опалубки применяли металлическую. Было освоено применение эпоксидных смол для склеивания бетона и установки анкерных болтов под монтаж технологического оборудования. На жилищном соцкультбытовом строительстве применяли короткие пирамидальные сваи, металлическая опалубка «монолит-72», устройство эмульбитных кровель, комплексная механизация штукатурных и молярных работ и др.

Содействовало сокращению сроков строительства и повышение производительности труда, проведение многочисленных школ передового опыта и соревнований по профессиям.

Постоянно совершенствовали и укрепляли собственную производственную базу. В 1974-1975 гг. были построены: завод стройизделий (механизированные производства покрасочных колеров, деревянных изделий, раскроя стекла, линолеума, жестянички изделий и пр.), комплекс участка новой техники и малой механизации, цех эмульбитных мастик и др.

О роли внедрения передового опыта свидетельствуют следующие примеры. Применение разработанной и изготовленной в тресте самоходной бетонировочной установки с крупноразмерной металлической опалубкой при бетонировании железобетонных стен, склада сырья и топлива Крымского содового завода.

Это позволило сократить сроки строительства объекта в 1,5 раза и сэкономить до тысячи м³ лесоматериалов. Работу выполнила с высоким качеством бригада, руководимая В.В. Ганденбулом.

Следует отметить, что самоходная установка была нами впервые применена на стройках Минпромстроя Украины.

Или другой пример.

В 1976 году предстояло уложить 2 нитки рассолопровода по 29 км каждая из металлических труб диаметром 530 мм от Солепромысла до Крымского содового завода. По проекту была предусмотрена весьма усиленная изоляция труб двумя слоями бризола по битумной мастике с покрытием крафт-бумагой. Эта технология трудоемкая, требующая большого расхода материалов. По предложению технического совета треста и рационализаторов начальника

технического отдела В.П. Абесова, главного механика А.Н. Уранова и др. внедрили новую технологию весьма усиленной изоляции на основе лака-этиноль (отходы каучуковой промышленности). Изоляцию труб лаком-этиноль выполняли механизированным способом на изолировочной машине, изготовленной в тресте и установленной в УПТК.

Внедрение этой технологии позволило сократить сроки строительства рассолопроводов в 2 раза, сэкономить 630 т битума и 210 тыс.м³ бризола и получить большой экономический эффект. Об этом опыте с изложением подробной технологии работ мною была опубликована статья «Противокоррозионная защита этинолевой мастикой» (журнал «Промышленное строительство» Москва №4 – 1977г.).

И подобных примеров творческого поиска путей сокращения сроков строительства, экономии материалов и повышения производительности труда было немало.

В этот период 1970 – 1977 гг. многотысячный коллектив строителей и монтажников работал напряженно и успешно. Пусковые комплексы двуокиси титана и Крымского содового завода, в основном, вводили досрочно

- В 1971 году был введен досрочно на 14 месяцев комплекс по производству 640 тыс. тонн аммофоса и цех №1 двуокиси титана 40 тас. Тонн в установленный срок.
- В 1973 году на 9 месяцев раньше установленного срока был введен комплекс по производству серной кислоты мощностью 360 тыс. тонн.
- В 1975 году на 4 месяца раньше установленного срока был введен цех красных железисто-окисных пигментов.

На Крымском содовом заводе 3 пусковых очереди по 225 тыс. тонн кальцинированной соды также были сданы досрочно.

В срок и досрочно вводили в гг. Красноперекопске и Армянске жилые дома, школы, детские сады, профтехучилища, больница, поликлиника, кинотеатр «Титан», торговый центр, база ОРСа в г.Армянске.

Внедрение передового опыта и новых технологий в тресте «Перекопхимстрой» было делом всего коллектива, а не одиночек, что положительно влияло на ускорение строительства и повышение его эффективности.

ВЫВОД

Борьба за повышение производительности труда, качества работ и экономию строительных материалов с помощью внедрения передового опыта и новых технологий стало делом всего коллектива треста «Перекопхимстрой» и явилось одним из важнейших факторов досрочного или своевременного ввода объектов промышленности, жилья и соцкультбыта.

Раздел 5. Техногенная безопасность

УДК 338.24:504.75

Ветрова Н.М., к.э.н., доцент.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Системно-целевой и функционально-технический подходы экологического менеджмента для рекреационных территорий

Исследованы современные концептуальные теоретические подходы к моделированию системы управления экологической безопасностью рекреационного региона. В статье обоснована блок-схема проектирования системы управления, рассмотрено содержание каждого блока задач в рамках системно-целевого и функционально-технического подходов.

Система рекреационного региона, системный анализ, системно-целевой подход, функционально-технический подход, функции управления экологической безопасностью, рыночные условия

Для эффективного использования имеющихся рекреационных ресурсов Крыма и развития регионального рекреационно-экономического комплекса как социально-экономической системы с активными элементами необходимо решение проблем управления. При этом, с одной стороны, присутствует необходимость управления собственно производителями рекреационных услуг - посылка обосновывается многофункциональным разделением труда при производстве рекреационной услуги. С другой стороны – рекреационный комплекс является частью региональной социально-экономической системы, которая в целом должна осуществлять деятельность с учетом экологической доминанты [1, с. 131], что также требует управления как инструмента согласованности действий. Таким образом, осуществление процесса управления на региональном уровне предполагает формирование организационной структуры управления, позволяющей реализовать цели и задачи, в том числе, экологического направления, анализировать и оценить достигнутые результаты, координировать и прогнозировать деятельность экономических субъектов. Совершенствование указанной структуры управления является необходимым условием для эффективного управления комплексом, особенно в период коренного реформирования всей системы хозяйствования. Однако отмечаются определенные сложности в этом вопросе и поэтому рассмотрение современных подходов к совершенствованию механизма управления экологической безопасностью рекреационных территорий является целью данной статьи.

Исследование проблем управления экологической безопасностью на региональном уровне осуществляли ряд ученых - А.И. Данилов [2], А.Д. Липенков [3], М.М. Быченко, А.М. Трофимчук [4], В.Р. Лозанский [5], И.В. Масленникова [6], Б.М. Данилишин [7], А.Б., Качинский, Т.А. Хмель [8], В.Я. Шевчук, Ю.М. Сагалкин, В.М. Навроцкий [9] и другие, хотя для рекреационных территорий подходы не конкретизированы.

Следует отметить, что разработка механизма управления в рекреационной сфере предполагает изучение процессов, протекающих внутри рассматриваемой социально-экономической системы. При этом целесообразно использовать современные теоретические основы системного анализа, одной из принципиальных особенностей которого, отличающей его от других направлений исследований, является выявление закономерностей целеобразования в сложных, развивающихся системах с активными элементами [10]. Это определяется требованием учета большего числа факторов различной природы, влияющих на решение задач экономики и организации современного производства, включая рекреационную сферу. При этом следует учитывать, что объективное и научное обоснование принятия решений в системах управления основывается на системных представлениях, подходах и методах системного анализа, которые помогают получить и уточнить (формализовать) вербальное описание проблемной ситуации с одной стороны и интерпретировать формальные модели, связывать их с реальной действительностью с другой [10].

Кроме этого, успешное применение системного анализа зависит от определения целей исследований (конкретная постановка задачи); наличия необходимой и достаточной для сформулированной задачи детализации описания объекта или ситуации; выбора подходов и методов системного анализа.

Сложность социально-экономических систем предопределяет при проектировании организационной структуры управления ими использование метода имитационного моделирования в рамках системного анализа. Это связано с тем, что решение оптимизационных задач в рамках математических моделей, даже с использованием новейших ЭВМ, затруднительно, поскольку часто не представляется возможным формализовать критерий оптимальности организационной структуры, достаточно полно отражающей ее реальность [10].

При этом особое место в методологии системного анализа при разработке механизма управления экологической безопасностью занимают системно-целевой и функционально-технологический подходы.

Применение *системно-целевого подхода* обеспечивает соответствие сложности организационной структуры сложности (или разнообразию) целей производящей системы, а поиск параметров организационной структуры осуществляется на множестве задач управления, состав которых определяется исходя из структуризации целей системы.

Применение *функционально-технологического подхода* позволяет осуществить выбор необходимых в условиях системы (комплекса) состава функций и задач управления путем структуризации целей «сверху» и определить параметры организационной структуры подходом «снизу», т.е. путем группировки задач управления в функционально самостоятельные блоки, которые должны выполнять соответствующие звенья аппарата управления.

Именно комбинирование двух названных подходов было использовано при разработке блок-схемы проектирования организационной структуры управления экологической безопасностью рекреационного региона, включающей следующие блоки (рис. 1).

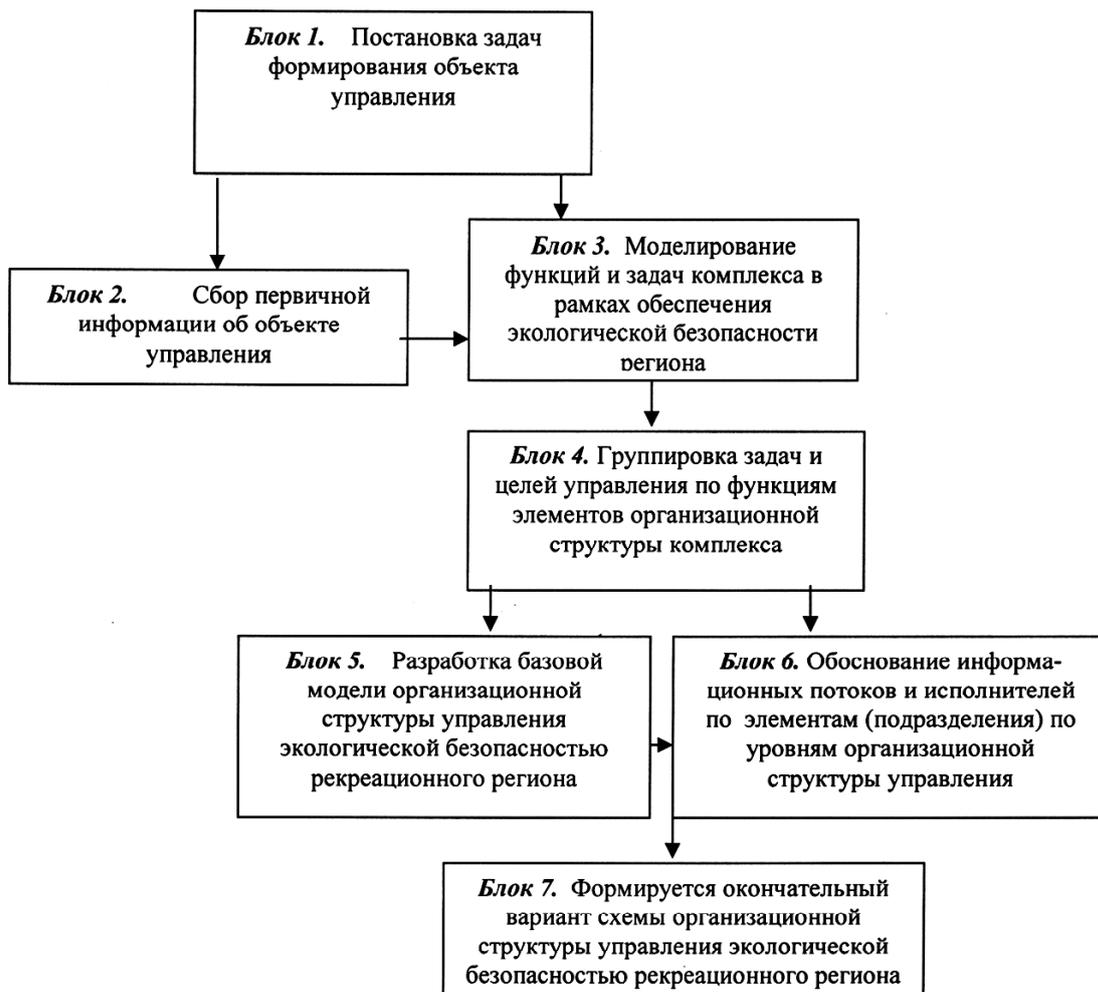


Рис 1. Блок-схема проектирования организационной структуры управления экологической безопасностью рекреационного региона

В первом блоке выполняется постановка задачи и формируется система целей объекта управления. Поскольку объектом управления является экологическая безопасность территории Крыма, имеющей рекреационную специализацию, то рассматриваются и ранжируются задачи и цели комплекса по обеспечению процесса рекреации в условиях действия экологической доминанты.

Второй блок предполагает сбор первичной информации об объекте управления и выделение желаемых (предпочтительных, ожидаемых) показателей этого объекта, которые должны быть обеспечены в ходе функционирования системы. При этом выполняют обработку требуемого объема статистических данных о деятельности всех экономических субъектов рекреации, и определяют параметры, характеризующие особенности хозяйственного механизма и результаты деятельности рекреационно-экономического комплекса. Однако, учитывая сложность объекта управления – экологическая безопасность региона, производят сбор и обработку информации также о состоянии экологических характеристик территории, на которой осуществляется организация рекреации. В этом блоке проявляется полиморфизм информационного обеспечения решения задачи разработки механизма управления экологической безопасностью региона.

В третьем блоке выполняют моделирование функций и задач управления. В соответствии с сущностью рыночного механизма в целом и особенностями рекреационной сферы, необходимо рассмотреть содержание таких функций управления как координирующая и регулирующая. Это связано с тем, что для достижения экологической безопасности территории при эффективной работе рекреационно-экономического комплекса необходимо обеспечить согласование действий различных элементов системы при принятии необходимых мер, устраняющих отклонения, которые возникают под влиянием системы факторов внешней и внутренней среды.

На четвертом этапе разрабатывают базовую модель организационной структуры управления экологической безопасностью рекреационной территории - осуществляют выбор схемы и методов расчета параметров организации управления, обеспечивающих возможности реализации управленческих задач.

На основе разработанной базовой модели в следующем блоке выполняют группировку задач управления по сферам деятельности - функциям элементов организационной структуры управления. Одновременно группируют задачи и цели элементов организационной структуры управления по обеспечению экологической безопасности региона применительно к рекреационно-экономическому комплексу в соответствии с составляющими процесса создания рекреационной услуги.

В шестом блоке процесса разработки организационной структуры управления экологической безопасностью в условиях функционирования рекреационно-экономического комплекса проводят обоснование информационных потоков и расчет численности работников управления по сформированным подразделениям и уровням структуры.

На завершающемся этапе (блок 7) формируют окончательный вариант схемы организационной структуры управления экологической безопасностью рекреационной территорией.

В рассматриваемом подходе к формированию механизма управления экологической безопасностью рекреационной территорией учитывают разработанную систему целей социальной системы и рекреационно-экономического комплекса, отражающую совокупность задач, решение которых необходимо для обеспечения рекреационного процесса (рис.2).

Рассматривая совокупность целей социальной системы региона, следует отметить значимость экологических проблем в современных условиях урбанизации – цель высшего уровня. А группируя подсистему целей экономических субъектов рекреационно-экономического комплекса, на первый уровень выносят задачи создания рекреационных услуг различного вида, информационное (рекламное) обеспечение процесса производства и

реализации услуг. Руководствуясь принципами функционально-технологического подхода к анализу проблем управления рекреационной сферой, следующей подсистемой целей принимают совокупность задач инфраструктуры рекреации: обеспечение транспортных услуг, организацию питания, обеспечение производства сельскохозяйственной продукции, товаров для отдыха и туризма; обеспечение комплекса коммунальных услуг; обеспечение системы связи и торговли, строительство и реконструкция объектов рекреации. Предложенная система целей рекреационно-экономического комплекса всесторонне характеризует совокупность задач управления и обосновывает необходимость увязки с глобальной целью общественного развития региона – экологические параметры территории должны обеспечивать как процесс рекреации, так и социальные приоритеты.



Рис. 2. Система целей комплекса рекреационного региона

В третьем блоке реализовано моделирование функций и задач управления экологической безопасностью рекреационной территорией в новых условиях хозяйствования (рис.3). В рыночной среде, учитывая особенности рекреации, повышается роль и значение функции координации, обеспечивающей многофункциональные связи и зависимости экономических субъектов комплекса при производстве рекреационных услуг. Представленная схема моделирования позволяет определить основные функции и задачи управления рекреационно-экономическим комплексом как системой.

При разработке модели управления экологической безопасностью рекреационным регионом, объединяющим экономических субъектов различных отраслей, форм собственности и подчиненности, исходили из того, что эффективное управление возможно лишь на государственном уровне. Это определяется масштабностью (уровень значимости) задач управления рекреационной сферой, взаимосвязями и взаимозависимостями между участниками, которые определяют содержание функций управления рекреационно-экономическим комплексом. Другими словами в рыночных условиях происходит коррекция государственных функций управления - определяющими функциями становятся «координация», «регулирование», «прогнозирование» и «анализ проблемных ситуаций» (рис. 3).

В следующем блоке проектирования организационной структуры управления экологической безопасностью рекреационного региона Крыма выполнен анализ имеющейся статистической информации о состоянии окружающей среды, факторов и результатов деятельности участников рекреации. Следует отметить, что на текущий период, действующая система статистической отчетности не позволяет получить всестороннюю информацию не только о рекреационной сфере, но и о протекающих экологических процессах. Это связано с тем, что рекреация не выделяется как отдельный вид экономической деятельности и участие предприятий различных отраслей экономики региона в процессе рекреации также не характеризуется системой статистических показателей. Указанные причины затрудняют сбор требуемой информации и могут быть устранены в дальнейшем путем разработки статистических подсистем, адекватно характеризующих объект управления, и учтены в процессе разработки подразделений системы управления.



Рис.3. Моделирование функций и задач комплекса в рамках обеспечения экологической безопасности региона

ВЫВОДЫ

С целью совершенствования экологического менеджмента на территории, имеющей рекреационную систему в условиях рыночной экономики, для сбалансированного использования имеющихся рекреационных ресурсов Крыма, развития регионального рекреационно-экономического комплекса как социально-экономической системы с активными элементами необходимо решение проблем государственного регулирования такой системы. Это основывается многофункциональным разделением труда при создании рекреационной услуги, которое определяет необходимость управления как целенаправленного процесса по согласованию действий отдельных производителей, входящих в рекреационно-экономический комплекс и образующих систему при наличии региональных экологических составляющих жизнеобеспечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ветрова Н.М. Экологическая составляющая стратегии развития рекреационного региона // Строительство и техногенная безопасность. Сб. научн. трудов. Выпуск 11 – Симферополь, НАПКС, 2005. – С.130-134.
2. Данилов А. Экологически безопасное управление – залог устойчивого развития // Проблемы теории и практики управления. – 1998. -№3. –С.19-24.
3. Липенков А.Д. Безопасное развитие как повышение организованности эколого-экономических систем // Проблемы экономики и управления. – 2004. -№1-2. –С.248-258.
4. Биченок М.М., Трофімчук О.М. Проблеми природно-техногенної безпеки в Україні. – К.: УІНСіР, 2002. – 179 с.
5. Лозанський В.Р. Екологічне управління в розвинутих країнах світу у порівнянні з Україною. – Харків: УкрНДІЕП, 2000. – 68 с.
6. Масленникова И.В. Управление экологической безопасностью. – С.-Петербург: Из-во гос. университета, 2001. – 130 с.
7. Данилішин Б.М. Природно-техногенні катастрофи: проблема економічного аналізу та управління. – К.: УІНСіР, 2002. – 153 с.
8. Качинський А.Б., Хміль Т.А. Екологічна безпека України: аналіз, оцінка та державна політика. – К.: НІСД, 1997. – 127 с.
9. Модернізація виробництва: системно-екологічний підхід / В.Я.Шевчук, Ю.М. Саталкін, В.М. Навроцький та ін. – К.: Символ-Т, 1997. – 341 с.
10. Системный анализ в экономике и организации производства: Учебник для студентов, обучающихся по специальности «Экономическая информатика и АСУ» / С.А. Валуев, В.Н. Волкова, А.П. Градов и др., Под общ. ред. С.А. Валуева, В.Н. Волковой. – Л.: Политехника, 1991. – 398 с.

Забелина Л.А., к. филос. н.

Сараев А.Д., профессор, член-корреспондент Украинской Экологической Академии наук
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Научно-техническая революция и глобальные проблемы современности: возможные последствия и социальные альтернативы

Рассмотрены феномен научно-технической революции и глобальные проблемы современности. Аргументирован вывод о необходимости социального и духовного единства человечества перед лицом «вызовов» современной эпохи. Раскрыты объективные и субъективные основания этого единства.

Научно-техническая революция, компьютерная (информационная) революция, глобальные проблемы современности, фактор выживания человечества, объективные и субъективные основания единства человечества

Научно-техническая революция - это радикальный технологический переворот в развитии производительных сил общества, пролог новой технологической эпохи во всемирной истории. Необходимо учесть, что радикальный технологический переворот сопровождается не только глубокими качественными преобразованиями производительных сил общества, но и изменениями в производственных отношениях, в образе жизни людей. Но что дает это знание нам? Не создает ли оно для нас, помимо новых возможностей роста благосостояния, развития материальной и духовной культуры, новые трудности и опасности? Тема «Человек и наука» не случайно становится ведущей в исследованиях философов, социологов, она привлекает внимание и широкой научной общественности.

Является ли наука силой, служащей человеку, независимо от характера общества, в котором она развивается, или же общество предопределяет ее функционирование, включая и возможные негативные применения? Может ли (и в какой мере) наука способствовать или угрожать человеку, как она соотносится не только с социальными условиями и факторами своего развития, но и с ценностями, в частности, гуманистическими принципами и могут ли последние играть регулирующую роль в этом развитии? Наконец, как наука воздействует на изменение гуманистических принципов человечества и в какой мере она сама зависит от этого изменения? Как человек изменяется в ходе научно-технического прогресса и как последний преобразуется под влиянием изменения человека?

Науки различают по предмету, но вместе с тем научные исследования дифференцируют и по их целевому назначению, по функции, которую они выполняют в обществе. Речь идет о делении на фундаментальные и прикладные исследования.

Обычно различие фундаментальных и прикладных исследований осуществляют при исследовании структуры и особенностей функционирования естествознания. Реже подобную дихотомию можно встретить при анализе гуманитарных наук и очень редко - технических, сельскохозяйственных, медицинских и др. Между тем в этом выделении проявляется определенная закономерность развития всех указанных областей научного знания. По мере самоопределения каждой из них в отдельную, автономную отрасль научного познания, с достижением известной степени зрелости и относительной самостоятельности теоретического уровня развития в них выделяют фундаментальные и прикладные аспекты исследований.

Под фундаментальными исследованиями обычно подразумевают научную деятельность, ведущую в итоге к открытию новых законов, взаимосвязей в явлениях природы и общества. Такое превращение научных знаний чаще всего выступает в виде выводов, понятий, концепций, гипотез, теорий. Под прикладными исследованиями обычно понимают научные разработки, использующие полученное фундаментальное знание в практических целях, исследующее средства и способы его приложения.

Нередко разделение наук на фундаментальные и прикладные осуществляют в плане противопоставления «теоретическое - эмпирическое». При таком подходе фундаментальные, теоретические науки отличаются от прикладных тем, что они ориентируются на постижение сущности явлений, на установление единства в многообразии, на изучение таких общих отношений, которые составляют основание отдельных отношений.

Новый этап научно-технической революции, начало которой приходится на 70-80 годы XX в., открывает перспективы дальнейшего ускорения в развитии производительных сил общества. Приоритетными на-

правлениями нового этапа НТР стали микроэлектроника, производство лазеров и новейших средств коммуникаций, информатика, инженерная генетика, альтернативная энергетика и космонавтика, развитие вычислительной техники, биотехнология и т.д.

Если предыдущий этап НТР обычно называли научно-техническим, то новый этап обозначают как научно-технологический, что соответственно выражают трехчленной формулой: наука - техника - продукт (предыдущий этап НТР) и четырехчленной формулой: наука - технология-техника- продукт.

В основе информатизации общества лежит компьютерная или информационная революция. Все изменения, связанные с информационной революцией, носят глобальный характер. Суть ее составляет переход от массового производства и массового распределения к «демастированному» производству и распределению. Традиционное производство ориентированно на выпуск идентичных изделий массовых серий, «демастированное» - на выпуск небольших партий.

Несмотря на доминирующее положение материальных факторов, социального прогресса в современном обществе, в ближней перспективе выживет и сможет эффективно функционировать такая социальная система, которая освоит больший объем информации и доведет ее до практической реализации во всех сферах общественного производства и отраслях народного хозяйства. Следует также учитывать, что информация -это уникальная разновидность ресурсов, которую человечество приумножает, а не растрчивает.

Создание и внедрение передовой технологии -отличительная особенность современной эпохи. Широкое распространение новейших компьютеров и роботов обуславливает резкое совершенствование производительных сил человечества, и тем не менее массовым сознанием на Западе это не воспринимается как благо. Первые электронные компьютеры появились в 40-е годы прошлого века и были основаны на использовании термоэлектронных ламп. В 50-60-е годы XX в. создаются компьютеры, функционирующие на транзисторных схемах, которые широко распространяются для нужд армии, правительства и бизнеса. Тогда же появляются «кремниевые чипы», позволяющие «встраивать» сотни электронных компонентов на тонкую пластинку кремниевого кристалла. На основе кремниевых чипов возникают микропроцессоры - своеобразный мозг нового поколения микрокомпьютеров. В наши дни на пластинке кремния толщиной в полмикрона или четверть микрона можно «встроить» 10 млн. электронных компонентов и таким образом создать компьютер, выполняющий миллиарды операций в секунду.

Современные компьютеры обучаются «думать» об информации, которую они накапливают, и формировать выводы или, говоря иначе, исполнять функции, свойственные человеческому разуму.

Особое внимание должно быть обращено на то, что «устрашающая власть» современного компьютера предопределена не только его огромной запоминающей «способностью», но и быстро развивающейся «способностью» манипулировать добытой информацией. В этой связи необходимо указать, что растущее вторжение компьютеров в различные виды человеческой деятельности порождает тревогу и страх людей. Появилось новое понятие — «психоконпьютерный синдром», обозначающее болезненное состояние человеческой психики, которое обусловлено страхом перед негативными последствиями широкого внедрения компьютеров.

Нужно подчеркнуть, что внедрение компьютерной технологии сопровождается сокращением занятости, а также различными изменениями в условиях жизни и деятельности современного человека, которые болезненно воспринимаются индивидами. Значительную тревогу вызывает и широкое использование компьютеров в сфере политики. Внедрение компьютерной техники в эту область снижает роль человека в принятии политических решений, что непомерно увеличивает власть немногих, и прежде всего правительства, сосредоточившего в своих руках различную информацию, и ограничивает демократические начала в политической жизни современного общества.. Таким образом, научно-технический прогресс есть непрекращающийся процесс передачи машинам и автоматам различных функций, исполняемых человеком. В нем можно выделить две формы: традиционную, или эволюционную, и революционную. Если суть первой формы заключается в совершенствовании качественных характеристик различных механизмов и аппаратов, то суть второй состоит в освоении принципиально новых средств и предметов деятельности, создаваемых на основе новых закономерностей живой и косной природы. Именно во втором случае речь ведут о научно-технической революции.

В конце XVIII- начале XIX в. с особой остротой встала проблема расширения объемов промышленного производства. Для решения ее требовалось перейти к широкому производству машин. Промышленной рево-

люции предшествовал ряд технических изобретений: создание паровой машины, челночного ткацкого станка, прядильной многоверетенной машины и т.п.

Период от изобретения до производства машин машинами - процесс развития технической революции, включая ее начало и завершение. Продолжительность этого исторического периода оценивается 100-летним лагом времени.

Научно-техническая революция есть переход к принципиально новым техническим средствам и способам в системе общественного производства, которые базируются на более высоком уровне знаний законов природы. К подобным техническим средствам и способам относятся машины для производства энергии, технологические процессы, созданные благодаря принципиально новым способам воздействия на предмет труда, новым материалам, системам машин и др.

Невиданное возрастание научно-технической и социальной мощи привело взаимодействие человечества с природной средой обитания к опасному напряжению. Последние десятилетия XX в. поставили перед народами планеты трудные и острые проблемы. Потребность решить насущнейшие общечеловеческие задачи должна побудить их к взаимодействию, дать выход тенденциям к выживанию человечества. Это требует не только качественно новых практических решений проблем взаимодействия природы и общества. В достижении нового качества валеоантропозологических знаний важную роль играет философия.

При анализе социальных процессов и явлений в современной западной философии центр внимания переносится к решению задачи совершенствования техники и технологии. Идея «экологического детерминизма» лежит в основе всех распространенных технократических теорий Запада.

Д. Белл, например, сформулировал теорию «информационного общества». На первый взгляд, нет принципиальной разницы между этой теорией и теорией «постиндустриального общества». По Д. Беллу определяющим признаком индустриального общества выступает использование машин для производства товаров, а «организующим началом постиндустриального общества являются научные знания».

Было бы непомерным упрощением считать, что концепция «технологического детерминизма» базируется на спекулятивном приеме, сводящем все вопросы общественного переустройства к задаче совершенствования техники и технологии. Это далеко не так. В 50-60-е гг. прошлого столетия среди западных социологов была особенно популярна и является до сих пор фундаментальной для современных концепций общества теория «конвергенции». Под конвергенцией на Западе понимают процесс движения до неразличимости и слияния в единство. Во второй половине 70-х гг. XX в. многие исследователи и у нас, и на Западе приходят к осознанию ограниченности и опасности технократического мышления. С этого момента гуманитаризация научно-технического прогресса приобретает статус общепланетарной задачи.

Понятие «глобальный» происходит от лат. Globus - шар, и в течение последних десятилетий используется для фиксации наиболее важных общепланетарных проблем современной эпохи, стоящих перед человечеством.

Какие глобальные проблемы современности прежде всего выходят на первый план, когда мы размышляем о месте человека и человечества в мире в XXI в., на рубеже второго и третьего тысячелетия. Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо, во-первых, четко классифицировать глобальные проблемы, во-вторых, провести общий анализ их причин и предпосылок разрешения: социальных (политических и экономических), технологических и духовных.

Чтобы изучать глобальные проблемы современности осознанно, важно прежде всего уяснить, что означает данное понятие.

Глобальные проблемы современности - это итог, с одной стороны, естественноисторического процесса, а с другой - неравномерности социально-экономического развития и научно-технического прогресса.

Глобальные проблемы современности - это результат всего предшествовавшего развития человечества, который обусловлен обострившейся неравномерностью экологического, демографического, экономического, политического, научно-технического и культурного развития в условиях своеобразной исторической ситуации. Выживание человечества, его дальнейший прогресс в условиях взаимосвязанного и целостного мира, формирование единой цивилизации на Земле предполагает не одно лишь всеобщее признание таких основополагающих гуманистических принципов, как свобода выбора народами своего будущего, всевозрастающая многовариантность социального прогресса и примат общечеловеческих интересов, но и их практическую реализацию.

В настоящее время внимание ученых и мировой общественности приковано к глобальным проблемам, которые затрагивают интересы всех наций, государств, всего человечества в целом. К числу таких проблем необходимо отнести установление прочного мира на Земле и ликвидацию очагов международной напряженности, охрану окружающей среды, предотвращение наиболее опасных заболеваний, рациональное использование природных ресурсов, обеспечение потребностей в экологически чистых продуктах питания, энергии, развитие физических и духовных сил человека.

