

Министерство образования и науки Украины
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сборник научных трудов
Выпуск 22

БУДІВНИЦТВО ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Збірник наукових праць
Випуск 22

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

Симферополь
«Национальная академия природоохранного
и курортного строительства»
2007

УДК 69

Збірник наукових праць
«Будівництво та техногенна безпека»

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

Для наукових працівників, аспірантів та спеціалістів у галузі будівництва.

Редакційна колегія:

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

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

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

©Национальная академия
природоохранного
та курортного будівництва,
2007

Сборник научных трудов
«Строительство и техногенная безопасность»

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

Для научных работников, аспирантов и специалистов в области строительства.

Редакционная коллегия:

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

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

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

© Национальная академия
природоохранного
и курортного строительства,
2007

Оглавление

Раздел 1. Строительные конструкции, здания и сооружения

Барыкин Б.Ю., Панюков Э.Ф., Андронов А.В., Выдрицкая М.П. Рекомендации по расчету буроинъекционных анкеров для крепления фундамента из перекрестных лент на склоне	5
Гайковая О.Н. Оценка долговечности огнезащитных покрытий для металлических конструкций, применяемых в условиях морского климата	14
Линченко Ю.П., Страшко Р.Г. Численное исследование стыка стеновых панелей	19
Митрофанов С. В., Митрофанов В. А., Митрофанов А.В. Совместная работа стержней структурных конструкций и прогонов	24
Сафонов А. А., Сильченко Е.И. О причинах самозахватов земель на пригородных территориях и их влиянии на развитие градостроительства в Крыму	26
Трофимцов Ю.А., Чеботарева Е.Г. Анкеровка стальных стержней в каменных стенах	28

Раздел 2. Основания и фундаменты, механика и сейсмостойкость

Жуков С. П. О расчете прочности железобетонных фундаментов и плит на сжимаемом основании при пластическом разрушении	32
Мартынов Н.В. Аналитический обзор систем и элементов активной сейсмозащиты с программным изменением силового воздействия на базе динамических гасителей колебаний комбинированного типа	35

Раздел 3. Строительные материалы и изделия

Павлуненко Л.Е. Керамическое сырье Украины	40
Свищ И.С., Бахтин А.С. Применение шлакощелочного бетона на основе жидкого стекла с силикатным модулем $m_s = 1,5 \dots 1,7$ и доменном щебне в производстве железобетонных конструкций	44
Циак Н. Анализ влияния состава жидких агрессивных сред на коррозионную стойкость цементных бетонов, пропитанных расплавом серы	50

Раздел 4. Технология промышленного и гражданского строительства

Головченко И.В. Сопоставительная технико-экономическая оценка вариантов теплоизоляционных работ при возведении подземных теплотрасс	53
---	----

Жеглова В.М., Николенко И.В. Влияние геометрических параметров торцевого распределителя гидромашины на его прочность и жесткость 57

Купа Н.В., Морозов А.Д. Определение давления перемещаемого груза на цилиндр, вал и элементы шнека пневмотранспортного оборудования. 64

Осипов О.Ф., Гладун І.Т., Акимов Ф.Н. Технологічні аспекти зведення конструкцій підземної частини з поруч розташованими будинками 70

Раздел 5. Техногенная безопасность

Авдоньев Е.Я. Экология, валеология и наше здоровье 76

Азаренко Е.В., Стоянов В.У., Третьякова Л.В., Шумейко И.П. Обнаружение антропогенных загрязнений в водной среде 81

Садыкова Г.Э. Анализ системы управления экологическими рисками в Автономной Республике Крым 86

Сухорученко С.К. Эколого-геологическое состояние нижнемеловых глин г. Феодосии. 89

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

Бойчук С.Д., Мякишев В.А., Котовская Е.Е. Новый метод определения экономической эффективности внедрения экологического проекта обезвреживания водопроводного осадка 94

Борисов Б.М. Повышение уровня безопасности питьевой воды в производственных угольно-гранодиоритных фильтрах. 100

Зайцев О.Н., Мунтян Е.Ю. Гидродинамические особенности процессов в нагревательных приборах систем отопления 106

Раздел 1. Строительные конструкции, здания и сооружения

УДК 624.15.001

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

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Рекомендации по расчету буринъекционных анкеров для крепления фундамента из перекрестных лент на склоне

Разработан метод расчета анкерных конструкций для удержания зданий и сооружений с перекрестными ленточными фундаментами, возводимыми на склонах.

Фундаменты, склоны, перекрестные ленты, анкерные тяги, расчет, рекомендации.

Основным типом фундаментов, применяемых в зданиях на склонах, является перекрестно-балочная система, уложенная на выровненную поверхность склона и передающая на него нормальную составляющую от веса сооружения. Наклонная составляющая нагрузки может восприниматься удерживающими конструкциями анкерных тяг [1, 2].

Исходя из предлагаемой расчетной схемы (рис.1) расчетное проектное суммарное усилие ΣT_a на все установленные анкера должно быть больше или равно суммарной сдвигающей силе ΣG_N от здания и сооружения в его голове, передаваемой от заанкеренной конструкции фундамента

$$\Sigma T_a \geq \Sigma G_N \quad (1)$$

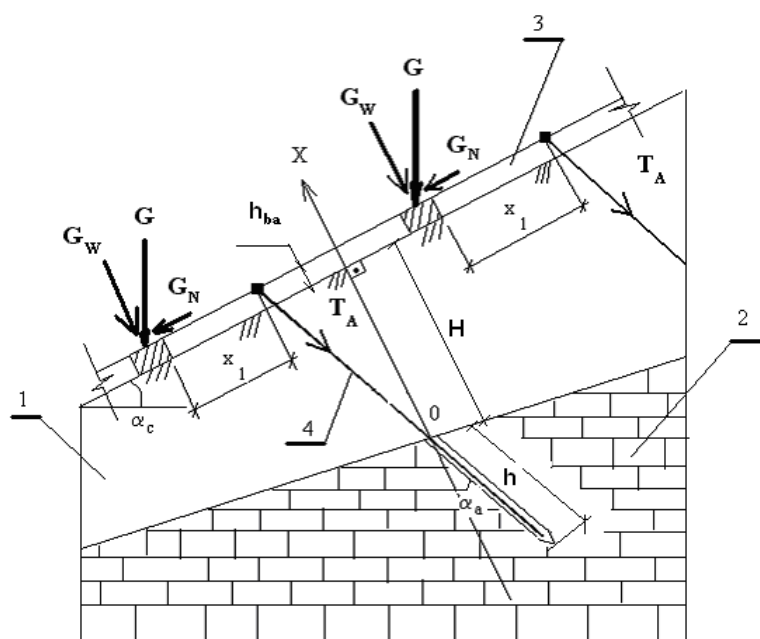


Рис.1 Расчетная схема перекрестно-балочного фундамента с предварительно напряженными анкерами

1- покрывающие слои грунта; 2- коренные породы; 3- продольные балки фундамента; 4- трос натянутого анкера

Величина T_a с учетом возможной неработоспособности одного из десяти анкеров не должна превышать расчетного допускаемого усилия, определяемого по формуле (2)

$$T_a \leq F_d = \frac{N_{\max}}{\gamma_n} \quad (2)$$

Значения максимальных рекомендуемых усилий на анкер $N_{\max}$ и коэффициентов безопасности γ_n приведены в табл.1.

Таблица 1.

<i>Гарантируемая минимальная безопасность</i>	<i>Для анкеров</i>		<i>Усилие</i> $N_{\max}$	<i>Устанавливается</i>
	<i>Временных</i>	<i>Постоянных</i>		
<i>На пределе прочности закрепления в голове анкера</i>	1,6	1,7	F_{ba}	<i>Стеновыми испытаниями</i>
<i>От недопустимого удлинения тяги анкера</i>	1,4	1,55	F_{bt}	<i>расчетом</i>
<i>От разрыва тяги анкера</i>	1,65	1,75	F_{bt}	<i>расчетом</i>
<i>На пределе сцепления тяги или замка с цементным камнем корня</i>	1,6 (1,2)	1,7	F_{bk}	<i>испытаниями</i> <i>или расчетом (по 3)</i>
<i>На пределе несущей способности грунтового основания</i>	1,3 1,2	1,6 1,5	$F_{bh} \quad N_{\lim}$	<i>испытаниями</i> <i>или расчетом</i>

Анкера необходимо прикреплять к продольным балкам в зоне действия максимального пролетного изгибающего момента M_{sp} на расстоянии x_1 от нижней опорной грани, определяемом по формуле [3]

$$x_1 = 0,5 l_{bpr} - \Delta x_{sp} \quad (3)$$

где: l_{bpr} - длина продольной балки между опорными сечениями; Δx_{sp} - смещение нормального сечения балки, где действует максимальный изгибающий момент M_{sp} . Это смещение определяют по зависимости

$$\Delta x_{sp} = \frac{0,5 l (S_{st} + f' - S_0 - f_0)}{S_0 + f_0} \quad (4)$$

где: S_0, f_0 - осадка и прогиб фундаментной балки на горизонтальной поверхности; f' - прогиб балки, расположенной на склоне; S_{st} - осадка основания под вышележащей опорой, l - длина балки в осях.

Анкера, прорезают покрывающие слои грунта и закрепляются в коренных породах.

Расчетное усилие в анкере с учетом ползучести грунта определяют из условия равновесия системы и характеристик грунтового основания (см. рис.1) по формуле, полученной в работе [3]

$$T_A = \frac{\sum G_N \cos \varphi}{n \cos [\arccos (W \cos 2\varphi) - \arccos (W)]/2}, \quad (5)$$

где: T_A - необходимое усилие натяжения отдельного анкера при симметричном расположении относительно оси фундамента; n - количество анкеров на 1 м ленты; $\sum G_N$ - суммарное значение сдвигающего усилия от веса здания сооружения, подсчитанное на 1 м наклонного фундамента; α_c - угол наклона основания склона к горизонтальной поверхности; α_a - угол между осью натянутого анкера и перпендикуляром к поверхности склона; f - коэффициент трения бетонной подошвы по грунту; φ - угол внутреннего трения грунта, слагающего склон.

Задача об определении угла наклона скважины под анкер решена в работе [3] с учетом ползучести грунта.

$$\alpha_a = \arccos \left[\left(1 + \frac{T_A}{E_{sA} A_{sA}} \right) \left(\frac{1}{\cos \bar{\alpha}_0} - \frac{T_A}{H + h_{b_a}} \left(\frac{n}{l_b k_{zp}} + \frac{1}{k_l} \right) \right)^{-1} \right] \quad (6)$$

где: $W = (1 + (2n(H + h_{b_a})/(C \sum G_w))^2)^{-1/2}$; $\theta = \arccos (W)$ - расчетные коэффициенты с учетом размеров фундамента и характеристик грунта;

$\bar{\alpha}_0 = \pi/2 - \varphi - (\arccos (W \cos 2\varphi) - \arccos (W))/2$ - начальный угол положения анкера в покрывающих грунтах;

E_{sA} - модуль упругости материала анкера;

A_{sA} - площадь поперечного сечения анкера;

$C = \frac{n \delta}{l_b k_{zp} \delta_1} + \frac{\omega}{k_l \omega_1}$ - коэффициент, связанный с параметрами ядер ползучести

$\delta, \delta_1, \omega, \omega_1$, которые определяют опытным путем. При отсутствии экспериментальных данных для грунтов Южного берега Крыма (суглинки и аргиллиты) рекомендованное соотношение

$$\frac{\delta}{\delta_1} = \frac{\omega}{\omega_1} = 50;$$

k_{zp} - коэффициент постели грунта, кН/м³ (принимается в расчетах $(1,2-2) \cdot 10^4$ кН/м³);

k_l - коэффициент линейной деформации заделки, кН/м³ (принимается в расчетах $(2-3) \cdot 10^4$ кН/м³);

При определении размеров заделки анкера (длина, диаметр) следует стремиться к достижению соотношений сопротивлений [4,5]:

а) у постоянных анкеров

$$F_{bk} > F_{bh} > F_{bt}, \quad (7)$$

б) у временных анкеров без повторного использования тяги (с немой тягой)

$$F_{bk} > F_{bh} > F_{bt}, \quad (8)$$

в) у временных анкеров с повторным использованием тяги (извлечением после исполнения функций в сооружении)

$$F_{bt} \gg F_{bh} \geq F_{bk} \quad (9)$$

Для последнего случая коэффициент γ_n в формуле (2) должен приниматься равным 1,2 (в табл. 1 указан в скобках).

Расчетное усилие в анкерах F_{bk} , кН, на пределе сцепления растянутой тяги с цементным камнем заделки

$$F_{bk} = 3.14 l_{ta} d_t R_{bt} \quad (10)$$

где: l_{ta} — анкеруемая в заделке длина тяги, м;
 d_t — диаметр замоноличиваемых в заделке стальных стержней или прядей тяги, м;
 R_{bt} — передаточная прочность цементного камня, кН/м², ее значение в соответствии с 2.6 СНиП 2.03.01 следует принять не менее 11 МПа, а при стержневой арматуре класса А-IV, арматурных канатов классов К-7 и К-19, а также проволочной арматуре без высаженных головок — не менее 15,5 МПа.

У анкеров с конструкцией замка в виде компрессионной трубы при определении значения F_{bk} в формуле (10) вместо l_{ta} и d_t следует подставить соответственно длину трубы l_{tk} и ее диаметр d_{tk} .

Несущую способность анкерной тяги по материалу F_{bt} , кН, следует определять по условиям ее недопустимого удлинения:

$$F_{bt} = \sigma_{0,2} A_t \quad (11)$$

и разрыва

$$F_{bt} = \sigma_t A_t \quad \text{или} \quad F_{bt} = \sigma_t A_{tn} \quad (12)$$

где: A_t - площадь сечения стальной тяги, м²;
 A_{tn} - то же с учетом ослабления резьбой, м²;
 σ_t - предельное сопротивление арматуры на разрыв, кПа;
 $\sigma_{0,2}$ — минимальный условный предел текучести арматуры при относительном остаточном удлинении 0,2 %, кПа.

Значения σ_t и $\sigma_{0,2}$ приведены в сводной табл.2.

Опорные плиты замков анкеров со сжатым корнем следует проверять на недопустимость смятия цементного камня по плоскости контакта исходя из условия [6,7]

$$\sigma_b = \frac{T_a}{A_{los}} = \frac{4 T_a}{3.14 (d_{op}^2 - d_{ot}^2)} \leq 0.5 R_b \quad (13)$$

где: σ_b - напряжение на контакте опорной плиты и замка с цементным камнем, кПа;
 A_{los} - площадь контакта опорной плиты замка с цементным камнем корня, м²;
 T_a - усилие в анкере, кН;
 d_{op} - диаметр опорной плиты замка, м;
 d_{ot} - диаметр защитной оболочки на тяге, м;
 R_b - расчетное сопротивление цементного камня осевому сжатию, кПа, принимаемое при марке цемента 400 в составе цементного раствора равным $R_b = 25000$ кПа.

В конструкциях замков с волнообразным расплетением проволок и прядей анкерных тяг сечение стяжных колец должно назначаться из условия восприятия распорного усилия Q_{ap} , кН

$$Q_{ap} = \frac{T_a (d_z - d_x)}{3.14 l_{zx}} \quad (14)$$

где: d_z - диаметр, образуемый осями проволок или анкерной тяги в зоне размещения опорных звездочек, м; d_x - то же, в зоне размещения стяжных хомутов, м; l_{zx} - расстояние от кольца до звездочки, м.

Таблица 2.

Вид арматуры и класс	Диаметр арматуры, мм	Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Предельное сопротивление на разрыв σ_t , МПа
Стержневая арматура в соответствии с ДСТУ 3760-98 (ГОСТ 5781-82)			
A-300C (A-II)	10-40	290 (295)	490(490)
A-400C (A-III)	6-40	400 (390)	500(590)
A-500C (A-IIIb)	20-40	500 (540)	600(590)
A-600 (A-IV)	10-22	600 (590)	800 (880)
A-600K (A-IV)	10-22	600 (590)	800 (880)
A-600C (A-IV)	10-22	600 (590)	800 (880)
A-800 (A-V)	10-36	800(785)	1000 (1030)
A-800K (A-V)	10-36	800(785)	1000 (1030)
A-1000 (A-VI)	10-32	1000(980)	1250(1230)
A-VII	10-32	1175	1370
Проволочная арматура			
Vp-II	3	1460	1765
	4	1370	1665
	5	1255	1570
	6	1175	1470
	7	1100	1370
	8	1020	1270
K-7	4,5	1490	1960
	6	1450	1810
	7,5	1410	1765
	9	1370	1665
	12	1335	1665
	15	1295	1620
K-19	14	1410	1765

В зоне перегиба проволок и прядей при переходе от свободной части к замку следует учитывать распорное усилие в стяжном кольце в два раза меньшее, чем в формуле (14).

Обойма из затвердевшего тампонажного раствора и защитный кожух по длине свободной части тяги должны назначаться так, чтобы их суммарная прочность на сжатие не превосходила сопротивляемости сдвигу вдоль половины длины обоймы согласно формуле

$$N_{ob} = A_k R_k + A_b R_b \leq 1.57 d l_{as} R_{fo} \quad (15)$$

где: N_{ob} - продольное осевое усилие в обойме, кН;

A_k - площадь поперечного сечения защитного кожуха из пластиковой трубы или другого материала вокруг тяги в свободной части, м²;

A_b - то же обоймы, м²;

R_k - расчетное сопротивление сжатию материала защитного кожуха, кПа;

R_b - то же, материала обоймы, кПа;

d - диаметр скважины, м;

l_{as} - длина свободной части тяги, м;

R_{fo} - контактное сопротивление сдвигу грунта по боковой поверхности обоймы на этом участке, кПа.

Несущую способность анкеров по грунту F_{bh} , кН следует определять по формуле:

$$F_{bh} = 3.14 D l_{ak} R_{fp} + 0.785 R_c (D^2 - d^2) \quad (16)$$

где: D - диаметр заделки анкера в зоне нагнетания раствора, м;

d - диаметр скважины, м;

R_{fp} - контактное сопротивление сдвигу грунта по боковой поверхности корня анкера, кПа;

A_c - площадь опирания лобовой части корня на грунт, равная разнице площадей поперечного сечения заделки и буровой скважины, м²;

R_c - расчетное сопротивление грунта сжатию по лобовой поверхности корня, кПа;

l_{ak} - длина цилиндрической части корня анкера, мм.

При наличии нескольких уширений по длине заделки следует учитывать возможность их взаимодействия.

Если между уширениями по длине заделки расстояния меньше или равны их диаметрам, то следует вводить в расчет цилиндрическую форму вырываемого тела, заключенного между крайними уширениями.

При расстояниях между уширениями корня более значений, указанных выше, следует определять два значения F_{bh} . В первом случае принимаются те же исходные предпосылки, что и выше, во втором — в формуле (16) должно учитываться сопротивление сдвигу грунта по боковой поверхности корня только на всех цилиндрических участках вне зон уширений, а лобовое сопротивление как сумма всех уширений. Из двух вычисленных значений F_{bh} следует принимать меньшее.

Сопротивления R_{fo} , R_{fp} , R_c должны определяться в зависимости от наклона анкера, глубины и вида грунта, его состояния после нагнетания раствора. Например, значения R_{fo} , R_{fp} в кПа для песчаных и глинистых грунтов могут определяться в соответствии с корреляционными зависимостями:

- для маловлажных песков средней крупности (при $e = 0,6 \dots 0,85$)

$$R_{fo} = 113 - 123 \text{ е}; \quad R_{fp} = 283 - 269 \text{ е};$$

- для маловлажных песков крупных (при $e = 0,6 \dots 0,85$)

$$R_{fo} = 116 - 123 \text{ е}; \quad R_{fp} = 291 - 269 \text{ е};$$

- для маловлажных гравелистых песков (при $e = 0,6 \dots 0,85$)

$$R_{fo} = 82 - 84 \text{ е}; \quad R_{fp} = 371 - 386 \text{ е};$$

- для супесей пылеватых твердой консистенции (при $e = 0,5 \dots 0,8$)

$R_{fo} = 105 - 123 \text{ е}; \quad R_{fp} = 114 - 113 \text{ е}$. Для пластичных супесей пылеватых эти значения следует уменьшить в 1,8 раза при показателе текучести J_L 0,25 до 0,5 и в 3,3 раза при J_L от 0,75 до 0,9; - для суглинков моренных (при $e = 0,3 \dots 0,35$, $W = 5 \dots 18 \%$) $R_{fo} = 98 - 4,2 W$;

$$R_{fp} = 126 - 3,6 W.$$

Здесь e и W - соответственно коэффициенты пористости и влажности грунтов.