Острота глобальных проблем зависит не только от того, что непредвиденные экологические и социально-экономические последствия оказывают глубокое влияние на все стороны жизни современного человека. Существенно и то, что эти проблемы настолько взаимосвязаны между собой, что практически нельзя добиться успеха в разрешении какой-то одной из них при игнорировании или недостаточном учете других. Кроме того, односторонний подход к глобальным проблемам может привести к весьма тяжким последствиям, негативно влияющим на перспективы развития всего человечества.

Своеобразие глобальных проблем заключается и в том, что они не могут быть разрешены усилиями отдельных государств, а предполагают скоординированные усилия всего мирового сообщества. Для этого необходимо конструктивное международное сотрудничество, объединенное усилиями всех народов на основе мирного сосуществования различных государств и организованной в глобальном масштабе борьбой за мир во всем мире, за искоренение войн на планете. Достижение прочного мира - главная задача всех прогрессивных сил, воплощение которой в жизнь - необходимая предпосылка решения других глобальных проблем, таких, как экологическая, энергетическая, сырьевая, имеющих жизненно важное значение и для отдельных государств, и для человечества в целом.

Глобальные проблемы являются комплексными, взаимообусловленными и взаимосвязанными. Само их становление и дальнейшее развитие можно считать одним из итогов взаимодействия, на первый взгляд, различных, не пересекающихся друг с другом социально-политических, технико-экономических, природных процессов, которые находят свое отражение в мировоззренческих, морально-этических, философских взглядах и концепциях и на основе которых различные государства неодинаково осмысливают глобальные проблемы и выбирают различные способы их решения.

Возникновению и обострению глобальных проблем современности способствовали также сложные сдвиги в системе мировых хозяйственных связей, вызванные противоречивым характером развития производительных сил в последнее время. В то время, как потребности государств в расширении торговли сырьем и готовой продукцией, в совместном планировании и реализации сложных научно-технических задач и проектов постоянно растут, возрастающий разрыв в уровнях развития отдельных государств и целых регионов, недальновидные курсы правительств ряда стран препятствуют реализации такого пути, в котором заинтересовано все человечество, обостряют противоречия в мировом хозяйстве и международных отношениях. Именно структурные сдвиги в различных отраслях народного хозяйства, последствия которых ощущаются как в отдельных государствах, так и в целом в мировой экономике, вызывают обострение глобальных проблем. Обострение одной подобной проблемы непосредственно или косвенно отражается на всей системе глобальных проблем современности. Например, нерациональная эксплуатация природных ресурсов, характерная для ряда стран, не только способствует обострению минерально-сырьевой энергетической проблемы, но и ухудшает качество окружающей среды, что ведет к ухудшению здоровья человека, народа, всего человечества в целом.

Многие исследователи признают непростой характер причинно-следственных связей и отношений между различными глобальными проблемами, в частности экологической, демографической и минерально-сырьевой. Так, в одном проекте, выполненном под эгидой ООН, отмечается, что если анализировать тот или иной процесс экономического развития в динамике, то становится очевидным, что он тесно связан с возникновением на национальном, региональном и глобальном уровнях определенных явлений, неблагоприятно влияющих на прогресс в целом. Очевидно, что эти явления - результат взаимодействия природно-физических, экономических, социальных и демографических факторов, сложные связи которых еще нуждаются в детальном изучении. Более того, в долгосрочном плане взаимодействие указанных глобальных проблем способно порождать не только негативные последствия, к смягчению которых современные государства прилагают весьма значительные усилия. Осознанно влияя на систему взаимодействия этих проблем, можно ожидать в будущем ощутимых позитивных результатов.

Характерной чертой глобальных проблем является также их динамизм. Под динамизмом подразумевается: во-первых, возможность увеличения числа проблем, которые относятся к глобальным; во-вторых, вероятность уменьшения или увеличения остроты какой-либо из этих проблем и соответствующее ее перемещение на другое место в системе глобальных проблем. Хорошо известно, что различные страны обращают на эти проблемы неодинаковое внимание. Одни из них выделяют на их решение значительные ресурсы, а другие практически их игнорируют.

В итоге среди национальных приоритетов отдельных стран глобальные проблемы ранжируются в различной последовательности. Заметим, что глобальность обусловлена масштабами проявления проблем - они должны превышать географические размеры отдельных стран, а их универсальность предусматривает планетарное их проявление. Вряд ли можно считать дальновидной политику отдельных государств, если они, стремясь к определенным выгодам, игнорируют состояние глобальных проблем. Сам факт отнесения проблемы к системе глобальных поднимает ее на наднациональный, планетарный, или общечеловеческий уровень и предопределяет необходимость ее исследования и решения с учетом не только настоящих, но и будущих судеб цивилизации.

Анализ различных по содержанию, характеру и формам проявлений глобальных проблем был бы неполным, если бы в ходе его не учитывались объекты, на которые воздействуют эти проблемы, и деятельность объектов, вызывающая их обострение. Иначе говоря, необходимо ограничить области взаимодействия личности, природы и мирового сообщества, которые образуют различные государства. На этой основе предложена следующая классификация глобальных проблем: 1) обусловленные политическими реалиями и инициирующие в первую очередь противоречия между различными государствами мира (это прежде всего проблема войны и мира, а также ликвидация экономической и научно-технической отсталости развивающихся стран); 2) формирующиеся в сфере взаимодействия общества и природы и выступающие итогом несовершенного отказа государствами от прежних, не во всех обоснованных методов использования природных ресурсов (минерально-сырьевая и энергетическая, освоение Космоса и ресурсов Мирового океана, охрана окружающей среды); 3) складывающиеся в духовном мире личности, в ее взаимоотношениях с обществом и отражающие в специфической форме процесс адаптации человека к различным проявлениям научно-технического прогресса, в том числе и к его негативным последствиям (в определенной степени демографическая проблема, голод и болезни, проблема здоровья, этические аспекты глобальных проблем современности).

Говоря о глобальных проблемах второй группы, важно подчеркнуть, что в первую очередь их вызывает не уменьшающийся разрыв между возрастающими потребностями общества в объеме, качестве и видах природных ресурсов, вовлекаемых в его деятельность, и явно уменьшающимися возможностями их добычи недорогими и экологически обоснованными методами. Например, экологическая проблема порождена прежде всего стойкой ориентацией ведущих государств на потребление энергосырья (прежде всего нефти) из других стран, их стремление сохранить прежнюю организацию производства, а также нежеланием внедрять более прогрессивные методы потребления невозобновляемых ресурсов.

Глобальные проблемы третьей группы самым непосредственным образом связаны с уровнем сознания людей и фиксируют отношение отдельного человека к проблемам человечества. Именно здесь, в сфере отношений личности и общества, личности и мирового сообщества, формируется нравственная позиция каждого человека, в которой проявляется согласование его потребностей и мотивов деятельности с потребностями и мотивами деятельности всего человечества. Эволюция проблем этой группы, следовательно, определяет не только осознание все более значительной частью человечества остроты всей системы глобальных проблем, но и готовность принять участие в их решении.

При анализе глобальных проблем исследователи связывают их возникновение с переходом мировой экономики и политики на качественно новый этап развития, который характеризуется выраженной степенью взаимозависимости государств мира. Человечество сейчас действительно находится на историческом рубеже, оно поставлено перед необходимостью разрешения самых разнообразных проблем общепланетарного характера: демографических, политических, социальных, экологических, психологических и других.

Экологические катастрофы, вызывающие загрязнение окружающей среды, обострение противоречий между ростом народонаселения и ограниченными ресурсами природы, а также возрастающие претензии различных государств на более справедливое распределение мирового валового продукта вынудили политических лидеров убедиться в существовании императива «взаимозависимости».

Концепция «взаимозависимости» – одна из важнейших теоретических основ западной глобалистики, исходя из которой западные исследователи не только стремятся объяснить характер сдвигов в мировой экономике, в политике и мировоззрении различных социальных групп, но и научно обосновать практические курсы, подходы к решению глобальных проблем, с которыми активно выступают политические деятели ведущих государств мира. Возникновение концепции «взаимозависимости» ученые объясняют переходом научно-технической революции на новый этап, когда ряд видов новейшей техники, производимых передовыми в научно-техническом и экономическом отношениях государствами, приобретает жизненно важное значение для многих стран. Новую технику (для исследования Космоса и Мирового океана, для контроля за состоянием биосферы, новейшие средства связи и обработки информации и т.д.) активно осваивают и другие страны, распространяя ее не только на отдельные регионы, но и на человечество в целом.

Американский исследователь, профессор Массачусетского технологического института Ю.Скольников, изучающий воздействие научно-технической революции на международные отношения, писал еще во второй половине 60-х годов XXв., что глобальные масштабы использования техники приводят к принятию соответствующих политических решений уже не на уровне отдельных правительств, а в централизованном порядке – определенным международным органом.

Концепция «взаимозависимости» отражает объективные моменты, обусловленные единством природной среды планеты, общей для всех государств, и субъективные, вытекающие из политических курсов различных стран, в которых в той или иной степени учитываются национальные и общечеловеческие интересы.

ВЫВОДЫ

1. Общность судьбы землян с необходимостью ведет к их социальному и духовному единству, которое выступает фактором выживания человечества. Следует дифференцировать объективные и субъективные основания этого единства.
2. В состав объективных оснований входят расширяющиеся межрегиональные хозяйственно-экономические связи; совместные усилия по предотвращению войн, преодолению экологического кризиса, в борьбе с международным терроризмом. Осуществление этих объективных условий предполагает интеграцию усилий всех субъектов деятельности, начиная с человечества, народа и заканчивая отдельным человеком.
3. Субъективным основанием единства выступает глобальное мышление, в основу которого положен примат общечеловеческих интересов и ценностей над групповыми (региональными, национальными, классовыми и т.д.), что требует диалога на основе взаимопонимания и взаимоуважения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Забелина Л.А. Гнозис как путь обретения целостности //Філософія. Культура. Життя: Міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск. - Дніпропетровськ: Наука і освіта, 1999. - С.249-255.
2. Сараев А.Д. Проблемы системности в философии и валеоэкологии человека. - Киев – Симферополь: Знание, 2001. - 384 с.
3. Забелина Л.А., Сараев А.Д. ЖЕСТОКОСТЬ. АГРЕССИЯ. НАСИЛИЕ: ФУНКЦИОНАЛЬНО-СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ// Нормативно-правовое регулирование, научно-методическое и судебно-экспертное обеспечение противодействия обороту продукции, негативно влияющей на общественную мораль (справочное издание) – Симферополь: Крым НИИСЭ, 2005. - С.126-131.

Зенкова Г.Ю., к. б. н., доцент, Акуличева Е.Ю., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Применение ионообменных смол для изучения сбалансированности экосистем

Доказана возможность применения органических ионообменных смол на примере анионита ЭДЭ 10П для изучения уровней потребления фосфора растением и влияние температуры на процесс его поглощения
ионообменные смолы, анионит, экосистемы, питательные вещества, растительные сообщества, целостность почвенного покрова

В настоящий момент на Земле уже почти не осталось экосистем, которые не почувствовали бы на себе влияние человеческого фактора, проявляющегося в ухудшении их биологической продуктивности.

Исходя из принципа Ле Шателье - Брауна, естественные сообщества должны сопротивляться оказанным воздействиям. Однако антропогенные нарушения природных систем уже давно превысили «правило одного процента» [6] и теперь, чтобы природе оказать должное сопротивление ученые должны ей помочь.

Для того чтобы помощь учёных была эффективна, необходимо детально изучить питательный режим растительных сообществ и при необходимости уметь вмешаться в него, чтобы сбалансировать потоки питательных веществ.

Растение поглощает питательные вещества корнем в виде ионов, которые вместе с другими химическими соединениями (органическими и неорганическими) находятся в почвенном растворе.

Для проведения таких исследований необходимы новые методы, позволяющие вести наблюдения в одних и тех же точках под растительностью с необходимой повторностью, без существенного нарушения целостности почвенного покрова. Таким методам отвечает метод ионитов [3,6,7].

Возможность и необходимость применения ионитов для изучения динамики веществ в почвах объясняется тем, что исследователи используют различные методы отбора образцов (сырые, сухие, индивидуальные, смешанные). Кроме того, в различных зонах применяют различные методы изучения определяемых в динамике элементов, что объясняется попыткой подбора для различных типов почв растворителей, имитирующих воздействие на почву корневых выделений. Но ни один из химических реактивов не подменяет живые корни по той причине, что взаимодействие между почвой и раствором идет до установления равновесия, в то время как корень постоянно смещает это равновесие, удаляя из сферы взаимодействия ионы питательных веществ и стимулируя этим появление их новых количеств в почвенном растворе. Использование ионитов при изучении динамики веществ в почвах и подстилках исключает перечисленные недостатки. Иониты же, подобно корню, смещают равновесие между ионами твердой и жидкой фаз, поглощая вещества.

Теоретическая возможность применения метода искусственных ионитов для изучения динамики поглощения питательных веществ растениями основана на том, что поглощение корнями растений различных элементов из почвы осуществляется с помощью органических комплексов, содержащих как и иониты различные активные группы (H^+ , OH^- , NH_2^- и др.).

Несмотря на то, что метод ионитов был разработан в 70^х года прошлого столетия, химизм этого процесса до сих пор не до конца изучен.

Данная работа была посвящена изучению поглощения фосфора анионитом и влияние на этот процесс некоторых абиотических факторов.

Доступность фосфора в почве зависит от соотношения процессов его мобилизации и иммобилизации, постоянно идущих в почве, таких как растворения и осаждения, адсорбции и десорбции, минерализации и биологического закрепления. Метод ионитов позволяет учесть

суммарный результат всех этих процессов и предвидеть степень обеспеченности растений фосфором на данной почве. Он также позволяет учесть активную роль корневых систем, которые своими выделениями способствуют растворению и десорбции фосфат-иона. Само явление поглощения фосфора растениями, нарушая равновесие между фосфором твердой и жидкой фазы, способствует переходу фосфора в раствор, т. е. является фактором его мобилизации [2].

Химическое равновесие подавляющего большинства химических реакций сдвигается при изменении температуры. В связи с этим целью данной работы является установление характера влияния температуры на поглощение фосфора анионитом в простой модельной системе песок-анионит. В исследованиях применяли полуфункциональный анионит ЭДЭ -10П с емкостью поглощения 2,8 мэкв PO_4^{3-} на 1 г сухой смолы.

Методика постановки опыта следующая. Шесть картонных коробок заполняли кварцевым песком из расчета 1200 г на коробку, в результате мощность песчаного слоя составляла 7 см. В первые три коробки вносили KH_2PO_4 в растворе из расчета 20 мг/100г песка. Во вторые три – из расчета 60 мг/100г песка. Песок тщательно перемешивали. В каждую коробку в слое 0-2 см вставляли целлофановые пакетики размером 2×4 см, зараженные в OH^- форму. Пакеты (10 штук) вставляли в шахматном порядке на расстоянии не менее 3 см друг от друга.

Определение начального содержания P_2O_5 в песке (методом Ватанабе-Олсена) [9] провели, используя вытяжку Кирсанова.

В первых трех коробках содержание кислоторастворимого P_2O_5 составило 9 мг/100 г песка, а в последних – 12,5 мг/100 г песка. Эти значения были приняты в качестве исходных в дальнейших расчетах.

Удобренный песок с анионитом инкубировали в термостате в течение 10 дней при трёх температурах: 4°C – коробки 1 - 4, 15°-20°C – коробки 2 и 5. 40°C – коробки 3 и 6. Коробки периодически поливали дистиллированной водой и плотно закрывали полиэтиленовой пленкой для устранения испарения воды. Влажность песка в течение опыта колебалась в пределах 15-17%.

Через 10 дней пакеты с анионитом вынимали и исследовали по разработанной методике Schouwenburg I.C., Van and I.Walinge [9]. P_2O_5 с анионита экстрагировали раствором 1N NaNO_3 (соотношение 1:100) В растворе предварительно осаждали SiO_3^{2-} концентрированной азотной кислотой. SiO_3^{2-} мешает определению фосфора, т.к. образует с используемым в анализе реактивом (молибденовокислый аммоний) в присутствии восстановителя (аскорбиновая кислота) нерастворимое комплексное соединение синего цвета. Осаждение проводили следующим образом. Аликвоту экстракта (1N NaNO_3) из анионита выпаривали при добавлении нескольких капель концентрированной азотной кислоты досуха (при этом большинство кремневой кислоты переходит в нерастворимую форму). К осадку прибавляли фиксированный объём воды, подкисленный азотной кислотой, и центрифугировали. Из раствора над осадком брали алиkvоту и в ней определяли фосфор.

Из песка, находящегося в каждой коробке, отбирали образцы по слоям 0-2, 2-3, 3-4, 0-7 см и из слоя, непосредственно прилежащего к пакетику с анионитом, толщиной 1-1,5 см. Все образцы песка были исследованы на содержание P_2O_5 по методу Кирсанова. Одновременно определяли влажность песка.

Проведенные исследования показали, что при одинаковой влажности песка и содержании в нем P_2O_5 с возрастанием температуры поглощение фосфора анионитом из песка увеличивается (табл.1). Можно отметить, что при повышении температуры от 4° до 15-20°C количество P_2O_5 поглощенного анионитом из песка с содержанием P_2O_5 12,5 мг/100 г, возрастает в 1,9 раза (от 52 до 99 мг/100 г смолы), а из песка с содержанием P_2O_5 9 мг/100 г смолы – в 1,6 раза (от 33 до 53 мг/100г смолы). При повышении температуры от 15 – 20° до 40°C количество P_2O_5 , поглощенного анионитом из песка с содержанием P_2O_5 как 12,5 мг/100 г, так и 9 мг/100 г смолы, возрастает в 1,8 раза (соответственно от 93 до 180 и от 53 до 95 мг/100 г смолы).

Количество P_2O_5 , поглощенного анионитом из удобренного песка при различных температурах, мг/100г. смолы

40	15-20 ⁰	400	40	15-20 ⁰	400
P ₂ O ₅ в песке в начале опыта 9мг/100г смолы			P ₂ O ₅ 12 мг/100г смолы		
25	58	108	36	130	145
44	45	118	44	104	205
46	60	70	36	130	130
38	53	115	60	120	145
25	73	92	58	131	230
29	75	65	62	99	245
33	43	105	62	112	210
37	48	110	62	52	140
24	37	67	54	58	190
25	38	97	60	50	190

Характеристикой степени поглощения фосфора из песка анионитом может быть коэффициент распределения ($K_{расп}$), который показывает распределение ионов между средой и анионитом в конце опыта при установлении равновесия и равен в данном случае

$$K_{расп} = \frac{C_n}{C_{ан}}$$

Где C_n – содержание фосфора в песке в конце опыта, мг/100 г почвы; $C_{ан}$ – содержание фосфора в анионите, мг/100 г смолы.

Как видно из уравнения, коэффициент распределения обратно пропорционально связан с содержанием фосфора в анионите. Уменьшение значений коэффициентов распределения свидетельствует об увеличении степени поглощения фосфора анионитом. Так, с возрастанием температуры от 4⁰ до 40⁰С значения коэффициентов распределения в опыте (рис. 1) уменьшается от 0,101-0,104 до 0,021-0,024. Таким образом, можно отметить увеличение степени поглощения фосфора из песка анионитом с возрастанием температуры. При одинаковой температуре коэффициенты распределения P_2O_5 между анионитом и песком с различием в начальном содержании в 3,5 мг/100 г (@ 40%) почти равны (рис. 1), т.е. при данных условиях степень поглощения фосфора анионитом из песка практически одинакова.

Как уже отмечалось, на реакцию обмена в системе песок – анионит должна оказывать влияние диффузия ионов в почве и анионите. Перенос фосфат-ионов в почве около пакетика с анионитом можно рассматривать как диффузию вещества через плоский слой. Слой занимает пространство, ограниченное плоскостями $x=0$ и $x=l$. Граничные условия:

$$C_{x=0}^{ан} = KC_1^n = const_1; C^{ан} = KC_2^n = const_2; C_2^n > C_1^n,$$

где K – константа закона Генри.

При этом принимается, что:

- 1) перенос фосфат-ионов в песке в горизонтальном направлении перпендикулярно пакетике с анионитом происходит только в результате диффузии;
- 2) процесс диффузии является стационарным процессом, скорость которого в данной конкретной точке объема не зависит от времени (постоянна) и является лишь функцией координат. Стационарный процесс устанавливается через некоторое время после начала процесса (в нашем случае при установлении равновесия в системе песок – анионит);
- 3) количество вещества, перенесенного в песке через пространство, ограниченное плоскостями $x=0$ и $x=l$, за время t через поперечное сечение S , равное площади пакета с анионитом, соответствует половине количества фосфора, поглощенного анионитом за это время (т.к. рассматриваем диффузию с одной стороны пакета с анионитом).

Тогда решение уравнения диффузии имеет вид:

$$\text{grad } C = \frac{\partial C}{\partial x} = K \frac{C_2 - C_1}{I} = \text{const}, \quad (1)$$

$$C(x) = K \left[C_1 + \frac{x}{I} (C_2 - C_1) \right], \quad (2)$$

Поток вещества через единицу площади

$$j = DK \frac{C_1 - C_2}{I}, \quad (3)$$

где: D – коэффициент диффузии, $\text{см}^2/\text{сек}$; K – константа закона Генри. C_2 – концентрация фосфат иона в песке, $\text{мг}/\text{см}^3$, C_1 – равновесная концентрация фосфат-иона в смоле в пересчете на единицу объёма песка, $\text{мг}/\text{см}^3$; I – длина слоя, через который диффундировало вещество, см .

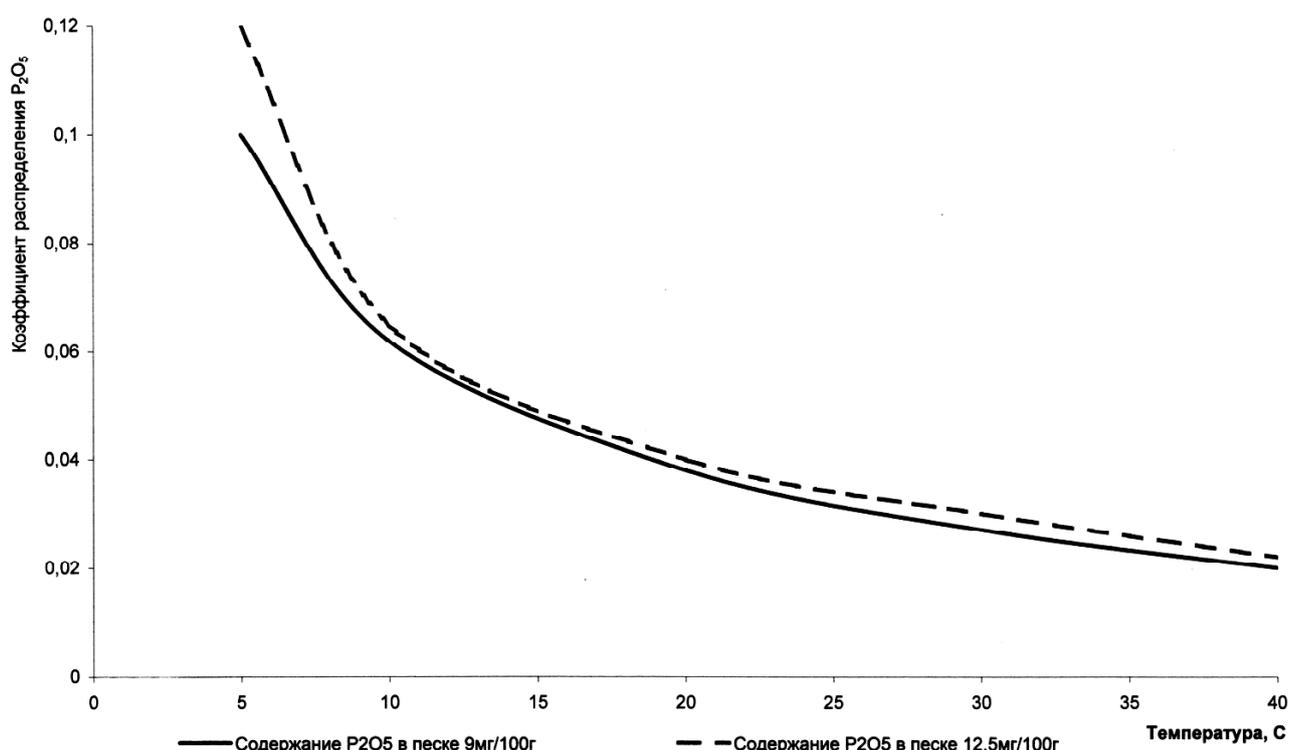


Рис.1. Зависимость коэффициента распределения от температуры

Общее количество вещества Q , прошедшего через участок слоя I с площадью поверхности S за время t , даётся уравнением

$$Q = \frac{DKS(C_2 - C_1)t}{I} \quad (4)$$

Отсюда:

$$D = \frac{QI}{SKt(C_2 - C_1)}. \quad (5)$$

Коэффициент диффузии фосфат-ионов в песке около пакетика со смолой, рассчитанный по уравнению (5) на основании опытных данных (табл.2), находится в зависимости от температуры. При возрастании температуры от 4° до 40°C коэффициенты диффузии увеличиваются в 2,5 – 2,7 раза.

Коэффициенты диффузии ионов PO_4^{3-} в песке около пакета с анионитом ЭДЭ-10П при различных температурах

№	Содержание P_2O_5 в песке в начале опыта, мг/100г	l, см*	D, cm^2/sec^{**}	Температура, $^{\circ}C$
1	9	0.55	$3,31 \cdot 10^{-6}$	4
2	9	1.03	$6,10 \cdot 10^{-6}$	15-20
3	9	1.42	$8,44 \cdot 10^{-6}$	40
4	12.5	0.56	$3,42 \cdot 10^{-6}$	4
5	12.5	1.06	$6,15 \cdot 10^{-6}$	15-20
6	12.5	1.5	$9,20 \cdot 10^{-6}$	40

Различие в начальном содержании фосфора в песке 3,5 мг/100г оказывает прямое, но незначительное влияние на диффузию ионов. Рассчитанные коэффициенты диффузии иона PO_4^{3-} в песке при $20^{\circ}C$ ($6,10 \cdot 10^{-6}$, $15 \cdot 10^{-6}$ cm^2/sec) согласуются с результатами, полученными Оверманом [8], для диффузии KCl в песке при аналогичной температуре (коэффициент диффузии $5,52 \cdot 10^{-6}$ cm^2/sec), и с результатами Кауфмана [7]: коэффициент диффузии калия около катионита $5,6 \cdot 10^{-6}$, а без катионита – $4,4 \cdot 10^{-6}$ cm^2/sec .

Очевидно, с возрастанием скорости диффузии при изменении температуры увеличивается и сфера влияния анионита на песок (табл.2). Так, с повышением температуры от 4° до $40^{\circ}C$ расстояние, на которое переместился ион PO_4^{3-} за 10 дней около пакета со смолой, увеличивается в 2,6-2,7 раза и равно 1,42 – 1,5 см. Таким образом, для исключения взаимовлияния пакетов со смолой на поглощение фосфора расстояние между ними (пакетами) должно быть не менее 3 см.

Расстояние, на которое переместилось PO_4^{3-} в песке около пакета со смолой, см.

Коэффициенты диффузии иона PO_4^{3-} в песке около пакета со смолой, cm^2/sec .

В плотно прилегающем к пакету слое песка толщиной 1-1,5 мм концентрация фосфора увеличивается с возрастанием температуры. Были рассчитаны коэффициенты массопереноса ионов PO_4^{3-} (β) по эмпирической формуле (6), определяющей поток вещества к поверхности пленки:

$$\frac{Q}{St} = \beta(C_n - C_m), \quad (6)$$

где: Q - количество вещества, переносимое через поверхность, мг; S – площадь поверхности, равная площади поверхности со смолой, cm^2 ; t – время переноса, с; C_n – концентрация фосфора в прилежащем к мембране слое песка, mg/cm^3 ; C_m – концентрация фосфора в песке, mg/cm^3 ; β - эмпирический коэффициент массопереноса cm/s .

Как видно из таблицы 3, коэффициент массопереноса через мембрану имеет наибольшее значение при температуре $4^{\circ}C$ – $2,45 - 4,65 \cdot 10^{-6}$ cm/sec . Возможно, с повышением температуры происходит некоторое изменение структуры целлофана, что замедляет перенос через него ионов.

Таблица 3.

Коэффициенты диффузии и коэффициенты массопереноса фосфат-иона в мембране.

№	Содержание P_2O_5 в песке в начале опыта, мг/100г	Коэффициенты массопереноса, cm/sec	Коэффициенты диффузии, cm^2/sec	Время установления равновесия, мин	Температура, $^{\circ}C$
1	9	$4,65 \cdot 10^{-6}$	$1,39 \cdot 10^{-8}$	4.5	4
2	9	$1,73 \cdot 10^{-6}$	$0,52 \cdot 10^{-8}$	11.55	15-20
3	9	$1,44 \cdot 10^{-6}$	$0,43 \cdot 10^{-8}$	14.58	40
4	12.5	$2,45 \cdot 10^{-6}$	$0,74 \cdot 10^{-8}$	8.49	4
5	12.5	$1,32 \cdot 10^{-6}$	$0,40 \cdot 10^{-8}$	15.84	15-20
6	12.5	$1,75 \cdot 10^{-6}$	$0,52 \cdot 10^{-8}$	7.2	40

Значения коэффициента диффузии ионов через мембрану рассчитаны по формуле:

$$D = \beta \delta, \quad (7)$$

где: D - коэффициент диффузии фосфат-иона в пленке, $\text{см}^2/\text{сек}$; δ - толщина пленки, см . Показано, что диффузия в мембране медленнее, чем в песке. Образование слоя песка, прилежащего к пакету со смолой, с повышенным содержанием фосфора связано, очевидно, с задержкой фосфат-иона перед мембраной из-за разной скорости диффузии в почве и целлофане.

Согласно Смолуховскому [4], время (τ) установления стационарного состояния процесса диффузии равно нескольким минутам. В случае плоского слоя

$$\tau = 0,42 \delta^2/D. \quad (8)$$

Условием применения формулы (6) является положение о стационарности процесса обмена, длившегося 10 дней, следовательно, это положение достаточно точно выполняется.

Фосфор, находящийся в верхнем слое песка (0-2см), подвергается процессам вымывания в нижележащие слои ($C_{\text{вым}}$), поглощению песком ($C_{\text{пш}}$), поглощению анионитом ($C_{\text{ан}}$). Содержание фосфора в песке (C_t) в конце опыта

$$C_t = C_0 - C_{\text{вым}} - C_{\text{пш}} - C_{\text{ан}}, \quad (9)$$

где C_0 - содержание фосфора в песке в начале опыта, $\text{мг}/100\text{г}$ песка.

Фосфор в слое песка ниже 2 см подвергается процессам вымывания ($C_{\text{вымыв}}$), поглощению песком ($C_{\text{пш}}$). Содержание фосфора (C_t^1) в этом слое песка в конце опыта

$$C_t^1 = C_0^1 + C_{\text{вымыв}} - C_{\text{пш}}, \quad (10)$$

где C_0^1 - начальное содержание фосфора в песке, $\text{мг}/100\text{г}$ песка.

По условию опыта $C_0 = C_0^1 - C_{\text{вымыв}} = C_{\text{вымыв}}$, тогда уравнение имеет вид

$$C_t^1 = C_0 + C_{\text{вым}} - C_{\text{пш}}. \quad (11)$$

Объединим уравнения (9) и (11) в систему с двумя неизвестными

$$\begin{aligned} C_t &= C_0 - C_{\text{вым}} - C_{\text{пш}} - C_{\text{ан}} \\ C_t^1 &= C_0 + C_{\text{вым}} - C_{\text{пш}} \end{aligned} \quad (12)$$

Решая систему уравнений (12) путем сложения, получим

$$C_{\text{пш}} = \frac{2C_0 - (C_{\text{ан}} + C_t + C_t^1)}{2} \quad (13)$$

Вычитая из первого уравнения второе, получим:

$$C_{\text{вым}} = \frac{C_t^1 - C_t - C_{\text{ан}}}{2} \quad (14)$$

Значения C_t и C_t^1 получены в опыте, причем

$$C_t = C_t^1 + \Delta C_t, \quad (15)$$

$$\Delta C_t = \frac{Cn^1 100}{m 100} = \frac{Cn^1}{m}. \quad (16)$$

где: C - содержание фосфора в песке, примыкающего к пакету, $\text{мг}/100\text{г}$; n^1 - количество песка с повышенным содержанием фосфора, г ; m - вес слоя песка, г .

Тогда, количество фосфора, поглощенного анионитом из песка, можно рассчитать по уравнению :

$$C_{\text{ан}} = \frac{2C_{\text{р-р}} n V 100}{n_1 m V_1}, \quad (17)$$

где: $C_{\text{ан}}$ - количество фосфора, поглощенного анионитом из песка, $\text{мг}/100\text{г}$ песка; $C_{\text{р-р}}$ - содержание фосфора в солевом экстракте смолы, мг ; n - количество смолы во всех пакетах, заложенных в песок, г ; n_1 - навеска смолы для анализа, г ; m - вес слоя песка, г ; V - объём солевого экстракта смолы, мл ; V_1 - аликвота экстракта, взятая для анализа, мл ; 100 - коэффициент пересчета на 100г песка; 2 - коэффициент, полученный из уравнения доннановского равновесия.

Используя вышеизложенные уравнения и формулы, были количественно оценены процессы, происходящие с фосфором в песке в течение опыта (табл.4). Можно отметить, что с увеличением температуры среднее содержание подвижного фосфора в верхнем слое песка 0-2 см в конце опыта (через 10 дней) при одной и той же первоначальной концентрации фосфора в песке уменьшается, что связано с обменным и необмен-

ным поглощением фосфора, вымыванием в нижние слои и поглощением анионитом. Наблюдается обратная зависимость между вымыванием фосфора из слоя 0-2 см и температурой, т.е. с уменьшением температуры количество вымываемого фосфора возрастает. Четкой зависимости между температурой и поглощением фосфора песком не обнаружено, однако можно констатировать, что наибольшее поглощение фосфора (обменное и необменное) наблюдается при температуре 15⁰ – 20⁰.

Таблица 4.

Количественная оценка процессов, происходящих с фосфором в песке .

Содержание P ₂ O ₅ в песке в начале опыта, мг/100г (C ₀)	Температура, °С	Количество P ₂ O ₅ , мг/100г песка					$\frac{C_{\text{ан}}}{C_{\text{пес}}}$
		в песке в конце опыта (C)	вымито в нижние слои (C _{вым})	поглощено песком (C _{пш})	поглощено анионитом из песка (C _{пп})	поглощено анионитом, мг/100г анионита	
9	4	3.45	1.76	2.91	0.88	33	0.0266
	15-20	2.29	1.42	3.87	1.41	53	0.0268
	40	2.26	0.46	3.75	2.53	95	0.0266
12.5	4	5.27	2.69	3.15	1.39	52	0.0267
	15-20	3.93	2.68	3.23	2.64	99	0.0227
	40	3.82	1.13	2.8	4.75	180	0.0266

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрена возможность использования ионообменных смол для изучения баланса питательных веществ в любых экологических системах.
2. Выявлено влияние температуры на поглощение фосфора анионитом в модельной системе песок – анионит. С повышением температуры от 4⁰ до 40⁰С количество фосфора, поглощенного анионитом из песка с одинаковой начальной концентрацией фосфора и постоянной влажностью, увеличилось почти в 3 раза.
3. Рассчитаны коэффициенты распределения, характеризующие степень поглощения фосфатов анионитом из песка и показывающие распределение PO₄³⁻ между песком и анионитом при достижении равновесия.
4. В изотермических условиях степень поглощения фосфора из песка с различием в начальном содержании в 3,5 мг/ 100г (≈ 40%) практически одинакова, о чем свидетельствуют близкие значения коэффициентов распределения.
5. С изменением температуры пропорционально связаны коэффициенты диффузии фосфат-ионов в песке, рассчитанные на основании уравнения диффузии. При возрастании температуры от 4⁰ до 40⁰ коэффициенты диффузии фосфатов в песке увеличиваются в 2,6 – 2,7 раз и достигают 8,44-9,20 10⁻⁶ см²/сек.
6. Скорость диффузии ионов через мембрану гораздо ниже скорости диффузии в песке (коэффициенты диффузии различаются на 3 порядка), поэтому около мембраны наблюдается слой с повышенным содержанием фосфора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Возбуждая А.Е. Химия почв. М.: «Высшая школа», 1968. – 426с.
2. Карпачевский Л.О. Определение динамики калия в почве с помощью катионита КУ-2. // Агрохимия, 1982. - №7. - С.116-121.
3. Кокотов Ю.А., Пасечник В.А. Равенство и кинетика ионного обмена. – Л.: Наука, 1970. – 173с.
4. Ногина Н.А. Режимные исследования и их значения в познании генезиса и классификации почв // Проблемы почвоведения. – М., 1982. - С.139-143.
5. Петербургский А.В. Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии. – М.: Наука, 1999. -169с.
6. Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. - М.: Мысль, 1990. -637с.
7. Kaufman M. Bouldin D. Relationships of exchangeable and non – exchangeable potassium in soils. Soil. Sci., v.104, № 3, 1967. P.102-109.
8. Overman A. Ion transport through sand by convective, diffusion. Plant and Soil, v.43, № 3, 1975. P.28-36.
9. Schouwenburg I.C., Van and I. Walinge. The rapid determination of phosphorus in presence of arsenic, silicon and germanium / / Anal. Chimica. Acta. Amsterdam-New York, 1967, P.271-274.

Локтионова Т.А., студент, Ковалев А.А., к.т.н., доцент, Маяк Т.Н., к.т.н., доцент
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Экологически и экономически сбалансированный выбор строительных материалов

Приводятся методические подходы для эколого-экономического анализа при выборе строительных материалов экологичность, экономичность, биопозитивность строительных материалов, цикл жизни, природное сырье, альтернативные источники сырья, ресурсоэффективные варианты.

Выбирая строительные материалы для строительства новых и ремонтных работ существующих зданий и сооружений целесообразно одновременно производить оценку их экологичности и экономичности [1]. Необходимо учитывать, что при изготовлении строительных материалов и их перевозке потребляется много энергоресурсов, которые являются источником образования многих вредных веществ, поступающих в атмосферный воздух, воду и почвы. Анализ применяемых сегодня искусственных материалов не отвечают требованиям санитарно-гигиенических норм и создает в зданиях и помещениях нездоровый микроклимат. Конструкции и внутренняя отделка не обладают достаточной пористостью, то есть, их поверхность “не дышит”, кроме того, сами материалы обладают способностью выделять вредные соединения при нагревании и при контакте с кислотными дождями. Такие материалы в конце срока эксплуатации практически не подлежат ремонту, а должны просто заменяться, создавая дополнительный объем отходов, требующих утилизации. С другой стороны, многие естественные или “биопозитивные” строительные материалы имеют статус дорогостоящих или дефицитных, то есть, малодоступных. Поэтому, перед проектировщиками, технологами, строителями стоит задача при выборе строительного материала получать экологические выгоды без больших экономических затрат. Так как, в действительности такая задача решается сложно, то следует сбалансировать экологические и экономические показатели строительных материалов.

К экологичным (биопозитивным) можно отнести такие строительные материалы, которые изготавливаются из возобновимых природных ресурсов и не оказывают отрицательного влияния на здоровье человека, не загрязняют окружающую среду при изготовлении и эксплуатации и полностью разлагаются после срока эксплуатации, способствуют развитию природных систем, в том числе, и человека.

Биопозитивными можно считать строительные материалы из древесины, кожи, пробки, коралловых песка и камня, натуральных шелка и хлопка, натуральную олифу, натуральный каучук, гипс и др.

Некоторые природные строительные материалы можно считать экологичными условно, так как они относятся к невозобновимым природным ресурсам, но почти полностью возвращаются в окружающую среду после срока эксплуатации и не требуют больших затрат энергоресурсов на их производство. К ним относятся строительные материалы на основе глины (кирпич, черепица, керамическая плитка и др.), бетон, стекло, сплавы алюминия, железа и др.

Экологические свойства строительных материалов сегодня сравнивают с помощью оценки “цикла жизни”. Методика этой оценки основана на том, что все стадии технологических циклов производства и эксплуатации оказывают экологическое воздействие, в том числе: при добыче сырья, подготовке, переработке, изготовлении материалов, их установке (монтаж, укладка), эксплуатации и обслуживании (ремонт, амортизация) и управлении отходами.

Порядок оценки “цикла жизни” включает четыре ступени:

- на первой – определяют количество затраченных природных ресурсов (вода, энергия, территории и др.) в течение полного “цикла жизни” строительного материала;
- на второй ступени оценивают изменения окружающей природной среды под воздействием полного “цикла жизни” строительного материала;

- на третьей ступени обобщают экологические воздействия;
- на четвертой – определяют и оценивают возможность улучшения экологической характеристики строительного материала (уменьшения отрицательных изменений окружающей природной среды от полного “цикла жизни” строительного материала), улучшения его эксплуатационных свойств.

Цель такой оценки состоит в том, чтобы помочь выбору материала, определяя значительное количество вариантов его замены.

В методе “цикла жизни” суммируются затраты на каждый вид строительного материала. Таким образом, можно выбрать любой строительный материал (например: для пола или кровли), который имеет наименьшие объем и стоимость, в зависимости от намерений потребителя.

При выборе строительного материала нужно учитывать *два направления* эколого-экономической оценки “цикла жизни” – это *создание здорового, безопасного, удобного жилища (либо производственной среды) и снижение использования природных материалов*. Эффективность использования природных ресурсов заключается в использовании альтернативных источников сырья, например, отходов производства. Некоторые материалы требуют обслуживания и неоднократной замены в течение срока эксплуатации здания или помещения. Поэтому можно выделить следующие **критерии выбора** строительного материала:

Количество ресурса.

Наиболее окупаемая стратегия сохранения природных ресурсов заключается в том, чтобы покупать меньше изделий или использовать приобретенные материалы более эффективно.

Многочисленное использование материала.

Определенное количество строительных материалов (например: штучных полов, столярных изделий, а также штучные отделочные материалы из металла, стекла и др.) могут быть сохранены и многократно использованы.

Перерабатываемость материалов.

По возможности переработки материалы можно подразделить на 3 типа:

- материалы, которые не могут быть использованы для тех же целей, после срока эксплуатации (строительные растворы, смеси);
- восстановленные промышленные отходы, которые не могут многократно использоваться в том же технологическом процессе (насыпная теплоизоляция, мягкие кровельные материалы и др.);
- перерабатываемые материалы многократного использования (штучные отделочные и каменные материалы, штучная теплоизоляция, черепица, стекла, рециклируемая пластмасса и др.).

Восстанавливаемость и рециркуляция ресурсов.

Возобновимые материалы – это древесина, волокна растений, шерсть и др. ресурсы, которые являются потенциально заменимыми в пределах определенного времени (в течение нескольких десятков лет). Когда заканчивается проектируемый срок службы материал должен быть восстановлен и переработан. Материалы пригодные к переработке:

- стальные и алюминиевые строительные элементы имеют высокую степень и ценность рециркуляции;
- большинство пластмасс можно использовать для повторного применения;
- твердая древесина годна для повторного использования, поэтому конструктивные элементы столярных изделий должны быть разбираемы;
- бетон, глину, каменную кладку, керамику можно использовать в качестве заполнителя для бетонов, а также как гравий для укладки дорог и тротуаров.

Соответствие материалов.

Некоторые виды строительных материалов и конструктивные решения зданий являются более предпочтительными для одних регионов, чем для других из-за климатических различий. Например, использование массивных стен в зданиях более выгодно там, где имеются большие ежедневные перепады температуры, влажности. Но в теплом, влажном климате более выгодны легкие стены и высокие потолки.

Стоимость “цикла жизни” и требования обслуживания.

За срок эксплуатации, который может составлять 100 лет и более, строительные материалы могут подвергаться ремонту и замене. Когда учитывают полные затраты, материалы, которые являются более дорогостоящими могут быть более предпочтительными ввиду будущих затрат, которых избегают.

Загрязнение воздуха помещений вызвано как наружными, так и внутренними источниками загрязнения и загрязнителями, в том числе частицами, размер которых намного меньше ячеек фильтрационного оборудования. Различают следующие виды загрязнителей внутреннего воздуха зданий и помещений:

- летучие органические вещества, выделяемые строительными материалами и их компонентами;
- летучие вещества, выделяемые отдельными периодически используемыми веществами и изделиями для чистки и обслуживания;
- волокна от текстильных изоляционных материалов, используемых в зданиях, помещениях;
- почвы, биологические материалы, в том числе, грибы и бактерии, а также газы, выделяемые как продукты их жизнедеятельности;
- макрочастицы, входящие в состав чистящих средств при их распылении.

Эти загрязнители влияют на здоровье работников строительной отрасли, обслуживающий персонал, жителей. Необходимо проводить исследования эмиссий строительных материалов и изделий в течение следующих стадий:

1. Строительство.

Предотвращать воздействие на работников строительного объекта потенциально опасных строительных материалов. Информацию о степени опасности строительных материалов должны предоставлять изготовители, согласно законодательства.

2. Использование здания.

Информацию об эмиссии строительных материалов необходимо получать еще на стадии изготовления.

3. Изучение проблемы загрязнения:

3.1. Эффект оседания.

Шероховатые и пористые материалы содержат микроскопические выступы и впадины, которые могут адсорбировать вредные вещества. Твердые и гладкие имеют низкий эффект оседания.

3.2. Влажность и температура.

Влажность и высокая температура в материалах ухудшают их свойства и увеличивают эмиссии загрязнителей, способствуют росту микроорганизмов.

3.3. Загрязнение и очистка.

Непористые покрытия с минимальными швами требуют минимального обслуживания и менее загрязняются.

3.4. Естественные материалы.

Существует обычное мнение, что естественные материалы являются более экологичными. Это мнение необходимо подтверждать соответствующими исследованиями.

Для рационального и сбалансированного выбора строительных материалов можно использовать такие **основные критерии**, как экономия природных ресурсов и создание здоровой, безопасной и удобной среды для жизнедеятельности человека.

Примеры сбалансированного эколого-экономического выбора строительных материалов [1,2,3]:

1. Бетон.

Производство портландцемента для изготовления бетона требует использования энергоносителей, что сопровождается выделением в атмосферный воздух углекислого газа. Если выбор основан на анализе “цикла жизни”, то предпочтительными ресурсоэффективными будут следующие виды бетона:

- золобетон (на основе зол от сжигания угля на электростанциях). Используется, чтобы заменить

до 30% портландцемента. Но по экологическим характеристикам не все виды зол можно использовать в производстве бетона.

- переработанные заполнители и легкие добавки могут включать разрушенный бетон, кирпич или измельченное стекло. В качестве легких заполнителей можно использовать вулканические материалы – перлит и др.

Здоровье и загрязнение среды.

Эмиссия загрязнения воздуха от бетона минимальна. Бетонные поверхности оштукатуривают или покрывают штучными отделочными материалами.

При использовании в качестве крупного заполнителя щебня из магматических пород следует исследовать бетон на эмиссию радона и других радиоактивных нуклидов. Добавки в виде суперпластификаторов могут привести к болезням кожи и раздражению дыхательных путей.

2. Каменная кладка.

Ресурсоэффективные варианты таковы:

- легкие бетонные блоки и кирпичи производить из пенобетона или с заполнителями типа пемзы для повышения теплоизолирующих свойств;
- кирпичи с заполнителем из переработанных отходов типа золы. Местные каменные материалы из цемента и переработанных отходов являются экологически предпочтительными.

3. Пластмасса.

Большинство пластмасс сделаны из невозобновимой нефти или природного газа. Их производство и использование связано с эмиссией опасных соединений. Ресурсоэффективными альтернативными материалами являются изделия из древесины.

3. Теплоизоляция.

Ресурсоэффективные варианты таковы:

- теплоизоляция из минерального волокна (базальта или сталелитейного шлака). Это доступные материалы.
- изоляция из стеклянного волокна, содержащая не менее 30% переработанного стекла;
- материалы из естественных теплоизоляционных материалов – вермикулита или перлита;
- изоляция из пенного силиката натрия и магнезии (пеностекло и др.).

ВЫВОДЫ

1. Приведены методические подходы к решению проблемы сбалансированного эколого-экономического выбора строительных материалов.
2. Определены основные критерии сбалансированной эколого-экономической оценки строительных материалов.
3. Даны примеры ресурсоэффективных материалов на основе их соответствия основным критериям баланса экологичности и экономичности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Тетиор А.Н., Индивидуальный экодом, Симферополь, Таврия, 2004г.
2. Тетиор А.Н., Строительная экология, Киев, Будівельник, 1992г.
3. Передельский Л.В., Приходченко О.Е., Строительная экология, уч. пособие, Ростов-на-Дону, Феникс, 2003г.

Мищенко Д.Н., студент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Общественное экологическое движение в Крыму (проблемы, задачи, перспективы)

Рассмотрены вопросы экологической проблематики в мире и ее взаимосвязь с общественным экологическим движением. Перспективы развития экологических организаций.

Общественность, экологическое движение, Крым

Экологическая проблематика в современном мире становится, безусловно, доминирующей. Без преувеличения речь идет о будущем человечества, но в процессе социализации этот фактор не акцентируется. Современная экологическая ситуация в Украине на всех уровнях, официальных и неофициальных, однозначно квалифицируется как катастрофическая. Скорость деградации окружающей среды в Украине превысила скорость процессов биологического приспособления живых организмов к среде существования, т.е. нарушения экосистемы приобретает необратимый характер. Все эти факторы создали благоприятную почву для развития общественных экологических движений. Они, выдвигая в качестве ценностных ориентиров охрану природы и ресурсосбережение, видят пути решения этих проблем в изменении технологий и экономической системы общества, в перестройке принципов политической жизни и основ общественной организации в целом.

Общественным движением в юридической литературе называется некая незарегистрированная структура, которая создается для решения определенной проблемы. В последствии, при достижении своей цели, движение может перерасти в общественную организацию либо ликвидироваться. Поэтому далее речь в докладе пойдет об общественных организациях.

Общественной организацией является объединение граждан, созданное для удовлетворения и защиты своих законных социальных, экономических, творческих, национально-культурных, спортивных и других общих интересов.

В Крыму существует более 80 общественных экологических организаций. Наиболее известные из них:

1. Крымская Республиканская Ассоциация “Экология и мир”;
2. “Ассоциация поддержки биологического и ландшафтного разнообразия “Крыма” – “Гурзуф-97”;
3. Крымский филиал географического общества Украины;
4. Благотворительный фонд “Спасения редких растений, животных”;
5. “Мама-86”.

Из анализа деятельности общественных экологических организаций Крыма, следует вывод, что неправительственные общественные экологические организации в связи с их сравнительно небольшой численностью, слабой активностью и незрелостью правового статуса, пока не могут выступать серьезным оппонентом государственному чиновнику в вопросах решения назревших экологических проблем. К сожалению, их реальная работа сводится к участию в образовательных, воспитательных, научных и пропагандистских акциях. Серьезного влияния на проведение в жизнь правовых механизмов защиты прав и свобод граждан в экологических вопросах общественные организации пока не имеют. Из-за несовершенства правовых актов, из-за неразворотливости громоздкого аппарата управления, из-за невозможности активно использовать правовые методы воздействия на нерадивых хозяйствующих субъектов, вопросы охраны среды обитания оперативно на местах не решаются. А ведь нам, как никому, известно, что промедление или несвоевременное решение экологических проблем могут обернуться в недалеком будущем серьезными природными и экологическими бедами и катастрофами.

Экологов удивляет позиция наших властей, которые создают проекты, без участия ученых-

экологов, не учитывая позиции общественности. Они не имеют информации о том, что в Крыму готовятся и обсуждаются подобные проекты. Считается, что проводимая органами государственной власти и местного самоуправления экологическая политика достаточна по объему и не предполагает активного, самостоятельного вмешательства общественных экологических организаций в вопросы урегулирования экологических конфликтов.

Поэтому авторитетом в процессе лоббирования власти может быть только организованное структурированное движение общественности с привлечением молодежи в ее ряды. Следовательно, это и является задачей общественных организаций в настоящий период времени.

Работа через СМИ, запросы в различные органы власти, пикетирование правительственных учреждений — вот неполный перечень механизмов общественного влияния на «упрямую», недемократическую и не учитывающую мнения избирателей власть.

Скомпрометировавшую себя власть можно сменить на новых выборах. Поэтому на мой взгляд общественность должна попытаться обеспечить лояльным политическим лидерам регионов поддержку на выборах в местные органы власти, лоббирование программ, выдвинутых или поддерживаемых политическими лидерами, не учитывающим экологические проблемы.

Опыт работы общественных экологических организаций в Крыму и других регионах Украины показывает, что при настойчивом отстаивании своей позиции, наличии структурированной организации с авторитетными отделениями или центрами активности, действующими в различных населенных пунктах и имеющими понятную населению и властям идеологию, рано или поздно начинается признание таких организаций и появляется желание сотрудничать с ними. Это сотрудничество выражается в проведении совместных природоохранных акций, в содействии формированию экологических фондов и финансированию природоохранных проектов. Власти, увидев большой потенциал общественного экологического движения, пытаются даже возглавить это движение.

Примером может служить комитет по экологии и природным ресурсам АРК, который организовал проведение акции «Крым — наше настоящее и будущее» совместно с экологами. Акция предполагала активизацию широкой общественности на наведение элементарного порядка в городах и поселках Крыма. Эта инициатива вылилась не только в традиционные посадки деревьев и уборку мусора, но и изыскание средств для реконструкции водопроводных сетей, канализационных очистных сооружений, совершенствование технологий на промышленных предприятиях. Общий объем финансирования из средств местных бюджетов на природоохранные мероприятия составил в 1999 — 2000 гг. десятки млн. грн. То есть мы наблюдаем обоюдное стремление к сотрудничеству как со стороны общественности, так и различных ветвей власти.

ВЫВОД

Рост социальной активности общества видится прежде всего через развитие общественных инициатив. Здесь огромное поле деятельности и для общественных организаций и для структур власти.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Конституция Украины от 28.06.96г. // ВВР Украины-1996 - № 39
2. Конституция АРК. Симферополь: «Издательство Реноме», 2001.
3. Закон Украины «Об объединении граждан» // ВВР Украины.-1992.- №34.
4. Общественное движение в Крыму. Под редакцией Тарасенко В.С.- Симферополь: «Бизнес - информ», 2003.
5. Барбашова Н. Обеспечение экологической безопасности: развитие отраслевого подхода в экологическом законодательстве // «Право Украины». – 2001. - № 6.
6. Заржицкий А. Проблемы усовершенствования правовых основ региональной экологической политики // «Право Украины». – 2003. - № 3.
7. Орлов Н. Правовое обеспечение реализации экологических интересов – основа надлежущей охраны окружающей природной среды и развитие экологии Украины // «Право Украины». – 2001. - № 1.

Пашенцев А. И., к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Оценка и управление экологическими рисками

Обоснованы блок – схема управления экологическим риском и оценка риска на основании показателя индекса превышения точки безубыточности

Экологический риск, эколого – экономическая позиция оценки риска, индекс превышения точки безубыточности, точка безубыточности

Современное общество все более четко осознает тот факт, что дальнейшее его развитие невозможно без установления жесткого контроля над потенциально опасными производствами. Вопросы обеспечения безопасности вышли на первый план. Практически ни один проект не имеет шансов быть претворенным в жизнь без строгой экологической экспертизы. Результатом формирования нового мышления стало возникновение и быстрое развитие управления экологическими рисками. Анализ отечественного опыта в этой области показывает, что увеличение количества и тяжести последствий аварий в Украине объясняется следующими причинами:

1. Высоким уровнем износа основных производственных фондов в энергетике, транспорте, промышленности, включая высокорисковые производства.
2. Порочной практикой размещения производительных сил вблизи или внутри компактного проживания населения, а также в районах, подверженных стихийным бедствиям.
3. Отсутствием экономических механизмов обеспечения безопасности, а также целостной нормативно – правовой базы в области защиты населения и территорий от промышленных аварий.

В Украине существуют промышленные гиганты, масштабы производственной деятельности которых порождают повышенные требования к обеспечению безопасности их функционирования. Таким предприятиям присущи разнообразные и значительные по величине экологические риски, которыми необходимо управлять.

Целью настоящей работы является предложение схемы управления экологическими рисками и их оценки.

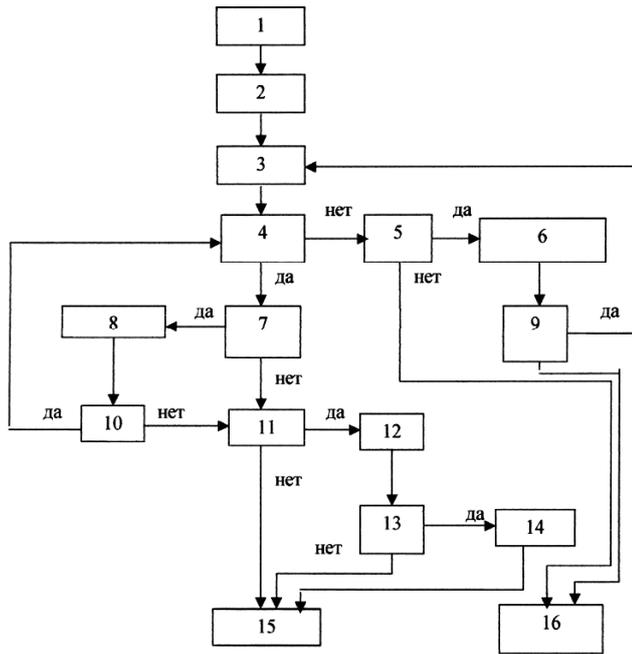
Под экологическим риском понимается вероятность наступления гражданской ответственности за нанесение ущерба окружающей среде, а также жизни и здоровью третьих лиц [1,с.15]. Он может возникнуть в процессе строительства и эксплуатации объектов. Ущерб окружающей среде выражается в виде загрязнения или уничтожения лесных, водных, воздушных и земельных ресурсов. Наиболее вероятными случаями, в результате которых может наступить гражданская ответственность, являются аварии, сверхнормативные выбросы и утечки вредных веществ на производственных объектах, воздействие которых затронуло окружающую территорию.

Управление экологическими рисками, как целенаправленное воздействие управляющей системы на управляемую, проявляется в виде множества взаимосвязанных между собой процессов подготовки, принятия и организации выполнения управленческих решений, составляющих технологию процесса управления экологическими рисками.

Управление экологическими рисками также предполагает осуществление ряда процессов и действий, реализующих целенаправленное воздействие на риск. К ним можно отнести:

- определение целей рискованных вложений капитала в природоохранные мероприятия;
- сбор и обработку данных по основным аспектам экологического риска;
- определение вероятности наступления рискованных событий;
- выявление степени и величины экологического риска;
- выбор методов управления экологическими рисками;
- выбор способов снижения величины экологического риска.

В этой связи целесообразно предложить схему процесса управления экологическими рисками, которая представлена на рис. 1.



- 1 – сбор и обработка данных;
- 2 – качественный анализ экологического риска;
- 3 – количественная оценка экологического риска;
- 4 – оценка приемлемости экологического риска;
- 5,11 – оценка возможности снижения экологического риска;
- 6,12 – выбор методов и формирование вариантов снижения экологического риска;
- 8 – формирование и выбор вариантов увеличения экологического риска;
- 7 – оценка возможности увеличения экологического риска;
- 9,13 – оценка целесообразности снижения экологического риска;
- 10 – оценка целесообразности увеличения экологического риска;
- 14 – выбор вариантов снижения экологического риска;
- 15 – принятие экологического риска;
- 16 – избежание экологического риска

Рис. 1. Блок-схема процесса управления экологическим риском

Представленные на схеме этапы процесса управления экологическим риском можно подразделить на две составляющие: анализ экологического риска и мероприятия по устранению и минимизации риска.

Анализ экологического риска может проводиться по двум направлениям:

1. От оценки экологического риска к его выявлению. В этом случае экологический риск уже произошел, определяется размер убытка и проводится описание всех возможных причин, которые привели к его проявлению. Выявленные причины ранжируются в зависимости от степени важности, проводится их оценка на основании коэффициента корреляции.
2. От выявления к оценке. Природоохранное мероприятие оценивают с точки зрения определения возможных причин, способных привести к появлению экологического риска. Это осуществляется на стадии проектирования мероприятия и преследует цель определения причин, способных привести к нарушению экологического равновесия региона. Проводится их ранжирование в зависимости от величины возможного ущерба.

Мероприятия по устранению и минимизации экологического риска включают выбор и обоснование предельно допустимых уровней экологического риска, выбор методов снижения риска, формирование вариантов рискованного вложения капитала в природоохранное мероприятие, оценку оптимальности на основе сопоставления ожидаемой прибыли и величины риска.

Экологический риск – это категория вероятностная, поэтому в процессе его оценки применяются вероятностные расчеты, основу которых составляют: среднее квадратическое отклонение, дисперсия, коэффициенты вариации, корреляции, ковариации. Однако, в случае проявления экологического риска возникает экономический ущерб, который обусловлен выбросами в атмосферный воздух вредных веществ стационарными источниками, загрязнением водных и земельных ресурсов. В этой связи целесообразно рассматривать риск с эколого - экономической позиции. Для оценки величины экологического риска можно использовать подход определения точки безубыточности хозяйственной деятельности предприятия. Точка безубыточности представляет собой объем производства продукции, при котором доходы от реализации не превышают затраты на производство. На наш взгляд целесообразно поставить в соответствие объем точки безубыточности лимиту на загрязнение окружающей природной среды. Таким образом, расчет точки безубыточности позволяет выявить предельный объем производства, выше которого экономический

субъект не может допустить загрязнение окружающей среды. Точку безубыточности определяют по формуле:

$$Q = \text{ПР} / (\text{ПЦ} - \text{ПРС}); \quad (1)$$

где: ПР – постоянные расходы, гр.;

ПЦ – планируемая цена единицы продукции, гр.;

ПРС – переменные расходы на единицу продукции, гр.

Чувствительность экологического риска определяется изменением выше указанных параметров, которая может привести к повышению фактического объема выпуска продукции, а значит превышению выбросов в окружающую природную среду. В этом случае экологический риск можно оценить с помощью показателя индекса превышения точки безубыточности

$$I_{\text{п.т.б.}} = (Q_{\text{ф}} - Q) / Q_{\text{ф}}; \quad (2)$$

где: $Q_{\text{ф}}$ – фактический объем выпуска продукции, тыс.ус. ед.;

Q – плановый объем выпуска продукции, тыс. ус. Ед.

Полученный индекс показывает, что если при неизменной цене за единицу продукции и затратах, объем производства увеличится более, чем на значение определенного индекса, то предприятие допустит сверхлимитный выброс загрязняющих веществ в окружающую природную среду.