Группы грунтов:

1- скальные с расчетным сопротивлением сжатию более 50 МПа;

2- полускальные с расчетным сопротивлением сжатию менее 50 МПа;

3- гравийные инъектируемые ($35^\circ < \varphi < 45^\circ$, $c = 0$);

4- гравийные инъектируемые с прочностными характеристиками в соответствии с видом заполнителя;

5- пески средней крупности и мелкие ($25^\circ < \varphi < 35^\circ$, $c = 0$);

6- связные твердой и полутвердой консистенции с возможными примесями лесса ($10^\circ < \varphi < 30^\circ$, $c = 0,10$);

7- связные от твердой до тугопластичной консистенции ($\varphi < 10^\circ$; $0,05 < c < 0,15$);

8- связные мягкопластичные ($\varphi = 0$; $0,025 < c < 0,05$).

Таблица 3.

Рекомендуемые параметры инъекций и данные для расчета несущей способности инъекционных анкеров в скальных и нескальных грунтах.

Группы <i>грунтов</i>	Рекомендуемые параметры								
	V_0	V_1	n	P_n	D	R_{fp}	F_{bh1p}	F_{bh1o}	l_{akM}
1	12	0	0	-	12	1.0-1.6	350-500	350-500	5-3 [*])
2	12	0-30	0-1	0.5-3.0	12-22	0.3-1.0	200-400	100-400	7-3 [*])
3	30	20-100	1-2	1.0	25-40	0.25-0.32	200-400	70-200	7-3 [*])
4	15	40-80	1-2	2.0-4.0	28-35	0.23	200-250	50-100	7-5
5	12	30-90	2-3	1.5-4.0	22-35	0.15-0.18	110-200	20-60	12-7
6	12	20-50	1-3	1.5-3.0	20-28	0.13-0.19	80-170	30-80	17 ^{**})-8
7	12	30-120	2-3	1.0-2.5	15-40	0.10-0.13	70-150	15-40	20 ^{**})-9
8	12	60-150	3-4	0.5-2.0	30-45	0.05-0.07	40-100	10	27 ^{**})-13.5 ^{**})

^{*}) – из конструктивных соображений и обеспечения надежности минимальная длина анкерной заделки $l_{ak} = 4$ м.

^{**}) – малоприемлемая или неприемлемая длина анкерной заделки, поэтому целесообразно уменьшить усилие на анкер.

Рекомендуемые параметры:

V_0 - расход цементного раствора в л для первичной заливки одного погонного метра скважины $d = 120$ мм;

V_1 - расход инъекционного раствора в л на один п.м корня анкера;

n - общее количество инъекций;

P_n - конечное давление инъекции в устье скважины в МПа;

D - диаметр анкерного корня в см после n -кратного инъецирования;

R_{fp} - предельная контактная сопротивляемость сдвигу уплотненного инъекцией грунта в МПа;

F_{bh1p} - усилие на пределе несущей способности инъекционного анкерного корня метровой длины в кН;

F_{bh1o} - то же для заливного анкера в кН;

l_{akM} - длина анкерного корня в м для достижения несущей способности по грунту 1000 кН.

При назначении сопротивлений R_{fo} , R_{fp} допускается пользоваться таблицей 2 СНиП 2.02.03 с учетом коэффициентов условий работы.

Расчетные сопротивления грунтов сжатию R_c с учетом их инъекционной опрессовки при отсутствии опытных данных допускается определять по таблице 1 СНиП 2.02.03.

Для более достоверного прогноза несущей способности и деформативности оснований буро-инъекционных анкеров следует использовать результаты их пробных испытаний в натуре или маломасштабных модельных экспериментов с учетом принципа приближенного подобия.

При определении диаметра корневой части анкера после нагнетания цементного раствора в скважину необходимо учитывать поглощение воды фильтрующим грунтом или ее отвод дренирующими элементами.

В случае нагнетания цементного раствора через манжетную трубу в тампонажной обойме диаметр корня анкера D , м, следует определять согласно зависимости [7]:

$$D = \sqrt{\frac{K_n V_r 1.273}{l_i}} + d, \quad (17)$$

При инъекции цементного раствора через обсадную трубу следует пользоваться зависимостью

$$D = \sqrt{\frac{K_n V_r 1.273}{l_i}} + d^2 K_n + (1 - K_n) d_t^2, \quad (18)$$

где: V_r — объем раствора, закачанного в скважину через манжетную или обсадную трубу, м;
 d — диаметр скважины, м;
 d_t — то же анкерной тяги или замка в зоне заделки, м;
 l_i — длина i -го участка закачки раствора в скважину, м;
 K_n — безразмерный коэффициент уменьшения объема зоны заделки. Его значения в зависимости от водоцементного отношения $n_e = \text{В/Ц}$ инъекционного раствора для фильтрующих грунтов и при использовании дренирующих оболочек приведены в таблице 3. Для промежуточных значений В/Ц коэффициент K_n определяется по интерполяции [7].

Таблица 4.

В/Ц	0,40	0,45	0,50	0,55	0,6
K_n	0,70	0,66	0,62	0,59	0,55

При отсутствии дренирований слабофильтрующих и глинистых грунтов в формулах (13) и (14) следует принимать значения $K_n = 1$.

Определяемые по формулам (17) и (18) соотношения между диаметрами корней и объемами закачиваемых растворов с различными В/Ц на 1 п.м скважин при их начальных диаметрах 0,089 и 0,114 м приведены соответственно в табл. 5 и 6.

При последующих нагнетаниях раствора через манжетную трубу в формуле (15) вместо d следует подставлять значение ранее полученного диаметра корня D .

В слабофильтрующих и особенно глинистых грунтах следует предусматривать удаление избыточной влаги из нагнетаемого раствора и окружающего грунта за счет использования дренирующих оболочек.

Объем тампонажного раствора для заливки погонного метра скважины с погруженными в нее анкерной тягой и манжетной трубой следует определять ориентировочно по данным табл. 5 [7,8].

Таблица 5.

Диаметр анкерных корней, м	Объем 1 п.м корня, м ³	Объемы раствора, м ³ /1п.м анкерного корня при закачке через обсадные трубы цементного раствора с В/Ц (при K_n)				
		0,40 (0,70)	0,45 (0,66)	0,50 (0,62)	0,55 (0,59)	0,60 (0,55)
0,089	0,006	0,009	0,010	0,010	0,011	0,011
0,114	0,010	0,015	0,016	0,017	0,018	0,019
0,15	0,018	0,025	0,027	0,029	0,030	0,032
0,20	0,031	0,045	0,048	0,051	0,053	0,057
0,25	0,049	0,070	0,074	0,079	0,083	0,089
0,30	0,071	0,101	0,107	0,114	0,120	0,129
0,35	0,096	0,137	0,146	0,155	0,163	0,175
0,40	0,126	0,180	0,190	0,203	0,213	0,229
0,50	0,196	0,280	0,297	0,316	0,332	0,356

Таблица 6.

Диаметр анкерных корней, м	Объем 1 п.м корня, м ³	Объемы раствора, м ³ /1 п.м анкерного корня при закачке через манжетные трубы цементного раствора с В/Ц (при Кп)				
		6,40 (0,70)	0,45 (0,66)	0,50 (0,62)	0,55 (0,59)	0,60 (0,55)
0,089	0,006	-	-	-	-	-
0,114	0,010	-	-	-	-	-
0,15	0,018	0,016 0,010	0,017 0,011	0,019 0,012	0,019 0,012	0,021 0,013
0,20	0,031	0,036 0,030	0,038 0,032	0,041 0,034	0,042 0,035	0,046 0,038
0,25	0,049	0,061 0,055	0,066 0,058	0,069 0,062	0,072 0,065	0,078 0,070
0,30	0,071	0,092 0,086	0,097 0,091	0,104 0,097	0,109 0,102	0,118 0,110
0,40	0,126	0,128 0,122	0,136 0,130	0,145 0,138	0,152 0,145	0,164 0,156
0,45	0,159	0,218 0,212	0,231 0,225	0,246 0,239	0,259 0,252	0,278 0,270

Примечание. Вверху указаны объемы раствора при диаметре обоймы 0,089 м, а внизу при 0,114 м.

ВЫВОДЫ

1. На основе анализа современных экспериментальных и теоретических исследований состояния системы «основание склона – анкер - фундамент» с учетом основных положений теории ползучести грунтов предложены практические зависимости, позволяющие вести расчет анкерных конструкций для удержания в состоянии равновесия зданий и сооружений с перекрестными ленточными фундаментами, возводимыми на склонах.
2. Предложены расчетные формулы и табличные параметры для определения несущей способности анкерных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барыкин Б.Ю. Принципы биопозитивности // Строительство и техногенная безопасность / Сб. научн. тр. Крым. акад. природоохр. и курорт. стр-ва. – Симферополь: КАПКС, 2000. - С.26-28.
2. Барыкин Б.Ю. Применение перекрестно-балочных фундаментов для строительства зданий и сооружений на сложном рельефе // Строительные конструкции / Межведомственный сб. научн. работ, вып.53, Механика грунтов и фундаментостроение. - Киев: НИИСК, 2000. - С.323-330.
3. Барыкин Б.Ю. Андронов А.В. Расчет анкерного крепления фундамента из перекрестных лент на склоне с учетом деформаций ползучести грунта. // Строительные конструкции и техногенная безопасность. / Сборник научных трудов №9. - Симферополь, НАПКС, 2004. - С.34-39
4. Барыкин Б.Ю. Учет особенностей деформирования перекрестно-балочных фундаментов на склоне при закреплении их анкерами // Строительные конструкции / Межведомственный сб. научн. работ, вып. 61. - Киев: НИИСК, 2004. - С. 270-275.
4. Вишневецкий П.Ф. Современные методы анкерного крепления в строительстве. - М.: Воениздат, 1981. - 248 с.
5. Шукле Л. Реологические проблемы механики грунтов. - М.: Стройиздат, 1976. – 486 с.
6. Рекомендации по проектированию и строительству анкеров в нескальных основаниях. – ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР. – М., 1977. - 40 С.
7. Смородинов М.И. Анкерные устройства в строительстве. - Стройиздат, 1983. - 183 с.
8. Томов В.С., Евстигьев А.Г. и др. Инъекционные напряженные анкера. – М.: Энергоиздат, 1986. - 123 с.

Гайковая О.Н., инженер

Украинский НИИ пожарной безопасности МЧС Украины

Оценка долговечности огнезащитных покрытий для металлических конструкций, применяемых в условиях морского климата

Предложен алгоритм проведения комплексных исследований долговечности огнезащитных покрытий с учетом применения в условиях морского климата, отработанный при проведении исследований огнезащитных свойств покрытия «Укртерм-М2».

Огнестойкость, огнезащитное покрытие, долговечность, алгоритм исследований, методика.

Применение огнезащитных покрытий является одним из способов повышения огнестойкости металлических конструкций. В последнее время для обеспечения пожарной безопасности в строительстве все чаще применяются огнезащитные покрытия. Все огнезащитные покрытия, применяемые в Украине, представлены двумя основными группами – толстослойные (теплоизоляционные) и тонкослойные (вспучивающиеся). Тонкослойные огнезащитные материалы – высоконаполненные лакокрасочные композиции довольно сложного химического состава обеспечивают огнестойкость металлоконструкций посредством эндотермических эффектов и химических превращений компонентов, которые приводят к поглощению тепловой энергии пламени и образованию теплозащитного слоя. Под действием пламени покрытие вспучивается, увеличиваясь в объеме до 50-100 раз, и обволакивает поверхность теплоизолирующим экраном, что препятствует прогреву конструкции. Огнезащитные материалы для металлоконструкций можно разделить на водные и приготовленные с добавлением органических растворителей.

В связи с тем, что срок эксплуатации зданий и сооружений исчисляется десятилетиями, возрастают требования к сохранению огнезащитной эффективности применяемых покрытий. Основной показатель – огнезащитная эффективность может быть утрачена со временем без видимых изменений покрытия.

Для успешного применения огнезащиты необходимо знать срок службы покрытий. В технической документации на огнезащитные покрытия должна быть указана периодичность их замены или восстановления в зависимости от условий эксплуатации. Однако это требование строительных норм до настоящего времени практически не реализовано, что вызвано отсутствием единого подхода и методологии определения сроков службы огнезащиты. Очень часто заключения о продолжительности срока службы огнезащитных покрытий делаются по аналогии с данными по лакокрасочным покрытиям. В ходе испытаний оценивается изменение внешнего вида покрытия без учета изменения его огнезащитных свойств.

В соответствии с [1] покрытия должны отвечать следующим эксплуатационным условиям, приведенным в табл.1.

Таблица 1

Варианты эксплуатации огнезащитных покрытий

Вариант эксплуатации	Температурно-влажностные условия
Универсальный	Температура от минус 50 °С до 50°С. Относительная влажность воздуха до 98%.
Сооружение с искусственным климатом	Температура от 5 °С до 35°С. Относительная влажность воздуха до 80%.

Сегодня имеется большой опыт по прогнозированию срока службы лакокрасочных покрытий. При прогнозировании срока службы большое внимание уделяется ускоренным климатическим испытаниям [2], которые более оперативны, менее трудоемки и в большей степени воспроизводимы. По мере искусственного старения образцов проводится оценка ряда технических пара-

метров покрытий. По достижении предельных значений контролируемых технических параметров прогнозируют продолжительность эксплуатации с учетом числа прошедших циклов климатических испытаний. Значительные размеры образцов конструкций, которые предназначены для оценки огнезащитных свойств и применяемых при сертификации, не позволяют использовать ускоренные методы для решения поставленной проблемы, что усложняет экспериментальное прогнозирование срока службы различных огнезащитных покрытий.

Натурные климатические испытания [3] проводят на специально оборудованных площадках, где размещают испытываемые образцы покрытий, за которыми ведут наблюдения во времени. При оценке продолжительности срока эксплуатации большое внимание уделяют климатическим зонам, условиям размещения (внутри помещения, наружное размещение, отапливаемое помещение и т.д.).

Общий подход к оценке долговечности огнезащитного покрытия предусматривает два направления решения проблемы. Первое направление связано с определением условий эксплуатации, в которых огнезащитная эффективность покрытия снижается в течение сравнительно длительного периода 5, 10 и более лет. Второе направление – это выявление и оценка снижения эффективности покрытия с целью определения времени эксплуатации в конкретных условиях, по истечении которого заданные параметры пожарной безопасности уже не будут обеспечиваться.

Предлагается один из возможных вариантов решения существующей проблемы второго направления. Рассмотрим алгоритм, который может быть использован при проведении натурных комплексных испытаний по прогнозированию сроков службы огнезащитных покрытий для металлических конструкций, эксплуатируемых в условиях морского климата (рис.1).

Разработчик покрытия прогнозирует вероятный ресурсный срок эксплуатации огнезащитного покрытия, который необходимо подтвердить, проведя определенное число циклов ускоренных климатических испытаний, соответствующих предполагаемому периоду эксплуатации. В разработанном алгоритме это период составляет 5 лет.

Одним из важных условий получения достоверного результата по продолжительности эксплуатации является выбор обоснованного количества образцов. В табл.2 приведено количество образцов, с учетом проведения исследований на протяжении 1 года и 5 лет.

Таблица 2

Количество образцов, закладываемых на хранение

Условия хранения образцов	Металлические колонны высотой (1000 ± 20) мм	Металлические пластины размером 120 мм × 120 мм толщиной 1 мм	Металлические пластины размером 60 мм × 30 мм толщиной 5 мм
Контрольные испытания образцов, хранящихся на протяжении 1-го месяца			
в комнатных условиях	2	6	3
Основные испытания образцов, хранящихся на протяжении 1-го года			
в комнатных условиях	2	24	12
в условиях морского климата	2	24	12
Основные испытания образцов, хранящихся на протяжении 5-ти лет			
в комнатных условиях	10	120	60
в условиях морского климата	10	120	60

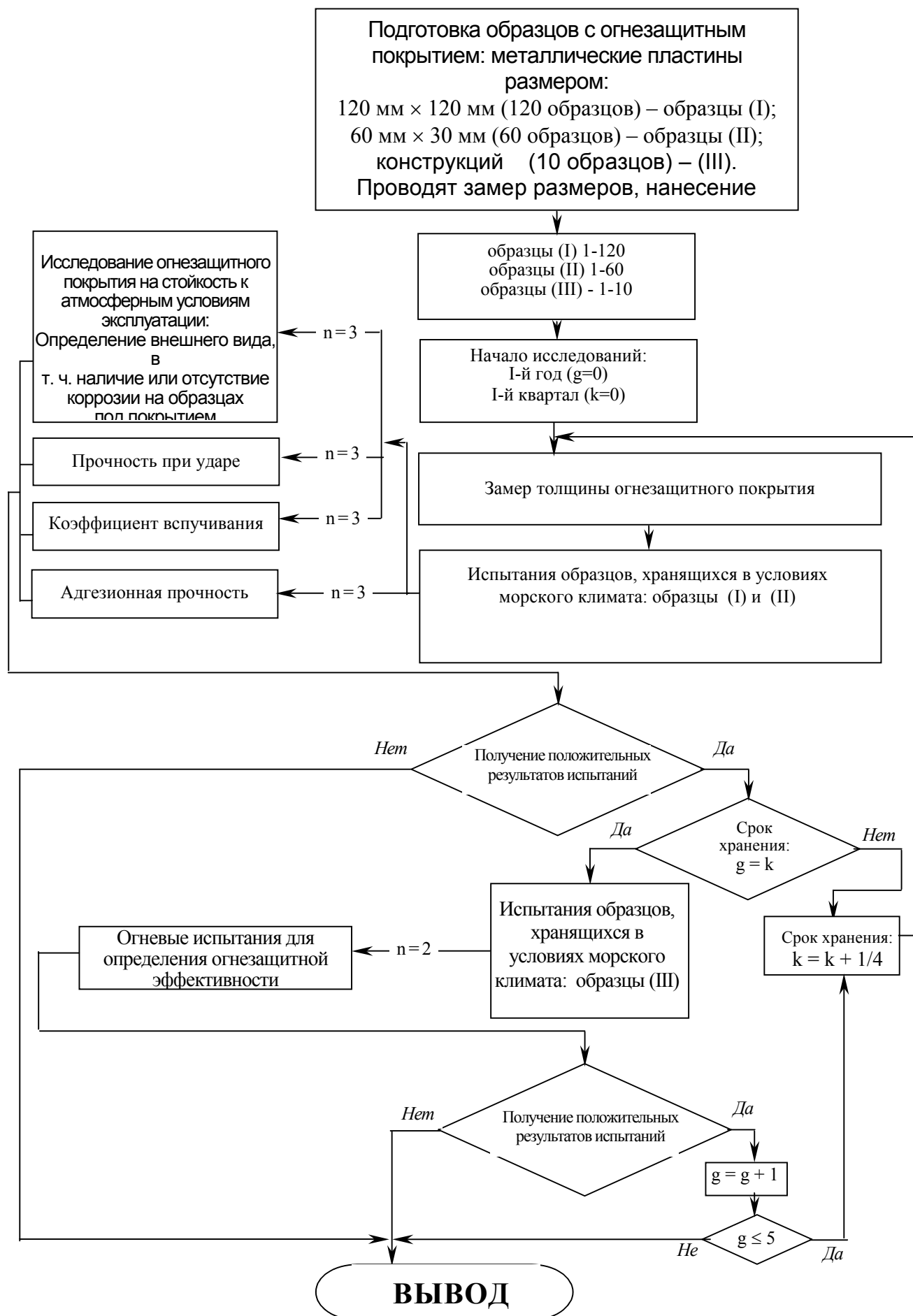


Рис.1. Алгоритм проведения испытаний

В качестве образцов используют металлические пластины размером 120 мм x 120 мм толщиной 1 мм и 60 мм x 30 мм толщиной 5 мм, а также образцы металлических конструкций длиной 1 м сечением двутаврового профиля № 20 по ГОСТ 8239-89 [4].

Образцы покрытия изготавливают из материала одной партии. Толщина, количество слоев нанесения огнезащитного покрытия на образцы регламентируются техническими условиями на данное покрытие. После нанесения огнезащитного покрытия образцы нумеруют так, чтобы нумерация не влияла на свойства покрытия и не исчезла в процессе испытания. Образцы для испытаний должны быть изготовлены в соответствии с требованиями технической документации при соблюдении технологии, которая применяется на предприятии-изготовителе.

Для получения начальных значений показателей качества покрытия, контролируемых в ходе натурных испытаний, первый этап – проведение контрольных испытаний. Контрольные испытания содержат перечень показателей качества покрытия, представленные в алгоритме испытаний. Срок проведения контрольных испытаний – 1 месяц после изготовления образцов.