ВЫВОДЫ:

1. Предложенная блок – схема позволяет осуществить управление экологическим риском предварительно выбрав методы и способы воздействия на риск, регулируя величину риска.
2. Экологический риск целесообразно рассматривать с эколого – экономической позиции, для чего следует применить подход определения точки безубыточности и привести ее в соответствие с лимитом на загрязнение окружающей природной среды. Экологический риск можно оценить с помощью индекса превышения точки безубыточности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Пашенцев. А. И. Управление рисками в условиях рыночной экономики.- Симферополь.: ТНУ им. В. И. Вернадского, 2002.- 72 с.

Сараев А.Д., профессор, член-корреспондент Украинской Экологической Академии наук
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Щербина О.А., доктор математики, профессор

Венский университет

Системный подход, системный анализ и новейшие информационные технологии

Показаны специфика системного подхода и системного анализа. Рассмотрены системы поддержки принятия решений, которые выступают адекватным инструментом современных информационных технологий для решения слабо – и неструктурированных проблем системного анализа.

Системный подход, системный анализ, структурированные проблемы, неструктурированные проблемы, слабо структурированные проблемы, процедура принятия решений, системы поддержки принятия решений (СППР)

1. Введение

Системный подход применяют как в научных исследованиях, так и в решении практических проблем, связанных с прогнозированием, проектированием и управлением в технических системах, биологии, психологии, социально-экономической, политической и военной сферах. Начиная с конца 50-х годов прошлого века эти методы применяют при принятии управленческих решений в промышленности, финансовой, коммерческой деятельности и других областях. При системном подходе ставят задачу выявить и изучить связи и отношения между элементами (подсистемами) любого объекта управления. Важным моментом при этом становится подчинение частных, локальных задач отдельных подсистем общей конечной цели. При этом обязательным условием является четкое формулирование единых целей, задач, а затем определение путей наиболее эффективного решения как для системы в целом, так и для отдельных ее элементов.

В исследовании системного подхода, на наш взгляд, можно выделить ряд основных направлений: исследуют становление, современное состояние и перспективы развития системного подхода в различных сферах познания; проводят формально-логический анализ системного подхода; изучают его логико-методологические основания и категориально-содержательную структуру.

Системный подход в сфере познания на предметном уровне отражает своеобразие, особенности и возможности в той или другой специфической предметной области, например, в технике или медицине, на формально-категориальном уровне - различные математические методы исследования систем и построения логико-математических моделей.

Системный подход в сфере познания на содержательно-категориальном уровне представляет собой момент, сторону диалектики. Известно, что любой всеобщий метод познания становится реальностью только при наличии проблемной ситуации: когда для решения познавательной задачи необходим новый метод. Системный анализ и синтез исследуемого предмета, систематизация знания начинают применяться тогда, когда стихийное воздействие на предмет не обеспечивает желаемого эффекта. На уровне биологических и социальных систем проблемная ситуация - это противоречие между возникшими потребностями и отсутствием готовых средств для их удовлетворения.

Исходный пункт системного подхода заключается в осознании проблемной ситуации. Рассмотрим возможные варианты решения различных проблемных ситуаций, связанных в конечном счете с анализом систем. При этом используют различные категориальные подходы.

Экстероформный /от exte- вид/. Изучают внешние границы конкретного предмета, т.е. описывают его очертания, окраску, пространственное расположение. Внутри изучаемого предмета исследователь не проникает.

Функциональный. Изучают изменчивость, динамику предмета, смену одного состояния другим, не проникая внутрь исследуемого предмета. То или иное воздействие на «вход» системы (предмета) дает определенный результат на ее «выходе».

Составный. Изучают элементы состава, содержание предмета (совокупность его элементов), его субстрат.

Составно-функциональный. Предпринимается попытка связать изменения, происходящие в системе (предмете) на уровне ее «выхода», и динамику с соответствующими изменениями ее элементов.

Структурный. Исследуют только структуры, отношения между составными элементами системы (предмета).

Структурно-функциональный. Предпринимается попытка путем воздействия на определенный тип отношений между образующими элементами системы (предмета), на ее соответствующий структурный элемент вызывать изменения на «выходе» системы.

Организационный. Изучают изменения предмета, обусловленные взаимодействием его состава и структуры. Собственно, системный подход в сфере познания - это переход к объяснению внешней функции предмета его внутренней организацией, внутренним механизмом. Подобная познавательная ситуация наблюдается на определенном этапе познавательного процесса в самых различных науках о человеке. Таким образом, системный подход реализуется в виде или структурно-функционального, или организационного подхода.

Системный подход, будучи элементом диалектического метода в целом, представляет собой не только конкретизацию диалектико-материалистического учения о всеобщей связи явлений, но и одну из сторон диалектико-материалистического учения о развитии. Принцип системности требует рассматривать все явления во взаимосвязи, во взаимодействии. Таким образом, в основе системных исследований лежит положение о диалектическом единстве принципа системности и развития.

Под системным подходом понимается применение теории систем при решении познавательных задач. Так, если в ходе исследования системы фиксируют данные на ее «входе-выходе», то осуществляется функциональный подход: если же изучают элементы и отношения между ними внутри системы - составно-структурный подход. Более развитая структурно-функциональная ступень системного подхода позволяет объяснить ту или иную функцию системы вполне определенной ее структурой.

Под системой будем подразумевать такую совокупность элементов, которые находятся в отношении друг к другу, необходимом и достаточном для осуществления функции данной совокупности элементов. Под функцией понимается не любое свойство системы, а то, которое обеспечивает достижение ею целевого состояния. В ходе достижения этого состояния решается та проблемная ситуация, появление которой привело к поиску или созданию системы.

Целевое состояние - это такое состояние среды, достижение которого снимает проблемную ситуацию. В неживой природе наблюдаются лишь объективные целевые состояния. В живой природе регистрируется и субъективное целевое состояние: модель будущего, которая детерминирует собой тенденцию движения к объективному целевому состоянию. Аналогом объективного целевого состояния в естественных, биологических системах выступает их конечный эффект действия.

Схематически категориальную структуру системного подхода можно изобразить в таком виде (см. рис. 1).



Рис. 1. Категориальная структура системного подхода

Таким образом, если непосредственным предшественником системного подхода в сфере познания на содержательно-категориальном уровне является целый ряд, ведущих к нему, подходов: экстероформный, функциональный, составный, составно-функциональный, структурный, то такие понятия, как «внешняя форма», «функция», «элемент», «состав», «структура», могут служить и практически служат необходимым и достаточным основанием для уяснения философского статуса понятия «система». Следовательно, эти подходы и категории, взятые в развитии, могут быть рассмотрены как необходимые и достаточные категориальные предпосылки системного подхода, категориальный аппарат системного подхода.

Под системным подходом в управлении понимают систематизированный способ мышления, в соответствии с которым процесс обоснования решения базируется на определении общей цели системы и последовательном подчинении ей деятельности множества подсистем, планов их развития, а также показателей и стандартов работы. В общем смысле системный подход рассматривается как упорядоченная и воспроизводимая процедура выработки решений, применяемая к аналитическим проблемам любого рода и масштаба.

Существует множество различных определений понятия «система». Для наших целей наиболее подходит определение, предложенное Месаровичем и Такахарой: система есть множество элементов вместе со связями между этими элементами и их признаками. Элемент — это простейшая неделимая часть системы. Связь — это соединение между элементами, влияющее на поведение элементов и систему в целом.

2. Использование системного анализа в процессе принятия решений

Системный анализ возник в эпоху разработки компьютерной техники. Успех его применения при решении сложных задач во многом определяется современными возможностями информационных технологий. Н. Н. Моисеев приводит, по его выражению, довольно узкое определение системного анализа: «Системный анализ — это совокупность методов, основанных на использовании ЭВМ и ориентированных на исследование сложных систем — технических, экономических, экологических и т. д. Результатом системных исследований является, как правило, выбор вполне определенной альтернативы: плана развития региона, параметров конструкции и т. д... Поэтому истоки системного анализа, его методические концепции лежат в тех дисциплинах, которые занимаются проблемами принятия решений: теории операций и общей теории управления».

Ценность системного подхода состоит в том, что рассмотрение категорий системного анализа создает основу для логического и последовательного подхода к проблеме принятия решений.

Эффективность решения проблем с помощью системного анализа определяется структурой решаемых проблем. Согласно классификации, все проблемы подразделяются на три класса:

- хорошо структурированные (well — structured), или количественно сформулированные проблемы, в которых существенные зависимости выяснены очень хорошо;

- неструктурированные (unstructured), или качественно выраженные проблемы, содержащие лишь описание важнейших ресурсов, признаков и характеристик, количественные зависимости между которыми совершенно неизвестны;

- слабо структурированные (ill — structured), или смешанные проблемы, которые содержат как качественные элементы, так и малоизвестные, неопределенные стороны, которые имеют тенденцию доминировать.

Для решения хорошо структурированных количественно выражаемых проблем используют известную методологию исследований операций, которая состоит в построении адекватной математической модели (например, задачи линейного, нелинейного, динамического программирования, задачи теории массового обслуживания, теории игр и др.) и применении методов для отыскания оптимальной стратегии управления целенаправленными действиями.

Для решения слабо структурированных проблем используют методологию системного анализа. Рассмотрим технологию применения системного анализа к решению сложных задач.

Процедура принятия решений включает следующие основные этапы:

1. Формулировка проблемной ситуации.
2. Определение целей.
3. Определение критериев достижения целей.
4. Построение моделей для обоснования решений.
5. Поиск оптимального (допустимого) варианта решения.
6. Согласование решения.
7. Подготовка решения к реализации.
8. Утверждение решения.
9. Управление ходом реализации решения.
10. Проверка эффективности решения.

На рис. 2а и 2б приведены методы, применяемые на каждом шаге процедуры системного анализа.

Приведенная технология ориентирована на повышение эффективности сложных решений для структурированных и слабоструктурированных проблем.

Термин «анализ» используют для характеристики самой процедуры проведения исследования, которая состоит в том, чтобы разбить проблему в целом на составляющие части, более доступные для решения, использовать наиболее подходящие специальные методы для решения отдельных подпроблем и, наконец, объединить частные решения так, чтобы было построено общее решение проблемы. Ясно, что наиболее

эффективно анализ может быть произведен лишь на основе системного подхода. В этом случае возникает не только органическое сочетание декомпозиции проблем на части и исследования связей и отношений между этими частями, но также делается особый акцент на рассмотрение целей и задач, общих для всех частей, и в соответствии с этим осуществляется синтез общего решения из частных решений.



Рис. 2. Этапы процесса принятия решения

Процесс принятия решений неструктурированных или слабо структурированных проблем представляется весьма сложным в связи с высокой степенью неопределенности. Условием перехода к большей опреде-

ленности является получение новой информации, что может быть достигнуто с помощью использования системы поддержки принятия решений (СППР).

3. Системы поддержки принятия решений (СППР)

Современные системы поддержки принятия решения (СППР), возникшие как естественное развитие и продолжение управленческих информационных систем и систем управления базами данных, представляют собой системы, максимально приспособленные к решению задач повседневной управленческой деятельности, являются инструментом, призванным оказать помощь лицам, принимающим решения (ЛПР). С помощью СППР могут решаться не структурированные и слабоструктурированные многокритериальные задачи.

СППР, как правило, являются результатом мультидисциплинарного исследования, включающего теории баз данных, искусственного интеллекта, интерактивных компьютерных систем, методов имитационного моделирования. Как справедливо отмечено в, «... с момента появления первых разработок по созданию СППР не было дано четкого определения СППР.,».

Ранние определения СППР (в начале 70-х годов прошлого века) отражали следующие три момента: (1) возможность оперировать с неструктурированными или слабоструктурированными задачами, в отличие от задач, с которыми имеет дело исследование операций; (2) интерактивные автоматизированные (т.е. реализованные на базе компьютера) системы; (3) разделение данных и моделей. Приведем определения СППР:

СППР — совокупность процедур по обработке данных и суждений, помогающих руководителю в принятии решений, основанная на использовании моделей.

СППР — это интерактивные автоматизированные системы, помогающие лицу, принимающему решения, использовать данные и модели для решения слабоструктурированных проблем,

СППР — это система, которая обеспечивает пользователям доступ к данным и/или моделям, так что они могут принимать лучшие решения.

Последнее определение не отражает участия компьютера в создании СППР, вопросы возможности включения нормативных моделей в состав СППР и др. В настоящее время нет общепринятого определения СППР, поскольку конструкция СППР существенно зависит от вида задач, для решения которых она разрабатывается, от доступных данных, информации и знаний, а также от пользователей системы. Можно привести тем не менее некоторые элементы и характеристики, общепризнанные как части СППР:

СППР — в большинстве случаев — это интерактивная автоматизированная система, которая помогает пользователю (ЛПР) использовать данные и модели для идентификации и решения задач и принятия решений. Система должна обладать возможностью работать с интерактивными запросами с достаточно простым для изучения языком запросов.

Согласно Turban [31], СППР обладает следующими четырьмя основными характер и стилями:

- 1) СППР использует и данные, и модели;
- 2) СППР предназначены для помощи менеджерам в принятии решений для слабоструктурированных и неструктурированных задач;
- 3) Они поддерживают, а не заменяют, выработку решений менеджерами;
- 4) Цель СППР — улучшение эффективности решений.

Turban предложил список характеристик идеальной СППР (которая имеет мало общих элементов с определением, приведенным выше):

Идеальная СППР:

- (1) оперирует со слабоструктурированными решениями;
- (2) предназначена для ЛПР различного уровня;
- (3) может быть адаптирована для группового и индивидуального использования;
- (4) поддерживает как взаимозависимые, так и последовательные решения;
- (5) поддерживает 3 фазы процесса решения: интеллектуальную часть, проектирование и выбор;
- (6) поддерживает разнообразные стили и методы решения, что может быть полезно при решении задачи группой ЛПР;
- (7) является гибкой и адаптируется к изменениям как организации, так и ее окружения;
- (8) проста в использовании и модификации;
- (9) улучшает эффективность процесса принятия решений;
- (10) позволяет человеку управлять процессом принятия решений с помощью компьютера, а не наоборот;

- (11) поддерживает эволюционное использование и легко адаптируется к изменяющимся требованиям;
- (12) может быть легко построена, если может быть сформулирована логика конструкции СППР;
- (13) поддерживает моделирование;
- (14) позволяет использовать знания. Рассмотрим кратко историю создания СППР.

4. История создания СППР

До середины 60-х годов прошлого века создание больших информационных систем (ИС) было чрезвычайно дорогостоящим, поэтому первые ИС менеджмента (так называемые Management Information Systems — MIS) были созданы в эти годы лишь в достаточно больших компаниях. MIS предназначались для подготовки периодических структурированных отчетов для менеджеров.

В конце 60-х годов появляется новый тип ИС — модель-ориентированные СППР (Model-oriented Decision Support Systems — DSS) или системы управленческих решений (Management Decision Systems — MDS).

По мнению первооткрывателей СППР Keen P. G. W., Scott Morton M. S. [21] (1978), концепция поддержки решений была развита на основе «теоретических исследований в области принятия решений... и технических работ по созданию интерактивных компьютерных систем».

В 1971 г. — опубликована книга Scott Morton'a [27], в которой впервые были описаны результаты внедрения СППР, основанной на использовании математических моделей.

1974 г. — в работе [10] дано определение первые ИС менеджмента — MIS «MIS — это интегрированная человеко-машинная система обеспечения информацией, поддерживающая функции операций, менеджмента и принятия решений в организации. Системы используют компьютерную технику и программное обеспечение, модели управления и принятия решения, а также баз; данных» [10, p. 5].

1975 г. — J.D.C.Little в работе предложил критерии проектирования СППР в менеджменте.

1978 г. — опубликован учебник по СППР [21], в котором исчерпывающе описаны аспекты создания СППР; анализ, проектирование, внедрение, оценка и разработка.

1980 г. — опубликована диссертация S. Alter [8], в которой он дал основы классификации СППР.

1981 г. — Bonczek, Holsapple и Whinston в книге [9] создали теоретические основы проектирования СППР. Они выделили 4 необходимых компонента, присущих всем СППР: 1) языковая система (Language System — LS) — СППР может принимать все сообщения; 2) система презентаций (Presentation System (PS)) (СППР может выдавать свои сообщения); 3) система знаний (Knowledge System — KS) — все знания СППР сохраняет; 4) система обработки задач (Problem—Processing System (PPS)) — программный «механизм», который пытается распознать и решить задачу во время работы СППР.

1981 г. — в книге [28] R.Sprague и E.Carlson описали, каким образом на практике можно построить СППР. Тогда же была разработана информационная система руководителя (Executive Information System (EIS)) — компьютерная система, предназначенная для обеспечения текущей адекватной информации для поддержки принятия управленческих решений менеджером.

Начиная с 1990-х, разрабатываются так называемые Data Warehouses -хранилища данных. Хранилище данных — это очень большая предметно-ориентированная информационная корпоративная база данных, предназначенная для подготовки отчетов, анализа бизнес-процессов и поддержки принятия решений. Строится на базе клиент-серверной архитектуры, реляционной СУБД и утилит поддержки принятия решений. Данные, поступающие в хранилище данных, становятся доступны только для чтения.

В 1993 г Е. Коддом (E.F.Codd) для СППР специального вида был предложен термин OLAP (Online

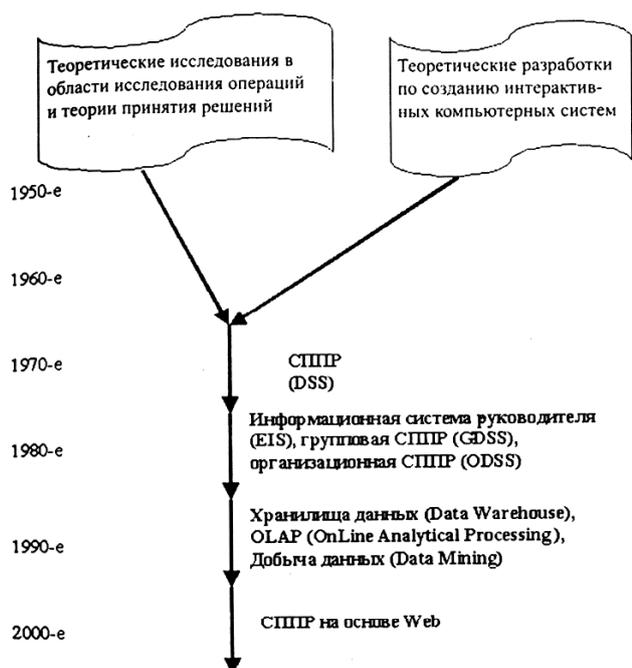


Рис.3. История СППР

Analytical Processing) — оперативный анализ данных, онлайн-аналитическая обработка данных для поддержки принятия важных решений. Исходные данные для анализа представлены в виде многомерного куба, по которому можно получать нужные разрезы — отчёты. Выполнение операций над данными осуществляется OLAP-машиной. По способу хранения данных различают MOLAP, ROLAP и HOLAP. По месту размещения OLAP-машины различают OLAP-клиенты и OLAP-серверы. OLAP-клиент производит построение многомерного куба и вычисления на клиентском ПК, а OLAP-сервер получает запрос, вычисляет и хранит агрегатные данные на сервере, выдавая только результаты.

В начале нового тысячелетия была создана СППР на основе Web. 5. Классификации СППР

Для СППР отсутствует не только единое общепринятое определение, но и исчерпывающая классификация. Разные авторы предлагают разные классификации.

На уровне пользователя Haettenschwiler (1999) [17] делит СППР на пассивные, активные и кооперативные СППР. Пассивной СППР называется система, которая помогает процессу принятия решения, но не может вынести предложение, какое решение принять. Активная СППР может сделать предложение, какое решение следует выбрать. Кооперативная позволяет ЛПР изменять, пополнять или улучшать решения, предлагаемые системой, посылая затем эти изменения в систему для проверки. Система изменяет, пополняет или улучшает эти решения и посылает их опять пользователю. Процесс продолжается до получения согласованного решения.

На концептуальном уровне Power (2003) [26] отличает СППР, управляемые сообщениями (Communication-Driven DSS), СППР, управляемые данными (Data-Driven DSS), СППР, управляемые документами (Document-Driven DSS), СППР, управляемые знаниями (Knowledge-Driven DSS) и СППР, управляемые моделями (Model-Driven DSS). СППР, управляемые моделями, характеризуют в основном доступ и манипуляции с математическими моделями (статистическими, финансовыми, оптимизационными, имитационными). Отметим, что некоторые OLAP-системы, позволяющие осуществлять сложный анализ данных, могут быть отнесены к гибридным СППР, которые обеспечивают моделирование, поиск и обработку данных.

Управляемая сообщениями (Communication-Driven DSS) (ранее групповая СППР — GDSS) СППР поддерживает группу пользователей, работающих над выполнением общей задачи.

СППР, управляемые данными (Data-Driven DSS) или СППР, ориентированные на работу с данными (Data-oriented DSS) в основном ориентируются на доступ и манипуляции с данными. СППР, управляемые документами (Document-Driven DSS), управляют, осуществляют поиск и манипулируют неструктурированной информацией, заданной в различных форматах. Наконец, СППР, управляемые знаниями (Knowledge-Driven DSS), обеспечивают решение задач в виде фактов, правил, процедур.

На техническом уровне Power (1997) [24] различает СППР всего предприятия и настольную СППР. СППР всего предприятия подключена к большим хранилищам информации и обслуживает многих менеджеров предприятия.

Настольная СППР — это малая система, обслуживающая лишь один компьютер пользователя. Существуют и другие классификации (Alter [8], Holsapple и Whinston [18], Golden, Hevner и Power [16]). Отметим лишь, что превосходная для своего времени классификация Alter'a, которая разбивала все СППР на 7 классов в настоящее время несколько устарела.

При создании СППР можно использовать Web-технологии. В настоящее время СППР на основе Web-технологий для ряда компаний являются синонимами СППР предприятия.

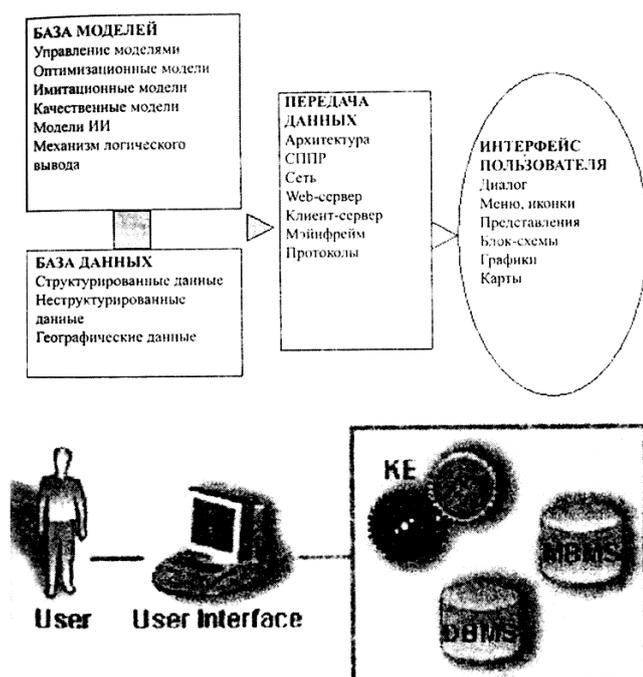


Рис.3. Пять различных частей СППР

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системы поддержки принятия плановых решений являются современным инструментом информационных технологий для решения слабо- и неструктурированных проблем системного анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ларичев О.И., Петровский А.В. Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы их развития. // Итоги науки и техники. Сер. Техническая кибернетика. — Т.21. М.: ВИНТИ, 1987.
2. Месарович М., Такаха Я. Общая теория систем: математические основы. М.: Мир, 1978.
3. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа. М: Наука, 1981.
4. Основы системного подхода и их приложение к разработке территориальных автоматизированных систем управления / под ред. Ф.И.Перегудова.- Томск: ТГУ, 1976. — 244 с.
5. Системное проектирование АСУ хозяйством области / Под ред. Ф.И.Перегудова. — М.: Статистика, 1977. — 159 с.
6. США: современные методы управления / Под ред. Б. З. Мильнера. М.: Наука, 1971.
7. Янг С. Системное управление организацией (пер. с англ.). — М.: Сов. радио, 1972.
8. Alter S. L. Decision support systems : current practice and continuing challenges. Reading, Mass.: Addison—Wesley Pub., 1980.
9. Bonczek R.H., Holsapple C, Whinston A.B. Foundations of Decision Support Systems.—New York: Academic Press., 1981.
10. Davis G. Management Information Systems: Conceptual Foundations, Structure, and Development. —New York: McGraw-Hill, 1974.
11. Druzdzel M. J., Flynn R. R. Decision Support Systems. Encyclopedia of Library and Information Science. —A. Kent, Marcel Dekker, Inc., 1999.
12. Edwards J.S. Expert Systems in Management and Administration — Are they really different from Decision Support Systems? // European Journal of Operational Research, 1992. — Vol. 61. — pp. 114—121.
13. Eom H., Lee S. Decision Support Systems Applications Research: A Bibliography (1971—1988)//European Journal of Operational Research, 1990. —N46. -pp. 333—342.
14. Finlay P. N. Introducing decision support systems. — Oxford, UK Cambridge, Mass., NCC Blackwell: Blackwell Publishers, 1994.
15. Ginzberg M.I., Stohr E.A. Decision Support Systems: Issues and Perspectives // Processes and Tools for Decision Support / ed. by H.G. Sol.. — Amsterdam: North—Holland Pub.Co, 1983.
16. Golden B., Hevner A., Power D.J. Decision Insight Systems: A Critical Evaluation // Computers and Operations Research, 1986. — v. 13. — N2/3, — p. 287-300.
17. Haettenschwiler P, Neues anwenderfreundliches Konzept der Entscheidungs—unterstützung. Gutes Entscheiden in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. Zurich: Hochschulverlag AG, 1999. —S. 189—208.
18. Holsapple C.W., Whinston A.B. Decision Support Systems: A Knowledge—based Approach. — Minneapolis: West Publishing Co., 1996.
19. Keen P.G.W. Decision support systems: a research perspective. Decision support systems : issues and challenges. G. Pick and R. H. Sprague. Oxford ; New York: Pergamon Press, 1980.
20. Keen P.G.W. Decision Support Systems: The next decades // Decision Support Systems, 1987. — v. 3.— pp. 253—265.
21. Keen P.G.W., Scott Morton M. S. Decision support systems : an organizational perspective. Reading, Mass.: Addison—Wesley Pub. Co., 1978.
22. Little I.D.C. Models and Managers: The Concept of a Decision Calculus // Management Science, 1970. — v. 16. — N 8
23. Marakas G, M. Decision support systems in the twenty—first century. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 1999.
24. Power D. J. «What is a DSS?» // The On—Line Executive Journal for Data—Intensive Decision Support, 1997. —v. 1. —N3.
25. Power D. J. Web—based and model—driven decision support systems: concepts and issues. Americas Conference on Information Systems, Long Beach, California, 2000.
26. Power D.J. A Brief History of Decision Support Systems. DSSResources. COM, World Wide Web, <http://DSSResources.COM/history/dsshistory.html>, version 2.8, May 31, 2003.
27. Scott Morton M. S. Management Decision Systems: Computer—based Support for Decision Making. — Boston: Harvard University, 1971.
28. Sprague R. H., Carlson E. D. Building Effective Decision Support Systems. - Englewood Cliffs, NJ: Prentice—Hall, 1982.
29. Sprague R.H. A Framework for the Development of Decision Support Systems // MIS Quarterly, 1980. — v. 4. — pp. 1—26.
30. Thieranf R.J. Decision Support Systems for Effective Planning and Control. — Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall, Inc, 1982.
31. Turban E. Decision support and expert systems: management support systems. — Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall. 1995.

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

удк 333.93 .

Афанасьева М.Ю., аспирант

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Необходимость реформирования водного хозяйства на примере феодосийского региона АР Крым

Рассматриваются вопросы реформирования водного хозяйства Большой Феодосии. Необходимость реформирования связана с неудовлетворительным состоянием водного хозяйства в этом регионе. Предлагаются пути реконструкции системы водоснабжения и возможности внедрения их на практике. Проанализированы основные проблемы системы водоснабжения: превышение предельно допустимой концентрации в питьевой воде дибромхлорметана; большое количество утечек (до 90 %); критическое накопление ила в подающих трубах главных водохранилищ. В качестве предпочтительного варианта предлагается внедрение гидрографического бассейнового подхода.

Основной особенностью современного состояния водно-хозяйственного комплекса Украины является изношенность инфраструктуры водного хозяйства, модернизация которого сталкивается с проблемой хронической нехватки инвестиций. Кроме того характерной тенденцией в Украине является увеличение темпов роста спроса на воду на фоне устойчиво отрицательного показателя прироста населения. Основной причиной неблагоприятного состояния водно-хозяйственного комплекса является несовершенство сложившейся системы управления водопользованием в Украине.

Вопросы модернизации водного хозяйства являются актуальными в настоящее время не только для Украины, но и для благополучных в сфере водоснабжения стран мира. Так, по данным Агентства по защите окружающей среды США, для модернизации инфраструктуры водного хозяйства этой страны в ближайшие 20 лет необходимо инвестировать более 530 млрд. долларов. Европейским странам приведение в соответствие показателей в области водоснабжения и водоочистки к европейским нормативам потребует инвестиций в 100-150 млрд. евро. Приведение в соответствие отечественных нормативов в области водоснабжения и водоочистки к европейским нормативам также потребует огромных инвестиций для модернизации инфраструктуры водного хозяйства.

Несмотря на то, что в условиях экономического кризиса в Украине объем использования воды в промышленном и сельскохозяйственном производстве сократился за последнее десятилетие 20-го века более чем в два раза, по-прежнему отмечается сверхнормативное использование природных вод как для хозяйственно-бытовых, так и для промышленных нужд, что является основной причиной их истощения и загрязнения. Особенно остро вопрос стоит в области питьевого водоснабжения. Одной из существенных причин невыполнения требований законодательных документов в области питьевого водоснабжения является ведомственное разделение объектов водоснабжения. Так, в структуре главного водного ведомства Украины Рескомводхоза существуют управления оросительных систем, которые хотя и поставляют исходную воду на водоочистные сооружения, но практически не отвечают за качество питьевой воды, доставляемой потребителям. Тем не менее, существуют основные законы, определяющие отношение производителей и потребителей в сфере водоснабжения, в частности, Водный Кодекс и Закон Украины «Про питну воду та питне водопостачання». Эти документы довольно жестко определяют правовые, экономические и организационные принципы функционирования систем питьевого водоснабжения и ставят основной целью гарантированное обеспечение населения качественной и безопасной для здоровья человека питьевой водой.

В целевой структуре водопользования в Автономной Республике Крым основную роль играют затраты на орошение и сельхозводоснабжение, составляющие 75,41% от суммарного показателя объема водопользования республики [1]. Таким образом, финансирование водного хозяйства в основной части объема ориентирует направленность развития водного хозяйства на основных потребителей – мелиорацию и сельское хозяйство. При этом система ведомственного управления водными ресурсами не является эффективной для выполнения основной законодательной гарантии государства в области обеспечения населения качественной питьевой водой. Это достаточно четко прослеживается на особенностях развития водного хозяйства Феодосийского и Кировского районов Крыма, где в рамках проекта «Питьевая вода для устойчивого разви-

тия и здоровья» Крымской Ассоциацией «Экология и Мир» необходимо проведение пилотного проекта по внедрению Системы интегрированного управления водным хозяйством.

Основой системы водообеспечения Большой Феодосии является централизованное водоснабжение, а главными источниками централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения являются два водохранилища сезонно наливного типа, использующие воду Северо-Крымского канала – Феодосийское и Фронтное. Существует также ведомственный водовод питьевой подземной воды, принадлежащий Управлению Днепровской железной дороги, построенный при прокладке железной дороги в Феодосию в конце 19 века.

Феодосийское водохранилище было создано как водный ирригационный объект со всеми соответствующими к таким объектам требованиями, что в дальнейшем привело к несоответствию качества исходной воды, поставляемой на Феодосийские водоочистные сооружения для дальнейшей доставки потребителям в качестве питьевой. Из Феодосийского водохранилища через водозаборную башню вода попадает в туннель диаметром 2300 мм протяженностью 1200 м. Из выходного портала по водоводу диаметром 800 мм протяженностью 7,8 км вода самотеком подается на Феодосийские водоочистные сооружения.

Технически эксплуатационное обслуживание и экологический контроль подсистемы водоснабжения из Феодосийского водохранилища имеют трудности из-за различной ведомственной принадлежности объектов подсистемы. Так, система отвода днепровской воды из Северо-Крымского канала принадлежит Управлению СКК Минводхоза Украины, Феодосийское водохранилище – Кировскому управлению оросительных систем (Рескомводхоз), а подводящий канал водозаборного сооружения и туннель Феодосийского водохранилища принадлежит Феодосийскому производственному предприятию водо-канализационного хозяйства (Республиканский Комитет жилищно-коммунального хозяйства).

Во второй подсистеме водоснабжения из Фронтного водохранилища вода подается с помощью насосной станции 1-го подъема по водоводу диаметром 820 мм - 1020 мм протяженностью 23,6 км также на Феодосийские ВОС.

После очистки с помощью насосной станции 2-го подъема вода подается в район улиц Крымская – Чкалова по водоводу диаметром 500 мм – 700 мм, в резервуары емкостью 22,3 тыс. м³ на Челноковский жилищный массив по водоводу диаметром 800 мм, в поселок Приморский по водоводу диаметром 350 мм – 400 мм протяженностью 13,9 км, в поселок Коктебель по водоводу диаметром 600 мм – 1200 мм протяженностью 25,9 км, а затем через насосную станцию 3-го подъема – далее в г. Судак. Амортизация водопроводов составляет от 75 % до 100 %.

Водоочистные сооружения, введенные в эксплуатацию в 1978 г., имеют проектную мощность 100 тыс. м³ в сутки, фактическую – 85 тыс. м³ в сутки. Система водооборотного водоснабжения отсутствует. В составе Феодосийских ВОС имеются две аванкамеры, два смесителя, две коагулянтные установки, 16 контактных осветлителей, хлораторная, две установки для приготовления и ввода флокулянтов, два резервуара чистой воды объемом 10000 м³ и насосная станция 2-го подъема.

В течение всего срока эксплуатации объектов, составляющих систему водоснабжения Феодосии, их капитальный ремонт не производился, что привело к накоплению целого комплекса проблем. Кроме того, в технологическом цикле очистки исходной воды при строительстве Феодосийских ВОС было пропущена система предварительной очистки, в результате вода поступает сразу в аванкамеры без предварительной очистки фильтрами, что не позволяет производить качественную очистку.

Неудовлетворительное качество исходной питьевой воды вызывает потенциальную угрозу санитарно-эпидемиологической ситуации. Водоохранилища исходной воды заилены, Феодосийское водохранилище не защищено от сточных вод. Вода из водохранилищ, поступающая для очистки на ВОС, в 20% - 50% случаев не соответствует требованиям ГОСТа 2761-84 «Источники централизованного водоснабжения», СанПиН № 4630-88 «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения» по мутности (более 50 мг/дм³) и цветности (более 350). Вследствие потенциальной угрозы эпидемий, связанных с некачественной питьевой водой, на ВОС регулярно проводится ее гиперхлорирование.

В очищенной питьевой воде показатели цветности и окисляемости остаются на высоком уровне. Данные пространственно-временного мониторинга показателей питьевой воды, проведенного в четырех точках централизованной водопроводной сети города Феодосия в 2003 – 2004 г.г., показывают превышение в 1,5 - 2 раза по сравнению с ПДК количества дибромхлорметана - канцерогенного продукта, появляющегося при обработке исходной воды хлором и негативно влияющего на здоровье человека [2].

Другая проблема касается количества потребляемой воды. Из года в год возрастает показатель расхода воды, основной вклад в который вносят потери при транспортировке воды к потребителям. Среднеевропейская норма водопотребления составляет 120 – 170 л/сутки, в Украине – более 300 л/сутки, средний показатель по Крыму – 430 л/сутки, в Феодосии – 460 л/сутки.

На рис. 1 приведена схема распределения потерь воды при ее транспортировке к потребителям в Феодосийском регионе.

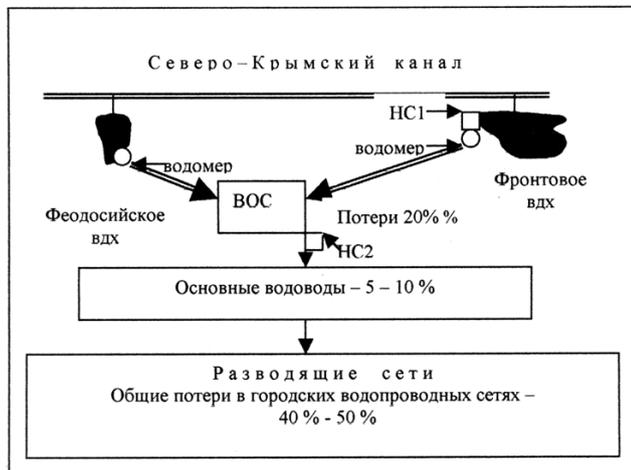


Рис. 1 Объектная схема потерь воды в системе централизованного водоснабжения

(НС – насосные станции)

В мире главную роль в организации, финансировании и регулировании системы водопотребления играет государство, что обусловлено особой значимостью водных ресурсов для жизнеобеспечения. В Италии, Испании, Турции, Греции, Португалии, Австрии, Румынии, Венгрии, Чехии и Польше одним из приоритетов экономического развития и объектом государственного планирования считается ирригация. Водное хозяйство США финансирует также правительство. С другой стороны, в Германии, Дании, Нидерландах, Швеции, Финляндии, Англии, Норвегии, Швейцарии и Бельгии планирование и развитие ирригационных систем в большинстве случаев находится в ведении фермеров. В зависимости от наличия водных ресурсов, степени их важности для экономики, бюджетных возможностей, а также исторически сложившейся культуры водопотребления, в мире применяются различные соотношения платного, частично оплачиваемого и бесплатного водоснабжения.

При этом потенциальными инвесторами могут быть совместные частные и государственные предприятия. В настоящее время в мире лишь 7% населения обслуживаются частными или полугосударственными системами водоснабжения, и, по оценке специалистов, к 2015 году их удельный вес может возрасти до 17%.

С другой стороны, в мировой практике развивается интегрированное управление водными ресурсами, ориентированное на гидрографический бассейновый подход с широким вовлечением в этот процесс водопотребителей.

Представляет интерес модель реформирования водного хозяйства в Узбекистане, где предлагается ввести трехуровневую систему управления и бюджетного финансирования водного хозяйства: республиканский уровень – гидрографический уровень – водохозяйственный объект [3]. Авторы модели считают, что переход от территориально-административной к гидрографической (бассейновой) системе управления позволит более комплексно и эффективно управлять водными ресурсами, устранить местнический и ведомственный подходы в использовании воды, упростить структуру управления отраслью, сократить потери воды. В основе этой системы – бассейновые водохозяйственные управления, которые должны регулировать предложение и спрос на водные ресурсы в рамках соответствующих речных бассейнов и других водных объектов. В состав каждого такого управления должны входить каналы, водохранилища, управления насосными станциями и систе-

Таким образом, реализованный фактически потребителями объем воды значительно меньше объема реализации отпущенной исходной воды.

Третья проблема связана с предпосылкой к чрезвычайной ситуации в связи с накоплением иловых барханов в местах водозаборов, что грозит полным прекращением подачи воды в централизованную сеть. Эти данные были получены в экспедициях по обследованию экологического состояния Феодосийского и Фронтонского водохранилищ с 2001 по 2004 г.г. Полученные результаты указывают на катастрофическое положение с централизованным водоснабжением региона, что определяет приоритетность решения этих проблем, а их масштаб и взаимосвязанность – необходимость срочных мер по созданию рациональной системы управления водным хозяйством в регионе на основе общегосударственного подхода.

В мировой практике реализуются различные пути реформирования водного хозяйства. С точки зрения распределения ответственности в большин-

мами электросвязи, гидроузлы, гидромелиоративные экспедиции. Эти управления должны иметь функции организации оперативной деятельности по прогнозированию, планированию и реализации водоснабжения и водоотведения, по содержанию и обслуживанию инфраструктуры, ее модернизации. По характеру финансирования эти управления должны быть самостоятельными хозяйственными организациями, финансируемыми из государственного и местных бюджетов, ассоциациями водопользователей и за счет доходов от хозяйственной деятельности. При этом прежде всего должен быть решен вопрос о цене на воду и на водохозяйственные услуги, которая, как правило, устанавливается, исходя из годовых эксплуатационных затрат на содержание и ремонт водохозяйственных систем с учетом формирования страхового фонда, нормативной прибыли и амортизационных отчислений.

Рассмотренная выше модель организации водного хозяйства применима для повышения эффективности управления водным хозяйством Украины. Она позволит более рационально и эффективно использовать водные ресурсы, так как сами водопользователи будут заинтересованы во внедрении технологий, снижающих потери воды в системе внутрихозяйственного водопользования, а также в управлении спросом и предложением на воду.

ВЫВОД:

Ведомственное управление водными ресурсами и монополизация рынка водохозяйственных услуг в настоящее время не позволяет эффективно выполнять требования закона в части гарантированного обеспечения населения качественной и безопасной для здоровья человека питьевой водой. Децентрализация управления водным хозяйством, с одной стороны, приведет к созданию конкурентного рынка и к возможному снижению затрат на содержание и развитие водохозяйственного комплекса, а с другой стороны, может препятствовать рациональному использованию водных ресурсов, прежде всего в связи с тем, что границы гидрографических бассейнов не соответствуют административным границам. Поэтому вопросы модернизации водного хозяйства, прежде всего, касаются проблемы эффективного управления водными ресурсами, а следовательно, требуют комплексного решения.

Создание эффективной системы управления водным хозяйством должно сводиться к основной задаче – получению качественной воды в достаточном количестве для населения и хозяйства регионов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьева М. Состояние водных ресурсов Большой Феодосии и проблемы реформирования водного хозяйства. Устойчивый Крым. Водные ресурсы, под ред. Тарасенко В.С., Симферополь. - «Таврида», 2003 г. - С. 252 – 255.
2. Э.М. Березовский. Качество питьевой воды и воды хозяйственно-питьевого назначения в некоторых регионах Крыма. Сборник научных трудов участников Международной научно-практической конференции в г. Щёлкино 23-25.09.2003 г. Симферополь-Щёлкино, 2003 г., с.49.
3. Абатуров В., Шадьбаев Т. Плата общества за воду, или как улучшить управление водным хозяйством Узбекистана. Экономическое обозрение (internet-версия, вып. 4, 2003 г.), [hyperlink: www.review.uz](http://www.review.uz)

Боровский Б.И., д.т.н., профессор, Федкевич Д.А., аспирант
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Особенности перевода газовых котельных на уголь.

В связи с полной обеспеченностью Украины углем рассмотрим вопросы его использования в газовых котельных промышленных и коммунально-бытовых предприятий.

Котельная, газ, уголь, дымовая труба, выбросы вредных веществ.

Украина импортирует 80% энергоносителей, нефть, нефтепродукты, газ. Импорт газа составляет 78% [1]. По существующим оценкам, природного газа хватит человечеству примерно на 100 лет, нефти на 60-90 лет, угля на 600 лет. В Украине запасов угля хватит на 400 лет при ежегодной добыче 100 млн. тонн. Однако потребление угля на душу населения в Украине меньше, чем в западных странах. В США 80% выработки электроэнергии ТЭС обеспечивается углем, у нас – 52%, а газом и мазутом – 48% [2]. Население и коммунально-бытовой сектор потребляет 36,5% используемого в Украине газа [1]. Газ является наиболее экологичным топливом. При его сжигании образуются в сравнительно небольшом количестве два вредных вещества, оксид углерода и диоксид азота, в то время как при использовании угля – четыре вредных вещества, помимо указанных, ещё – сернистый ангидрид и пыль.

В связи со значительными запасами угля правительство Украины приняло решение о широком его использовании в энергетике. Помимо непосредственного использования, предполагается получать из угля бензин, дизельное топливо и искусственный газ.

В котельных промышленных и коммунально-бытовых предприятий возможны следующие варианты использования угля:

непосредственно в топках котельных;

в виде высококонцентрированных водо-угольных суспензий [3];

в виде искусственного газа (из всех видов газов, получаемых из угля, наибольшей теплотой сгорания обладает коксовый газ [4]).

В первом и втором вариантах необходима реконструкция топки.

При проектировании котельных высота дымовых труб (экологическая высота) определяется с учетом необходимого рассеивания в атмосфере вредных веществ [5]. Резервным топливом для газовых котельных является мазут, используемый в зимний период при дефиците газа. Поэтому высота дымовых труб рассчитывается из условия сжигания мазута.

В работе [6] установлено, что наибольшая экологическая высота дымовой трубы H_s , соответствует выбросам диоксида азота в зимний период, когда возрастает потребление топлива на отопление:

$$H_s = 10 + K\sqrt{D}, \text{ м} \quad (1)$$

где: D - паропроизводительность котельной с искусственной тягой, т/ч; K - коэффициент, зависящий от вида топлива: для природного газа $K = 4.5$; для мазута $K = 5.7$; для антрацита $K = 6.9$; для каменного угля $K = 9.4$.

Из формулы (1) следует, что наибольшая высота трубы соответствует сжиганию каменного угля непосредственно в топке котельной и в виде водо-угольной суспензии, а наименьшая – сжиганию газа природного или искусственного. В таблице приведены результаты расчетов по формуле (1): $H_{эс}$, $H_{эм}$, $H_{эу}$ - экологическая высота трубы, рассчитанная по газу, мазуту и каменному углю; $\Delta H = H_{эу} - H_{эм}$.

При переходе газовой котельной на каменный уголь высота дымовой трубы остается неизменной и равной $H_{эм}$. Для удовлетворения экологических требований трубу надо нарастить на величину ΔH , например, стальным участком. Это, видимо, возможно только для котельных с паропроизводительностью $0.5 - 1 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Таблица.

Результаты расчетов.

$D, m / ч$	0,5	1	5	10	20	30
$H_{э2}, м$	13,2	14,5	20,1	24,2	30,1	34,6
$H_{эм}, м$	14	15,7	22,8	28	35,5	41,2
$H_{э1}, м$	16,6	19,4	31,0	39,7	52	61,5
$\Delta H, м$	2,6	3,7	8,2	11,7	16,5	20,3
$D_1, m / ч$	0,18	0,367	1,85	3,67	7,36	11
$D_2, m / ч$	0,32	0,633	3,15	6,33	12,64	19
$H_{э0}, м$	15,3	17,5	26,7	33,7	43,4	51

В общем случае необходима установка дополнительной дымовой трубы. Высота этой трубы и расход дыма через нее определяется из условия допустимого расхода дыма через основную трубу высотой $H_{эм}$. Этот расход дыма определим через часть паропроизводительности D_1 , рассчитываемую с помощью формулы (1):

$$D_1 = \left(\frac{H_{эм} - 10}{9,4} \right)^2. \quad (2)$$

Тогда часть паропроизводительности, соответствующая дополнительной дымовой трубе, найдется из выражения:

$$D_2 = D - D_1. \quad (3)$$

По величине D_2 с использованием выражения (1) находится экологическая высота дополнительной дымовой трубы $H_{э0}$, значение которой приведено в табл.

Если при переходе на каменный уголь не проводить наращивания дымовой трубы и строительства дополнительной дымовой трубы, то необходима частичная очистка дыма от вредных веществ, что является проблематичным. Однако в любом случае возникает задача очистки выбросов от пыли в связи с её способностью осаждаться. Расчёты с помощью соотношений работы [6] показали, что донецкому каменному углю марки Г – ППМ, имеющему наибольшую зольность 34,6%, соответствует ежегодный выброс 50 т пыли при выработке 1 т пара в час, а волынскому каменному марки Г – Р с наименьшей зольностью 19,8% - 23 т пыли.

ВЫВОДЫ

1. В котельных возможно использование угля непосредственно в топках в виде водо-угольных суспензий и в виде продукта переработки – коксового газа.
2. Перевод газовой котельной на уголь или водо-угольную суспензию потребует наращивания дымовой трубы (маломощная котельная) или строительство дополнительной дымовой трубы (мощная котельная) для выполнения экологических требований. При этом возникает задача очистки выбросов от пыли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Єнін П.М., Шишко Г.Г., Передун К.М. Газопостачання населених пунктів і об'єктів природним газом. – К.: Логос, 2002.-198с.
2. Куцан Ю.Г. Основные положения энергетической политики Украины на период до 2030 года. Сб. “Устойчивый Крым. Энергетическая стратегия XXI века”. – Симферополь: Экология и мир, 2001. с.270–287.
3. Мукук К.В., Туганова Т.А., Сулейманов С.Л. Реодинамические характеристики экологически чистого топлива из угольных суспензий. Сб. “Строительство и техногенная безопасность”. – Симферополь: Таврия, 1998. – с. 106–109.
4. Ионин А.А. Газоснабжение. – М.: Стройиздат, 1989. – 439 с.
5. СНиП–35–76. Нормы проектирования. Котельные установки. – М.: Стройиздат, 1976. – 37 с.
6. Анисимов С.Н., Боровский Б.И., Сапронова З.Д. Определение высоты и диаметров конических и цилиндрических дымовых труб с учётом необходимого рассеивания в атмосфере вредных веществ. Сб. “Строительство и техногенная безопасность”, вып. 10–Симферополь: КАПКС, 2004. – 176–178.

Бойчук С.Д., инженер, Сафонов А.Н., инженер

Симферопольское производственное предприятие водопроводно-канализационного хозяйства

Мякишев В.А., к.т.н., доцент, Котовская Е.Е., магистрант

Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

Предотвращение образования хлорорганических соединений на станциях очистки днепровской воды в Крыму.

Приведены результаты экспериментов и внедрения методов очистки водохранилищной воды от органики. Предложена интенсификация технологии водоподготовки, а также изложен прогрессивный опыт современных водопроводов.

Подготовка питьевых вод, показатели загрязненности водоисточника, хлорорганические соединения, фильтрование, сорбция, озонирование, обеззараживание, реагенты.

Сущность проблемы. Поступающую в симферопольский, феодосийский и керченский водопроводы днепровскую воду предварительно многократно использовали, на многокилометровом её пути произошла трансформация примесей и загрязняющих веществ антропогенного происхождения. В реку поступают в огромных количествах органические вещества, нефтепродукты, красители, моющие и поверхностно-активные вещества, ионы тяжелых металлов, ядохимикаты, удобрения и другие соединения. Аналитики определили количественное содержание в воде более трехсот видов химических соединений, поступающих в Днепр со сточными водами населенных мест (в бассейне реки более 30 млн. жителей), а также с отходами промышленного и сельскохозяйственного производства, с неочищенными ливневыми водами.

Загрязненность воды в реке Днепр в последнее десятилетие характеризовалась такими показателями: азот аммонийный – 5,4...10,2 мг/л, перманганатная окисляемость – 4...20 мгО₂/л, нитраты – 8...13 мг/л, ХПК – 2...22 мгО₂/л, нефтепродукты – 6...9 мг/л, фенолы – 2...7 мг/л. Концентрации токсичных веществ в реке и водохранилищах резко увеличиваются при залповых сбросах, происходящих в результате аварий на промышленных или сельскохозяйственных накопителях производственных отходов. Особенно, в начальный период заполнения водохранилища, когда после зимнего простоя пропускают рабочий расход воды по каналу, поступающие воды взмучивают донные отложения и интенсивно загрязняют водохранилище. По оценке службы эксплуатации канала слой отложений достигает на отдельных участках 1,5 м. В этот период загрязненность воды резко увеличивается, в том числе по микробиологическим и санитарно-гигиеническим показателям. В воде водохранилища содержится зоопланктон в количестве от 1 кл. зимой до 240 кл. осенью в литре, который представлен такими видами: *Botatonia*, *Nanplins*, *Copepoda*, *Cladocera*. В периоды высоких температур воды резко развивается фитопланктон, например, в мае 2005 г количество диатомовых (*Synedra*) выросло до 657 тыс кл/см³. Следует также отметить, что вода из водохранилища не коррозионноактивная (по содержанию свободной углекислоты).

Водоохранилища с водой из Северо-Крымского канала можно охарактеризовать, как источники, подвергнувшиеся значительному антропогенному воздействию, с большим содержанием органических веществ в воде. Опыт эксплуатации водопроводов городов Симферополь, Керчь и Феодосия и многочисленные публикации по данной проблеме свидетельствуют о том, что наибольшую опасность здоровью людей представляют летучие хлорорганические соединения (ЛХС), образующиеся на водоочистных станциях. В основном это соединения, относящиеся к группе тригалогенметанов (ТГМ), такие как хлороформ, бромдихлорметан, дибромхлорметан, бромформ, четыреххлористый углерод, дихлорэтан, трихлорэтилен, хлорфенолы и др. Некоторые из них обладают выраженной мутагенной и канцерогенной активностью и способствуют возникновению онкологических заболеваний [1]. В начале 2005 года содержание дибромхлорметана в водопроводной воде Феодосии изменялось от 11 до 44 мкг/л, а в Керчи – от 18 до 46 мкг/л, при допустимой концентрации по ГосСанПиН № 383 не более 10 мкг/л. К сожалению, угроза здоровью населения не мифическая, достаточно ознакомиться со статистикой по заболеваемости и смертности в Крыму различных возрастных категорий и влиянием на уровень заболеваемости населения качества питьевой воды.

Уровень загрязненности речной воды органикой в большей степени характеризуется показателями “об-

щий органический углерод” (ООУ) и перманганатная окисляемость (ПО). Часть сложных по составу органических соединений образуется в результате биологических процессов, протекающих в водоеме в условиях загрязненности воды биогенными соединениями. Также серьезную проблему при подготовке питьевой воды создают органические вещества, образующиеся в результате анаэробного разложения растений и органики в донных отложениях реки и водохранилищ. К ним относятся производные углеводородов терпенового ряда, такие как теосмин и некоторые алициклические или ароматические спирты [2].

В таких условиях рекомендуемые в строительных нормативных документах и применяемые на водочистных станциях традиционные физико-химические методы коагулирования, отстаивания и фильтрования не позволяют гарантированно обеспечить степень очистки днепровской воды, регламентированную в СанПиНе «Вода питьевая. . . ». Поэтому вопрос о выборе дополнительных сорбционных и биологических методов или обеззараживание без хлорирования в технологии подготовки питьевой воды из загрязненных источников является **актуальным по гигиеническим и социальным признакам**.

Как правило, максимальные концентрации ЛХС образуются в процессе водоподготовки на этапе предварительного хлорирования воды, **при введении хлора в неочищенную воду, а также в водоводах и сетях**. Процесс образования ЛХС при хлорировании воды является сложным и продолжительным во времени. Концентрация образующихся ЛХС зависит в основном от содержания в воде органических загрязнений природного и антропогенного происхождения, также от дозы хлора, времени его контакта с водой и вида применяемого реагента. При условии присутствия в воде свободного хлора наблюдается **увеличение концентрации ЛХС** в течение длительного времени (до 2 недель), однако более 50% ЛХС образуется в первые 4-5 часов после её хлорирования. Следует отметить, во многих городах мира уже работают сооружения со сложными и дорогостоящими технологиями и с гарантированной степенью очистки, несмотря на большую загрязненность водоисточников [2].

Существующие направления в решении проблемы. В нашей стране постоянно проводятся комплексные исследования дополнительных методов обработки воды, например, предварительное биологическое окисление и осветление воды, сорбция, ионный обмен, физико-химические методы, аммонизация воды, применение сложных реагентов для коагуляции примесей и обеззараживания воды и т. д. Хлор является сильным дезинфектантом и его бактерицидное действие проявляется по отношению к бактериям и некоторым видам вирусов. Обеззараживающий эффект зависит от дозы хлора, времени его контакта с водой и других условий. В реакцию взаимодействия с хлором могут вступать различные химические соединения. Окислению хлором подвергаются природные гуминовые вещества, обуславливающие цветность воды. В результате окисления органики хлором образуются вредные вещества летучие хлорорганические соединения, которые необходимо затем удалять. Такие технологии нерациональны и усложняют технологический процесс и значительно увеличивают стоимость очистки воды [3].

Общепризнанные и частично проверенные в Крыму технические решения, позволяющие сократить образование ЛХС в питьевой воде:

- методы **предварительной очистки** поверхностных вод (перед основной водоочистной технологией), например, ковшовые водозаборы с **водозаборно-очистными сооружениями** с биологическими носителями микрофлоры или с комбинированными технологиями, включая замутнение воды в водохранилище. Используемые в них технологические решения позволяют наполовину снизить содержание органических веществ в поверхностных водах;
- **при высокой хлоропоглощаемости** воды необходимо проводить аммонизацию обрабатываемой воды, **дробное хлорирование**, в этом случае расчетная доза хлора вводится не сразу, а **небольшими порциями** (частично перед сооружениями 1-й ступени очистки воды, частично перед фильтрами). С целью сокращения времени контакта неочищенной воды с хлором предварительное обеззараживание воды следует проводить непосредственно на очистных сооружениях. Изменение режима хлорирования воды позволяет уменьшить концентрацию ЛХС на 15-30%;
- метод **аэрирования воды** перед очисткой для удаления органических соединений иногда является эффективным при удельном расходе воздуха 9 м³ на 1 м³ воды;
- некоторые органические соединения природного и антропогенного происхождения можно трансформировать и удалить из воды методом **биоразложения**, как в аэробных так и в анаэробных условиях;
- применять фильтры, загруженные гранулированным **активированным углем**, для удаления из воды

- растворенных органических загрязнений. Активированный уголь обладает широким спектром адсорбционной активности и большинство органических соединений задерживается на его поверхности. Сорбцией на активированных углях можно удалить до 80 % общего органического углерода, уменьшить концентрацию органических веществ, ответственных за образование ЛХС. Однако этот метод увеличивает стоимость очистки воды, усложняет технологическую схему и высотное расположение фильтров;
- в случае, когда отказаться от предварительного хлорирования воды нельзя, (источник характеризуется высоким содержанием бактериальных загрязнений), хлор можно заменять другими окислителями, например **озоном**, перманганатом калия. Применение озона на стадии предварительной обработки воды позволяет на 70-80 % уменьшить концентрацию образующихся ЛХС. Озон является более эффективным дезинфицирующим реагентом, однако озон неустойчив и быстро разлагается в воде, поэтому рекомендуется вместе с озоном применять хлор. При этом необходимо правильно выбирать условия и режим их применения, т.к. от этого зависит концентрация образующихся ЛХС. Озонирование должно предшествовать хлорированию, при этом уменьшается доза хлора, необходимая для окончательного обеззараживания воды;
 - при обработке маломутных вод допускается использовать **УФ - облучение на стадии предварительного обеззараживания** воды, для уменьшения дозы хлора. Но следует иметь в виду, что эффективность уменьшения концентрации ЛХС в данном случае будет зависеть только от процесса последующей очистки воды коагулированием примесей, т.к. само УФ - облучение не влияет на удаление предшественников ЛХС. Кроме того, применение УФ - облучения не исключает заключительного хлорирования воды;
 - существенно уменьшить концентрацию ЛХС в питьевой воде можно при использовании для её обеззараживания вместо жидкого хлора **реагентов содержащих хлорамины**, или образующихся при аммонизации и хлорировании воды. От соотношения аммиака и хлора в значительной степени зависит концентрация образующихся ЛХС, максимальный эффект достигается при условии, что весь хлор находится в воде в виде хлораминов. В идеальных условиях это соотношение равно 1:4. Озонирование в сочетании с хлораммонизацией обеспечивает наиболее эффективный контроль над образованием побочных продуктов хлорирования воды;
 - в настоящее время применяют методы удаления ЛХС сорбцией и аэрацией. Технологическая эффективность их высока, но она достигается при значительных капитальных и эксплуатационных затратах. При сорбции на активных углях удаляется более 90 % ЛХС, однако сорбционная ёмкость угля по отношению к ЛХС не велика и срок их эксплуатации без регенерации ограничен;
 - в случаях **периодического появления** в водоисточниках микроконцентраций токсичных примесей антропогенного характера предпочтительнее и более экономичной представляется технология, основанная на использовании новых **комбинированных водоочистных сооружений и реагентов**, позволяющих эффективно удалять водоросли, обеспечивать хорошее хлопьеобразование и осуществлять **процессы озонирования, ультрафиолетового облучения и углевания непосредственно в фильтре**. Последний позволяет рационально использовать порошковый уголь в толще неоднородной загрузки первой ступени фильтра при прохождении через неё обработанной озоном воды. Это фильтры на первой ступени, загруженные крупным дробленным пенопластом, на второй ступени – цеолитовым песком, или с многослойными инертными и сорбционными загрузками.

Эффективность очистки днепровской воды от органических веществ ультрафиолетовым облучением (УФ-облучение) и озонированием показана в табл.1 при использовании источника ИФП-800 с интенсивностью импульсного излучения в области 245 и 200-290 нм, [4]. Исходная вода имеет следующие показатели цветность – 33-54 град, коли-индекс в диапазоне 12000-6700 КОЕ/л, количество гетеротрофных бактерий 900-360000 КОЕ/л. Для обесцвечивания воды необходима доза озона, равная 3,3-4,3 мг/л, однако они недостаточны для обеспечения требуемого качества воды по микробиологическим показателям. В опытах необходимая для обеззараживания доза озона равнялась 5-6,2 мг/л. В течение 5 мин озонирования численность гетеротрофных бактерий снижалась более, чем на три порядка. Совместное применение озона и УФ-облучения позволяет снизить их дозы в 2,5-3 раза по сравнению с режимом обработки каждым из дезинфектантов отдельно, а также сократить продолжительность обеззараживания в 1,6 раза. При импульсном УФ-облучении озонируемой воды малыми дозами достигается аддитивный антимикробный эффект и процесс обеззараживания протекает быстрее, чем обесцвечивание и деструкция ароматической структуры органических

примесей природной воды. На айянском водоисточнике Симферополя выполняются работы по монтажу и пуску в эксплуатацию установки для УФ-облучения воды.

Таблица 1

Изменение содержания органики в воде после озонирования и УФ-облучения [4]

ХПК исходной воды, мгО/л	ООУ исходной воды, мг/л	Время обработки, мин	Доза поглощённого озона, мг/л	Доза УФ-облучения, мДж/см ²	ХПК очищенной воды, мгО/л	ООУ очищенной воды, мг/л
31-42	17,7-21,2	2	2,0	156-180	0,9	
-«-	-«-	3,5	4,5	273-315	1	0,9
-«-	-«-	4,8	4,3	374-432	2	1
-«-	-«-	5	6,5	450-480	1	1,4
-»-	-«-	2,5	2,1	253-305	1	0,5

Опыт глубокой очистки водохранилищной воды. В 2003 г проведена экспериментальная проверка технологии глубокой очистки днепровской воды на водоочистной станции «Межгорное» с использованием крупномасштабных моделей, состоящих из камеры хлопьеобразования на предварительной ступени, двухслойного угольно-песчанного скорого фильтра на первой ступени, сорбционного фильтра с загрузкой из активированного угля АГ-3 на второй ступени.