Следующий этап – размещение образцов. Образцы располагают на стендах, находящихся на открытых площадках или под навесами. Таким образом, обеспечивается влияние на образцы сезонного перепада температур, влажности воздуха, ветровой загрузки, соляного тумана.

Третий этап – проведение испытаний по определению показателей качества покрытия: изменение толщины, внешнего вида, в т.ч. обнаружение коррозии под покрытием, адгезионной прочности, прочности при ударе, коэффициента вспучивания. Данный этап проводится после хранения образцов в условиях морского климата на протяжении 1-го квартала первого года исследований.

В течение первого года исследований повторяют ежеквартально весь комплекс испытаний. Только в случае получения положительных результатов по всем показателям проводят огневые испытания для определения огнезащитной эффективности покрытия.

В случае получения предела огнестойкости конструкции, значение которой удовлетворяет требованиям, изложенным в технической документации, хранение образцов продолжают на протяжении следующего периода – 2-го года.

Ход проведения следующих испытаний повторяют в соответствии с условиями, заложенными в алгоритме. По результатам испытаний определяется способность огнезащитного покрытия сохранять свои огнезащитные свойства на протяжении гарантийного срока службы, заявленного производителем данного покрытия.

Критерием сохранения этой способности является соответствие значения показателя огнезащитной эффективности покрытия, полученного только по окончании всех циклов испытаний, предусмотренных алгоритмом, значению, полученному на первом (контрольном) цикле испытаний, при условии сохранения защитных свойств покрытия.

Для металлических конструкций это, как известно – предел огнестойкости конструкции.

В случае, если показатели качества покрытия не обеспечивают сохранение огнезащитных свойств, лаборатория как результат испытаний выдает фактический срок, на протяжении которого они сохранялись.

Изложенный алгоритм был отработан при определении показателей качества огнезащитного покрытия «Укртерм-М2» производства ООО «Укрпожхимпром» (г.Киев) [5]. Комплексные исследования выбранного покрытия проводили в течение 15 месяцев. Образцы металлических пластин, обработанных данным покрытием хранили в условиях морского климата на морской стационарной платформе ГАО «Черноморнефтегаз», находящейся на шельфе Черного моря. По истечении 15 месяцев покрытие полностью утратило свои огнезащитные свойства [6].

Разработанный алгоритм был положен в основу проведения комплексных исследований показателей качества огнезащитных покрытий для металлических конструкций, эксплуатируемых в условиях морского климата в соответствии с требованиями методики [7], разработанной в развитие ГОСТ 6992 [3].

ВЫВОДЫ

В соответствии с требованиями строительных норм в технической документации на огнезащитное покрытие должна быть указана периодичность его замены в зависимости от условий эксплуатации. Разработанный алгоритм, положенный в основу методики [7] позволяет реализовать данное требование строительных норм, которое до настоящего времени практически не было реализовано.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 12.3.047-98 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
2. ГОСТ 9.401-91 ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов.
3. ГОСТ 6992-68 ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Метод испытаний на стойкость в атмосферных условиях.
4. ГОСТ 8239-89 Двутавры стальные горячекатаные. Сортамент.
5. ТУ У 24.6-31171267-001-2003 Суміші для покриття вогнезахисного, що спучується, «Укртерм». Технічні умови. (зі зміною №1).
6. Провести дослідження впливу експлуатаційних умов на ефективність вогнезахисту металевих конструкцій морських нафтогазопромислових споруд, оброблених покриттям «Укртерм-М2». Отчет о НИР (заключительный). УкрНИИПБ МЧС Украины. Руководитель Гайковая О.Н., 2007.
7. Методика комплексних досліджень показників якості вогнезахисних покриттів для металевих конструкцій, що застосовуються на морських нафтогазопромислових спорудах», согласованная с Государственным департаментом пожарной безопасности МЧС Украины.

Линченко Ю.П., к.т.н. доцент; Страшко Р.Г., магистрант
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Численное исследование стыка стеновых панелей

Разработана и исследована численная модель вертикального стыка стеновых панелей. Модель включает однородные физически нелинейные конечные элементы наиболее близко отражающие напряженно-деформированное состояние и процесс разрушения стыка. Даны рекомендации по проектированию.

Железобетон, сейсмика, стыки, численное моделирование.

Финская технология по выпуску стеновых панелей и плит перекрытия, обладает многими преимуществами по сравнению с технологией монолитного железобетона и возведения блочных зданий. Технология производства почти полностью автоматизирована и позволяет получить изделия с калиброванными параметрами. Строительная компания «КОНСОЛЬ ЛТД» в сотрудничестве с НАПКС внедрила финскую технологию в отечественных условиях. В связи с этим возникли задачи адаптации этой технологии производства к требованиям отечественных норм проектирования и условий строительства. В работах /1,2/ показана эффективность применения численного моделирования конструкций в исследованиях напряженно-деформированного состояния; обоснована последовательность: широкий численный эксперимент – точечная проверка физическим экспериментом. Методика применена в исследовании анкеровки экструзионных плит перекрытий.

Армирование вертикальных стыков стеновых панелей осуществляется петлевыми выпусками тросиков. Армирование стыков недостаточно обосновано для применения в сейсмических районах. Первоначальные исследования стыка выполнены в составе дипломной работы магистранта Р.Г. Страшко в 2007 г.

Цель работы: обеспечение надежной работы вертикальных стыков стеновых панелей при сейсмическом воздействии.

Для выполнения были поставлены следующие задачи:

- 1) разработать базовую модель характерного здания и провести анализ НДС в зоне вертикальных стыков;
- 2) разработать адекватную локальную модель стыка с нелинейными конечными элементами и исследовать ее работу;
- 3) разработать предложения по расчету стыков на ПК «ЛИРА».

Для анализа несущей системы здания была создана модель с помощью программного обеспечения ПК «ЛИРА». Модель создана на основе проекта жилого девятиэтажного дома, разработанного фирмой «Консоль». Здание состоит из сборных стеновых панелей и экструзионных плит перекрытия. Для расчета используется метод конечных элементов МКЭ. Расчетная модель здания показана на рис.1. Расчет выполнен с учетом сейсмического воздействия интенсивностью 8 баллов. Учтено не менее 80% модальных масс.

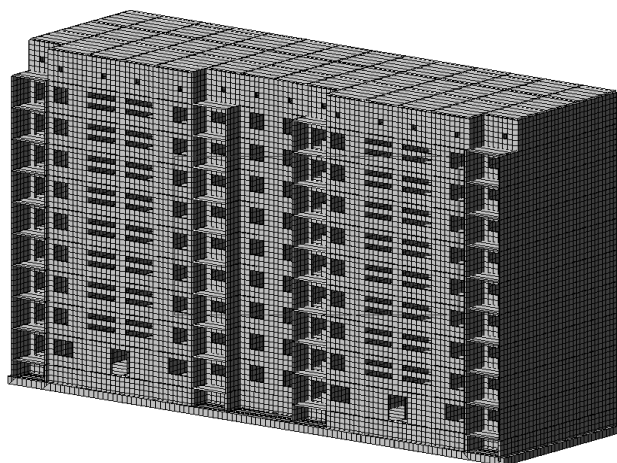


Рис. 1. Расчетная модель здания

панелей, направленными под углом 45° к торцам панелей и 90° между собой.

Таблица

Характеристики конечных элементов

Таблица жесткостей		
Тип жесткости	Имя	Параметры
(сечения-(см) жесткости-(МН,м) расп.вес-(МН,м))		
1*	Пластина Н 20	V=0.2,H=20,Ro=0
		Закон основного материала 11
		E- =26999.7 Sig- =-19.0 E+ =26999.7 Sig+ =1.9
		Коэф.запаса=1.0 Eps+ =0.0002 Eps- =-0.003
2*	Пластина Н 10	V=0.2,H=10,Ro=0
		Закон основного материала 11
		E- =22999.5 Sig- =-14.1 E+ =22999.5 Sig+ =0.8
		Коэф.запаса=1.0 Eps+ =0.0002 Eps- =-0.003
3	Брус 5 X 5	Ro=0,E=1.99958e+006,GF=0
		B=5,H=5
4*	Пластина Н 20	V=0.2,H=20,Ro=0
		Закон основного материала 11
		E- =26999.7 Sig- =-19.0 E+ =26999.7 Sig+ =1.9
		Коэф.запаса=1.0 Eps+ =0.0002 Eps- =-0.003
		Закон армирующего материала 15
		E- =200000 Sig- =-400.0 Eps- =-0.02
		E+ =200000 Sig+ =400.0 Eps+ =0.02
		Тип армирования 12
		Ny 1.00% Nz 1.00% Z=0
5*	Пластина Н 10	V=0.2,H=10,Ro=0
		Закон основного материала 11
		E- =22999.5 Sig- =-14.1 E+ =22999.5 Sig+ =0.8
		Коэф.запаса=1.0 Eps+ =0.0002 Eps- =-0.003
		Закон армирующего материала 15
		E- =200000 Sig- =-400.0 Eps- =-0.02
		E+ =200000 Sig+ =400.0 Eps+ =0.02
		Тип армирования 12
		Ny 2.00% Nz 2.00% Z=0
6*	Пластина Н 10	V=0.2,H=10,Ro=0
		Закон основного материала 11
		E- =22999.5 Sig- =-14.1 E+ =22999.5 Sig+ =0.8
		Коэф.запаса=1.0 Eps+ =0.0002 Eps- =-0.003
		Закон армирующего материала 15
		E- =200000 Sig- =-400.0 Eps- =-0.02
		E+ =200000 Sig+ =400.0 Eps+ =0.02
		Тип армирования 12
		Ny 2.00% Nz 2.00% Z=0

Для сравнения выполнен расчет модели типа 1 без учета неупругих свойств бетона. Перемещение в модели, учитывающей неупругие свойства бетона, на 43% больше. Это существенно влияет на перераспределение усилий в несущей системе здания. В результате деформаций нагрузка с перегруженных стыков будет перераспределяться на другие участки, и полное разрушение стыков не произойдет, пока не будет достигнуто предельное состояние всей несущей системы здания. Таким образом, расчет с использованием только упругой стадии не отражает действительной работы железобетонных элементов в составе несущей системы здания.

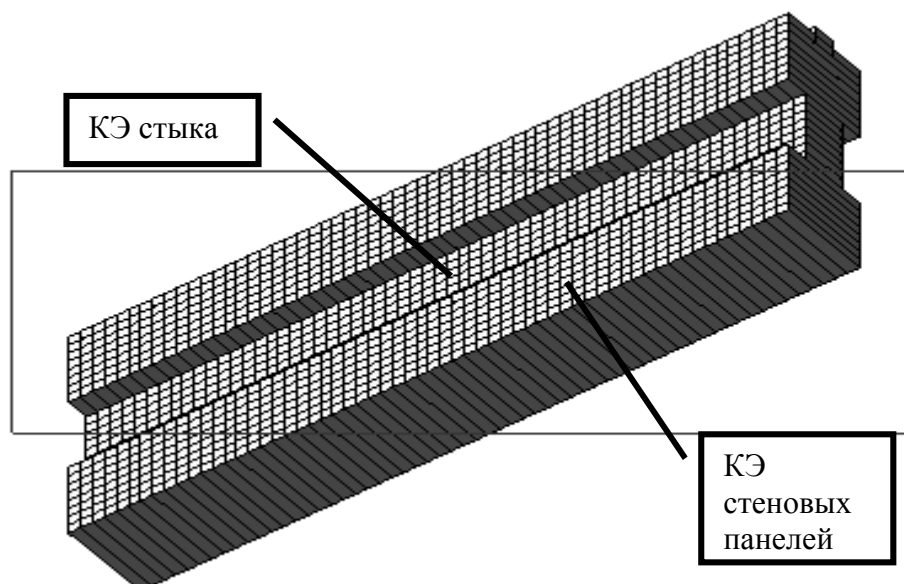


Рис.3. Объемный вид модели стыка

В модели типа 3 полная разрушающая нагрузка - 60 кН/м - меньше, чем для не армированного стыка (модель типа 2) 68 кН/м. Это можно объяснить неоднородностью конечных элементов модели. Несколько плоских КЭ вокруг стержня разрушаются; при этом в стержнях образуются пластические шарниры. Если в стержне образуется три пластических шарнира подряд, то диагностируется геометрическая изменяемость схемы, то есть полное ее разрушение. Возможно, правильно такая модель работает только при растягивающих усилиях в стержнях. При появлении поперечных сил образуются ранние пластические шарниры. И даже при локальных разрушениях диагностируется полное разрушение.

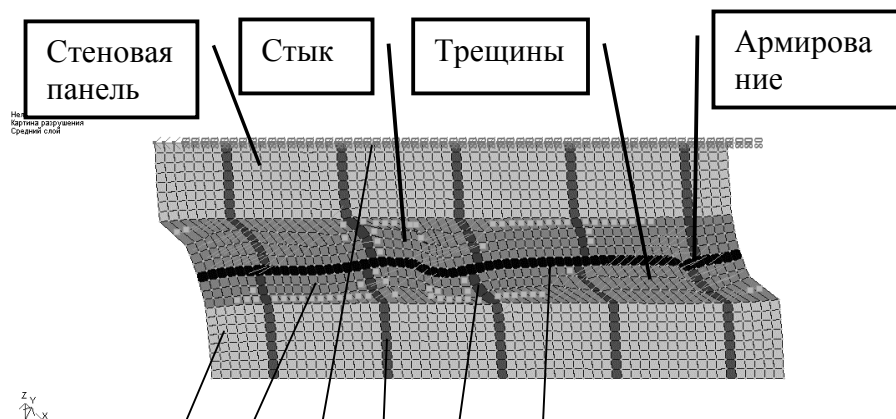


Рис.4 Схема образования трещин и разрушения конечных элементов армированного стыка (темные элементы – армирование; номерами показаны типы жесткости)

В модели типа 4 стержни исключены. Арматура задана процентом армирования в элементах, примыкающих к стержням. Процент армирования КЭ шва и панелей рассчитан исходя из размеров конечных элементов и составляет 2%. Полная разрушающая нагрузка составила 80 кН/м. Зона разрушенных элементов значительно больше, чем в неармированном стыке. Диаграмма нагрузка – деформация имеет более выраженную пластическую ветвь. Следовательно, разрушение при армированном стыке более пластичное и происходит с большим перераспределением усилий в системе. Такой процесс благоприятен при сейсмическом воздействии. На схеме трещинообразования и разрушения (рис.5) видны зоны трех генеральных наклонных трещин пересекающих стык. Сдвиговые усилия концентрируются по границам наклонных сжатых столбов между трещинами.

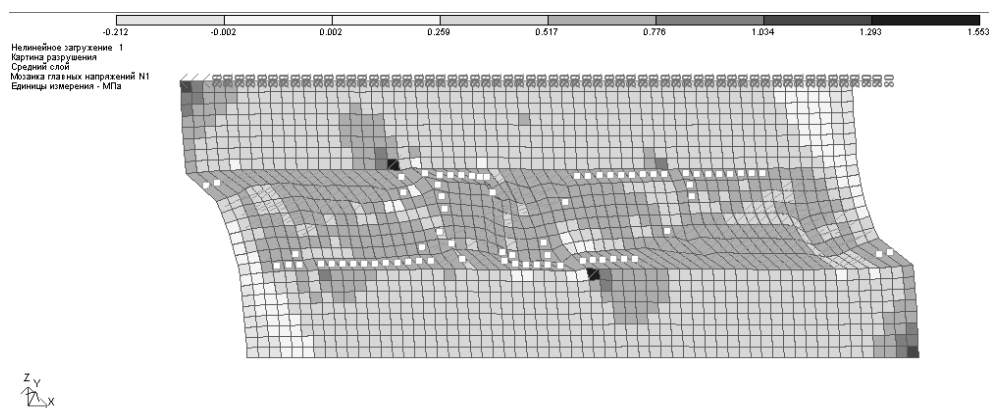


Рис.5. Главные напряжения при разрушении армированного стыка

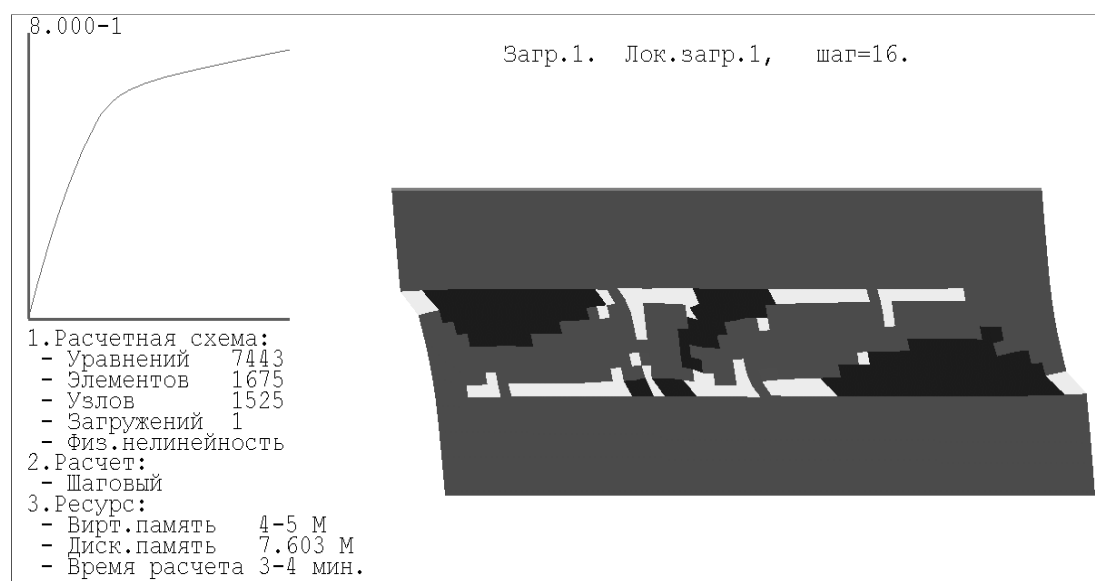


Рис.6. Диаграмма работы стыка, зоны образования трещин (черные) и зоны разрушения (белые)

На мозаике главных напряжений (рис.6) видно, что они достигли предела прочности бетона при растяжении почти во всей зоне стыка, что и явилось причиной разрушения. Разрушающая нагрузка в армированном стыке на 18% больше, чем в не армированном. Однако главное в том, что деформация армированного стыка достигает 0.12 мм, что в два раза больше, чем в неармированном стыке. Это обуславливает пластическую работу и перераспределение усилий.

ВЫВОДЫ

1. Разработана расчетная модель стыка, адекватно отражающая его качественную работу. Для уточнения количественных показателей необходимо выполнить сравнение с результатами физических экспериментов.
2. Для учета нелинейных деформаций стыков в физически линейной модели несущей системы здания можно снижать жесткость конечных элементов в зоне стыков в два раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Линченко Ю.П., Константинов В.А., Васильев М.В. Исследование узлов перекрытий из плит экструзионного формования. /Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво) / Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій Мінбуду України. Вип. 64 - Київ, НДІБК, 2006. -с.724...726.
2. Кайшиев А.Ю., Линченко Ю.П. Анализ усилий в дисках перекрытий многоэтажных зданий и анкеровка экструзионных плит непрерывного формования / в Сб. научных трудов НАПКС. Вып. 16, Симферополь: НАПКС, 2006. С. 234...240.

Митрофанов С. В., аспирант; Митрофанов А.В., студент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Совместная работа стержней структурных конструкций и прогонов

В статье рассматриваются вопросы снижения металлоемкости структурных конструкций за счет включения в работу прогонов.

Структуры, структурные покрытия, прогоны.

Плоские решетчатые системы покрытий из коротких стержней появились в 40-х годах XX в. Французский инженер Ле Риколе построил из дерева первую перекрестно-стержневую конструкцию покрытия, назвав ее структурой. В 1942 г. Менгеринхаузен в Германии предложено первое конструктивное решение металлической структуры. В 1944—1945 гг. Ваксманн по заданию американского правительства разработал перекрестно-стержневую конструкцию для ангара размером 116X236 м. Конструкция покрытия из металлических труб представляла собой горизонтально расположенную стержневую плиту с консольными свесами и опиранием в нескольких местах. По мнению Ваксманна, сооружение можно было расширять путем добавления стержней и узлов [1].

С 60-х годов, когда были найдены рациональные решения схем, узлов и появились методы расчета на ЭВМ сложных многократно статически неопределимых конструкций, решетчатые пространственные покрытия получили бурное развитие в мировой строительной практике и среди прогрессивных конструкций выдвинулись на одно из первых мест. Экономичность по расходу металла, индустриальность изготовления, активное участие архитекторов в эстетическом осмыслении этих конструкций способствовали появлению различных пространственных систем, характеризующихся богатым многообразием форм. В целом все решетчатые пространственные конструкции можно разделить на две основные группы: перекрестно-стержневые конструкции и сетчатые оболочки.