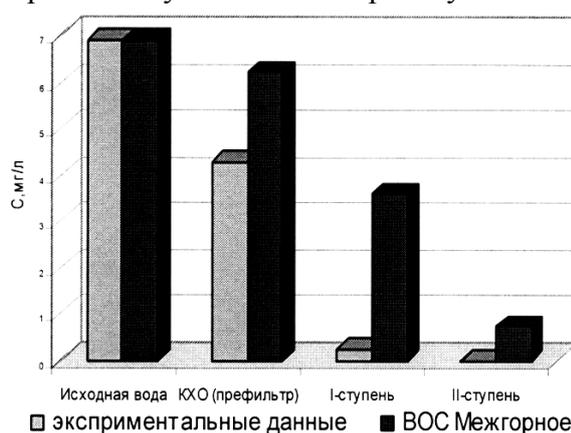


Рис.1 Изменение мутности воды по ступеням очистки

Крымского канала до требований ГосСанПиН «Вода питьевая. . .». В настоящее время в симферопольском ППВКХ рассматриваются рекомендации по переоборудованию пяти скорых фильтров водоочистной станции «Межгорное» общей площадью 570 м. кв. в сорбционные фильтры с активированным углем. При использовании фильтров с ГАУ одним из важнейших вопросов является их расположение по высоте в технологической схеме очистки воды. Предварительные результаты опытов по глубокой очистке воды данного водохранилища свидетельствуют о том, что после первичного хлорирования и очистки в производственных условиях содержание побочных продуктов хлорирования в воде увеличивается с 2,34 мкг/л в водохранилище до 14,56 мкг/л в фильтрате. После очистки на экспериментальной установке без предварительного хлорирования наблюдается незначительное увеличение концентрации галогенметанов в воде.

В 2004 г на водоочистной станции «Петровские скалы» один из скорых фильтров после ликвидации гравийного дренажа был загружен антрацитовым песком с диаметром зерен 0,8-1,8 мм слоем 0,7 м, а в нижнем слое - кварцевым песком с эквивалентным диаметром 0,5-1,5 мм слоем 0,6 м. При испытаниях скорость фильтрования реконструируемого фильтра была получена от 7,0 до 12,5 м/ч, мутность исходной воды была от 4,5 до 32 мг/л. Одновременно заменен гравийный дренаж на дренажную систему из пористых полимерных фильтровых труб фирм «Экотон» и «Полисток», что позволило увеличить высоту фильтрующего слоя на 400 мм и сократить расход питьевой воды на промывку фильтра на 15-20 %. Реконструкция промышленного фильтра позволила улучшить технологические показатели: мутность фильтрата уменьшилась с 1,4 мг/л до 0,75 мг/л; увеличилась производительность фильтров на 22-30 %;

Сравнение показателей качества воды после очистки на экспериментальной установке с показателями качества воды после каждой ступени действующих очистных сооружений «Межгорное» показано на рис. 1 и рис. 2, которое свидетельствует о том, что мутность воды снижается в каждой ступени экспериментальной установки, на выходе она равняется 0,05-0,2 мг/л. При скорости фильтрования 6,0...7,5 м/час перманганатная окисляемость в антрацитово-песчанном фильтре уменьшилась на 28 %, общий эффект очистки днепровской воды в установке от органических загрязнений равен 58...68 %. Опытная проверка свидетельствует о том, что данная технология позволяет очистить воду Северо-

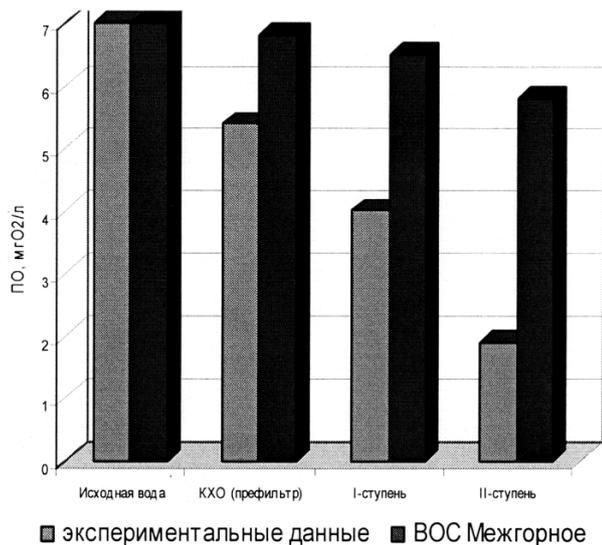


Рис. 2 Изменение перманганатной окисляемости воды по ступеням очистки в экспериментах и на действующих ВОС

вальной станции по мутности в период температуры исходной воды менее 5 градусов. Благодаря низким дозам этого коагулянта (0,17-0,25 мг/л) затраты на реагенты на водоочистной станции в период испытаний уменьшены в несколько раз. Позднее Симферопольское ППВКХ приобрело промышленную установку фирмы SNF FLOERGER для приготовления и дозирования данного коагулянта, отличающуюся большой компактностью. Совместными силами проводится проверка эффективности применения этого органического коагулянта на воде других водохранилищ симферопольского водопровода.

Опыт глубокой очистки воды за счет интенсификации процессов реагентной обработки, фильтрования и сорбции. Фильтрование может быть не только дополнительной стадией осветления питьевой воды, но и единственной высокоэффективной ступенью обработки (коагуляция в фильтре). Примером этому является введенная в эксплуатацию в 1997 г. станция «Prospect» в Сиднее (Австралия) производительностью 3 млн. м³/сут (с последующим расширением до 50 млн. м³/сут) по принципу прямой коагуляции на фильтре[5]. Реализация этого проекта стала возможной после длительных пилотных исследований, позволивших отработать способы и режимы многоступенчатого пространственного введения четырех реагентов, геометрические параметры и гидравлику зон введения и перемешивания реагентов, а также оптимальную гранулометрию песка, реализовать эффективное фильтрование при высоте слоя загрузки 2,15 м с суммарной площадью 5700 м² (24x238 м² фильтров *Aquazur GI*) при невиданных ранее единичных гидравлических нагрузках 5000-6000 м³/ч и скоростью фильтрования 20-25 м/ч, что обеспечивало получение питьевой воды с гарантированной среднегодовой остаточной мутностью < 0,05 мг/л при цветности ~ 3,4 градусов и содержании тригологенметанов ~ 0,02 мг/л.

Один из основных выводов из опыта реализации этого проекта заключается в том, что мутность фильтрата зависит не только от гранулометрии песка, но и от качества химической обработки исходной воды и высоты слоя загрузки, которая в свою очередь, зависит от гранулометрии песка и определяется расчетным параметром - отношение высоты загрузки H к эффективному номинальному размеру частиц песка. Например, это отношение, равное 1200, может гарантировать **остаточную мутность менее 0,2 мг/л.** [3].

При использовании **биологических методов** для очистки природных вод большое значение имеет способность содержащихся в воде органических веществ к биоразложению. В инженерных системах водоснабжения биопленку часто обнаруживают внутри труб и резервуаров и на загрузке песчаных фильтров, на сорбентах, которые зачастую превращаются в биореакторы и могут ухудшить бактериологические показатели транспортируемой питьевой воды.

Задержание и накопление микроорганизмов, развивающихся в пленочных биореакторах, приводит к существенному увеличению количества биомассы по сравнению с тем, которое может быть по-

достигнуто стабильное качество очистки воды. Наблюдения за работой скорого фильтра позволили сделать вывод, что его производительность в большой мере зависит от показателей фильтрующих материалов: межзерновой пористости P , % и коэффициента формы a_{ϕ} . Увеличение пористости загрузки повышает грязеемкость, а повышение коэффициента формы - улучшает задерживающую способность фильтрующей загрузки.

В настоящее время НАПКС совместно со службой эксплуатации Симферопольского ППВКХ проводят опытную проверку и выбор наиболее эффективного реагента из ряда: сернокислый алюминий, его смесь с хлорным железом, ПОЛ-ВАК, МАГНАФЛОК, полиакриламид, ПОЛИДАДМАХ, сернокислое железо. В результате промышленных испытаний коагулянта ПОЛИДАДМАХ в течение 45 суток получено значительное улучшение качества воды на выходе из фильтро-

вальной станции по мутности в период температуры исходной воды менее 5 градусов.

лучено в свободном объёме воды, а также к уменьшению степени вымывания из бионосителей медленно растущих микроорганизмов. В естественных условиях биопленка может развиваться на поверхности зерен гравия и песка и в донных отложениях озёр и рек. В инженерных системах биопленку часто обнаруживают внутри труб и резервуаров, на загрузке песчаных фильтров, на сорбентах, которые зачастую превращаются в биореакторы и могут ухудшить бактериологические показатели транспортируемой воды.

Образование биопленки на гранулированных активных углях (ГАУ) в настоящее время воспринимается как благоприятный процесс, но он сокращает срок службы адсорбционных фильтров. Однако, как показал опыт применения угля типа АГ-3 в виде дополнительного слоя на 10 скорых кварцевых фильтрах площадью по 105 м² каждый, сорбционные свойства его сохраняются не более 8-12 месяцев от момента засыпки фильтра. После 60-70 дней эксплуатации поверхность зёрен угля начала заметно покрываться неотмываемыми тонкодисперсными илистыми взвесями, окисью алюминия и другими веществами, выносимыми из отстойников. Периодическая обработка угля хлорной водой с дозой 80-120 мг/л позволяла значительно восстанавливать его сорбционные свойства. Учитывая высокие цены на уголь, актуальным является вопрос внедрения эффективных технологий его реактивации [6].

Весьма разнообразны основные параметры угольных фильтров - высота и крупность загрузки, скорость фильтрации и т. д. Имеются, например, фильтры, с высотой угольной загрузки всего 70 см, на других установках она доходит до 3 м. Крупность порошка угля колеблется от 0,5 до 2,5 мм, скорость фильтрования - от 5 до 30 м/ч, время контакта воды с углем составляет 15-90 минут.

Раздельное применение окислителей и активного угля не всегда обеспечивает глубокую очистку воды, поэтому появился интерес к их совместному использованию. Значительное увеличение времени работы угольной загрузки в условиях предварительной обработки воды окислителями было доказано рядом опытов. Так при фильтрации воды, в которую был введен фенол в количестве 4 мг/л, через слой активного угля (марки АГ-3) высотой 40 см со скоростью 6 м/ч время защитного действия угля составило 20 ч, а при хлорировании воды дозами 6 мг/л в тех же условиях фильтрации даже после 220 ч работы фенол или хлорфенол в фильтрате не обнаруживались. Аналогичные результаты получены при очистке воды от гуминовых веществ, обуславливающих цветность воды, и при удалении запахов из воды [6]. Для конкретного источника воды необходимы дополнительные наблюдения за процессами образования и задержания побочных продуктов хлорирования.

При использовании окислительно-сорбционного метода целесообразно применять уголь в гранулированном виде. В этом случае обеспечивается наибольшая санитарная надежность обработки воды, поскольку угольный фильтр является постоянно действующим барьером к загрязнениям воды. Доза окислителя, вводимого перед сорбционным фильтром, ориентировочно может быть выбрана исходя из объема поглощения водой данного окислителя. В практических условиях эта доза должна быть уточнена по результатам очистки воды на угольном фильтре.

На водопроводах Европы в основном применяют технологии, включающие 4 или 5 ступеней очистки: отстаивание в наливных прудах и горизонтальных отстойниках, многоступенчатое фильтрование, дегазация, сорбция на углях с обработкой воды различными коагулянтами и окислителями. В качестве реагентов используют щелочи, кремнекислоту, различные органические и минеральные коагулянты, флокулянты, перманганат калия, известь, а также озон и УФ-облучение. [3].

Существует несколько методов **реактивации активных углей**. Наиболее распространенными являются такие химический и термический:

-химический метод заключается в обработке сорбента растворами кислот (соляной, серной), щелочей и солей. Поглотительная способность углей при химической обработке восстанавливается не более чем на 50-60%, поэтому для более полного восстановления адсорбционных свойств активированных углей химическую реактивацию комбинируют с термической;

-термическая реактивация - это обработка углей при высоких температурах (800- 900 С) в атмосфере перегретого водяного пара или инертного газа. Адсорбированные органические вещества при высоких температурах удаляются из углей и окисляются до газообразных соединений. При термической реактивации ГАУ применяют вращающиеся барабанные печи. Проведение реактивации позволяет получить сорбционную ёмкость реактивированного угля 80-100 % от исходной. Ис-

пользование термической реактивации угля снижает себестоимость сорбционной очистки в 4-8 раз по сравнению с однократным использованием сорбента;

- регенерацию отработанного угля на коммунальных водопроводах в настоящее время не производят из-за сложности процесса и большой стоимости технологического оборудования. В некоторых случаях выгоднее досыпать фильтры новым углем марки АГ-3 по мере его вымывания - в среднем 1 раз в 2-3 года, слоем 20-30 см [6].

ВЫВОДЫ.

1. Обеспечить хорошее качество питьевой воды, забираемой из крупных водохранилищ Крыма, возможно при условии прекращения залповых сбросов в них тысяч тонн, скопившихся за год в Северо-Крымском канале токсичных загрязнений.
2. Требуются срочные и революционные решения по прекращению ежегодно увеличивающегося сброса нечистот в притоки Симферопольского и Айянского водохранилищ. При бездействии природоохранных структур инициаторами выполнения экологических требований должны стать потребители воды.
3. Результаты производственного опыта Симферопольского ППВКХ и рекомендации НАПКС по глубокой очистке водохранилищных вод целесообразно обобщить и внедрить на водопроводах Крыма. Обоснованием для окончательного выбора оптимальных методов подготовки питьевой воды и состава сооружений водоочистной станции должно служить технологическое моделирование процессов глубокой очистки воды конкретного водоисточника.
4. Повышенное антропогенное воздействие на источники питьевого водоснабжения вызывает необходимость внедрения новых методов очистки питьевой воды с использованием высокоэффективных многоступенчатых технологических схем, включающих: предварительное удаление загрязнений воды непосредственно в водоисточнике; специальные сооружения глубокой очистки; метод предварительного хлорирования воды малыми дозами хлора. В первую очередь необходимо предотвратить образование токсичных хлорорганических соединений при первичном хлорировании воды, содержащей растворенные органические вещества.
5. При оптимальном использовании перечисленных методов глубокой очистки природной воды с учетом технологии водоподготовки для конкретного водоисточника можно значительно уменьшить содержание токсичных ЛХС в питьевой воде, с относительно низкими капитальными затратами. При этом обеспечивается выполнение барьерной функции очистных сооружений, загрязненность взвешенными веществами не превышает 0,1 мг/л, значительно сокращается попадание в питьевую воду не только примесей, обуславливающих цветность и мутность, гидробионтов и других веществ, предусмотренных ГосСанПиН «Вода питьевая. ...», но и нефтепродуктов, фенолов, пестицидов, СПАВ, солей тяжелых металлов, азотных соединений, опасных болезнетворных вирусов.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Дуган А.М., Шульженко О.Ф. Суммарная мутагенность продуктов обеззараживания воды. Вода и водоочистні технології. № 1. -К., 2001.
2. Алексеева Л.П., Драгинский В.Л. Уменьшение концентрации хлорорганических соединений при очистке воды р. Томи. Водоснабжение и санитарная техника. № 11, -М., 1994.
3. Мякишев В.А. Совершенствование технологии подготовки питьевой воды и внедрение СанПиН. Крымская академия природоохранного и курортного строительства. Учебное пособие. Симферополь. 2003.
4. Гончарук В.В., Потапченко Н.Г., Вакуленко В.Ф., Славук О.С., Сова А.Н. Обеззараживание природных вод озонированием совместно с УФ-облучением. Химия и технология воды. Том 3, № 3, НАН. Украины. -К., 2005.
5. Жак Моль. Подготовка питьевой воды в XXI веке. Водоснабжение и санитарная техника. № 11. -М. 1999.
6. Журба М.Г., Мякишев В.А., Гириоль Н.Н. Повышение качества очистки питьевой воды. Обзорная информация. МолдНИИ-ИНТИ, Кишинев, 1979.

Гіроль М.М., д.т.н., професор, Гіроль А.М., інженер

Національний університет водного господарства та природокористування м.Рівне

Бойчук С.Д., інженер, Мякішев В.О., к.т.н., доцент

Національна академія природоохоронного та курортного будівництва м. Сімферополь

Ковальський Д., доктор наук

Люблінський політехнічний університет м.Люблін.

Дослідження процесу відстоювання в статичних умовах технологічних стоків водоочистних фільтрів Сімферопольської фільтрувальної станції “Петровські скелі”, оброблених реагентом $FeCl_3$

Установлено закономірності відстоювання оброблених та необроблених коагулянтном $FeCl_3$ технологічних стоків водопровідних фільтрувальних станцій схем реагентної очистки води водосховища, та запропоновано розрахункові залежності опису досліджуваного процесу.

Брудні промивні води, коагулянт, ефект очищення, відстоювання, знешкодження

Промивну воду зернистих фільтрів водопровідних очисних станцій згідно СНиП 2.04.02-84 п.6.196 піддають попередній очистці з метою її повернення в технологічний ланцюг підготовки вихідної води або для використання при промивці технологічних споруд. Очистку промивних вод перед їхнім використанням у технології підготовки вихідної води згідно СНиП 2.04.02-84 п.6.199 і додатка 9, здійснюють шляхом відстоювання. Тривалість відстоювання промивних вод для ВОС СНиП 2.04.02-84, додаток 9, п.6 рекомендує призначати 2 години¹. Об'єм відстійних споруд пропорційний швидкості випадання суспензії (u_0 , мм/с), затримованої у відстійниках. Зі збільшенням параметра u_0 тривалість відстоювання та об'єм споруд зменшуються [3,5]. Очевидно, створення умов, за яких параметр u_0 набуде найбільшого значення, обумовить мінімізацію розмірів відстійних споруд, а, отже, буде сприяти зниженню капітальних витрат на їхнє зведення.

Для корегування згаданого параметра широко застосовують різноманітні хімічні реагенти – коагулянти, флокулянти, вапно тощо. Обробка води коагулянтами супроводжується формуванням агрегатів з гідроокису металу та сорбцією на їхній поверхні дисперсних часток які містяться в оброблюваній воді. Під час цього процесу на сформованих флокулах відбувається сорбція і розчинених часток забруднень, як мінерального, так і органічного походження. Завдяки використанню явища коагуляції з води вдається вилучити СПАВ, фосфати, радіоактивні речовини, планктон, водорості, бактерії, віруси [1]. В багатьох випадках коагулювання дозволяє отримати високу ефективність очистки води в поєднанні з іншими методами водопідготовки – окиснення, обробка води активованим вугіллям, флотацією тощо.

У практиці очистки води широко використовують реагенти для зміни параметра u_0 . Одними з таких реагентів є залізомісткі коагулянти – сульфати і хлориди заліза. Солі заліза мають найкращу коагулюючу здатність в інтервалі рН 3,5...6,5 або 8...1. Знебарвлення води краще протікає при рН 3,5...5. Такі коагулянти переважно застосовують при очистці твердих вод з високим значенням рН, а також при очистці стічних вод. Вони дозволяють усувати запахи, присмаки зумовлені присутністю сірководню, вилучати миш'як, марганець, мідь, сприяють окисненню органічних сполук. Солі заліза виявляють кращий ефект при очистці води при низьких температурах, проте існує небезпека зростання кислотних властивостей води, що може негативно позначитися на її корозійних показниках [1-5].

Безводний хлорид заліза $FeCl_3$ осаджується з водних розчинів в вигляді гексагональних кристалів зеленуватого або темно-коричневого кольору, питомою масою близькою 2900 кг/м³, а оксихлорид ($FeOCl$) – 3550 кг/м³. Хлорид заліза в воді гідролізується, в наслідок чого розчини мають кислу реакцію [1].

¹ При застосуванні поліакриламідів тривалість відстоювання може бути скорочена до 1 год.

Таблиця 1.

Характеристика качества хлорида железа

Нормовані показники, масова доля в %	Норма для 1-го гатунку
Вміст основної речовини ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$)	96,6
Нерозчиненого залишку в воді, не більше	0,2
Вміст $FeCl_2$, не більше	1,2

Таблиця 2.

Якісний склад промивної води ВОС «Петровські скелі»²

Найменування показника	Одиниця виміру	Значення
Зважені речовини	мг/л	77...420
Сухий залишок	мг/л	450-540
Азот аміаку	мг/л	0,07...0,1
Нітриди NO_2	мг/л	0,012...0,04
Нітрати NO_3	мг/л	1...13
БПК ₅	мгО ₂ /л	1,9...2,5
Окислюваність перманганатна	мгО ₂ /л	7,6...18,8
Залізо	мг/л	0,08...0,22
Хлориди	мг/л	23...40
Сульфати	мг/л	40...50
Залишковий алюміній	мг/л	0,06...0,1

Метою цієї роботи є визначення закономірності впливу дози реагенту $FeCl_3$ на тривалість відстоювання промивної води ВОС «Петровські скелі» та ефективність її прояснення.

Дослідження проводилися в мірних циліндрах ємністю 1000 мл. Промивну воду для проведення досліджень відбирали в ємність об'ємом 20 л, визначали в ній концентрацію зважених речовин. Значення концентрацій у вихідній воді становили $C_0 = 0,19, 0,24, 0,29$ кг/м³. Через 15, 30, 45, 60 хвилин з кожного циліндра піпеткою відбирали пробу води з верхнього шару, не каламутячи осаду. У пробі визначали концентрацію зважених речовин і визначали ступінь очистки.

Спостереження за динамікою зміни концентрації C_t зважених речовин у необробленій коагулянтном промивній воді свідчать про інтенсивне протікання процесу на початковому етапі (інтервал 0...15 хв) і його вповільненні надалі (рис. 1). Збільшення початкової концентрації зважених речовин (C_0) зумовлює зростання інтенсивності локалізації суспензії.

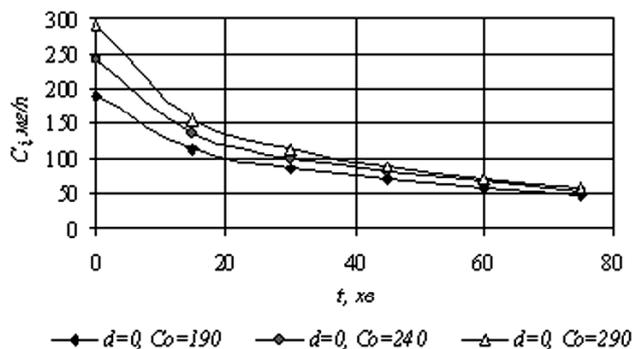


Рис. 1 Динаміка зміни концентрації зважених речовин у промивній воді водоочисних фільтрів

Результати попередньої апробації цього реагенту в схемах очистки промивних вод свідчать про ефективність такого рішення.

Ефективність локалізації у відстійних спорудах домішок обробленої реагентом промивної води залежить від якості вихідної води, умов введення та дози реагенту тощо. Фізико-хімічні властивості води поверхневих джерел залежать від багатьох факторів і змінюються в часі. З огляду на надзвичайну розмаїтість факторів, що впливають на ефективність обробки води реагентом на практиці при виборі дози реагенту і умов обробки досліджуваної води, проводять пробне коагулювання.

Вода Сімферопольського водосховища, що подається на ВОС «Петровські скелі» через відносно невисокий вміст зважених речовин (2...37 мг/л, переважно до 10 мг/л) і кольоровості (10...32 град ПКШ, переважно до 10 град ПКШ), обробляється малими дозами коагулянту $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$. Тому особливістю промивних вод згаданих ВОС є відносно невисокий вміст у них коагулянту. Домішки такої води характеризуються високою стійкістю. Час зниження концентрації домішок у промивній воді до 20 мг/л при її відстоюванні перевищує 2 години. Очевидно, що при рішенні питання очистки досліджуваної промивної води виникає потреба в повторній обробці її коагулянтном.

Однак навіть після закінчення 60 хв концентрація суспензії в досліджуваній воді залишається високою і перевищує 50 мг/л у пробах з різними значеннями C_0 . Контрольні аналізи концентрації зважених речовин у досліджуваних пробах свідчать, що навіть через 120 хвилин зміст зважених речовин у них перевищує 20 мг/л.

Виходячи з вигляду графіків, показаних на рисунку 1, та існуючих уявлень про досліджуваний процес закономірність вмісту зважених частин в досліджуваній воді може бути описано рівнянням виду:

²Аналізи проведені Хіміко-бактеріологічною лабораторією Сімферопольського гідровузла, ВПВКХ м. Сімферополя, атестат акредитації № 2/06-02 от 9.11. 2001 р.

$$\frac{C_i}{C_o} = \exp \left[- \left(\frac{C_o}{\rho} \right)^\alpha \cdot (k \cdot t)^\beta \right] \quad (1)$$

де: ρ – щільність домішок, кг/м³; C, C_i – концентрації домішок у вихідній промивній воді і у воді проб, відібраних у певні проміжки часу, кг/м³; t – час спостережень, хв; k – параметр, що характеризує швидкість протікання процесу, хв⁻¹; α, β – безрозмірні емпіричні константи.

Обробка експериментальних даних дозволила одержати значення емпіричних констант наведеної залежності (1) – $k=0,068$ хв⁻¹, $\alpha=0,4$, $\beta=0,6$, $\rho=15,85$. З урахуванням останнього зауваження залежність (1) набуде вигляду:

$$C_i = C_o \exp \left[- 15,85 \cdot \left(\frac{C_o}{\rho} \right)^{0,4} \cdot (0,068 \cdot t)^{0,6} \right] \quad (2)$$

Отримана залежність дозволяє прогнозувати зміну концентрації зважених речовин у промивній воді зернистих фільтрів ВОС «Петровські скелі» при її відстоюванні.

Інтенсифікації процесу відстоювання промивної води може сприяти попередня обробка її коагулянтном $FeCl_3$.



З метою встановлення впливу дози коагулянту на динаміку процесу відстоювання досліджуваної води проведено серію дослідів у статичних умовах при різних концентраціях домішок у вихідній воді (C_o , кг/м³) і дозі коагулянту (d , кг/м³). Дослідження проводили одночасно в 6 мірних циліндрах ємністю 1000 мл. Циліндри заповнювали досліджуваною водою і у кожний з них додавали певний об'єм розчину коагулянту. Воду і коагулянт у циліндрі швидко перемішували протягом 20-30 с. Після цього проводили спостереження за утворенням і осадженням пластівців. Як і в попередньому випадку використовували промивну воду з концентрацією зважених речовин $C_o=0,19, 0,24, 0,29$ кг/м³. Проби відстоюваної води відбирали піпеткою з верхнього шару, не каламутячи осад, через 15, 30, 45 і 60 хвилин з кожного циліндра. У пробі визначали концентрацію зважених речовин і визначали ступінь очистки досліджуваної води. Дозу коагулянту приймали рівною $d=0,015, 0,026, 0,036, 0,056, 0,072$ кг/м³ (рис.2).

Як і в попередній серії дослідів, ефективність прояснення промивної обробленої коагулянтном води (C_o/C_i) у верхньому шарі досліджуваного об'єму із часом зменшується. Інтенсивність зміни параметра C_o/C_i в другій серії дослідів (промивна вода, оброблена коагулянтном $FeCl_3$) істотно вища в зіставленні з аналогічним показником для не обробленої коагулянтном води. Така відмінність особливо є помітною на першому етапі протікання процесу. Зі збільшенням дози коагулянту (d) помітне наростання процесу. При зниженні параметра d закономірність зміни параметра C_o/C_i в часі буде аналогічною закономірності, отриманій в попередній серії дослідів.

Для опису протікання процесу в часі можна застосувати, як і в попередньому випадку, рівняння експоненти.

Відмінність характеру кривих другої серії дослідів при зміні параметра t , очевидно, пояснюється протіканням у цей період процесу зміни властивостей домішок оброблених коагулянтном, тобто, на особливості кривих рисунка³ 2 впливають параметри t і d .

Для зручності аналізу графіків, представлених на рисунку 2, змінимо координати $C_o > (C_i)_{oo} / (C_i)_{nk}$ і $t > t^{0,25}$ (рис.3). При цьому загальне рівняння графіків у нових координатах з врахуванням згаданих вище зауважень прийме вигляд:

$$\frac{C_{ik}}{C_i} = \exp \left[- (m \cdot t)^n \cdot \left(\frac{d}{C_o} \right)^\lambda \right] \quad (3)$$

де: C_{ik}, C_i – концентрації домішок у проясненій воді обробленій коагулянтном у пробах відібраних в i -ті проміжки часу, кг/м³; C_i – концентрації домішок у проясненій воді не обробленій коагулянтном у пробах відібраних в i -ті

проміжки часу, $\text{кг}/\text{м}^3$; t – час спостережень, хв; m – параметр, що характеризує швидкість зміни властивостей домішок у воді обробленій коагулянтном, хв^{-1} ; λ, n – безрозмірні емпіричні константи.

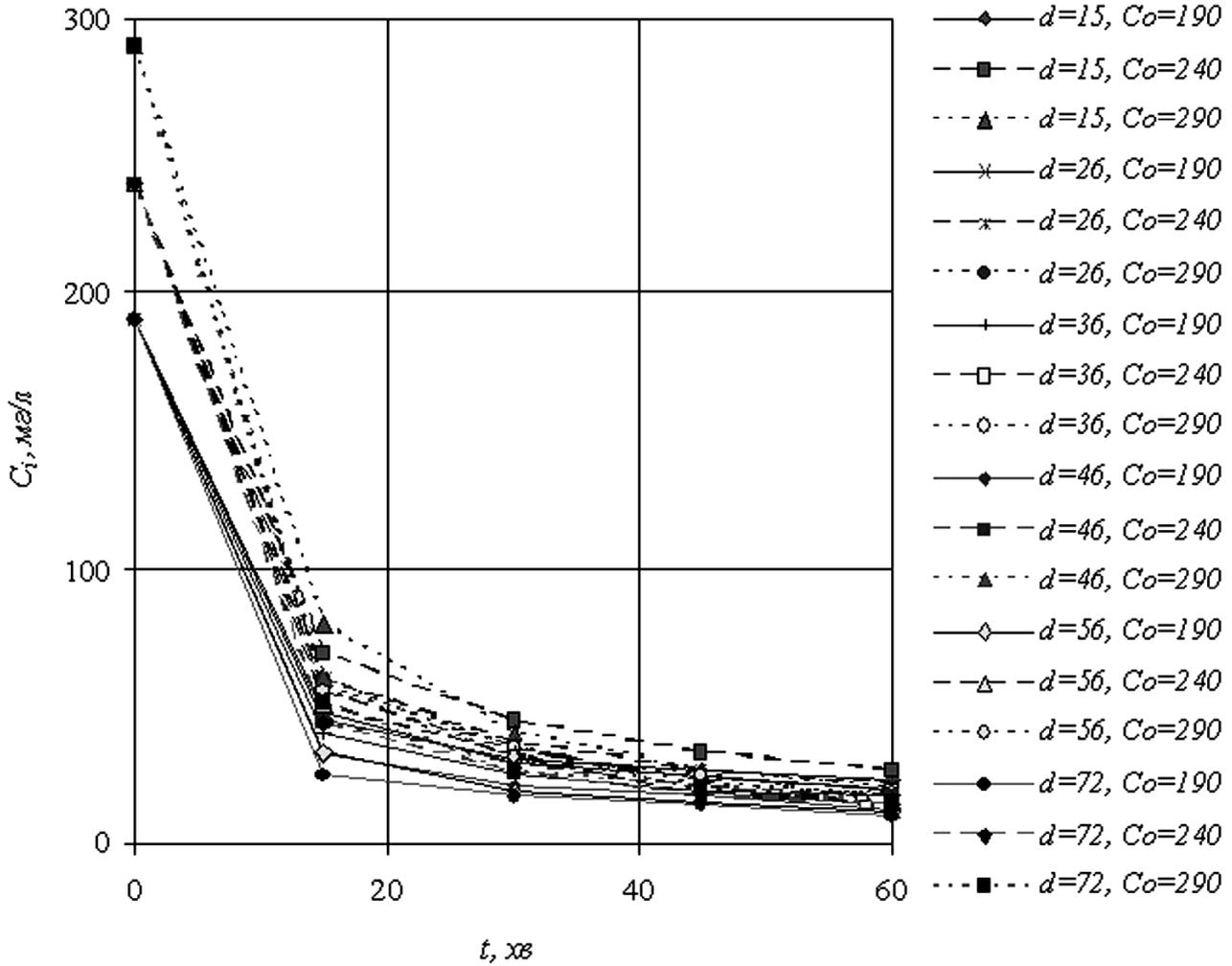


Рис.2. Динаміка концентрації зважених речовин у промивній воді водоочисних фільтрів обробленій реагентом $FeCl_3$

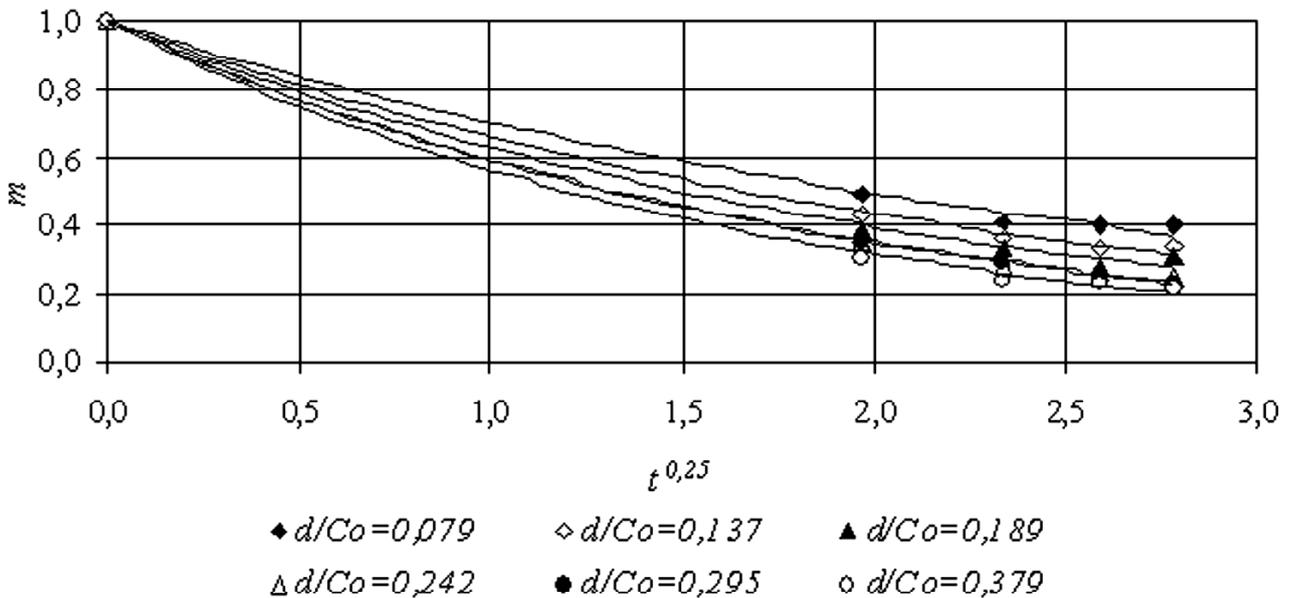


Рис.3. Динаміка зміни відносної концентрації зважених речовин у промивній воді водоочисних фільтрів обробленій реагентом $FeCl_3$

³ На рисунку значення параметрів C_1, C_o і d наведено в $\text{мг}/\text{л}$

На підставі побудованих графіків рис.3 для кожного значення параметрів d і C_o отри-

мані математичні залежності, що описують взаємозв'язок досліджуваного процесу. При цьому виявлений взаємозв'язок між емпіричними коефіцієнтами цих залежностей і співвідношенням d/C_o (рис.4.). Функція опису останнього взаємозв'язку має вигляд параболи з певними значеннями констант.

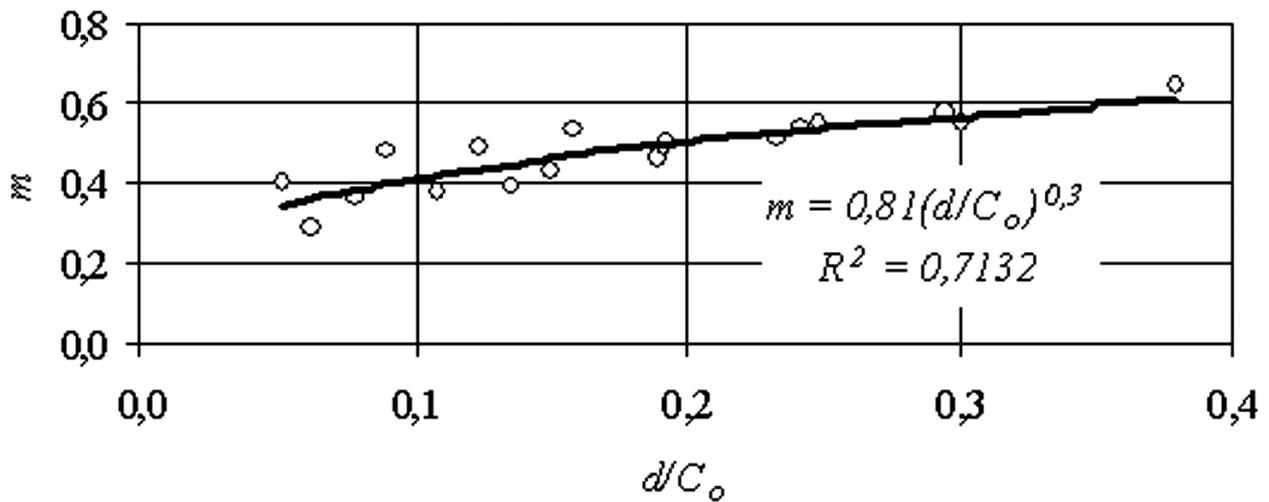


Рис.4. Графік залежності параметра m від співвідношення d/C_o

Обробка експериментальних даних дозволила одержати значення емпіричних констант залежності (3), $m=0,43$ хв⁻¹, $n=0,25$, $l=0,3$. З урахуванням останнього зауваження залежність (3) набуде вигляду:

$$\frac{C_{ik}}{C_i} = \exp\left[-(0,43 \cdot t)^{0,25} \cdot \left(\frac{d}{C_o}\right)^{0,3}\right] = \exp\left[-0,81 \cdot t^{0,25} \cdot \left(\frac{d}{C_o}\right)^{0,3}\right] \quad (4)$$

Очевидно, вираз (1) можна записати у вигляді:

$$C_{ik} = C_i \cdot \exp\left[-(m \cdot t)^n \cdot \left(\frac{d}{C_o}\right)^\lambda\right] \quad (5)$$

З урахуванням виразу (1) вираз (5) можна записати як:

$$C_{ik} = \exp\left[-\left(\frac{C_o}{\rho}\right)^\alpha \cdot (k \cdot t)^\beta\right] \times \exp\left[-(m \cdot t)^n \cdot \left(\frac{d}{C_o}\right)^\lambda\right] \quad (6)$$

Або

$$C_{ik} = \exp\left[-\left(\frac{C_o}{\rho}\right)^\alpha \cdot (k \cdot t)^\beta - (m \cdot t)^n \cdot \left(\frac{d}{C_o}\right)^\lambda\right] \quad (7)$$

Залежність (7) з врахуванням отриманих емпіричних констант набуде вигляду:

$$C_{FeCl_3} = C_o \cdot \exp\left[-3,16 \cdot \left(\frac{C_o}{\rho}\right)^{0,4} \cdot t^{0,6} - 0,81 \cdot t^{0,25} \cdot \left(\frac{d}{C_o}\right)^{0,3}\right] \quad (8)$$

Залежність (8) дозволяє визначати концентрацію зважених речовин у промивній обробленій й необробленій коагулянтном воді для довільного часу відстоювання, концентрації й щільності зважених речовин у вихідній воді та дозах коагулянту.

Результати зіставлення розрахункових $C_{(pi)}$ і експериментальних $C_{(ei)}$ значень вмісту зважених речовин у відстоюній воді при довільній зміні параметрів, що входять у вираз (6), представлені на

рисунку 5, і свідчать про хорошу їхню відповідність.

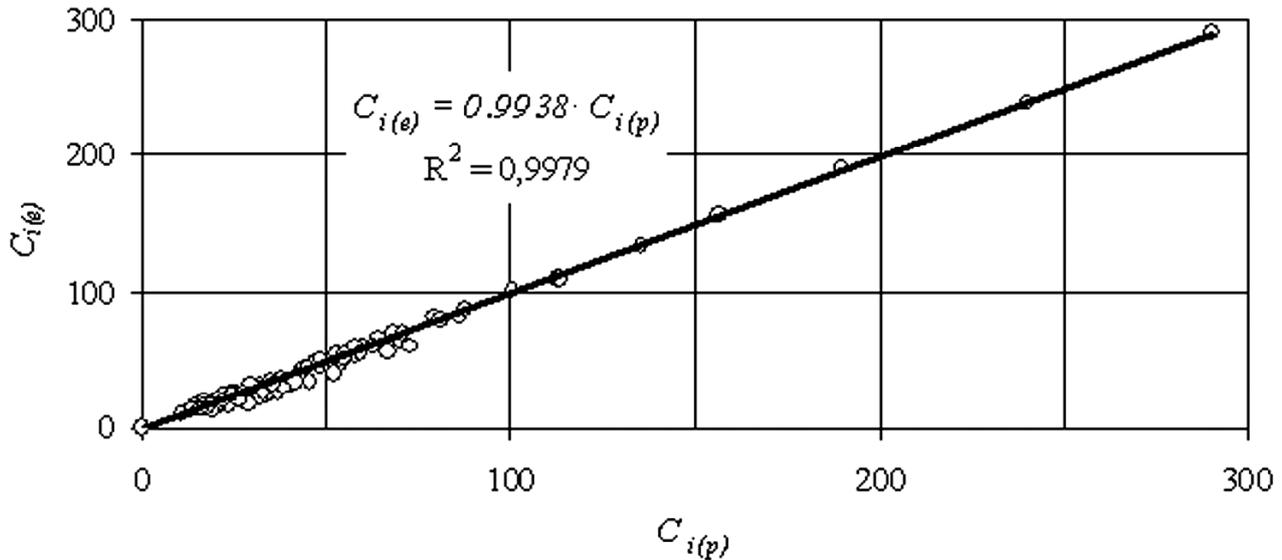


Рис.5. Співвідношення експериментальних ($C_{i(e)}$) і розрахункових ($C_{i(p)}$) значень зважених речовин в відстоюній воді

Очевидно, при прогнозуванні параметра C_i для умов прояснення води відмінних від досліджуваних, емпіричні константи залежності (8) потребують додаткового уточнення шляхом проведення технологічного моделювання процесу.

ВИСНОВКИ:

1. При відстоюванні промивних вод станцій реагентної очистки води водоєм із метою інтенсифікації процесу осадження суспензії доцільно використовувати реагент.
2. Прогнозування значень параметра C_i для промивних оброблених і необроблених реагентом вод можна здійснювати за виразами (7 і 8).
3. При прогнозуванні параметра C_i для умов очистки, відмінних від досліджуваних, емпіричні константи залежності (8) потребують додаткового уточнення шляхом проведення технологічного моделювання процесу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. М., «Наука», 1977, стр.356.
2. Журба М.Г., Чекрышов А.В., Говорова Ж.М. Обработка промывных вод и осадков водопроводных станций: Обзорная информация. – Сер. Инженерное обеспечение объектов строительства.-М.: ВНИИИТПИ, 2001.-вып.1.
3. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. – К.: Вища школа., 2005. – 671 с.
4. Запольский А.К., Баран А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: Свойства. Получение. Применение. – Л.: Химия, 1987, - 208 с.
5. Kowal A.L., Swiderska-Broz M. Oczyszczanie wody. – Wyd. 4. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa-Wroclaw, 2000, 614 str.

Гироль Н.Н., д.т.н., профессор, Гироль А.Н., инженер, Якимчук Б.Н., инженер
Национальный университет водного хозяйства и природопользования

Бойчук С.Д., инженер, Котовская Е.Е., магистрант
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Методы обезвреживания производственных отходов водопроводных очистных сооружений

Представлены характеристики технологических отходов и свойства осадков водоочистных станций, даны методы их обезвреживания. Отмечены преимущества термического приема утилизации осадков.

Техногенные отходы водоподготовки, загрязнения, обезвоживание, утилизация

Технологические отходы водоочистных станций Крыма являются источником загрязнения водных объектов. Значительные территории, отводимые под складирование бытового мусора и промышленных отходов, являются серьезной опасностью техногенного характера, способной привести к масштабным катастрофам. [1, 4]. Применяемое в других странах сжигание во многих случаях приводит к концентрированию содержащихся в отходах или образующихся при сжигании вредных соединений. Получение, хотя и в значительно меньшем количестве, но экологически опасных продуктов сжигания, требует разработки технологий их утилизации [3, 7]. В ряду этих проблем с каждым годом особого звучания, практически на всей территории стран СНГ приобретает проблема утилизации технологических стоков станций очистки питьевых вод. В действующих в период разработки таких станций нормативах (СНиП 11-31-74, СНиП 2.04.02-84) не уделялось должного внимания этим проблемам. Поэтому на большинстве станций очистки питьевых вод отсутствуют решения обработки технологических стоков или предусмотрены чрезмерно упрощенные решения очистки. При этом, как правило, не предусматривали экологически безопасные технологии утилизации образующихся осадков. Между тем в таких осадках содержатся высокие концентрации примесей, характерных конкретному источнику водоснабжения и технологиям очистки воды (SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , БПК, ХПК, N, цветность и пр.). Применение того или иного реагента в схемах очистки воды ее обеззараживания, кондиционирования обуславливает присутствие в осадках различных примесей (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , хлорорганика, алюминаты, продукты озонолиза и пр.) [9]. Сосредоточивание большого количества упомянутых продуктов на иловых (технологических) площадках станций очистки питьевых вод отрицательно сказывается на техногенной нагрузке региона их размещения. Загрязнения из этих площадок с поверхностными водами попадают не только в поверхностные водоисточники, но и проникают в подземные, расположенные даже на значительных глубинах [8].

Население Украины потребляет воду из поверхностных источников $\sim 14 \text{ км}^3/\text{год}$, из подземных $2,5 \text{ км}^3/\text{год}$ [2]. Исходя из усредненного показателя содержания взвешенных веществ в воде поверхностных источников 25 мг/л , дозы коагулянта 12 мг/л , общая масса осадка, локализованная на станциях очистки питьевой воды, составляет более 450 тыс.т/год . На станциях обезжелезивания воды при начальном содержании $\text{Fe}^{+2} - 2 \text{ мг/л}$ количество задержанных окислов железа достигает более 4 тыс.т/год . При учете задержания на станциях очистки питьевой воды других примесей общая их масса существенно возрастает.

Проведенные нами исследования содержания примесей в осадке станций очистки питьевой воды Симферопольского гидроузла свидетельствуют, что в промывных водах концентрация различных примесей существенно отличается от ПДК, характерных для р. Салгир, (рис.1). В технологических стоках ВОС может содержаться алюминия до 70 мг/л . Выпуск неочищенных технологических стоков ВОС в водоисточники значительно ухудшает качество воды, например, содержание взвешенных веществ при этом может увеличиться в 4 раза, солей алюминия – в 25 раз.

Отличаются упомянутые показатели и от требований ПДК, предъявляемых технологическим регламентом станции очистки питьевой воды (табл. 1). Причем отклонение многих параметров

промывных вод от ПДК, предъявляемых как фильтровальной станцией, так и рекой, весьма существенно. Возврат необработанных промывных вод фильтров в смесители очистных сооружений увеличивает содержание не только взвешенных веществ и алюминия, но и ухудшает показатели смешанной воды: концентрация железа увеличивается на 40 %, аммиака – на 20...35 %, нитритов – на 27...30 %, пестицидов на 16 % [8].

Существующие на Симферопольском гидроузле технические решения улучшения качества промывных вод, базирующиеся на технологии двухчасового отстаивания, не позволяют обеспечить необходимое снижение не только таких примесей как дибромхлорметан, бромдихлорметан, четыреххлористый углерод, но даже и таких как взвешенные вещества и алюминий. Кроме того, локализация на упомянутом гидроузле значительных объемов технологических стоков и осадков требует отвода значительной площади земли, что в условиях Крыма, с экономической точки зрения крайне не выгодно.

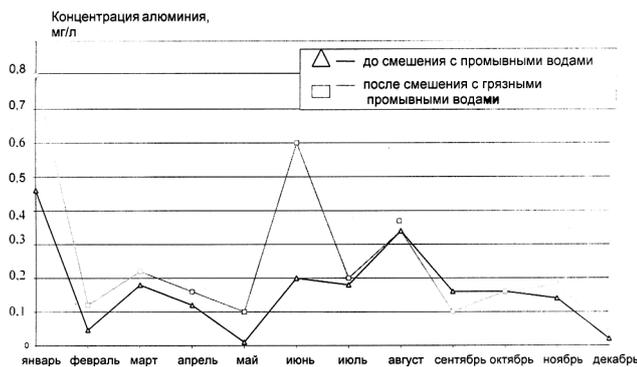


Рис.1. Изменение содержания алюминия в воде р. Салгир после сброса грязных промывных вод ВОС в 2002г.

Существенное снижение примесей в промывной воде делает возможным подготовленную воду перед ее возвратом в смеситель сооружений очистки питьевой воды предварительно доочищать фильтрованием [10]. Исследования процесса очистки промывной воды, обработанной реагентом ПОЛИДАДМАХ, свидетельствуют о заметном снижении в ней бромдихлорметана, дибромхлорметана, алюминия и пр. Снижения достигает 40..90%.

Рационально подобранные реагенты позволяют обеспечить эффективную подготовку промывной воды, что способствует созданию условий прекращения ее сброса в водоисточник и позволяет направить в смеситель станции очистки питьевой воды. Такое решение наряду с экологической эффективностью имеет экономическую целесообразность. При объеме суточного сброса промывной воды на Симферопольском гидроузле («Петровские скалы») 3000...4000 м³, суммарной платы за 1 м³ полученной и сброшенной воды ~0,2 \$ суточные потери в денежном выражении составляют ~600...800 \$.

Из приведенного очевидно необходимость поиска технических решений, обеспечивающих эффективную очистку промывных вод. Очищенные промывные воды целесообразно возвращать в смеситель станции очистки питьевой воды, а образовавшийся осадок утилизировать до безвредного состояния для окружающей среды.

На станции очистки питьевой воды «Петровские скалы» ежегодно накапливается около 500 тонн осадка. При прокаливании сухого осадка он теряет более 70% своей массы, что свидетельствует о возможности его сжигания.

Наличие в осадке многообразных вредных примесей подтверждает такое решение. Поэтому в схему утилизации осадка положена технология его сжигания. Применение иных технологий утилизации осадка – укладка в дорожное полотно, использование в качестве составляющих бетона, применение при изготовлении цементов с точки зрения технико-экономических показателей этих технологий требует дополнительного обоснования [3, 5-7, 9]. В ряде случаев такие методы утилизации осадков сопровождаются ухудшением конечной продукции и небезупречны в экологическом плане.

Применение различных реагентов для интенсификации процесса отстаивания, таких примесей как сернистый алюминий, хлорное железо, «Полвак», «Магнафлок», полиакриламид, позволяет существенно повысить эффективность этого процесса. Эффективность извлечения многих примесей (взвешенные вещества, алюминий) при прочих равных условиях возрастает в 2..3 раза. Необходимая эффективность очистки промывных стоков достигается регулированием дозы используемого реагента. Выбор реагента производят на основе технико-экономических расчетов. При этом следует принимать во внимание, что с ростом дозы реагента увеличивается его присутствие в осадке.

Таблица 1.

Показатели качества воды Симферопольского водохранилища и р. Салгир. (ПДК очищенных промывных вод перед выпуском в Салгир, перед повторным использованием)

Наименование	Грязные промывные воды ¹	Симферопольское водохранилище ²	Принятая ПДК при сбросе в Салгир	Принятая ПДК при возврате в смеситель ВОС
Взвешенные вещества, мг/л	99,1	4,45	12	8
Сухой остаток, мг/л	529,2	340,1	530	440
Азот аммиака, мг/л	0,093	0,18	0,1	0,23
Нитриты NO ₂ , мг/л	0,028	0,0124	0,027	0,016
Нитраты NO ₃ , мг/л	7,69	2,79	7,9	8
БПК ₅ , мг O ₂ /л	2,047	1,67	2,0	2,3
Окисляемость перманганатная ³ , мг O ₂ /л	7,62	4,67	4,9	6
Железо, мг/л	0,164	0,15	0,17	0,2
Алюминий, мг/л	4,76		0,07	0,3
Хлороформ ⁴	15,61	1,1		15
Четыреххлористый углерод ⁵	0,57	0,02		0,03
Бромдихлорметан ⁵	45,28	5,11		6,6
Дибромхлорметан ⁵	5,53	0,94		1,22
Хлориды, мг/л	32,85	35,39		45
Сульфаты, мг/л	53,8	67,64		87

С целью решения проблемы нами предложена схема обработки технологических стоков и утилизации осадка (рис. 2). Основной особенностью такой схемы является очистка технологических стоков на разработанных нами фильтрах с плавающей загрузкой (ФПЗ), способных работать с промывной водой содержащей высокую концентрацию механических примесей. Такие сооружения не требуют устройства насосов и емкостей, хранящих промывную воду для их промывки. Возможность протекания в одном корпусе процессов отстаивания и фильтрования позволяют отказаться от дорогостоящих сооружений отстаивания и способствуют сокращению габаритов такой станции в целом.

Перед подачей на ФПЗ сток подвергается обработке реагентом. Вид и доза реагента зависят от качества промывных вод. Технологические и конструктивные параметры фильтра – от качества сформированных в промывной воде агрегатов после обработки ее реагентом. Частично очищенная вода соответствует требованиям технологического регламента станции очистки питьевых вод и может подаваться в ее смеситель. Локализованный в пруду-накопителе и песколовке осадок отводится на площадку ее подсушивания. Золовая вода от установки сжигания отводится на площадки подсушивания осадка. Смоченная поверхность площадок подсушивания покрывается гидроизоляционным покрытием.

¹-усредненные данные за 2002-2003 годы

²-усредненные данные за 1992-2003 годы

³-усредненные данные за 2003 год

⁴-данные, полученные во время проведения эксперимента

⁵-При этом не учтена величина экологического убытка от отвода за пределы станции очистки питьевой воды недостаточно чистых промывных вод

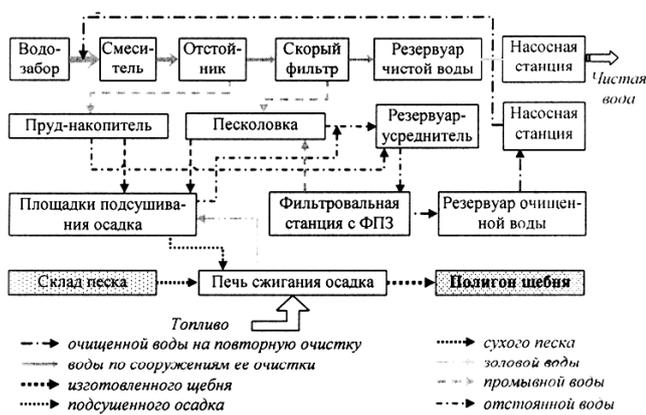


Рис.2. Схема очистки технологических стоков и утилизации осадка станции очистки питьевой воды

решение позволяет обеспечить экологически безвредную и эффективную работу станции очистки питьевой воды, что имеет особое значение для условий Крыма.

Проведенные исследования подтверждают описанную гипотезу. При сжигании 500 тонн осадка, содержащего около 80 % сгораемых веществ, ежегодно в составе выжигаемого щебня будет утилизироваться свыше 100 тонн минеральных примесей, извлеченных из очищаемой воды. То есть, ежегодно может быть обезврежено 100 тонн вредных примесей технологических стоков ВОС «Петровские скалы».

ВЫВОДЫ:

1. На станциях очистки питьевой воды накапливаются значительные массы осадка, содержащего вредные для окружающей среды примеси. Осадок содержит до 80% сгораемых примесей.
2. В технологической схеме обработки осадка целесообразно применение фильтров с плавающей загрузкой, способных работать с промывной водой, содержащей высокую концентрацию механических примесей.
3. Безвредная утилизация осадков станций очистки питьевых вод достигнута при их термической обработке с получением в качестве конечного продукта - щебня и керамзита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журба М.Г., Чекрышов А.В., Говорова Ж.М. Обработка промывных вод и осадков водопроводных станций: Обзорная информация. – Сер. Инженерное обеспечение объектов строительства. -М.: ВНИИТПИ, 2001. -вып. 1.
2. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2003 році. Рівне 2005, 143 с.
3. Pawlowski L. 1999, Neutralization of Wastes in a Cement Kiln, in: Thermal Solid Waste Utilization in Regular and Industrial Facilities, (Edited by Pawlowski L., Dudzinska M.R., Gonzalez M.A.), Environmental Science Research Vol. 58: 1-10. Plenum Publishing. 4.
4. Milaszewski R. Ekonomiczne aspekty zarządzania jakością wód w Polsce, w: Monografie komitetu inżynierii środowiska Polskiej akademii nauk. Vol.12. 1 Kongres inżynierii środowiska. Referaty Problemowe. (Redakcja - Dudzinska M.R., Pawlowski A., Pawlowski L.), Lublin, Wydawnictwo Drukarnia LIBER. 175-189.
5. Lorber K.E. 1999, Recovery of Materials and Energy from Waste in Austrian Cement Works, in: Thermal Solid Waste Utilization in Regular and Industrial Facilities, (Edited by Pawlowski L., Dudzinska M.R., Gonzalez M.A.), Environmental Science Research Vol. 58: 19-27. Plenum Publishing. 4.
6. Borys M., Filipowicz P. Ocena wykorzystania mieszanin popioło-zużlowych w budownictwie hydrotechnicznym, w: Monografie komitetu inżynierii środowiska Polskiej akademii nauk. Vol.32. 2 Kongres inżynierii środowiska. Materiały. Tom 1. (Redakcja - Pawlowski L., Dudzinska M.R., Pawlowski A.), Lublin, Wydawnictwo Drukarnia LIBER DUO. 1063-1070.
7. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Н.И.Лихачев, И.И. Ларин, С.А.Хаскин и др.; Под общ ред. В.Н.Самохина. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
8. Яковлев В.В. Питне водопостачання міст на основі окремого використання підземних вод (на прикладі м. Харкова). Автореферат канд. дис. Харків 1999, 18 с.
9. Балоян Б.М., Чуднова Т.А., Смирнова Л.М. Безотходная технология непрерывной очистки питьевой воды. Материалы конференции ECWATECH-2002, М.: 4-7.06.2002, 269-271 с.
10. Шевченко Л.Я. Використання термообработки при очистці виробничих стічних вод водопровідних станцій. //Зб. наукових праць Рівненський держ.техн.універ. Мін.осв.України, вип.2, част.2. - 1999 р.. Рівне, - с.121-125.

Процесс подсушивания осадка в условиях Крыма, характеризующегося высокими среднегодовыми температурами, может успешно протекать в естественных условиях. Применение технологии естественного подсушивания осадка положительно сказывается на технико-экономических показателях предложенной схемы очистки технологических сточных вод.

Сжигание осадка технологических стоков станций очистки воды для питьевых целей в присутствии легко расплавляемых минералов позволяет получить щебень, который можно использовать в качестве крупного заполнителя при приготовлении бетонов или в качестве иных строительных материалов. Оплавленная поверхность щебня предотвращает вынос минеральных примесей обожженного осадка. Такое

Корбан Д.В., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Радиолокационное обнаружение в атмосфере загрязняющих веществ различного происхождения

Показана возможность радиолокационного обнаружения вредных химических веществ в атмосфере радиолокационным методом с использованием в качестве вектора признаков поляризации электромагнитной волны, рассеянной объемом химического аэрозоля.

Поляризация, электромагнитная волна, дипольный момент, радиолокационная модель, степень поляризации, матрица рассеяния.

В настоящее время экологическому мониторингу загрязнения атмосферы и подстилающей поверхности практически во всех экономически развитых странах уделяется большое внимание. Сюда можно отнести загрязнение окружающей среды радиоактивными и другими вредными химическими веществами. Контроль конкретного объекта и границ территории осуществляют контактными измерениями (дозиметрические датчики, газоанализаторы и др.), которые позволяют получить информацию в месте контактного измерения. Такие измерения не позволяют получить полный объем выбрасываемых от конкретного источника вредных химических веществ.

Актуальной задачей является дистанционное обнаружение загрязняющих веществ на большом расстоянии от источника выброса, причем до момента их осаждения на подстилающую поверхность. Такую задачу может выполнить радиолокационная система, работающая в одном комплексе с наземными средствами экологического контроля и обладающая высокой оперативностью и эффективностью. Радиолокационный контроль за экологическим состоянием природной среды осуществляется в любое время суток, что позволяет заблаговременно предупреждать специальные службы для принятия мер по своевременной защите населения. Дистанционная радиолокационная система позволяет контролировать чистоту воздушного бассейна городов, автомобильных трасс, газо и нефтепроводов, химических, нефтеперерабатывающих, металлургических, цементных и др. предприятий, определять координаты выпадения загрязняющих веществ. Первой работой по использованию дистанционного радиолокационного комплекса в экологическом мониторинге была публикация авторского коллектива В. Д. Асакова, А. А. Белокурова, Д. Б. Канарейкина [1]. В ней приводятся результаты испытаний стационарного и мобильного комплексов аппаратуры RIDIM (Radar Incident Distant Monitoring). Однако авторами не раскрывается методика радиолокационного мониторинга, отсутствуют ссылки на результаты их теоретических исследований, что вызвало обоснованную критику со стороны ведущих специалистов России [2].