В покрытии структурных плит важное место занимает система прогонов. Прогоны обеспечивают передачу нагрузки на элементы структуры. На них действует распределенная нагрузка, включающая постоянную нагрузку (собственный вес, вес кровли), эксплуатационную нагрузку (нагрузка от технологического оборудования, снеговая нагрузка). Обычно они работают на восприятие изгибающего момента, но в тоже время они изгибаются совместно со структурной плитой. Эти изгибные деформации прогонов можно использовать для снижения усилий в стержнях поясов расположенных вдоль прогонов.

Если прогоны включить в работу в одном из направлений, то можно увеличить шаг опор или уменьшить сечения стержневых элементов.

Для проверки данного предположения выполнен расчет двух пространственных моделей. Каждая модель состояла из пяти кристаллов пространственной стержневой структуры, в основании которых лежит квадрат со сторонами 2.1 м. Верхние узлы кристаллов соединены стандартными стержневыми элементами структуры, а опорами служили наиболее удаленные узлы кристаллов нижнего пояса. К первой расчетной модели была приложена сосредоточенная нагрузка в узлы элементов см. Рис. 1.

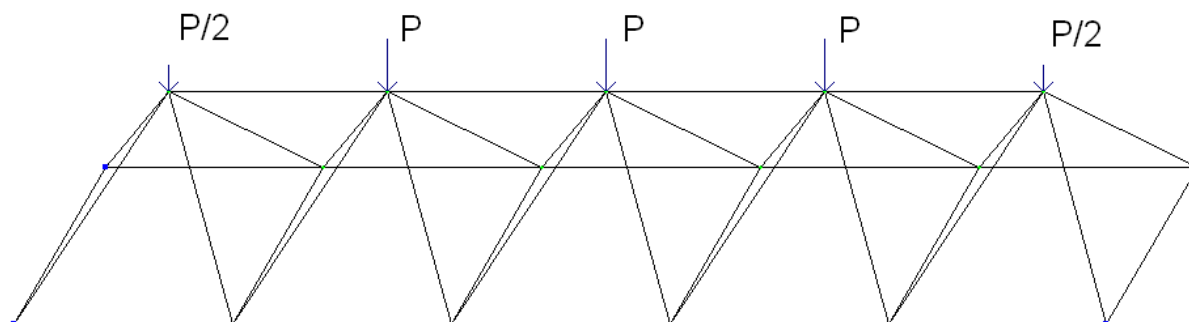


Рис. 1 Модель с приложенной сосредоточенной нагрузкой

Вторая модель отличалась от первой тем, что над стержнями верхнего пояса был размещен

неразрезной прогон, прикрепленный к узлам структуры (Рис. 2) и к нему была приложена распределенная нагрузка, эквивалентная нагрузке на первую модель.

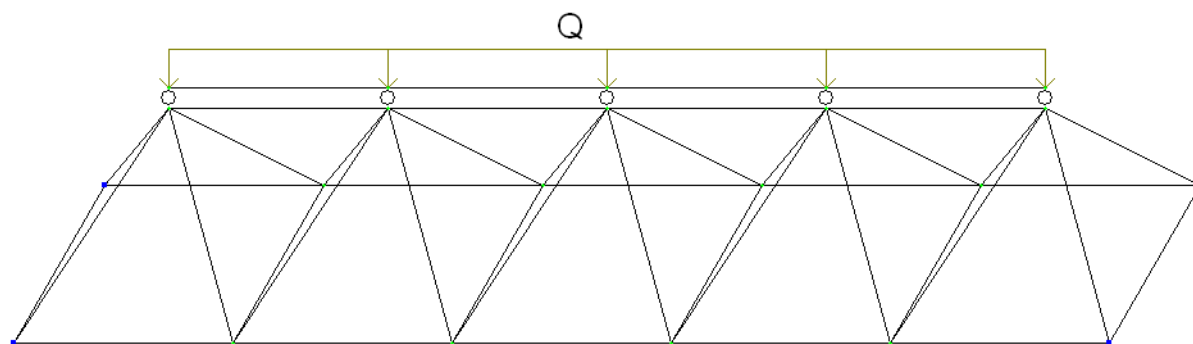


Рис. 2 Модель с распределенной нагрузкой, приложенной к неразрезному прогону.

ВЫВОДЫ:

В результате расчета было установлено, что напряжения в элементах верхнего пояса снизились чуть более 20%. В результате этого расчета ясно, что включение в работу прогонов существенно снижает поясные усилия элементов верхнего пояса и дает возможность значительно разнообразить схемы опирания структурных плит.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Трофимов В. И., Бегун Г. Б., Структурные конструкции. – М.: Стройиздат, 1972г. С-172.

Сафонов А. А., д. арх., профессор; Сильченко Е.И., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

О причинах самозахватов земель на пригородных территориях и их влиянии на развитие градостроительства в Крыму

Выявлены причины самозахватов гражданами земель на пригородных территориях. Показана бесперспективность увеличения площадей крупных крымских городов и нового строительства жилья в них. самозахваты территорий, усадебный дом, экология городской среды, дискомфорт.

Народная мудрость гласит: «Живи по-старому, проживешь дольше – мели по-новому, наметь больше». Интуитивное стремление граждан вернуться к традиционному образу жизни явилось одной из основных причин самозахватов участков на пригородных территориях. Переход от мелкотоварного кустарного производства феодального строя к крупномасштабной индустрии капитализма ознаменовался концентрацией кустарей-одинок на заводах и фабриках. У трудоспособного населения изменился характер деятельности, разделение труда и узкая специализация снизили двигательную активность работников. Монотонность и однообразие трудовых процессов увеличивают физическую усталость и психологическое напряжение.

Обобществление труда стимулировало рост городов и способствовало возникновению экологически неблагоприятной среды в них. К началу перестройки негативная ситуация наблюдалась во всех крупных поселениях бывшего СССР [1]. К сожалению, в этом ряду не стали исключением и города Крыма [2].

Жизнь отдельного человека становится неразрывно связанной с жизнью города в целом. Общественно-экономические преобразования потребовали реорганизации предметно-пространственной среды жизнедеятельности. Концентрация труда на крупных предприятиях и стремительное изменение системы расселения привело к ломке многовековых традиций и устоявшегося бытового уклада. В конце XX века привычным жилищем граждан стали квартиры в многоэтажных домах, в которые вселялись простые семьи, состоящие из двух поколений. До конца XIX в. традиционным жилищем в селе и в городе была усадьба, состоящая из дома, двора, сада, огорода и хозяйственных построек. Семья, как правило, состояла из трех поколений. При этом обеспечивались трудовая занятость детей и представителей старшего поколения, имелись благоприятные условия трудового воспитания детей в семье. Значительная часть продуктов, потребляемых в свежем виде, вырабатывалась на усадебном участке.

Приверженность горожан к традиционному укладу жизни проявилась при организации дачных и садово-огородных товариществ, которые стали создаваться в восьмидесятых годах прошлого века. На этих участках вопреки запретам возводились капитальные жилые постройки. Их строительство диктовалось желанием населения вырваться из экологически неблагоприятной среды городов. Работу в садово-огородном участке многие горожане рассматривают как отдых после напряженного труда на производстве. Эти устремления граждан не получают необходимой поддержки в организации градостроительства. Ситуация конца XX в., когда «Центральная государственная власть... шаг за шагом сдавала свои позиции в экономической жизни страны. Одним из проявлений этого было ослабление государственного контроля за строительством. Частная инициатива, интересы частных лиц выдвигались на первый план, и в застройке городов все отчетливее проявлялись стихийность и беспорядочность» [2], что повторяется с абсолютной идентичностью и сегодня. С той лишь разницей, что на компактных территориях самозахватов при размежевании наделов участники невольно руководствуются советской идеологией, сохраняя равенство участков. Их площади также приняты исходя из норм советского времени, они в два-три раза меньше традиционных усадебных участков поселений Крыма досоветского времени. Насколько эти площади обеспечат формирование комфортного жилища в современных условиях для разных социальных групп населения и уровня их материального достатка?

Самозахваты земель в приграничных территориях городов Крыма стихийно формируют мегаполисы, что никак не согласуется с теорией перспективного градостроительного развития и направленностью хозяйственной деятельности в Крыму. Исследования ученых национального университета им. В.И. Вернадского показали, что для достижения экологической стабильности в Крыму целесообразно создавать сеть небольших поселений на агропромышленной основе [4]. Направленность развития курорта бывший Председатель ВС АР Крым Б. Дейч определяет так: «Совершенно очевидно, что пришло время менять характер рекреационного развития в сторону более четкой специализации как по регионам, так и по разделению курорта (лечения) и туризма (отдыха). Массовый средний и дешевый туризм следует развивать в восточном и западном Крыму за счет включения в туристический оборот ландшафтных, культурных и исторических достопримечательностей и новой сети объектов развлечения...» [5].

Масштабы дополнительного строительства жилья также не соответствуют фактическим потребностям. Существующий жилой фонд по его техническому состоянию и количественным показателям при модернизации в обозримой перспективе может обеспечить комфортность проживания горожан. Дальнейшее наращивание жилых площадей приведет к необоснованным строительным и эксплуатационным затратам [6].

Экологическая ситуация на территориях самозахватов скорее всего уравнивается с общегородской. Поскольку объездные дороги включаются в границы городов. Например, в Симферополе магистраль Центр – Южный Берег от въезда в город в районе п. Давидовка до выезда в районе с. Лозовое, если самозахваты будут узаконены, превратится в напряженную городскую магистраль. К дороге приурочено большое количество автозаправок и станций технического обслуживания, они будут оказывать негативное воздействие на экологическую ситуацию примыкающих к дороге жилых образований самозахватов.

ВЫВОДЫ

1. Самозахваты обусловлены желанием части жителей городских многоэтажных домов и вернувшихся депортированных граждан жить в усадебном доме в экологически чистом районе. Отсутствие надлежащего государственного контроля за этим видом строительства, инициатива частных лиц определяют местоположение на приграничных городских территориях.
2. Увеличение площади крупных крымских городов и наращивание жилого фонда в них противоречит концепции градостроительного развития.
3. На самозахватных территориях скорее всего сохранится экологически неблагоприятная ситуация городской среды. Необоснованно принятые размеры участков, отсутствие объектов соцкультбыта на этих территориях могут сформировать здесь дискомфортные условия проживания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов В.Н. Город и здоровье населения. // Архитектурная наука в Мар ХИ. Информ. вып.3. – М.: Издательство «Ладья». 1999.-С. 88-91.
2. Сапронова З.Д., Муравский С.П. Влияние объектов инфраструктуры автотранспорта на окружающую природную среду городов. // Строительство и техногенная безопасность/ Сборник научных трудов НАПКС, вып. 15-16. – Симферополь: НАПКС, 2006.-С. 122-128.
3. Ожигов С.С. Типовое и повторное строительство в России в 18-19 веках. 2-е изд.-М.: Стройиздат, 1987,-С. 130.
4. Боков В., Сахнова Н. Экополисы – будущее городов Крыма. // Бизнесформ, 1998, №4,-С. 5-9.
5. Дейч Б.Д. Государству нужен экономически развитый, политически стабильный Крым. // Голос Украины, 2004, №155,-С. 12.
6. Сафонов А.А., Сафонов К.А. Особенности формирования предметно-пространственной среды крымских населений в период перестройки. // Строительство и техногенная безопасность/ Сб. научных трудов НАПКС, вып. 11. - Симферополь: НАПКС, 2005.-С.55-63.

Трофимцов Ю.А., к.т.н., доцент; Чеботарева Е.Г., студентка
Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

Анкеровка стальных стержней в каменных стенах

Проведен анализ напряженно-деформированного состояния узла анкеровки односторонне расположенных вертикальных тяжей в каменной кладке. Сделаны выводы о влиянии преднапряжения горизонтального стержня на работу узла.

Сейсмостойкость, каменные здания, арматура, анкеровка стержней, преднапряжение.

Крымский полуостров, особенно, Южный берег находятся в сейсмоопасной зоне. Большинство существующих зданий не в полной мере отвечают требованиям действующих сегодня нормативных документов, поэтому возникает необходимость применения мероприятий по усилению конструкций. Учитывая, что в Крыму для строительства в основном применяют природные каменные материалы, являющиеся хрупкими. При действии сейсмических нагрузок, следует уделять особое внимание разработке способов повышения сейсмостойкости зданий из таких материалов.

Известен способ усиления каменной кладки (рис. 1, а) установкой вертикальных стержней с их двусторонним расположением [1].

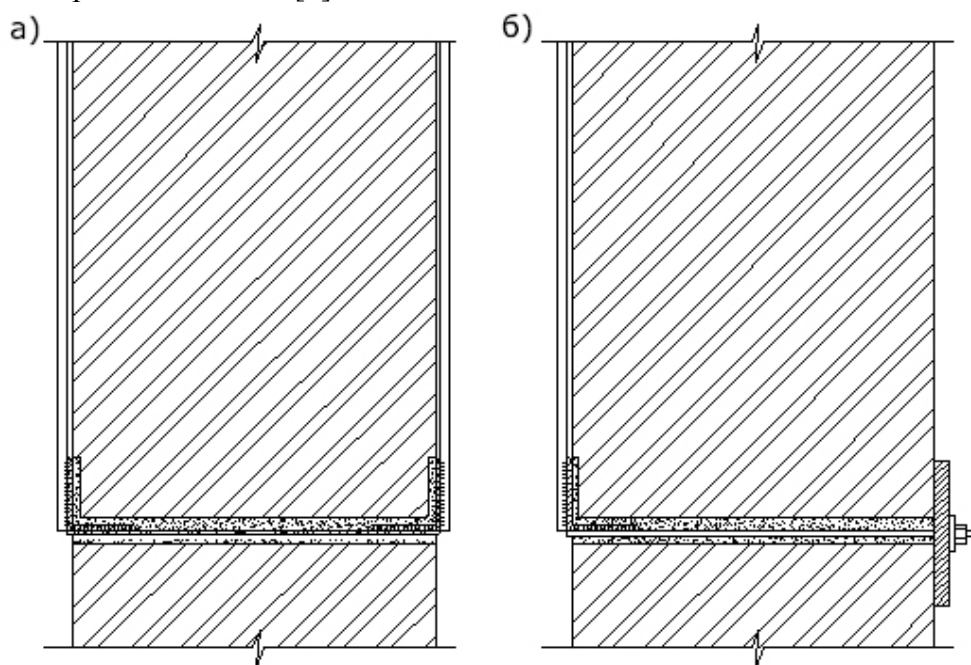


Рис. 1. Варианты узла анкеровки

а – с двухсторонним расположением вертикальных стержней; б – с односторонним расположением вертикальных стержней.

Узел выполняют в теле кладки на уровне цоколя здания из стальных уголков и стержней (вертикальных и горизонтальных). Но такой вариант анкеровки, с двухсторонним расположением вертикальных стержней, имеет недостатки. Он одновременно нарушает архитектурную выразительность и фасадов и интерьеров зданий. Для скрытия этих стержней необходимы дополнительные отделочные работы.

Предлагается выполнить узел с односторонним расположением вертикальных стержней как это показано на рис. 1, б).

Целью исследования является обеспечение необходимой несущей способности такого узла. Для этого необходимо решить следующие задачи:

- получить картину напряженно-деформированного состояния узла;
- найти критические зоны;
- предложить способ повышения несущей способности узла анкеровки.

В качестве методики решения задачи принято моделирование в ПК ЛИРА, основанное на ме-

тоде конечных элементов. Расчетная схема узла приведена на рис. 2.

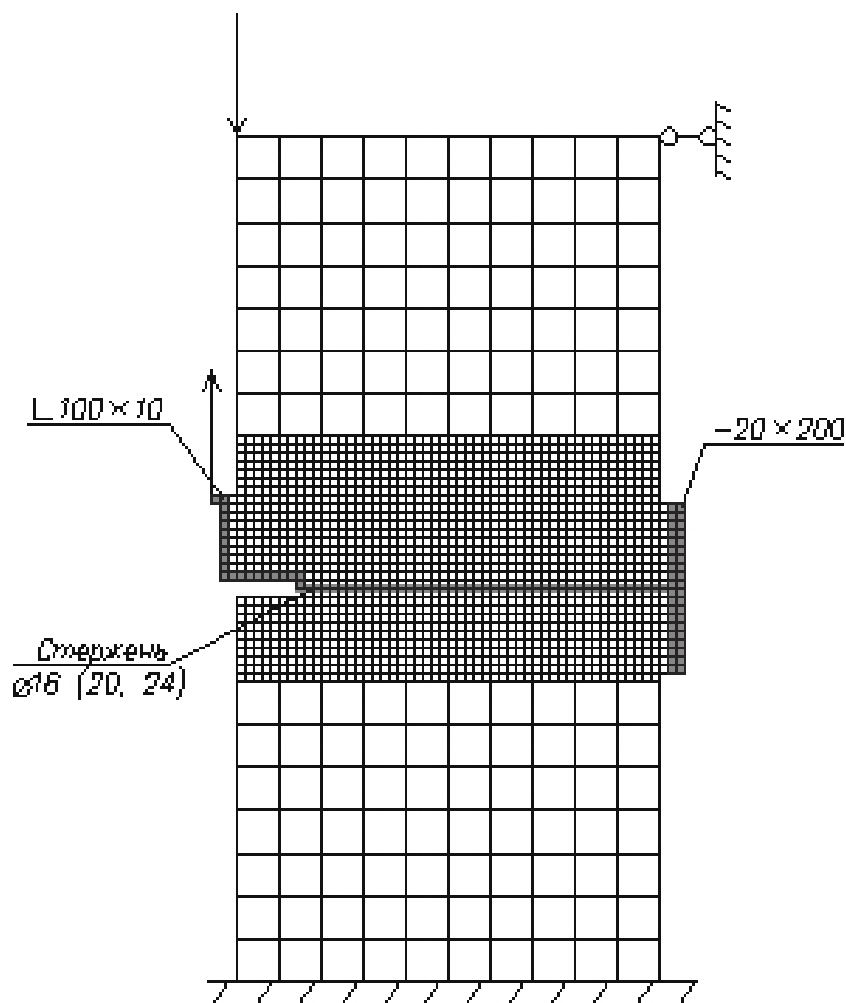


Рис. 2. Расчетная схема узла.

Так как каменная кладка – хрупкий материал, то к ней применима первая теория прочности, основанная на предположении, что разрушение происходит в результате разрыва и что поэтому опасное состояние наступает, когда наибольшее растягивающее напряжение достигает опасного значения. То есть критерий прочности – главные растягивающие напряжения σ_1 .

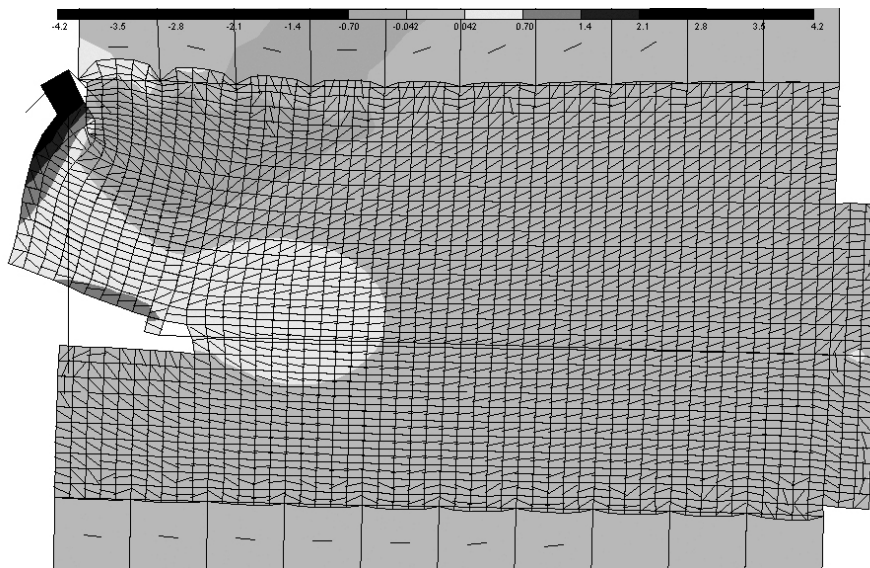


Рис.3. Деформированная схема. Изополя главных напряжений (без предварительного напряжения горизонтального стержня).