В данной статье рассматривается возможность радиолокационного обнаружения и распознавания технологических выбросов различного происхождения, загрязняющих природную среду. В качестве информативного параметра, позволяющего распознать качественный состав вредного химического вещества, используются поляризационные параметры электромагнитной волны, рассеянной радиолокационным объемом примеси в атмосфере. При этом отметим, что в соответствии с [3], поведение химических веществ в электромагнитном поле волны зависит от их молекулярной структуры, а электрические заряды, входящие в состав вещества могут либо перемещаться в пределах одной молекулы (связанные заряды), либо переходить от одной молекулы к другой (свободные заряды), приводя к поляризации вещества. Молекулы химических веществ обладают электрическими дипольными моментами. Поляризация химических веществ возникает как за счет растягивания зарядов в каждой из молекул под влиянием внешнего поля электромагнитной волны, так и за счет поворота жестких диполей по направлению электрического вектора. Для нахождения поляризованности среды, необходимо в соответствии с [3] просуммировать дипольные моменты отдельных молекул по объему и произвести усреднение по времени. Если химическое вещество однородно, а концентрация молекул равна N , то поляризованность вычисляют по формуле

$$P = N E \left[\alpha + \frac{P_o}{E} L \left(\frac{P_o E}{k T} \right) \right], \quad (1)$$

где: N - концентрация молекул;

E - напряженность электрического поля волны;

α - поляризуемость молекулы;

P_o - дипольный момент молекулы;

L - функция Ланжевена;

k - постоянная Больцмана;

T - абсолютная температура.

Полная поляризуемость молекулы вещества химического аэрозоля описывается формулой Ланжевена-Дебая

$$\alpha_n = \alpha + \frac{P_o^2}{3 k T}, \quad (2)$$

где $\frac{P_o^2}{3 k T}$ - характеризует ориентацию молекулы.

Для определения диэлектрической проницаемости аэрозоля используют соотношение Клаузиуса-Мосотти [3]

$$\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} = \frac{4 \pi N \alpha_n}{3}. \quad (3)$$

Так как концентрация N связана с массовой плотностью τ вещества соотношением

$$\frac{\tau N_A}{\mu} = N, \quad (4)$$

где: μ - молекулярный вес;

N_A - число Авогадро,

то соотношение (4) можно представить в виде

$$\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \cdot \frac{\mu}{\tau} = \frac{4}{3} \pi N_A \alpha_n. \quad (5)$$

Здесь $\frac{4}{3} \pi N_A \alpha_n = 2,54 \cdot 10^{24} \alpha_n$ - молярная поляризуемость вещества аэрозоля.

Будем облучать аэрозольное вещество, выбрасываемое в атмосферу, электромагнитной волной, излучаемой МРЛС. При этом особый интерес при радиолокационном обнаружении и распознавании химических выбросов представляет неполяризованная волна, которая при отражении и рассеянии на частицах аэрозоля поляризуется. Степень поляризации отраженной электромагнитной волны является функцией микроструктуры вещества аэрозоля.

Еще в 1932 году С. И. Вавилов впервые показал возможность выявления микроструктуры вещества по изменению поляризации электромагнитной волны.

Методика радиолокационного обнаружения вредных химических веществ, выбрасываемых в атмосферу, заключается в следующем. Передатчик и антенно-волноводная система метеорологического радиолокационного поляриметра формирует неполяризованную электромагнитную волну в виде двух взаимно ортогональных и полностью некогерентных компонентов круговой поляризации [4]

$$E_{изл} = E_o \exp i \alpha \begin{pmatrix} \pm 1 \\ i \end{pmatrix} \oplus E_o \exp i \beta \begin{pmatrix} \pm 1 \\ i \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Неполяризованная волна при прохождении аэрозольного объема поляризуется. Причем степень поляризации отраженной волны определяется микроструктурой вещества аэрозоля. Так как аэрозоль является в большинстве случаев анизотропным, то отраженная волна будет иметь частичную поляризацию. Частично поляризованную волну, отраженную от радиолокационного объема аэрозоля можно представить в виде двух ортогонально-поляризованных и полностью некогерентных между собой компонент, интенсивности которых максимально различны. В качестве меры частичной поляризации используют степень поляризации

$$m = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}, \quad (7)$$

где: I_{\max} и I_{\min} - интенсивности соответствующих компонент отраженной волны. Для неполяризованного излучения $m = 0$, для полностью поляризованного - $m = 1$.

Частично поляризованное излучение занимает промежуточное значение степени поляризации. Все возможные состояния поляризации электромагнитной волны, отраженной от аэрозольного радиолокационного объема представим набором четырех действительных параметров Стокса, каждый из которых имеет размерность интенсивности. Обозначим их через I, Q, U, V . Параметры Стокса определяют через декартовы компоненты электромагнитной волны [5, 6], т.е.

$$\begin{aligned} I &= \langle E_x^2(t) \rangle + \langle E_y^2(t) \rangle \\ Q &= \langle E_x^2(t) \rangle - \langle E_y^2(t) \rangle \\ U &= 2 \langle E_x(t) E_y(t) \cos [\varphi_x(t) - \varphi_y(t)] \rangle \\ V &= 2 \langle E_x(t) E_y(t) \sin [\varphi_x(t) - \varphi_y(t)] \rangle. \end{aligned} \quad (8)$$

Образует вектор-столбец параметров Стокса, называемой вектором Стокса

$$S = \begin{bmatrix} I \\ Q \\ U \\ V \end{bmatrix}, \quad (9)$$

или

$$S = \{I, Q, U, V\}. \quad (10)$$

Для неполяризованного излучения $Q = U = V = 0$ и вектор Стокса запишется в виде

$$S = \{I, 0, 0, 0\}. \quad (11)$$

Здесь I - полная интенсивность волны.

Для полностью поляризованной волны

$$I^2 = Q^2 + U^2 + V^2. \quad (12)$$

Для частично поляризованной волны

$$I^2 > Q^2 + U^2 + V^2. \quad (13)$$

Из соотношения (13) видно, что частично поляризованную волну можно разложить на полностью поляризованную компоненту и неполяризованную, т.е.

$$S = S_{непол} + S_{пол}, \quad (14)$$

где $S = \{I, Q, U, V\}$;

$$S_{\text{непол}} = \left\{ \left[I - (Q^2 + U^2 + V^2)^{1/2} \right], 0, 0, 0 \right\};$$

$$S_{\text{пол}} = \left\{ (Q^2 + U^2 + V^2)^{1/2}, Q, U, V \right\}. \quad (15)$$

Степень поляризации отраженной волны можно выразить через параметры Стокса, т.е.

$$m = \frac{(Q^2 + U^2 + V^2)^{1/2}}{I}. \quad (16)$$

Угол эллиптичности α и угол ориентации эллипса поляризации β определяют из параметров Стокса следующим образом

$$\alpha = \frac{1}{2} \arcsin \frac{V}{I},$$

$$\beta = \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \frac{U}{Q}. \quad (17)$$

Полная интенсивность волны, степень поляризации, форма поляризации полностью поляризованной компоненты несут всю физическую информацию об отраженной от аэрозольного объема электромагнитной волне.

Представим излучаемую МРЛС неполяризованную волну и волну, отраженную от аэрозоля, в виде матриц, элементами которых являются параметры Стокса, т.е.

$$[S_{\text{изл}}] = \begin{bmatrix} I_{\text{изл}} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, [S_{\text{отр}}] = \begin{bmatrix} I_{\text{отр}} \\ Q_{\text{отр}} \\ U_{\text{отр}} \\ V_{\text{отр}} \end{bmatrix}. \quad (18)$$

В общем случае отражающие свойства аэрозоля представим также в виде матрицы, состоящей из 16 вещественных коэффициентов

$$[T] = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} & T_{14} \\ T_{21} & T_{22} & T_{23} & T_{24} \\ T_{31} & T_{32} & T_{33} & T_{34} \\ T_{41} & T_{42} & T_{43} & T_{44} \end{bmatrix}. \quad (19)$$

Взаимосвязь трех матриц имеет вид

$$[S_{\text{отр}}] = [T] \cdot [S_{\text{изл}}],$$

или в развернутом виде

$$\begin{bmatrix} I_{\text{отр}} \\ Q_{\text{отр}} \\ U_{\text{отр}} \\ V_{\text{отр}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{11} & 0 & 0 & 0 \\ T_{21} & 0 & 0 & 0 \\ T_{31} & 0 & 0 & 0 \\ T_{41} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} I_{\text{изл}} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (20)$$

Измерив параметры Стокса отраженной волны, легко получить сведения о физической структуре выбрасываемого в атмосферу аэрозоля, информация о которой заключена в 4-х коэффициентах матрицы $T_{11}, T_{21}, T_{31}, T_{41}$. Эти коэффициенты легко определяют из соотношения (20)

$$T_{11} = \frac{I_{omp}}{I_{изл}}; T_{21} = \frac{Q_{omp}}{I_{изл}}; T_{31} = \frac{U_{omp}}{I_{изл}}; T_{41} = \frac{V_{omp}}{I_{изл}}. \quad (21)$$

Поляризационные параметры электромагнитной волны отраженной от радиолокационного объема аэрозоля вычисляют по параметрам Стокса следующим образом

$$P_{omp} = \frac{Q_{omp}^2 + U_{omp}^2 + V_{omp}^2}{I_{omp}}, \quad (22)$$

$$\alpha_{omp} = 0,5 \arcsin \frac{V_{omp}}{I_{omp}},$$

$$\beta_{omp} = 0,5 \operatorname{arctg} \frac{U_{omp}}{Q_{omp}}. \quad (23)$$

Коэффициенты матрицы содержат полную информацию о микроструктуре аэрозоля, а поляризационные параметры отраженной волны определяют ее поляризацию и зависят от анизотропных свойств аэрозоля, в котором локализовано электромагнитное поле. Каждому виду аэрозоля будут присущи определенные значения перечисленных параметров, определяемые физической структурой данного аэрозоля.

Рассмотренная методика была использована при радиолокационном обнаружении и распознавании в типовых метеорологических условиях различных веществ, загрязняющих атмосферу и подстилающую поверхность, таких как радиоактивные аэрозоли, оксиды азота, серы, дыма и др.

ВЫВОДЫ:

1. Показана возможность использования неполяризованной электромагнитной волны для обнаружения загрязняющего аэрозоля в атмосфере.
2. Разработана методика радиолокационного распознавания аэрозольных выбросов различного происхождения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Асаков В. Д., Белокуров А. А., Канарейкин Д. Б. Результаты испытаний стационарного и мобильного комплексов аппаратуры RIDIM в режиме мониторинга атмосферных загрязнений // Труды Всероссийского симпозиума «Радиолокационное исследование природных сред», вып. 1, Санкт-Петербург, 1998. – с. 194-206.
2. Савченко И. А., Степаненко В. Д. Возможности радиолокационного обнаружения выбросов АЭС и других источников ядерной энергии // Труды Всероссийского симпозиума «Радиолокационное исследование природных сред», вып. 1, Санкт-Петербург, 1998. – с. 190-194.
3. Терлецкий Я. П., Рыбаков Ю. П. Электродинамика. - М.: Высшая школа, 1990. – 346 с.
4. Какичашвили Ш. Д. Поляризационная голография. – Л.: «Наука», 1989. – 133 с.
5. Канарейкин Д. Б., Павлов Н. Ф., Потехин В. А. Поляризация радиолокационных сигналов. – М.: Сов. радио, 1966. – 429 с.
6. Корбан В.Х. Поляризаційна селекція хмар і опадів. Монографія. – О.: Зовнішнєрекламсервіс, 2004. - 248 с..

Парак Т.Ю., инженер

*Крымское отделение Украинского государственного геологоразведочного института
(КО УкрГГРИ)*

Изменение развития основных экзогенных геологических процессов в зоне влияния Днепродзержинского водохранилища

Рассматриваются главные проблемы изменения естественных природных условий, обеспечивающих жизнедеятельность человека, которые приводят к нарушению экологической безопасности.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Любые изменения естественных природных условий, обеспечивающих жизнедеятельность человека, приводят к нарушению экологической безопасности (нарушение ландшафтов, условий формирования подземных вод, инженерно-геологической обстановки, состояния горных пород и др.). В первую очередь нарушаются эколого-геологические условия, формируется новая геологическая среда [11]. Развитие экзогенных геологических процессов (ЭГП) в пространстве и активизация их во времени практически определяют особенности и уровень изменений эколого-геологических условий [8, 11].

В связи с этим вопросы картирования ЭГП и оценки пораженности ними территорий остаются актуальными. Наиболее полно и всесторонне этот вопрос рассматривался в конце 70-х и начале 80-х годов прошлого века научными работниками ВСЕГИНГЕО – в работах [6-8]. Следует отметить, что вопросы картирования отдельных типов ЭГП (сдвиги, абразия, сели) и их прогноз достаточно обоснованы, методика выполнения этих работ не потеряла практического значения до этого времени и может быть использована для решения вопросов предупреждения чрезвычайных ситуаций (ЧС) [7, 9, 12].

Все вышеизложенное определило объекты исследований – ЭГП, развивающиеся в зоне влияния Днепродзержинского водохранилища и предмет исследований – особенности их развития под влиянием природных и техногенных факторов.

Основные результаты и методика исследований.

Днепровский каскад водохранилищ, к которому относится Днепродзержинское водохранилище, контролируется Гидрометеослужбой, Госводхозом и др. отраслями страны. Изучением развития ЭГП на региональном уровне за пределами прибрежной зоны занимаются практически только предприятия геологической отрасли и Национальной Академии наук Украины (НАНУ), результаты которых приводятся в обобщающих работах [3, 5, 12] и они практически стали основой для решения вопроса влияния Днепровского каскада водохранилищ на развитие ЭГП и на инженерно-геологические условия в пределах территории исследований.

Поэтому основными методическими приемами исследований были анализ, обобщение имеющихся фондовых и опубликованных материалов, картографирование на основе ГИС-технологий.

Изменения инженерно-геологических условий в районе влияния Днепродзержинского водохранилища зависят от влияния природных и антропогенных (техногенных) факторов на геологическую среду [12]. Основным показателем изменений инженерно-геологических условий на региональном уровне является развитие ЭГП, которое существенно влияет на условия взаимодействия в системе человек – геологическая среда (нарушается безопасность на застроенных территориях, возникают чрезвычайные ситуации во время разрушения хозяйственных объектов, негативно влияют на сельское хозяйство – подтапливание и засоление земель и др.).

Развитие ЭГП, изменение инженерно-геологических условий происходит под влиянием природных постоянных и изменяющихся во времени факторов и влияния хозяйственной деятельности.

Среди природных факторов, изменяющихся во времени, основными являются климатические (осадки, температура воздуха, земли, испарение и др.), поэтому анализу их влияния на развитие ЭГП и формированию инженерно-геологических условий уделяется значительное внимание. На территории исследуемого района Днепродзержинского водохранилища наблюдается сезонное проявление отрицательных температур, что обуславливает промерзание пород и исключает возможность питания грун-

товых вод в зимнее время. Значение и длительность действия отрицательных температур не одинаковы, уменьшаются с северо-запада на юго-восток. На исследуемой территории выделяются зоны сезонного и круглогодичного питания, в условиях неустойчивого увлажнения, которые различаются между собой объемом питания грунтовых вод и сменяют друг друга в субширотном направлении [10].

При одинаковой степени увлажненности территории условия распространения и формирования грунтовых вод зависят от постоянных природных факторов - геологического строения (геологического разреза, литологического состава и мощности четвертичных пород, наличия региональных и местных водоупорных слоев), расчлененности рельефа. Геологическая структура является основным постоянным фактором, и определяет условия распространения и формирования грунтовых вод, границы артезианских бассейнов и гидрогеологических областей.

Днепродзержинское водохранилище влияет на 2 гидрогеологические области из 12 выделенных на Украине: II – Украинский бассейн трещинных вод; III – Днепровский артезианский бассейн. Гидрогеологические районы отвечают элементам структур первого порядка, в пределах которых формируются определенные типы рельефа. Районы характеризуются однотипностью геологического строения и геоморфологических особенностей и в соединении с климатическими условиями территории создают естественные геолого-гидрогеологические комплексы, которые определяют особенности развития грунтовых вод в породах разного возраста, генезиса и литологического состава, характер распространения в пространстве и связь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами [4, 5, 10].

На основах принципа гидрогеологического районирования по особенностям формирования грунтовых вод [5, 10] выделяются районы, в которых возможны гидрогеологические трансформации в зоне влияния Днепродзержинского водохранилища. (Табл.).

Следует отдельно рассмотреть особенности гидрогеологических условий 12, 13 и 20, районов, которые находятся в пределах соответственно – Украинского бассейна трещинных вод (II) и – Днепровского артезианского бассейна (III) где проявляется влияние Днепродзержинского водохранилища.

Украинский бассейн трещинных вод простирается в субмеридиональном направлении от северных границ страны к Азовскому морю, на пространствах которого находится Днепродзержинское водохранилище. (Табл.).

Таблица.

Гидрогеологическое районирование относительно особенностей формирования грунтовых вод в пределах влияния Днепродзержинского водохранилища [5, 10]

Название водохранилища	Гидрогеологические области и районы	Условия питания и увлажнения
1	2	3
Днепродзержинское	II - Украинский бассейн трещинных вод <i>12 – Восточно-приднепровская возвышенность</i> <i>13 – Гуляйпольская равнина</i> III – Днепровский артезианский бассейн <i>20 – Полтавская равнина</i>	Пояс сезонного и круглогодичного питания, зона неустойчивого увлажнения

В структурном отношении территория бассейна является поднятием древнего кристаллического фундамента, нарушенная эрозией поверхность которого представляет собой слабо бугристую равнину с общим уклоном от центра к периферии. На значительной территории кристаллические породы залегают выше местных базисов эрозии, что способствует интенсивному водообмену. При этом мощность зоны интенсивного водообмена незначительна и не превышает 100 м (мощность зоны трещиноватости кристаллических пород). Украинский бассейн трещинных вод по характеру распространения, глубине залегания и минерализации разделяется на 7 районов, из них в область наших исследований входят два (12, 13).

12 гидрогеологический район - Восточно-приднепровская возвышенность которая охватывает юго-восточную часть Украинского щита. Грунтовые воды, приуроченные в основном к нижне-верхнечетвертичным эолово-делювиальным суглинкам и средне-верхне-четвертичным эолово-делювиальным и озерным суглинкам, распространенным в пределах лессовой равнины. На склонах долин грунтовые воды находятся в зоне трещиноватости выветривающихся архей-протерозойских пород и на участках развития эоценовых и олигоценых отложений киевской и харьковской свит, миоценовых отложений и узких полос верхнечетвертичных аллювиальных отложений первой и второй надпойменных и современных пойменных террас. Глубина залегания изменяется от 3 до 10 м, иногда достигает 15 м [10].

13 гидрогеологический район - Гуляйпольская равнина приурочена к Конско-Ялинской впадине. Грунтовые воды, распределенные в пределах лессовой равнины, находятся преимущественно в нижне-верхнечетвертичных эолово-делювиальных отложениях. В речных долинах распространенные грунтовые воды верхнечетвертичных аллювиальных отложений первой и второй надпойменных террас, аллювия современных пойменных террас. Уровень грунтовых вод нижне-верхнечетвертичных эолово-делювиальных отложений залегает преимущественно на глубине 3-5 м. В междуречье Днепр-Молочная естественный режим грунтовых вод нарушен влиянием оросительных систем, которые вызывают подъем их уровня, подтопление и засоления грунтов [10].

Днепровский артезианский бассейн, на территории которого находится Днепродзержинское водохранилище, занимает северо-восточную часть Украины и расположен в зонах избыточного и недостаточного увлажнения. В структурном отношении он приурочен к большей части Днепровско-Донецкой впадины. Геологический разрез впадины представлен отложениями - от девонской до четвертичной систем, общей мощностью 8-10 км на возвышенностях и до 11-17 км во впадинах. Грунтовые воды на большей части бассейна находятся в четвертичных отложениях. В пределах бассейна выделены 7 гидрогеологических районов, один из которых входит в зону влияния водохранилища.

20 гидрогеологический район – Полтавская равнина расположена в восточной части Днепровско-Донецкой впадины в пределах лессовой равнины.

Грунтовые воды, развитые преимущественно в средне-верхнечетвертичных эолово-делювиальных и озерных, нижне-верхнечетвертичных эолово-делювиальных и верхнечетвертичных аллювиальных отложениях первой и второй надпойменных террас и вдоль долин рек, узкими полосами распространены грунтовые воды нижне-верхнечетвертичных аллювиальных, среднечетвертичных аллювиальных отложений третьей и четвертой надпойменных террас. Уровни этих вод до 1986 года находились на глубине 3-10 м, иногда до 15 м [10].

До создания водохранилищ основная водная артерия Украины – р. Днепр с многочисленными притоками была региональной дренажной. Техногенные нарушения природного режима речной сети способствовали формированию регионального изменения гидрогеологических условий по следующим причинам:

- уменьшение поверхностного водного стока и рост питания грунтовых водоносных горизонтов;
- подпор уровней грунтовых водоносных горизонтов в области разгрузки со следующим уменьшением глубин их залегания на большей части речных водосборных бассейнов;
- уменьшение объемов подземного стока, обусловленного уменьшением уклонов и соответственно скорости фильтрации подземных вод по лотерали.

Таким образом, создание водохранилища способствует региональному подъему уровней воды не только в поверхностных водотоках, но и грунтовых вод, которые дренируются этими реками и, как следствие, подтоплению территорий.

ВЫВОДЫ:

1. Анализ результатов наблюдений за режимом подземных вод под влиянием природных, изменяющихся во времени факторов, позволяет установить общие закономерности уровня режима подземных вод на описываемой территории, которыми являются:
 - сезонность колебания уровней – основной подъем, которых происходит весной со следующим постепенным спадом в течение лета и менее четко выраженным подъемом в осенний период и зимним спадом;
 - сравнительно быстрая реакция уровней на переход температуры от отрицательной к положительной (в периоды оттепелей) преимущественно в четвертичных водоносных горизонтах вызывает на фоне спадов уровней их экстремальные подъемы; - наличие тесной гидравлической связи между водоносными горизонтами, о чем свидетельствуют синхронные колебания уровней.
2. Влияние техногенных факторов, основным из которых является подъем уровня воды в Днепродзержинском водохранилище, что вызвало подтопление пониженных территорий, в отдельных местах даже защищенных от затопления дамбами обвалования и усилило обводненность, расположенных вблизи его месторождений полезных ископаемых способствуя развитию отдельных экзогенных геологических процессов (оползней, оседания лессовых пород при подтоплении и других).
3. Днепродзержинское водохранилище подтапливает весь левый берег, города Кременчуг, Крюков, Верхнеднепровск. На левом берегу Днепродзержинского водохранилища подпор грунтовых вод на широкой, местами заболоченной, аллювиальной равнине распространяется на большое расстояние. В зону подтопления шириной от нескольких километров до 10 км попал ряд населенных пунктов.
4. На правом крутом берегу зона подтопления измеряется десятками метров (только местами достигает 100-200 м). Исключения составляют пониженные участки долин и район, который прилегает к хвостовой части водохранилища, где ширина полосы, которая подтапливается, достигает соответственно 0,5 и 1-2 км.
5. В пределах непосредственного влияния изменений уровня водохранилища помимо подтопления развивается абразия и оползневые процессы. На остальной территории влияние Днепродзержинского водохранилища в связи с опосредованным региональным развитием подтопления проявляются процессы овражной эрозии, просадки лессов и лессовых грунтов, оползни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грубрін Ю.Л. Геоморфологія річкових долин північно-східної частини Придніпровської височини // Геоморфологія річкових долин України. – К.: АН УРСР, 1965. – С. 35–42.
2. Демчишин М.Г., Климчук Л.М., Красноок Л.Н. та інші. Розвиток екзогенних геологічних процесів на території України / Інформаційний бюлетень “Регіональні інженерно-геологічні умови території України”. Випуск 1. – К.: Геоінформ, 1997. – С. 15–46.
3. Лущик А.В., Романюк О.С., Шwirло М.І., Яковлев Е.О. Моніторинг екзогенних геологічних процесів, як складова моніторингу довкілля в Україні // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності, № 1, 2002. – С. 6–11.
4. Гидрогеология СССР. Т. V. Украинская ССР. – М.: Недра, 1971. – С. 35–41.
5. Инженерно-геологическая карта Украинской ССР, масштаб 1:500 000 / Авторский коллектив – К.: Укргеология, 1985.
6. Карты изменения геологической среды как основы региональных инженерно-геологических прогнозов / Е. М. Сергеев, Г.А. Голодковская, Г.М. Терешков и др. // Вестник МГУ, сер. 4, Геология, № 5, 1978. – С. 3–13.
7. Королев В.А. Мониторинг геологической среды. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 272 с.
8. Круподеров В.С., Шеко А.И. Методика составления инженерно-геологических карт региональных долгосрочных прогнозов активизации экзогенных геологических процессов // Теоретические и методические проблемы повышения качества и эффективности инженерно-геологических исследований. – Ростов на Дону: РИСИ, 1980. – С. 30–32.
9. Методы долговременных прогнозов экзогенных геологических процессов / Под ред. А.И. Шеко и В.С. Круподерова. – М.: Недра, 1984. – 167 с.
10. Специализированная гидрогеологическая карта грунтовых вод Украинской ССР. Масштаб 1:500 000. Объяснительная записка / Романовская В.Л., Гриценко Г.И., Лаврик В.И. и др. – К.: Мингео УССР, ЦТЭ, 1986.
11. Экологические функции литосферы / Под ред. В.Т.Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 432 с.
12. Створити науково-методичні основи прогнозу змін інженерно-геологічних умов вугільних басейнів України: Звіт КВ УкрДГРІ за темою НДР № 014 за 1999–2002 рр. / Ю.І. Шутов, С.Л. Петренко та інші. – Сімферополь, 2002. – 152 с.

Тимченко З. В., к.г.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Оценка среднемноголетних характеристик годового стока рек северо-восточных склонов Главной гряды Крымских гор

На примере реки Су-Индол – Тополёвка показана возможность использования для рек северо-восточных склонов расчётных соотношений для модуля и характеристик изменчивости стока, ранее полученных для рек бассейна Салгира. С использованием этих соотношений рассчитаны среднемноголетние характеристики семи рек северо-восточных склонов, для которых отсутствуют данные наблюдений.

река, модуль стока, коэффициент вариации, коэффициент асимметрии

Реки северо-восточных склонов Главной гряды Крымских гор включают 18 основных рек и балок общей длиной 393,9 км. Наибольшую длину имеют реки Су-Индол (54 км) и Восточный Булганак (44 км) [1]. Реки этой группы текут, в основном, в северном направлении и впадают в залив Сиваш Азовского моря. Сюда же отнесена река Байбуга, впадающая в Феодосийский залив Чёрного моря. Только самые верхние участки бассейнов этих рек имеют горный рельеф, преобладающая же часть водосборных бассейнов располагается в равнинной части Крыма. Долины рек в истоках V-образные, в предгорной зоне - ящикообразные, в нижнем течении - неясно выраженные. Средняя высота водосборов 450-500 м. Размеры водосборных бассейнов невелики. Русла рек в нижних течениях, в основном, спрямлены и используются для сбросов коллекторно-дренажных вод. В основные реки впадают 19 притоков первого порядка и 89 – второго порядка длиной менее 5 км.

Воды рек северо-восточных склонов используются для орошения и питьевого водоснабжения. На реке Чорох-Су построено Старо-Крымское водохранилище объёмом 3,15 млн. м³, которое пополняется также водами Северо-Крымского канала. Льговское водохранилище объёмом 2,2 млн. м³ наполняется водами балки Змеиная, а Насыпновское (Старое Феодосийское) находится на реке Байбуга. Воды рек наполняют ряд прудов.

Однако только на одной реке северо-восточных склонов – Су-Индол (Тополёвка) есть гидрометрический пост. В связи с этим возникает задача определения среднемноголетних характеристик годового стока для рек северо-восточных склонов, на которых гидропосты отсутствуют. Область истоков рек северо-восточных склонов и районы их протекания аналогичны рекам бассейна реки Салгира. Поэтому возникает возможность использования расчётных соотношения для рек бассейна Салгира применительно к рекам северо-восточных склонов.

В работе [2] получены для рек бассейна Салгира следующие расчётные соотношения для модуля и характеристик изменчивости стока.

$$M = 5,78H^{-0,155} L^{-0,987} F^{0,453}; \quad (1)$$

$$C_v = 0,0115i^{0,545} H^{-0,611} F^{0,39}; \quad (2)$$

$$C_s = 14,42C_v - 9,83C_v^2 - 3,47. \quad (3)$$

В табл. 1 приведены результаты сравнения измеренных и рассчитанных по формулам (1) – (3) среднемноголетних характеристик реки Су-Индол – Тополёвка.

Таблица 1.

Характеристики реки Су-Индол – с. Тополёвка

L , км	H , км	i , м/км	F , км ²	M , л/с км ²	M_p , л/с км ²	C_v	C_{vp}	C_s	C_{sp}
14	0,35	25	71	3,2	3,47	0,79	0,67	1,91	1,8

Отклонения расчётного модуля от измеренного составляет 8,4%, отклонения расчётного коэффициента вариации от измеренного - «минус» 15,2%, а отклонения расчётного коэффициента асимметрии от измеренного - «минус» 5,8%. Помимо этого, следует отметить, что р. Су-Индол

является репрезентативной рекой-аналогом (индекс корреляции 0,773) для реки Кучук-Карасу (Красная Слобода), относящейся к рекам бассейна Салгира [1].

По формулам (1) – (3) проведены расчёты среднееголетних характеристик семи рек северо-восточных склонов (табл. 2), гидрографические параметры которых приведены в [1].

Таблица 2.

Расчётные среднееголетние характеристики рек северо-восточных склонов Главной гряды Крымских гор

№ пп	Река-створ	L , км	H , км	i , м/км	F , км ²	M_p , л/с км ²	C_{v_p}	C_{s_p}
1	В. Булганак – устье	44	0,26	5,9	485	2,8	0,769	1,8
2	Су-Индол (с Индолом) – устье	71	0,881	12,4	324	1,204	0,467	1,12
3	Салы – устье	14	0,504	36	44	2,638	0,539	1,45
4	Куртинская – устье	12	0,695	57,9	20,5	2,068	0,426	0,89
5	Сухой Индол – устье	53	0,382	7,2	156	1,313	0,435	0,94
6	Чорох-Су – устье	33	0,221	6,7	126	2,071	0,538	1,44
7	Соляная – устье	11	0,063	5,7	21	3,304	0,527	1,4

ВЫВОДЫ:

1. На примере реки Су-Индол (Тополёвка) – единственной реки северо-восточных склонов с гидропостом - показана возможность использования для рек северо-восточных склонов расчётных соотношений для среднееголетних характеристик, полученных для рек бассейна Салгира.
2. Для семи рек северо-восточных склонов, на которых отсутствуют гидропосты, рассчитаны среднееголетние характеристики годового стока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Поверхностные водные объекты: Справочник. – Симферополь: Рескомводхоз АРК, 2004. – 113 с.
2. Тимченко З.В. Оценка среднееголетних характеристик годового стока рек бассейна реки Салгир при отсутствии гидрометрических наблюдений // Вестник «Крымское качество». – Вып. 3 (6), 2005. – С. 101 -105.

Збірник наукових праць
«Будівництво та техногенна безпека»
12/2005

Сборник научных трудов
«Строительство и техногенная безопасность»
12/2005

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 1.12.2005. Формат 60x84 1/8. Гарнитура Times
Усл. п. л. 22. Тираж 350 экз.

Подготовлено к печати в РИО «Национальной академии природоохранного и
курортного строительства»

Отпечатано в РИО «Национальной академии природоохранного и курортного
строительства»

95006 г. Симферополь,
ул. Павленко 5 к. 410 тел. (0652) 29-05-42

E-mail: rio@ecopro.crimea.ua