Сначала было рассмотрено напряженно-деформированное состояние узла без преднапряжения горизонтального стержня. В этом случае в каменной кладке рядом с острием горизонтального перышка уголка появляется зона с большими главными растягивающими напряжениями (рис.3), в ней возможно образование вертикальных трещин.

Для снижения этих напряжений были предложены две рабочие гипотезы. Согласно первой предполагалось снижение главных растягивающих напряжений путем увеличения сечения горизонтального стержня, а согласно второй - за счет его преднапряжения.

Для проверки первой гипотезы был выполнен расчет узла при различных диаметрах горизонтального стержня (16, 20 и 24 мм). Он показал, что увеличение диаметра стержня незначительно снижает главные растягивающие напряжения. Так при увеличении диаметра горизонтального стержня с 16 до 20 мм сечение стержня увеличивается на 56%, а σ_1 снижается только на 9%. При увеличении диаметра до 24 мм сечение увеличится на 125%, а σ_1 снизится на 16%.

Для проверки второй гипотезы преднапряжение стержня моделировали условным охлаждением, (на практике оно осуществляется закручиванием гайки). Результаты расчета показали, что преднапряжение дает возможность не только снизить главные растягивающие напряжения до нуля, но и создать сжатие в опасной зоне (рис. 4).

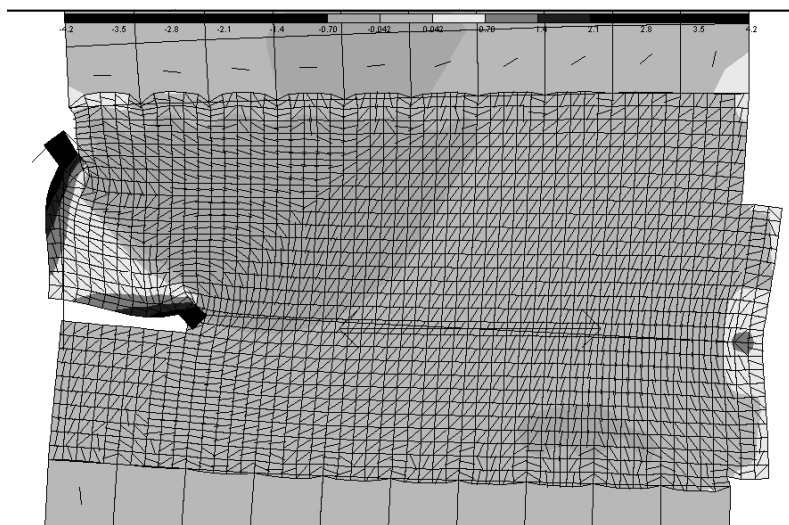


Рис. 4. Деформированная схема. Изополя главных напряжений (с предварительным напряжением горизонтального стержня).

По результатам расчетов построен график зависимости главных напряжений σ_1 в кладке от диаметра стержня и усилия в горизонтальном стержне (рис 5). Точки с указанными диаметрами

соответствуют напряженно-деформированному состоянию узла без предварительного напряжения горизонтального стержня.

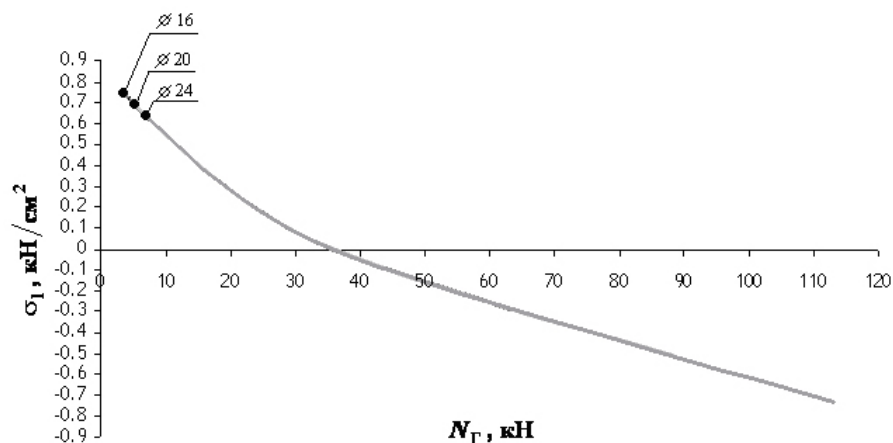


Рис. 5. График зависимости главных напряжений σ_1 , возникающих в каменной кладке, от диаметра горизонтального стержня и напряжения в нем N_{Γ} , кН.

ВЫВОДЫ

1. Выполнение узла с односторонним расположением вертикальных стержней возможно и целесообразно при условии предварительного напряжения горизонтального стержня, что улучшает НДС узла без дополнительного расхода металла.
2. При традиционном решении узла нет возможности его преднапряжения и снижения главных растягивающих напряжений в кладке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по усилению несейсмостойких гражданских зданий: Альбом / КиевЗНИИЭП, 1990. - 93 с.

Раздел 2. Основания и фундаменты, механика и сейсмостойкость

УДК 624.153

Жуков С. П., к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

О расчете прочности железобетонных фундаментов и плит на сжимаемом основании при пластическом разрушении

Рассматриваются особенности совместной работы гибкой фундаментной плиты на упругом основании при пластическом разрушении.

Основания, фундаменты, гибкая плита, совместная работа.

Вопрос о расчете железобетонных фундаментов под колонны как изгибаемых элементов приобретает все большее значение в связи с заменой фундаментов в виде ступенчатого бетонного массива более гибкими. Гибкие плитные железобетонные фундаменты, являясь статически неопределимыми конструкциями, имеют большие возможности для перераспределения возникающих в них усилий. Процесс перераспределения внутренних усилий в плитах надземных конструкций хорошо изучен и теоретически обоснован в работах А. А. Гвоздева [1] и его учеников. Отмечено, что большое влияние на перераспределение усилий оказывают развивающиеся в процессе нагружения пластические деформации бетона и арматуры, а также процесс образования и раскрытия нормальных трещин.

В изучении процесса перераспределения внутренних усилий плитных фундаментов, работающих совместно со сжимаемым основанием, внесли большой вклад исследователи Мурзенко Ю. Н. [4], Тетиор А. Н. [5] и другие.

В целом установлено, что систему основание – фундамент можно рассматривать лишь как тесно взаимодействующие упругопластические тела, особенностью силового взаимодействия которых является взаимное влияние на перераспределение усилий. Очевидно, что нельзя рассматривать отдельно работу основания и фундамента, поэтому остановимся на развитии расчетных схем основания и способов расчета собственно фундаментов.

Наибольшие трудности практического характера при расчете фундаментов вызывает нахождение зависимости между нагрузкой, прикладываемой к фундаменту, и распределением контактных напряжений по его подошве. Можно выделить три типа широко применяющихся в настоящее время моделей упругого основания:

- Винклера или коэффициента постели;
- упругого однородного изотропного полупространства (слоя);
- смешанные модели.

Остановимся на исследовании модели Винклера, которая основывается на предположении прямо пропорциональной зависимости осадки в точке основания от приложенной в этой точке нагрузки. Большой вклад в развитие теории основания Винклера внес Б. Г. Корнев [2], который решил задачи с табулированием данных для всех основных видов фундаментов. Проведенные сравнительные расчеты по различным моделям основания показали, что для практического применения рекомендуется использовать результаты, относящиеся к гипотезе коэффициента постели. Другие модели основания применимы лишь в случаях, когда это специально обосновано экспериментальными данными. Еще одним преимуществом этой модели является возможность учитывать неупругие реакции основания.

Уменьшению влияния недостатков модели Винклера, заключающихся в малой распределительной способности основания, переменным в плане и по глубине коэффициентом постели, зависящем к тому же от формы и размера фундамента, а также от вида основания, посвящены работы ряда авторов предлагающих применять переменный коэффициент постели. Показано, что зависимость коэффициента постели от размеров и формы подошвы, а также неоднородностей грун-

тового основания, можно учесть правильно подобрав величину коэффициента. В пользу модели Винклера говорит возможность учета разнообразных факторов при проектировании, а также малое влияние неточностей, допущенных при определении коэффициента постели на конечные результаты расчета.

Общим недостатком расчета фундаментов на сжимаемом основании для всех моделей основания является представление фундамента упругим, изотропным телом. Усилия в конструкциях определяют как в упругой системе, а арматуру подбирают как в сечениях железобетонных конструкций в предельном состоянии. В настоящее время расчет нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов производится из условия равновесия в третьей стадии напряженного состояния. Сечения железобетонных изгибаемых фундаментов рассчитываются по этой же методике. Эпюра нормальных контактных напряжений, являющаяся по существу нагрузкой, принимается при этом прямоугольной.

Многочисленными исследованиями надземных статически неопределимых железобетонных конструкций установлено, что с образованием пластического шарнира в зоне действия максимального изгибающего момента происходит перераспределение усилий на другие сечения, а разрушение наступает, когда пластические шарниры образуют геометрически изменяемую конструкцию. Процесс перераспределения усилий происходит в соответствии с жесткостями сечений. Жесткость сечения железобетонного элемента снижается в результате проявления пластических деформаций бетона и арматуры, образования и раскрытия нормальных трещин, нарушения сцепления бетона с арматурой. Большое значение для установления расчетной схемы конструкции имеет схема трещинообразования. Так как схема трещинообразования в железобетонных конструкциях носит случайный характер, а нормальные трещины представляют собой линии излома при достижении конструкцией предельного равновесия, положение их определяется приблизительно энергетическим методом. При этом получаются наиболее вероятные схемы излома, а точность решения зависит от точности задания схемы разрушения.

В связи с возможностью допущения работы статически неопределимых железобетонных конструкций в предельной стадии с пластическими шарнирами, логично предположить, что при взаимодействии фундамента и основания, из-за падения жесткости фундамента в области приложения сосредоточенной нагрузки, нормальные контактные напряжения должны непрерывно перераспределяться и усилия в сечениях должны падать.

Перспективным при учете перераспределения усилий в железобетонных фундаментах является кинематический метод теории предельного равновесия. При этом методе рассматривается предельная стадия элемента, которая является результатом полного перераспределения усилий, то есть по всем линиям излома наступает текучесть арматуры.

Крупное научное направление по экспериментально-теоретическому изучению особенностей совместной работы упругого основания и гибких фундаментов появилось в результате многолетних исследований Ю. Н. Мурзенко, А. Ю. Мурзенко [3, 4]. Авторы указывают на необходимость выполнения прочностного расчета фундаментной плиты в целом с учетом развития предельного состояния в плите и перераспределения нормальных контактных напряжений в основании.

Метод предельного равновесия, внедренный в проектирование всех видов конструкций, все еще не применяется при расчете фундаментов. Сдерживает применение этого метода недостаточно исследованные закономерности перераспределения напряжений в основании и в теле железобетонного фундамента, а также закономерности трещинообразования. Исследования [4] позволили выявить четыре возможные схемы трещинообразования, что влечет за собой появление четырех расчетных схем кинематического способа метода предельного равновесия. Однако, расчеты [3] по этому методу также не дают обоснования принятых расчетных схем из-за случайного характера трещинообразования и необходимости рассматривать несколько вариантов схем излома плитной части фундамента.

Для применения кинематического метода теории предельного равновесия к расчету железобетонных конструкций и в частности плит фундаментов, важно максимальное соответствие ре-

альной схемы излома предполагаемой схеме. Реализовать такое соответствие можно путем предварительной фиксации (при изготовлении конструкции) места образования трещин, которые определяют собой места будущих пластических шарниров.

Последними исследованиями железобетонных конструкций, выполненных профессором Митасовым В.М. (г. Новосибирск), установлено, что предварительной фиксацией места образования трещин исключается хрупкое разрушение бетона растянутой зоны, а также возникновение динамических процессов, сопровождающих такое разрушение.

В результате ширина раскрытия трещин с предварительной фиксацией их места образования оказывается меньше, чем ширина раскрытия трещин при хрупком разрушении бетона растянутой зоны.

ВЫВОДЫ

1. Существующие методы расчета плитных фундаментов не учитывают ряд особенностей силового взаимодействия фундамента с грунтовым основанием: перераспределение нормальных контактных напряжений в грунте и усилий в теле фундамента при образовании пластических шарниров; работу арматуры за пределом текучести.
2. Применение кинематического метода теории предельного равновесия для расчета плитных фундаментов сдерживается недостаточным количеством исследований закономерностей перераспределения напряжений в основании и железобетонном фундаменте при их совместной работе, а также закономерностей трещинообразования. Случайный характер трещинообразования вызывает необходимость рассматривать ряд вариантов образования пластических шарниров в плитной части фундамента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гвоздев А. А. Метод предельного равновесия в применении к расчету железобетонных конструкций. Инженерный сборник. М.: Стройиздат, 1949 г. - с. 3...20.
2. Корнев Б. Г., Черниговская Е. Н. Расчет плит на упругом основании. М.: Стройиздат, 1962 г. - 355 с.
3. Мурзенко А. Ю. Расчет прочности железобетонных внецентренно нагруженных фундаментов кинематическим методом предельного равновесия. Сборник «Исследование и расчеты оснований и фундаментов в нелинейной стадии работы». Новочеркасск, НПИ, 1986 г. – с. 70...78.
4. Мурзенко Ю. Н., Цесарский А. А. Применение кинематического метода к расчету железобетонных фундаментов под колонны. Сборник «Исследование оснований, фундаментов и гидротехнических сооружений». Новочеркасск, НПИ, 1970 г. – с. 35...39.
5. Тетиор А. Н. Проектирование и сооружение экономичных фундаментов. К.: Будівельник, 1975 г. – 204 с.

Мартынов Н.В., инженер.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

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

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

землетрясения, интенсивность, система, строительный объект, динамические гасители, амплитуда, воздействие, внутреннее трение

Динамические пружинные или комбинированные гасители колебаний строительного объекта, по существу являются более сложными вариантами практического развития систем гасителей маятникового и плавающего типа, отличаясь от последних наличием специальных, пружинных систем, обеспечивающих режим колебания и стабилизации динамической системы в целом (рис. 1, а) [1-6]. Требуемое загущение колебаний в защищаемом строительном объекте 1 обеспечивается за счет сил внешнего трения в смещаемых (скользящих) или перемещаемых (катящихся) опорах 3, сил внутреннего трения, возникающего при относительных перемещениях инерционной массы гасителя 2 по плите перекрытия 5 относительно проектного положения установки гасителя, посредством использования пружин или специально устанавливаемых для этого вязких демпфирующих устройств 6.

Наиболее простым и наглядным вариантом реализации данной идеи может служить техническое решение по а.с. СССР №379757 (рис. 1, а), в котором, с целью обеспечения возможности эффективного гашения колебаний гашение строительного объекта при минимальных габаритах гасителя, между защищаемым строительным объектом 1 и инерционной массой 2 гасителя колебаний в динамическую систему дополнительно, через упоры-ограничители 4, включен демпфер-сильфон 6 с дроссельным отверстием 7. При возвратно-поступательных движениях торца сильфона 6 через дроссельное отверстие 7 проталкивается воздух, что способствует повышению поглощения энергии колебаний.

Как следует из описания, это детали гасителя требуют высокого качества или машиностроительной точности изготовления. Гаситель работает только в плоскости своей установки и конструктивно не в состоянии воспринимать силовые воздействия других направлений. Вследствие чего, он проигрывает аналогичным, но более простым и эффективным системам гашения ветрового воздействия.

Технически более сложным вариантом реализации идеи является техническое решение по а.с. СССР №1196461 (рис. 1, б). В котором, с целью повышения эффективности работы гасителя колебаний, комбинированный гаситель колебаний состоит из полый инерционной массы 2 с четырьмя равными отсеками 8, опорного стакана 9, пружины 11, регулировочного устройства в виде вертикальных жестких стержней 13 с фиксаторами 15 и прижимной горизонтальной плиты 16, направляющего стакана 10 с шариковым сепаратором 17, упругих горизонтальных стержней 14 с фиксаторами 15 и дополнительными массами 18, центрального, вертикального, жесткого стержня 13, связывающего инерционную массу 2 с колеблющейся строительной конструкцией 1 и засыпки 19.

Работает устройство следующим образом. К строительной конструкции 1 на жестком центральном стержне 13 при помощи пружины 11, опорного 9 и направляющего 10 стаканов и регулировочного устройства, включающего прижимную горизонтальную плиту 16, фиксаторы 15 и вертикальные, жесткие стержни 13, крепится инерционная масса 2. При возникновении вертикальных колебаний конструкции 1 энергия этих колебаний передается через центральный стержень 13 к инерционной массе 2. В результате инерционная масса 2 также начинает совершать сложные пространственные колебания.

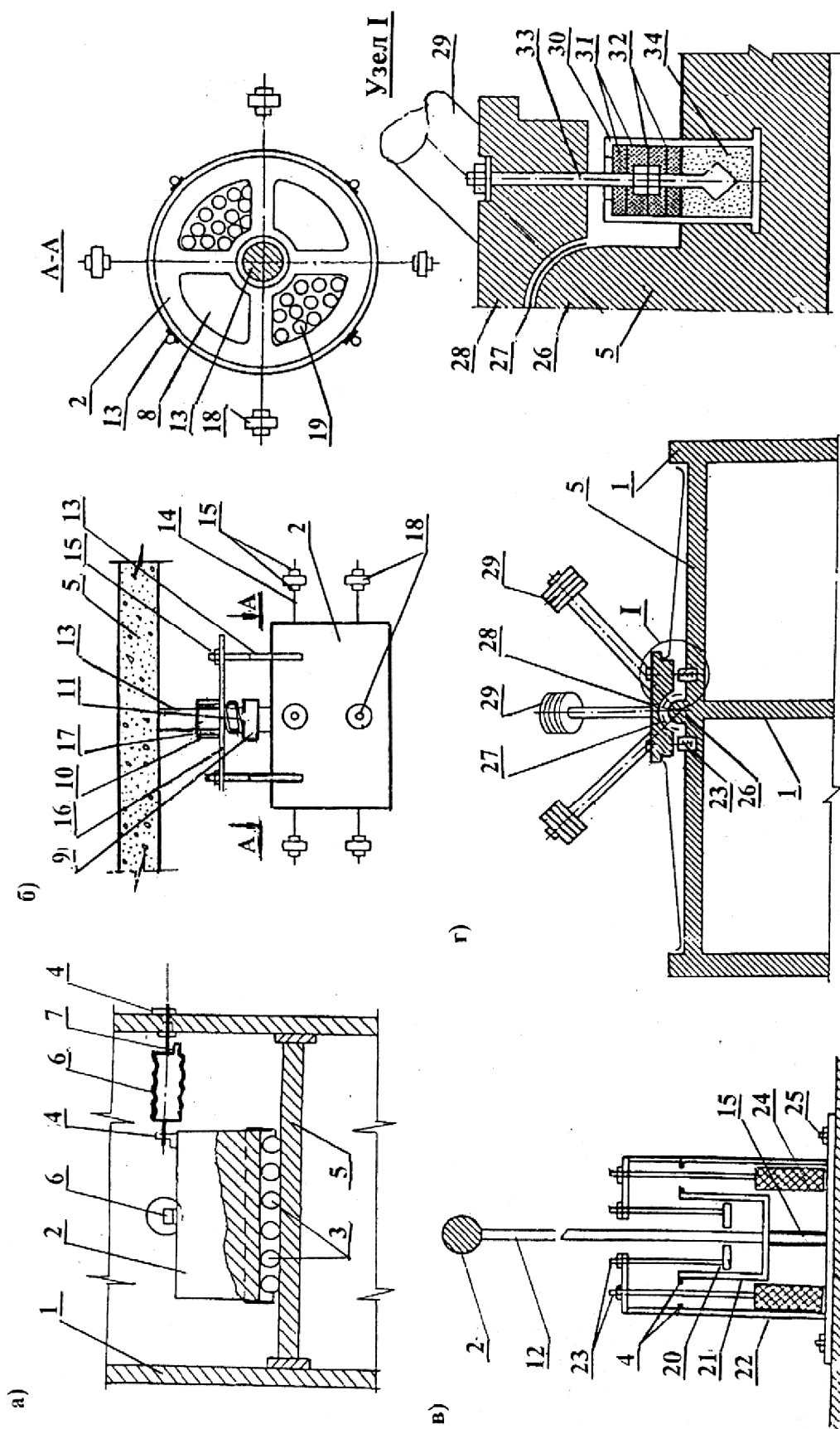


Рис. 1. Конструктивные примеры динамических гасителей колебаний зданий и сооружений комбинированного типа
 варианты гасителя по а.с. СССР: а) № 379757 (общая схема); б) № 1196461; в) № 1203213; г) № 1211399 (все М. кл. E04 B1/98); 1 – защищаемый объект, 2 – инерционный блок, 3 – опора качения или скольжения, 4 – упоры-ограничители, 5 – плита перекрытия, 6 – демпфер-сильфон, 7 – дроссельное отверстие, 8 – отсеки инерционной массы, 9 – опорный и 10 – направляющий стакан, 11 – пружина, 12 – вертикальный, упругий и 13 вертикальный жесткий стержень, 14 – горизонтальные стержни, 15 – фиксаторы, 16 – прижимная плита, 17 – шаровые сепараторы, 18 – дополнителные массы, 19 – засыпка, 20 – шайба, 21 – внутренний и 22 – внешний стакан, 23 – ходовой винт, 24 – цилиндрическое кольцо, 25 – болты, 26 – опорное полушарие, 27 – скользящие прокладки, 28 – плита гасителя со сферической выемкой, 29 – конические маятники с грузами, 30 – корпус, 31 – упруго-пластические прокладки, 32 – металлические пластины, 33 – тяга, 34 – песок.

Затем для настройки гасителя колебаний в отсеках 8 инерционной массы 2 размещают засыпку 19 заданной массы, в результате чего инерционная масса 2 начинает совершать вертикальные колебания с частотой, близкой к частоте вертикальных колебаний конструкции 1. Это происходит потому, что в результате установки пружины 11 с расчетной жесткостью и достижения заданного значения инерционной массы 2 обеспечиваются ее вертикальные колебания с расчетной частотой, близкой к частоте вертикальных колебаний конструкции. При совпадении частот вертикальных колебаний конструкции 1 и инерционной массы 2 последняя масса совершает вертикальные колебания в противофазе с колебаниями конструкции и тем самым обеспечивается наибольшее уменьшение амплитуды вертикальных колебаний конструкции 1.

Кроме вертикальных колебаний, инерционная масса 2 совершает также крутильные колебания в горизонтальной плоскости, наличие которых препятствует достижению равенства частот вертикальных колебаний ее и конструкции 1. Для достижения равенства частот вертикальных колебаний конструкции и инерционной массы, снижения крутильных колебаний последней в горизонтальной плоскости инерционная масса 2 перемещается по высоте на периферийных, жестких вертикальных стержнях 13 относительно горизонтальной прижимной плиты 16. Затем инерционная масса 2 фиксируется при помощи фиксаторов 15 в положении, при котором она совершает вертикальные колебания с максимальными амплитудами в режиме, близком к ее резонансным колебаниям, и тем самым обеспечивается дальнейшее увеличение гашения вертикальных колебаний конструкции 1.

Кроме того, положение центра тяжести инерционной массы 2 по высоте относительно конструкции 1 изменяется в зависимости от размещения засыпки 19 заданной массы в двух или четырех отсеках 8 инерционной массы 2. В результате этого происходит дальнейшее снижение амплитуды ее крутильных колебаний.

Установка направляющего стакана 10, жестко связанного с горизонтальной, прижимной плитой 16, уменьшает перекося инерционной массы в вертикальной плоскости и ее крутильные колебания, так как шариковый сепаратор 17 обеспечивает точность направления ее вертикальных колебаний на центральном, жестком стержне 13.

Затем для полного устранения крутильных колебаний инерционной массы 2 в горизонтальной плоскости устанавливаются на упругих горизонтальных стержнях 14 дополнительные массы 18 и фиксируются в заданном положении с помощью фиксаторов 15. При этом дополнительные массы 18 совершают колебания в горизонтальной плоскости с частотой, равной частоте крутильных колебаний инерционной массы 2, но в противофазе с ее колебаниями.

Таким образом, благодаря устранению крутильных колебаний инерционной массы достигается наибольшее уменьшение амплитуд вертикальных колебаний конструкции.

Как следует из описания конструкции и работы гасителя, это довольно сложная и материалоёмкая система, с жесткой настройкой гасителя на работу со строго определенной частотой, которая подбирается заранее и самостоятельно, т.е. в процессе работы гасителя не изменяется. Вследствие чего, гаситель данной конструкции конструктивно и экономически проигрывает другим, более прогрессивным вариантам решения проблемы.

Иная конструкция гасителя предлагается по техническому решению по а.с. СССР №1203213 (рис. 1, в), в котором, с целью повышения эффективности работы гасителя колебаний, комбинированный гаситель колебаний состоит из инерционной массы 2, прикрепленной к пружине в виде упругого вертикально стержня 12. Шайба 20 имеет возможность перемещаться вдоль внутреннего стакана 21 при помощи ходовых винтов 23. Внутренний стакан 21 упруго связан с внешним стаканом 22 посредством фиксирующего стержня 15. Между внутренним стаканом 21 находится цилиндрическое кольцо 24 из материала с повышенным внутренним неупругим сопротивлением и возможностью перемещения при помощи ходовых винтов 23. Внешний стакан 22 присоединен к сооружению болтами 24. Упоры 4 фиксируют верхнее положение цилиндрического кольца.

Настройка гасителя осуществляется путем перемещения шайбы 20, что приводит к изменению свободной длины пружины и, следовательно, ее жесткости.

Перемещения упругого консольного стержня и внутреннего стакана 21 относительно жесткости закрепленного внешнего стакана 23 происходит совместно.

Эффект демпфирования возникает за счет деформации цилиндрического кольца 24 при перемещениях внутреннего стакана 21. Чем выше поднято кольцо 24, тем больше демпфирование в системе.

При работе в переходном режиме увеличение демпфирования приводит к уменьшению амплитуды колебания сооружения. Если гаситель работает в режиме установившихся колебаний и настроен точно на частоту внешнего воздействия, то амплитуда перемещений в объекте тем меньше, чем меньше демпфирование. Поэтому при работе в переходном режиме для обеспечения наибольшего демпфирования цилиндрическое кольцо 24 находится в максимально верхнем положении, которое фиксируется упорами 4. При установившихся колебаниях кольцо 24 опускается вниз, что позволяет установить гаситель на минимальное значение демпфирования.

В завершение рассмотрим конструкцию гасителя колебаний, предлагаемую по техническому решению по а.с. СССР №1211399 (рис. 1, г), в котором, с целью повышения эффективности работы гашения и снижение массы гасителя, динамический гаситель колебаний представляет собой инерционную массу, установленную на усиленном верхнем перекрытии 5 строительного объекта 1 и соединенную с ним посредством упругих связей и демпфирующих устройств массу, в виде жестко прикрепленного к перекрытию опорного полушария 26 и установленной на нем скользящей прокладки 27, плиты 28 с ответной сферической выемкой. При этом плита 28 выполнена с V-образно закрепленными консольными маятниками 29 с концевыми грузами, масса которых составляет 0.3-0.6% от массы сооружения. Упругие связи и демпфирующие элементы присоединены к плите 28 и, в свою очередь, выполнены из корпуса 30, ряда упруго-пластичных прокладок 31, приложенных металлическими пластинами 32, утолщенного конусного конца тяги 33, помещенного в песок 34.

При землетрясении покрытие резко перемещается, главным образом, в горизонтальном направлении V-образная конструкция с грузом на конце через шарнир за счет инерции препятствует перемещению здания и вследствие значительно более высокой частоты настройки и затухания колебаний в демпфирующем амортизаторе снижает сейсмические нагрузки на сооружение. Благодаря V-образным консольным маятникам динамический гаситель колебаний является перспективным и целесообразным.

ВЫВОДЫ:

1. Достоинством большинства гасителей комбинированного типа является возможность пространственной защиты строительного объекта от негативных, сейсмических и импульсно-ветровых воздействий.

А их основными недостатками являются:

2. Комбинированные системы в силу конструктивных особенностей обладают наибольшей материалоемкостью и сложностью изготовления.
3. Остальные недостатки у гасителей комбинированного типа аналогичны маятниковым системам. Сказывается принадлежность гасителей к одному классу сейсмоизолирующих систем, а именно, к динамическим гасителям колебаний.

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

И, наконец, в целом о динамических гасителях колебаний, все они заслуживают к себе особого, повышенного внимания со стороны специалистов-строителей: их следует исследовать и изучать, т.е. разрабатывать и внедрять через экспериментальные проекты. Связано это с тем, что при расчете строительных объектов на сейсмические воздействия, они, как правило, учиты-

вают сейсмические возмущения, а импульсно-ветровой составляющей, из-за ее меньших физических значений, обычно пренебрегают. Однако широкое применение и использование в современной строительной практике высотных гибких объектов (небоскребов), систем и элементов активной сейсмозащиты существенно изменили соотношения в силовом балансе сил, действующих на строительный объект. Для обеспечения эффективной и надежной работы строительного объекта, применение гасителей колебаний совместно с элементами сейсмозащиты может оказаться перспективным и целесообразным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Елисеев С.В. Нерубко Г.П. динамические гасители колебаний. – Новосибирск: Наука, 1982. -144 с.
2. Корнев Б.Г., Блехерман А.Н., Осроумов Б.В. Об экспериментальном определении параметров маятникового динамического гасителя колебаний.//Строительная механика и расчет сооружений. 1972- № 2. – с 66-67.
3. Немчинов Ю.И. и др. Опыт гашения колебаний конструкций и их элементов//Строительная механика и расчет сооружений. 1984- № 1. – с 68-70.
4. Рекомендации по проектированию гасителей колебаний для защиты зданий и сооружений, подверженных горизонтальным динамическим воздействием от технологического оборудования и ветра –М.: Стройиздат, 1978. 67 с.
5. Поляков В.С. К вопросу об эффективности динамического гасителя колебаний при сейсмических воздействиях.//Строительная механика и расчет сооружений. 1980- № 5. – с 49-53.
6. Поляков В.С. и др. Современные методы сейсмозащиты зданий/В.С. Поляков, Л.Ш. Килимник, А.В. Черкашин. – М.: Стройиздат, 1989.-320 с.

Раздел 3. Строительные материалы и изделия

УДК 666.31

Павлуненко Л.Е., к.т.н.

Полтавский университет потребительской кооперации Украины Симферопольский
инопородный факультет

Керамическое сырье Украины

Представлен обзор месторождений основных материалов, используемых в керамическом производстве: каолинов, глин, пегматитов. Рассмотрены перспективные источники нетрадиционного керамического сырья. Показаны преимущества использования комплексного сырья на примере щелочных каолинов Дубровского (Житомирская область) и Екатериновского (Донецкая область) месторождений, используемых при получении высококачественных концентратов для изготовления тонкой керамики, фарфоро-фаянсовых изделий, электрофарфора.

Керамика, сырье, фарфор, электрофарфор, глина, каолин, пегматит

Одной из **проблем**, которая волнует в настоящее время производителей керамических изделий, является вопрос более тесного сотрудничества с украинскими поставщиками сырьевых материалов. Как известно, украинская добывающая индустрия работает в основном на внешние рынки, и в связи с этим иногда страдает отечественный производитель. Особенно это касается высококачественного каолинового сырья. В практике многих предприятий отрасли сегодня используются импортные сырьевые полуфабрикаты.

Актуальность выбранной для изучения темы заключается в том, что более половины себестоимости единицы изготавливаемой продукции приходится на сырье и энергоносители. При низких издержках производитель имеет более широкие возможности для маневра в ценовой конкуренции. Сырьевые материалы, используемые для приготовления керамической массы, разделяют на пластичные (глины и каолины) и непластичные. Ниже представлена география и краткая характеристика месторождений основных сырьевых материалов, используемых предприятиями отрасли, составленная в результате обобщения данных Национальной академии наук Украины, Министерства экологии и природных ресурсов, Украинского государственного геологоразведочного института.

По производству каолина – 18% от мирового, Украина занимает третье место после США и Колумбии. Всего известно около 200 месторождений каолинов, из которых 35 разведано и 21 эксплуатируется [1].

Месторождения каолина в Украине подразделяют на два типа: первичный (с двумя подтипами – основной и щелочной) и вторичный. Государственным балансом запасов Украины учтено 35 месторождений каолинов: первичного – 27 (в том числе первичного щелочного – 4), вторичного – 8. Следует отметить, что щелочные каолины могут использоваться в керамике как заменители калиево-полевошпатового сырья. Наибольшее количество месторождений каолина – 9 (8 из которых разрабатываются) размещено в Хмельницкой области. По перспективности разведанных месторождений лидирует Винницкая область, запасы которой специалисты оценивают в 557987 тыс.т. Наибольшие объемы добычи каолина осуществляются в Днепропетровской и Запорожской областях [2].

Добыча каолина в Украине базируется главным образом на первичных каолинах, возникших из гранитов. Основными месторождениями первичного каолина являются: Просьяновское, содержание каолина в породе составляет 45-72%; Владимирское - 72%; Глуховецкое - 55-60%; Великогадомское - 60%. Последнее из названных месторождений зарезервировано. Богатые залежи первичных каолинов имеются в Закарпатской области (Береговское месторождение).

Большая часть добываемых каолинов обогащается. Обогащение производится на трех предприятиях, осуществляющих разработку трех крупнейших месторождений первичных каолинов: Просьяновском и Глуховецком каолиновых комбинатах и Турбовском каолиновом заводе. Обогащенный каолин содержит главным образом каолинит и примеси: кварц, полевой шпат, слюду, а

также в тонкодисперсном состоянии минералы циркон, рутил, турмалин, пирит. Лучший среди отечественных - каолин Просяновского месторождения (Днепропетровская область), кроме каолинита содержит немного гидрослюда, до 45% кварцевых зерен и частицы неразложившегося полевого шпата [3].

Предприятия Украины потребляют 25% обогащенного каолина, основная его часть экспортируется. Лучшие сорта обогащенных каолинов используют для производства фарфора и фаянса, а также бумаги и резины. Вторичные каолины применяют в производстве огнестойких изделий, для изготовления тонкой и строительной керамики.

Наиболее значительными месторождениями вторичных каолинов являются Кировоградское, Обозниское (Кировоградская область), Пологивское (Запорожская область), Владимирское (Донецкая область), Мурзинское (Черкасская область). Высококачественные огнестойкие вторичные каолины Кировоградского и Обозниского месторождений относят к каолинам «украинского типа», содержащим примеси высокоглиноземистых минералов.

Щелочные каолины Дубровского (Житомирская область) и Екатериновского (Донецкая область) месторождений являются комплексным сырьем для получения каолинов и полевых шпатов. Из них вырабатывают высококачественные концентраты для изготовления тонкой керамики, фарфоро-фаянсовых изделий, электрофарфора (высоковольтных изоляторов), керамической плитки и керамогранита, санитарно-керамических изделий. Одним из таких производств является Общество с ограниченной ответственностью УкрРосКаолин. Комплексное сырье, перерабатываемое предприятием - щелочной каолин Екатериновского месторождения, расположенного на территории Володарского района Донецкой области Украины, разработка которого начата в 2002 году [4]. Минералогический состав щелочного каолина: калиевый полевой шпат (микроклин) - 36,1 %, каолинит - 26,7 %, кварц - 35,1%, примеси 2,1 %.

Являясь универсальным сырьем, щелочной каолин может использоваться в рамках традиционной технологии производства фарфора. Хорошая спекаемость фарфоровой массы с его использованием, позволяет вырабатывать изделия, характеризующиеся высокими прочностными свойствами, устойчивостью к деформации в обжиге, низким водопоглощением, а также полным соответствием коэффициента теплового расширения материала и термического расширения глазури. (При недостаточно близких значениях коэффициентов неизбежны растрескивание или отколы глазури). Проведенные исследования готовой продукции выявили хорошую белизну и просвечиваемость изделий.

В Украине разведано около 50 месторождений глин, главные из которых сосредоточены в границах Донбасса и Украинского щита. Большое распространение получили огнеупорные (огнестойкость превышает 1580°C) и тугоплавкие глины (огнестойкость 1350°C - 1580°C). Из 20 разведанных месторождений огнеупорных глин 10 разрабатываются. Наибольшее количество месторождений глины сосредоточено в Донецкой области. Ниже представлены общие характеристики глин основных эксплуатируемых месторождений [1].

Глины Часов-ярского месторождения - белогущие глины с большим интервалом спекания. Главный глинообразующий минерал – монотермит (разновидность гидрослюда, содержащая 2,2 – 2,9% K_2O). Высокая дисперсность глин делает их особо пластичными. По пластичности и огнеупорности к ним приближаются Дружковские глины, в отдельных залеганиях которых содержится повышенное количество железа [5]. Глинообразующие материалы Веселовских глин, на 23-36% состоящих из глинозема, представлены монотермитом, каолинитом и гидрослюдой. Глины названного месторождения отличаются высокой огнеупорностью (1580°C – 1710°C). Содержание глинозема в Новорайских глинах, глинообразующие материалы которых представлены монотермитом, каолинитом и гидрослюдой, составляет 22-43%, огнеупорность - 1540°C–1760°C. В полукислых тугоплавких Артемовских глинах глинозема – 15-22%, температура спекания - 1200°C, их огнеупорность составляет 1580°C.

Для повышения пластичности и формуемости масс, взамен глин, с которыми в массу вносятся окрашивающие окислы железа и титана, используют бентониты. Изделия из массы с бентонитом имеют повышенную белизну. Главным минералом в бентонитовых глинах выступает монтморил-

лонит, присутствие которого увеличивает набухаемость глины, повышает ее связность, пластичность и адсорбционную способность, ему часто сопутствуют гидрослюда, каолинит, бейделлит, палыгорскит, примеси кварца, опала, полевых шпатов.

Бентонитовые глины распространены в пределах Украинского щита, Днепровско-Донецкой впадины, в Закарпатье и Крыму. На Украине известно около 100 выходов бентонитовых глин [6]. В то же время практически все промышленные запасы (более 90%) сосредоточены в большом Черкасском месторождении. В настоящее время ведется добыча сырья Горбковского (Закарпатье) и Кудринского (АР Крым) месторождений. Перспективными считаются месторождения: Пыжевское (Черновицкая область), Бережанское (Тернопольская область). Добываемый на Керчинском полуострове Кудринский бентонит на 95-97% состоит из монтмориллонита и подразделяется на щелочноземельную и щелочную (с преобладанием ионов Na^+ и K^+) разновидности. Его высокие адсорбционные и ионообменные способности, обусловленные специфическим строением кристаллических решеток минерала, величиной удельной поверхности, размерами и характером пор, а также химический состав, могут использоваться для замены им пластичных глин в производстве фарфора. Добыча сырья еще одного крымского месторождения – Курцевского на сегодняшний день не имеет промышленного значения.

Используемые в керамическом производстве непластичные материалы в зависимости от характера действия разделяют на отошающие материалы (кварцевый песок, бой обожженных изделий, шамот) и плавни, которые в сырой массе действуют как отошающие добавки [7]. Универсальным плавнем в технологии тонкой керамики, производстве глазурей и эмалей выступают полевые шпаты. Месторождения полевых шпатов, пригодных для промышленной разработки, весьма ограничены несмотря на то, что земная кора более чем на 50% (массовых) состоит из полевошпатовых пород. Минералогически полевые шпаты подразделяют на две группы: натриево-калиевые (имеющие большое значение для керамического производства, т.к. способствует большей механической прочности и термостойкости, лучшей просвечиваемости) и натриево-кальциевые (плагиоклазы) [3].

По общим запасам полевошпатового сырья, представленного в основном пегматитами и микрогранодиоритами (фарфоровыми камнями), Украина занимает шестое место в мире, в то время как по его добыче – лишь 39. Государственным балансом запасов полезных ископаемых Украины учтено 8 месторождений полевошпатового сырья (в их числе одно микрогранодиоритовое), 4 из которых разрабатываются [2].

Наиболее ценные из встречаемых месторождений – гранитные, разрабатывают в областях: Житомирской (Полонно-Барановское, Малинское, Житомирское, Грузливецкое и др.), Запорожской (Елисеевское, Гуляй-польское, Андреевское и др.), Ровенской (Бильчаковское, Корецкое, Городницкое и др.), Донецкой (Красновское, Анадольское) и Хмельницкой (Майдано-Лабуновское).

Среди месторождений щелочных каолинов, о которых упоминалось выше, лишь часть может представлять промышленный интерес с точки зрения содержания в них полевого шпата: Дубровской (Житомирская область), Просяновской (Днепропетровская область), Катериновской (Донецкая область) и других групп.

Большой интерес для керамической промышленности представляют гранитоиды. Наиболее важные регионы их добычи представлены ниже в порядке убывания значимости: Кировоградско-Бобринецкий массив, Райгородский (Винницкая область), Кишино – Жубровицкий и Осницкий массивы (Житомирская область), Фастовский массив (Киевская область), Коростеньский массив (Житомирская область).

Масштабным источником полевошпатового сырья в ближайшем будущем могут стать нефелиновые сиениты и близкие к ним по минеральному и химическому составу альбит-нефелиновые сиениты и мариуполиты (наиболее изученными месторождениями которых являются Мазуровское и Калино-Шевченковское). Особый интерес в керамическом и стекольном производстве, как комплексное полевошпатовое сырье, представляют аркозовые пески и песковики. Состоящие из кварца полевого шпата, они залегают в регионах Украины, расположенных в районе Днепровско-Донецкой впадины (Донбасс, Николаевская область).

Геология Украины разнообразна по своему природному и минеральному составу, что допускает разведывание новых, нетрадиционных для Украины источников полевошпатового сырья, которое уже используется в других странах. К ним относятся плагиоклазы, микроклиниты, плагиоклаз-микроклиновые породы, альбиты полевошпатовые метасоматиты, а также ортофиры, кварц-серицитовые ортосланцы, кварцевые порфиры (фарфоровые камни обнаруженные в Закарпатской области) и др.

Добываемое в Украине полевошпатовое сырье имеет относительно низкое качество, а месторождения его по своим запасам невелики, однако есть большие перспективы для добычи и экспорта нефелинового сиенита. Особый интерес в этом плане представляют отвалы Донецкого химико-металлургического завода, образованные после добычи циркона, почти полностью состоящие из нефелина и полевых шпатов (альбита и микроклина). По оценкам специалистов Крымского отделения Украинского государственного геологоразведочного института, перспективным для получения комплексного полевошпатового сырья является также использование гранитоидов.

ВЫВОДЫ.

В настоящее время в условиях рыночной экономики работа с нетрадиционным керамическим сырьем рассматривается специалистами отрасли как перспективное направление. Определенный интерес представляет техногенное полевошпатовое сырье – это кварц-полевошпатовые отходы, образующиеся при добыче и обогащении других полезных ископаемых, особенно на действующих предприятиях, разрабатывающих месторождения редкоземельных металлов и нефелиновые месторождения.

В заключение хочется отметить, что применение комплексного керамического сырья - щелочного каолина, позволяет полностью отказаться или значительно снизить содержание пегматитов (полевых шпатов), каолинов и песка в составе шихты, что влечет за собой снижение затрат на транспортировку сырьевых компонентов. Следует учитывать также, что стоимость собственно щелочного каолинита значительно ниже стоимости кварц-полевошпатовых концентратов и каолинов. Его использование в производственном процессе, позволяет, не меняя традиционной технологии производства, полностью отказаться от пегматита и значительно снизить ввод в массу каолина. Таким образом, неоспоримым преимуществом от использования щелочного каолина является снижение себестоимости выпускаемой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Атлас: Геологія і корисні копалини України /Ред. Л.С. Галецький. – Київ: Видавництво НАН України, Міністерства екології та природних ресурсів України, 2001
2. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Т 2: Неметалічні корисні копалини /Наукові редактори: М.П. Щербак, С.В. Гошовський. – Київ – Львів: Центр Європи, 2006. – с 162 – 201.
3. Августиник А.И. Керамика. – Л.: Стройиздат, 1975. – 591 с.
4. www.ukrkaol.com.ua
5. Шерман Я.И. Производство санитарно-строительной керамики. – М.: Гос. Изд-во по строительным материалам, 1951. – 207 с.
6. Аблаева Л.А. Використання бентонітових глин Кудринського родовища для охорони навколишнього середовища: Автореф. дис. ... канд. геол. наук. – Київ, 2002

Свищ И.С., к.т.н., доцент; Бахтин А.С., магистр

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Применение шлакощелочного бетона на основе жидкого стекла с силикатным модулем $M_c = 1,5 \dots 1,7$ и доменном щебне в производстве железобетонных конструкций

Приведены результаты исследования свойств шлакощелочного бетона (ШЩБ) на основе термозита и жидких стекл при помощи математического планирования эксперимента, а также использования ШЩБ в железобетонных конструкциях.

Вязущее вещество, шлакощелочной бетон, прочность, плотность, смесь, удобоукладываемость, планирование.

Известно, что наиболее эффективным щелочным компонентом шлакощелочного вяжущего (ШЩВ) являются жидкие стекла, позволяющие получать высокопрочные шлакощелочные вяжущие с наибольшей коррозионной стойкостью, морозостойкостью и рядом других специальных свойств. Однако существенным недостатком жидкого стекла являются его высокая стоимость по сравнению с другими щелочными компонентами ШЩВ и короткие сроки схватывания ШЩВ на его основе. В настоящее время не достаточно изучены физические, механические, технологические и эксплуатационные свойства ШЩВ, а в частности конструкционных облегченных бетонов на основе жидких стекл с силикатным модулем ($M_c = 1,5 \dots 1,7$) и доменном щебне (термозите). Обширные данные по исследованию ШЩВ на основе силикатного стекла с кремнеземистым модулем ($M_c = 1$) и ($M_c = 2$), представлены в работах В.Д. Глуховского [2], П.В. Кривенко [3], В.А. Ракша [4], Г.В. Румына [5], Ю.А. Шеплякова [6] и др. Наиболее существенные исследования ШЩВ на основе жидких стекл с силикатным модулем $M_c = 1,4 \dots 1,6$, полученных механохимической активацией, приведены в [7]. Однако остаются малоисследованные области свойств ШЩВ и конструкционных облегченных бетонов на их основе с использованием силикатного стекла ($M_c = 1,5 \dots 1,7$) и доменного щебня (термозита). К таким областям можно отнести влияние силикатного модуля в пределах $1,5 \dots 1,7$, плотности водного раствора жидкого стекла, раствора – шлакового соотношения, тонкости помола шлака на технологические и механические свойства ШЩВ и бетонов на его основе.

В связи с этим **ЦЕЛЬЮ** исследовательской работы является разработка состава ШЩБ на основе жидкого стекла с силикатным модулем $M_c = 1,5 \dots 1,7$ и доменном щебне (термозите) и эффективность применения его в железобетонных конструкциях.

Для достижения поставленной цели решали следующие **ЗАДАЧИ**:

- установить необходимые требования к исходным сырьевым материалам;
- исследовать физико-механические, технологические и структурные особенности шлакощелочного вяжущего на основе жидкого стекла с силикатным модулем ($M_c = 1,5 \dots 1,7$);
- определить эффективный состав, физико-механические и технологические показатели шлакощелочного вяжущего на основе жидкого стекла с силикатным модулем ($M_c = 1,5 \dots 1,7$);
- оптимизировать составы шлакощелочного бетона с использованием эффективного шлакощелочного вяжущего на основе жидкого стекла с силикатным модулем ($M_c = 1,5 \dots 1,7$) и доменного щебня (термозита);
- определить физико-механические показатели оптимизированных составов бетонов (среднюю плотность, кубиковую и призмennую прочность, модуль упругости, коэффициент Пуассона, кратковременные деформации);

Объектом исследования являются шлакощелочные вяжущие и бетоны с применением силикатного стекла с кремнеземистым модулем ($M_c = 1,5 \dots 1,7$) и доменном щебне (термозите).

В качестве алюмосиликатной составляющей ШЩВ в исследовании использовали размолотые до удельной поверхности $300 \dots 330 \text{ м}^2/\text{кг}$ по ПСХ – 4 основные доменные гранулированные шлаки, химический состав которых, представлен в табл. 1. Структура шлаков представлена в основном рентгеноаморфной стекловидной кальциево-алюмосиликатной массой, с небольшой при-

месью кристаллической фазы, представленной кальцитом CaCO_3 , бредигитом $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ и геленитом $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$.

Таблица 1

Химический состав гранулированного шлака

Шлак	Содержание оксидов %								
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	MnO	R_2O	п.п.п.
Запорожский	35,17	6,08	0,51	47,44	3,4	-	0,36	-	-

Изучение свойств шлакощелочного вяжущего проводили на жидком натриевом стекле с силикатным модулем ($M_c = 3,3$) и плотностью $\rho = 1,44 \text{ г/см}^3$. Для понижения силикатного модуля до ($M_c = 1,5 \dots 1,7$) применяли едкий натрий в гранулах, добавляемый в кипящее жидкое стекло в количестве определенном по расчету. После жидкое стекло охлаждали в течение 24 часов и определяли силикатный модуль. Для жидкого натриевого стекла силикатный модуль находился в пределах ($M_c = 1,57 \dots 1,58$).

В качестве мелкого заполнителя в работе использовали материалы, испытание которых проводили в соответствии со стандартными методиками:

- запорожский речной песок, характеризуемый следующими показателями: насыпная плотность – 1490 кг/м^3 ; содержание глинистых и илистых частиц – 6 – 7%; модуль крупности – 1,43; пустотность – до 40%; остаток на сите 014 до 9% по массе;
- доменный щебень, характеризуемый следующими показателями: насыпная плотность – 790 кг/м^3 ; прочность на сдвливание в цилиндре – 5,5 МПа; фракционный состав – 5 - 10 мм; средняя плотность в куске – $1,285 \text{ кг/м}^3$.
- жидкое стекло натриевое характеризуемое следующими показателями: промышленный силикатный модуль $M_c = 3,3$; модифицированный силикатный модуль $M_c = 1,57 \dots 1,58$; плотность промышленного силикатного стекла – $\rho = 1,42 \dots 1,44 \text{ г/см}^3$; плотность модифицированного силикатного стекла $\rho = 1,63 \dots 1,66 \text{ г/см}^3$;
- для приготовления силикатного стекла натриевого с силикатным модулем $M_c = 1,5 \dots 1,7$ использовали гидроксид натрия NaOH в гранулах.

Сроки схватывания шлакощелочного теста измеряли по стандартной методике. Из теста нормальной густоты изготавливали образцы кубиков $0,02 \times 0,02 \times 0,02 \text{ м}$ и балочек $0,04 \times 0,04 \times 0,16 \text{ м}$ для определения прочностных характеристик шлакощелочного теста.

Из конструкционного облегченного шлакощелочного бетона с использованием доменного щебня (термозита) изготавливали образцы кубов $0,1 \times 0,1 \times 0,1 \text{ м}$; $0,15 \times 0,15 \times 0,15 \text{ м}$ и призмы размером $0,1 \times 0,1 \times 0,4 \text{ м}$ для определения физико-механических характеристик.

Уплотнение шлакощелочных бетонов с $\text{Р/Ш} = 0,4 \dots 0,5$ производили на виброплощадке с амплитудой $4 \dots 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ при частоте 2800 кол/мин, при давлении 0,1 МПа. Продолжительность виброуплотнения составляла от 10 до 70 секунд. Образцы балочек размером $0,04 \times 0,04 \times 0,16 \text{ м}$, кубов $0,07 \times 0,07 \times 0,07 \text{ м}$, $0,1 \times 0,1 \times 0,1$; $0,15 \times 0,15 \times 0,15 \text{ м}$ и призм $0,1 \times 0,1 \times 0,4 \text{ м}$ выдерживали в нормальных условиях до испытания. Одновременно образцы того же состава, через $2 \pm 0,5$ часов после изготовления пропаривали по режиму 2+5+2 при температуре $70 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$. Испытания по определению прочности на сжатие и растяжение призм проводили через два часа после ТВО и через 28 суток после ТВО образцов.

Образцы изготавливали в металлических формах, внутреннюю поверхность которых смазывали эмульсией.

Определение предела прочности при сжатии всех образцов кубов и призм проводили на гидравлическом прессе П – 125. Предел прочности на изгиб образцов балочек проводили при помощи прибора МИИ – 100, а предел прочности при сжатии образцов половинок балочек и цилиндров проводили на прессе П – 10. Все определения прочностных характеристик ШЩВ и ШЩБ производили согласно ДСТУ. Обработку полученных результатов проводили методами, изложен-

ными в стандартах.

Оптимизацию состава шлакощелочного бетона на основе жидкого стекла и доменного щебня проводили, как для конструкционного облегченного бетона без учета добавок.

Для проведения оптимизации состава бетона была принята методика математического планирования многофакторного эксперимента (МПЭ). Математическое моделирование и планирование эксперимента проводили с тремя независимыми переменными, а именно: X_1 – растворош-лаковое соотношение (Р/Ш); X_2 – соотношение мелкого заполнителя к сумме заполнителей ($r_0 = M^*/(K + M)$); X_3 – расход шлака (Ш). Основными контролируемыми параметрами (откликами) являются прочность (Y_1) и плотность (Y_2) шлакощелочного бетона на основе жидкого стекла и доменном щебне. Дополнительным контролируемым параметром (откликом) является время виброуплотнения бетонной смеси.

Виброуплотнение бетонной смеси производили в лабораторных условиях при стационарной постоянной нагрузке в 0,1 МПа.

В качестве матрицы планирования был принят квадратичный план эксперимента при числе факторов $k = 3$.

Таблица 2.

При числе факторов $k=3$ ($N=N_1+N_2+n_0$)

№ опыта		Матрица планирования (x_i)			Квадраты переменных (x_i^2)			Взаимодействие ($x_i x_j$)			Свойства бетона (выход)		
		x_1	x_2	x_3	x_1^2	x_2^2	x_3^2	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	Y_{i1}	Y_{i2}	Y_{i3}
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N_1	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	2	–	+	+	+	+	+	–	–	+	+	+	+
	3	+	–	+	+	+	+	–	+	–	+	+	+
	4	–	–	+	+	+	+	+	–	–	+	+	+
	5	+	+	–	+	+	+	+	–	–	+	+	+
	6	–	+	–	+	+	+	–	+	–	+	+	+
	7	+	–	–	+	+	+	–	–	+	+	+	+
	8	–	–	–	+	+	+	+	+	+	+	+	+
N_a	9	+	0	0	+	0	0	0	0	0	+	+	+
	10	–	0	0	+	0	0	0	0	0	+	+	+
	11	0	+	0	0	+	0	0	0	0	+	+	+
	12	0	–	0	0	+	0	0	0	0	+	+	+
	13	0	0	+	0	0	+	0	0	0	+	+	+
	14	0	0	–	0	0	+	0	0	0	+	+	+
n_0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	+
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	+
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	+

Матрица планирования эксперимента в натуральном выражении приведена в таблице 3.

Таблица 3.

Матрица планирования эксперимента и результаты опытов

Исходные данные	Факторы			Результаты опытов		
	X_1 (Р/Ш)	X_2 (r_o)	X_4 (Ш)	Y_1 ($R_{сж}$)	Y_2 (Ж ₄)	Y_3 (ρ_6)
1	2	3	5	6	7	8
Нулевой уровень 0	0,45	0,65	340	-	-	-
Интервал варьирования	0,03	0,05	40	-	-	-
Опыт №1	0,48	0,70	380	21	7	2180
Опыт №2	0,42	0,70	380	23,3	15	2150
Опыт №3	0,48	0,60	380	23	10	2190
Опыт №4	0,42	0,60	380	24,6	16	2185
Опыт №5	0,48	0,70	300	17,6	25	2160
Опыт №6	0,42	0,70	300	21,7	43	2190
Опыт №7	0,48	0,60	300	20	22	2180
Опыт №8	0,42	0,60	300	22,1	55	2195
Опыт №9	0,48	0,65	340	19,5	9	2145
Опыт №10	0,42	0,65	340	22,8	30	2165
Опыт №11	0,45	0,70	340	21,1	15	2190
Опыт №12	0,45	0,60	340	21,7	10	2130
Опыт №13	0,45	0,65	380	21,2	7	2160
Опыт №14	0,45	0,65	300	21	25	2200
Опыт №15	0,45	0,65	340	21	11	2160
Опыт №16	0,45	0,65	340	21,8	12	2155
Опыт №17	0,45	0,65	340	20,7	12	2170

Примечание: 1. Фактор X_2 (r_o) в натуральном выражении следующий:

$r_o = M / (M+K)$, где при $r_o = 0 = 0,65 > M = 950$ кг, $K = 510$ кг;

при $r_o = -1 = 0,60 > M = 876$ кг, $K = 584$ кг;

при $r_o = +1 = 0,70 > M = 1022$ кг, $K = 438$ кг;

2. Плотность жидкого стекла $constant \rho = 1,20$ г/см³.

Обработка результатов, проведенная по стандартной методике, позволила получить уравнения регрессии второй степени, связывающие контролируемый параметр с варьируемыми факторами. После завершения расчетов уравнения регрессии проводили статистический анализ, который включал в себя оценку значимости коэффициентов при членах регрессии и проверку адекват-

ности уравнения регрессии экспериментальным данным.

1. Выходной параметр предел прочности на сжатие:

Уравнение регрессии

$$Y_1 = 20,68 - 1,35X_1 - 0,69X_2 + 1,06X_3 + 0,57X_{22} - 0,36X_1X_2 + 0,26X_1X_3;$$

2. Выходной параметр плотность бетона:

Уравнение регрессии

$$Y_2 = 2175,76 - 9X_1 + 20,86X_{33};$$

3. Выходной параметр удобоукладываемость бетонной смеси (жесткость):

Уравнение регрессии

$$Y_3 = 11,93 - 8,4X_1 - 11,7X_3 + 7,63X_{11} + 4,13X_{33} + 1,88X_1X_2 + 4,38X_1X_3;$$

Согласно уравнений регрессии были построены номограммы. В результате проведенной экспериментальной части был подобран оптимальный состав шлакощелочного бетона.

Расход материалов на 1 м³ составил: Ш - 350 кг; П - 934 кг; Щ - 526 кг; раствор жидкого стекла 1,2 г/см³ - 189 л.

Из данного состава были изготовлены образцы кубов размером 0,1х0,1х0,1 м, призм размером 0,1х0,1х0,4 м. Через 2 ч после изготовления образцы подвергали ТВО по режиму 2+5+2 при температуре 70 ± 5 °С. Предел прочности на сжатие образцов призм определяли на прессе П – 125 (рис. 1), через два часа после ТВО и через 28 суток твердения.

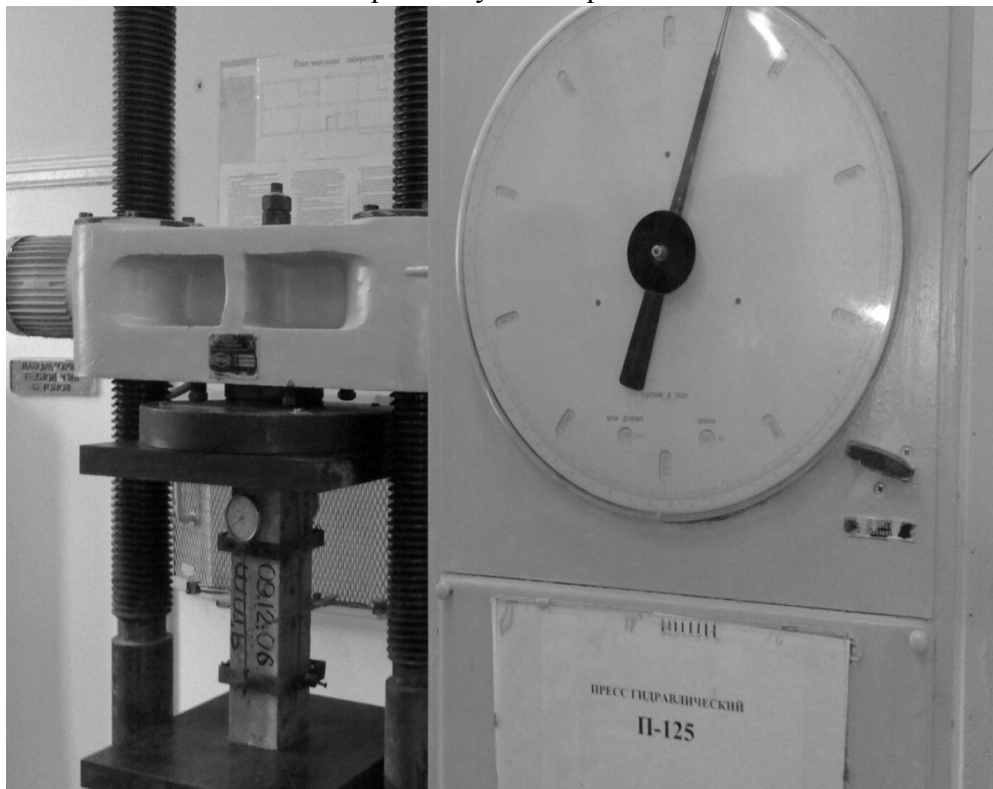


Рис. 1 Определение призмной прочности R_b , модуля упругости E_b , коэффициента Пуассона λ .

Структура шлакощелочного бетона представлена на рис.2. Средняя кубиковая прочность образцов после ТВО составила 25,5 МПа, при плотности бетона 2160 кг/м³. Призмная прочность образцов составила 10 МПа. Через 28 суток твердения образцы также были испытаны по пределу прочности на сжатие. Средняя кубиковая прочность составила 34 МПа. Призмная прочность соответственно 18 МПа. Данная призмная прочность соответствует классу бетона В 22,5. Были определены следующие характеристики данного шлакощелочного бетона:

- модуль упругости $E_b = 21429$ МПа;
- коэффициент Пуассона $\lambda = 0,2$



Рис. 2 Структура шлакощелочного бетона.

ВЫВОДЫ:

1. В результате оптимизации состава бетона получены уравнения регрессии прочности, плотности и удобоукладываемости.
2. Определен оптимальный состав бетона по физико-механическим параметрам.
3. Проверены опытные показатели призмной прочности ($R_b = 18$ МПа), кубиковая прочность ($R = 34$ МПа), начального модуля упругости ($E_b = 21429$ МПа) и коэффициента Пуассона ($\nu = 0,2$).
4. Для устранения процессов высолообразования рекомендуется шлакощелочной бетон виброуплотнять при давлении $0,1$ МПа, а также подвергать ТВО в режиме $(2+5+2)$ при температуре 70 ± 5 С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щелочные и щелочно-щелочноземельные гидравлические вяжущие и бетоны / под общей редакцией В.Д. Глуховского. – К.: Вища школа, 1979. – 231 с.
2. Кривенко П.В., Пушкарева Е.К., Чиркова В.В. Процессы гидратации силикатов кальция в присутствии щелочных металлов // Изв. вузов. Сер. Химия и химическая технология. – 1985 – 28, №2 – с. 70 – 74.
3. Ракша В.А. Исследование влияния химического состава шлаков на свойства шлакощелочных вяжущих и бетонов: Автореф. Дис... канд. тех. наук: 05.23.05 / КИСИ. К., 1974. – 18 с.
4. Румына Г.В. Исследование влияния глинистых минералов на свойства шлакощелочных бетонов: Автореф. дис... канд. тех. наук: 05.23.05 / КИСИ. К., 1974. – 22 с.
5. Шепляков Ю.А. и др. Влияние свойств жидких стекол на технологические и прочностные характеристики шлакощелочных вяжущих // Строительство и техногенная безопасность. Выпуск 4. – Симферополь: КАПКС, 2001. – с. 166 – 176.
6. Олейник О.Н. Шлакощелочные вяжущие и бетоны с использованием щелочных силикатных суспензий. Дисс. на соискание ученой степени к.т.н., Симферополь, 2001, 167 с.
7. ДСТУ БВ. 2.7 – 32 – 95. В'язуче шлаколучне. Технічні умови.
8. ГОСТ 310.1 – 76 – ГОСТ 310.2 – 76, ГОСТ 310.4 – 81. Цементы. Методы испытаний.
9. ДСТУ БВ 2.7 – 29 – 95. Будівельні матеріали. Дрібні заповнювачі природні, з відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Класифікація.
10. ДСТУ БВ 2.7 – 32 – 95. Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови.
11. ГОСТ 6139 – 91. Песок стандартный для испытаний цемента. Технические условия.

Циак Н., инженер

Варминско-Мазурский Университет в Ольштыне, Польша

Анализ влияния состава жидких агрессивных сред на коррозионную стойкость цементных бетонов, пропитанных расплавом серы

Рассмотрено влияние состава агрессивных жидких сред на коэффициент стойкости пропитанного расплавом серы цементного бетона и проанализированы физико-химические аспекты процесса коррозии.

Агрессивная среда, коррозионная стойкость, модифицированный бетон, сера.

Бетоны, модифицированные серой, как достаточно прочные и коррозионно-устойчивые технологические материалы нашли применение в странах, на территории которых имеются природные запасы серы и серных руд, разработаны технологии ее получения при очистке нефти и газа, а также образуются техногенные отходы, получаемые при переработке серы, в первую очередь, на предприятиях, производящих серную кислоту, минеральные удобрения и тонкого химического синтеза.

Анализ известных исследований коррозионной стойкости цементных бетонов, пропитанных серой, показывает, что они отличаются повышенной стойкостью по сравнению с обычными. Это объясняется, прежде всего, тем, что сера в обычных условиях инертна практически ко всем элементам, а колюматация капиллярно-пористого пространства бетона защищает поверхностные слои пропитываемых изделий (реакционно-способные фазы гидратированного цемента матрицы) и, тем самым, значительно снижает проницаемость бетона, ограничивая проникновение агрессивных жидких сред во внутрь изделий [1]. В то же время необходимы дальнейшие исследования для оценки влияния состава агрессивных сред на стойкость такого бетона.

Испытывали образцы размером 0,04х0,04х0,16 м, пропитанные расплавом серы. После изготовления и тепловой обработки образцы хранили 28 сут во влажностных условиях. Технология модификации заключалась в пропитке капиллярно-пористой структуры высушенных до постоянной массы образцов расплавом кристаллической серы в течение 4 ч при 150°C и атмосферном давлении. Другая серия образцов аналогичного базового состава не подвергалась пропитке и являлась контрольной.

Образцы экспонировали в эксикаторах в течение 360 сут в следующих агрессивных жидких средах 10-ти %-ной концентрации: смеси солей сульфатов $MgSO_4$ и K_2SO_4 , NaOH, H_2SO_4 . Контактное воздействие образцов со средами было всесторонним. Контроль прочности образцов производили на 30, 90, 180, 270 и 360 сутки. При проведении коррозионных испытаний за критерий стойкости модифицированного бетона принимали значения изменения массы образца, прочности и других свойств за определенный промежуток времени. Зависимость коэффициента стойкости образцов от продолжительности экспонирования в средах приведена на рис.1.

В двух случаях наблюдали снижение прочности как контрольных, так и пропитанных образцов, особенно в щелочной среде. Визуальный осмотр образцов, экспонируемых в NaOH показал, что сера почти полностью выщелочена на глубину до 10 мм от поверхности. Цвет раствора приобрел желтоватый оттенок. После нейтрализации раствора серной кислотой в результате реакции в осадок выпала сера и выделился сероводород. В этом случае сера постепенно выщелачивается из пропитанного бетона и не в состоянии защищать фазы гидратированного цементного камня от деградации, лишь замедляет ее скорость.

Результаты испытаний образцов в растворе серной кислоты показали, что пропитка значительно замедляет коррозию бетона. Так, коэффициент стойкости для пропитанных образцов оказался в 1,5 раза выше, чем контрольных после 360 сут экспозиции. Однако и в этом случае наблюдали разрушение бетона в результате реакции $Ca(OH)_2$ с H_2SO_4 .

В то же время химическая стойкость пропитанного бетона отмечена в растворах солей сульфатов магния и калия. Причем, пропитанные образцы показали некоторое повышение прочности, в то время как прочность контрольных образцов снизилась на 50%.

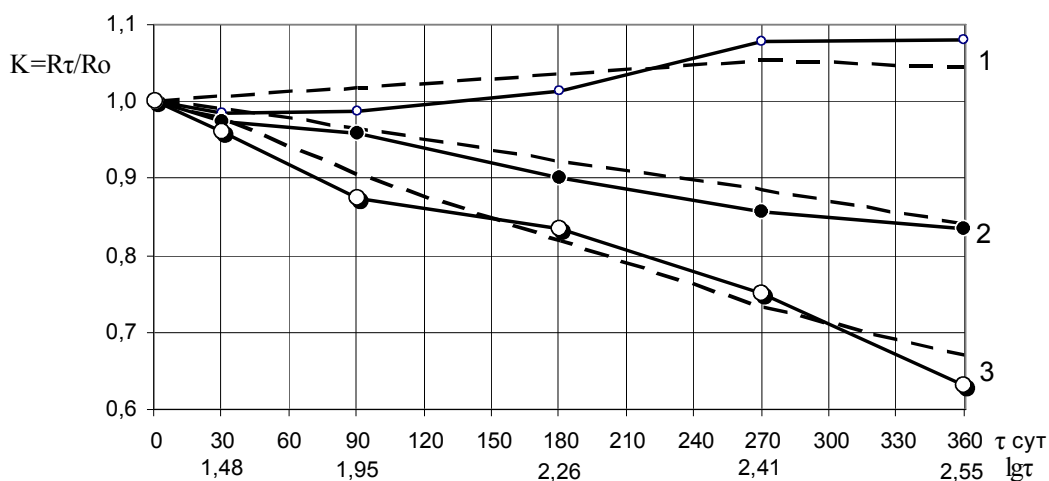


Рис. 1. Зависимость коэффициента химической стойкости бетона от продолжительности экспонирования в водных растворах: 1 – смеси сульфатов $MgSO_4$ и K_2SO_4 ; 2 – серной кислоты H_2SO_4 ; 3 – едкой щелочи $NaOH$; пунктиром показан коэффициент, рассчитанный по (1).

Обработка результатов методами математической статистики позволила получить зависимость, описывающую процесс снижения коэффициента химической стойкости во времени:

$$K_{x.c.} = K_{x.c.0} \exp(\alpha, \tau), \quad (1)$$

где τ – время экспонирования образцов в агрессивной среде, сутки, ($\tau \geq 1$);

α – коэффициент пропорциональности, 1/сут.

Экспериментально установлено, что коэффициент α зависит от вида среды и ее агрессивности и составляет: для раствора смеси $MgSO_4$ и K_2SO_4 – $2 \cdot 10^{-4}$ 1/сут, H_2SO_4 – $4,75 \cdot 10^{-4}$ 1/сут, $NaOH$ – $11,2 \cdot 10^{-4}$ 1/сут. Расхождение между расчетными и опытными коэффициентами не превышало 4-5%.

На втором этапе для сравнительного анализа химической стойкости модифицированного расплавом серы цементного бетона образцы новой серии (ТБП) экспонировали в течение 170 сут в следующих средах: 10% растворах $NaCl$, H_2SO_4 и 5% растворе $NaOH$, а также в технической воде, воздушно-сухих лабораторных и атмосферных условиях (табл.1).

Результаты определения pH в водных вытяжках из образцов показали некоторое снижение pH поровой жидкости в ходе коррозионных испытаний. Это объясняет взаимодействие компонентов агрессивной среды с $Ca(OH)_2$, что согласуется с данными [2-3]. Незначительное снижение pH (не более чем на 0,35 единицы pH в течение года), свидетельствует о крайне малой скорости коррозионного воздействия. Этот вывод хорошо согласуется с известными результатами термографических и рентгеноструктурных исследований [2]. Установлено, что коррозионной деструкции подвергаются лишь поверхностные слои образцов пропитанных серой. Коррозионное взаимодействие пропитанного серой бетона с агрессивной средой, независимо от вида ее агрессивности, приводит к снижению содержания серы и $Ca(OH)_2$.

Таким образом, преобладающим продуктом взаимодействия элементарной серы с $Ca(OH)_2$ в бетоне в присутствии жидкой среды является гипс, который при периодическом воздействии воды может в свою очередь растворяться (растворимость в воде 2500 мг/л).

На основании результатов длительного экспонирования образцов в различных агрессивных жидких средах было предложено следующее уточнение механизма коррозии цементного бетона, пропитанного элементарной серой, вне зависимости от вида агрессивной среды.

Взаимодействуя, сера и $Ca(OH)_2$ в присутствии воды образуют тиосульфат кальция; тиосульфат – ион может образовываться только как промежуточный продукт окисления серы в сульфат – ион. Тиосульфат кальция частично выщелачивается из бетона, но, в основном, окисляется до гипса. Процесс идет в тонком поверхностном слое (1-2 мм). Когда в этом слое сера окисляется настолько, что он становится проницаем для агрессивной среды, процесс дальнейшего разрушения обуславливается видом среды (по [4]).

Повышенная в результате пропитки плотность бетона существенно лимитирует диффузию агрессивной жидкой среды. В связи с этим коррозионной деструкции прежде всего подвергаются поверхностные слои бетона. Пористость (плотность структуры) бетона, с одной стороны, является критерием проницаемости химических активных сред и чем она больше, тем бетон более уязвим, с другой стороны – плотный бетон не позволяет эффективно пропитывать изделия расплавленной серой.

Таблица 1

Коррозионная стойкость цементного тяжелого бетона, пропитанного серой и экспонированного в различных средах в течение 170 суток

Непропитанные контрольные				Пропитанные серой			$K = \frac{R_{btb}^2}{R_{btb}^1}$
Шифр и серия	Среда экспонирования	Изменение массы, %	R_{btb}^1	Шифр и серия	Изменение массы, %	R_{btb}^2	
ТБП-Н-ИВС	Воздушно-сухая в помещении лаборатории	1,23	1,23	ТБП-П-ПВС	0	5,42	4,41
		1,38	1,10		0	5,30	4,82
		1,29	1,00		0	5,24	5,24
		среднее	1,30	1,10	среднее	0	5,32
ТБП-Н-ПВ	Вода техническая $t=20\pm 3^{\circ}\text{C}$	0,70	1,95	ТБП-П-IVB	1,35	4,38	2,25
		0,83	1,81		1,12	5,32	2,94
		0,75	1,85		0,98	5,45	2,95
		среднее	0,76	1,87	среднее	1,15	5,05
ТБП-Н-VA	Атмосфера (на крыше здания)	1,43	1,93	ТБП-П-VIA	0,01	4,70	2,44
		1,68	2,15		0,04	4,15	1,93
		1,45	1,95		0,01	4,71	2,42
		среднее	1,52	2,01	среднее	0,02	4,52
ТБП-Н-VIC	Раствор $NaCl$ 10%	4,15	2,32	ТБП-П-VIC	1,10	4,35	1,88
		3,76	2,05		1,32	3,85	1,88
		3,79	1,93		1,09	3,92	2,03
		среднее	3,90	2,10	среднее	1,17	4,04
ТБП-Н-IXЩ	Раствор $NaOH$ 5%	2,26	2,35	ТБП-П-ХЩ	-0,53	4,94	2,10
		2,12	2,00		-0,85	4,58	2,29
		1,89	2,07		-0,90	4,67	2,26
		среднее	2,09	2,14	среднее	-0,76	4,73
ТБП-Н-ХИК	Раствор H_2SO_4 10%	-41,32	Разрушен	ТБП-П-ХПК	-30,25	Разрушен	-
		-37,85			-25,12		-
		-35,85			-32,92		-
		среднее		-38,34	среднее		-29,43

ВЫВОДЫ

При выборе изделий для пропитки следует учитывать начальную пористость бетона, косвенно характеризующую отношением В/Ц, степень гидратации цемента (возраст бетона), вязкость и температуру расплава серы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Czarnecki L., Wysokinski L. Beton siarkowy – nowy material konstrukcyjny w budownictwie morskim //Inzynieria morska i geotechnika. – 1994. – №5.
2. Berry E.E., Soles J.A., Malhotra Y.M. Leaching of Sulfur and Calcium from Sulphur – Infiltrated. “Concrete Cement Research”. – 1977. – Vol.7. – Pp. 185 – 190
3. Бабушкин В.И. Физико-химические процессы коррозии бетона и железобетона. – М.: Стройиздат, 1968.
4. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М. Москвин, Ф.М. Иванов, С.Н. Алексеев, Е.А. Гузеев. – М.: Стройиздат, 1980. – 536 с.
5. Орловский Ю.И., Орловская Е.В., Циа Н. Пористость и структура цементных систем, пропитанных расплавом серы // Актуальные проблемы строительства. – Олыштын: УВМ, 2006. – С. 345 – 358.

Раздел 4. Технология промышленного и гражданского строительства

УДК 697.443

Головченко И.В., к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Сопоставительная технико-экономическая оценка вариантов теплоизоляционных работ при возведении подземных теплотрасс

Разработаны структура работ и строительных процессов и организационно-технологическая характеристика сформированных вариантов прокладки подземных теплотрасс. Проведено вариантное проектирование выбора и обоснования рациональных решений производства земляных, монтажных и теплоизоляционных работ.

Теплотрасса, стесненность, непроходной канал, структура работ, трудоемкость, приведенные затраты, циклограмма, поточность, продолжительность работ.

Подземные теплотрассы, как и любые другие трубопроводы, представляют собой линейные сооружения. В нестесненных условиях их возведение возможно высокими темпами. Однако ремонт или реконструкция существующих теплотрасс в пределах жилой застройки или на территории действующих промышленных предприятий вызывают необходимость в прокладке трубопроводов на отдельных участках трасс в соответствии с заданной последовательностью производства работ по реконструкции или ремонту в целом.

В этих условиях наиболее эффективным является технико-экономическое обоснование рациональных вариантов прокладки подземных теплотрасс в не проходных каналах для участков с идентичными условиями производства работ.

Наиболее показательным при этом является метод разработки циклограмм прокладки подземных теплотрасс по отдельным или нескольким вариантам производства работ, на основании которых определяют укрупненную структуру и последовательность выполнения работ. Структура работ и строительных процессов приведена в табл. 1, а организационно-технологическая характеристика сформированных вариантов прокладки подземных теплотрасс - в табл. 2.

Таблица 1

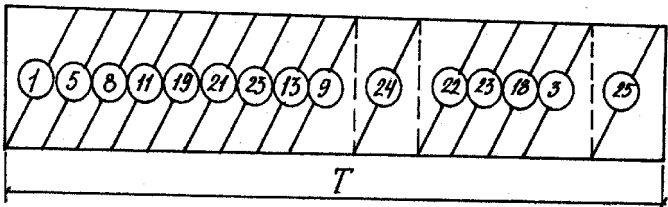
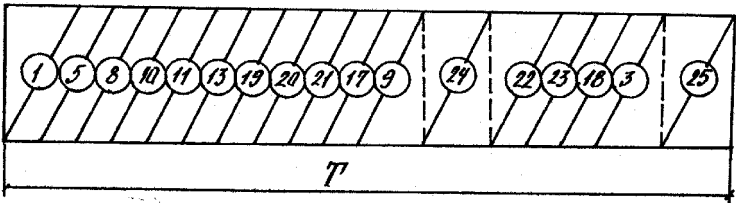
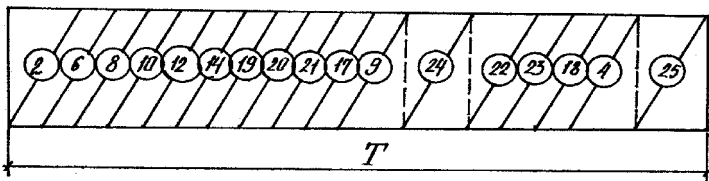
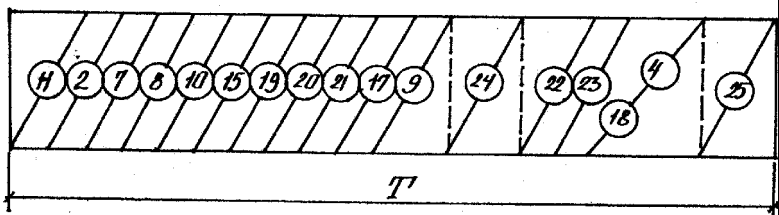
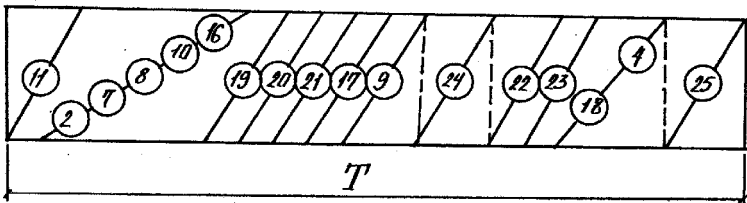
Структура работ и строительных процессов при укладке трубопроводов в траншеях

№ п/п	Структура работ	Структура комплексов процессов
1	2	3
Устройство и обратная засыпка		
1.	Разработка грунта навывмет с помощью одноковшовых экскаваторов "обратная лопата"	То же
2.	Разработка грунта одноковшовыми экскаваторами с погрузкой в транспортные средства	То же
3.	Обратная засыпка траншей с помощью бульдозеров	То же
4.	Обратная засыпка траншей с помощью автотранспортных средств	То же
Монтажные работы		
5.	Монтаж лотков непроходных каналов при помощи автомобильных кранов	Зачистка дна траншей, монтаж лотков
6.	Монтаж лотков непроходных каналов при помощи тракторных кранов-трубоукладчиков	Зачистка дна траншей, монтаж лотков
7.	Монтаж лотков непроходных каналов с помощью навесного оборудования к стрелам экскаватором с гидравлическим приводом	Зачистка дна траншей, монтаж лотков, заделка швов между лотками цементным раствором

1	2	3
8.	Установка постоянных бетонных опор в непроходных каналах	Установка бетонных опор, приварка к деталям лотков, установка изоляционных прокладок
9.	Приварка постоянных металлических опор к трубопроводам	То же
10.	Установка временных опор	То же
11.	Раскладка конструкций трубопровода вдоль фронта работ	То же
12.	Разгрузка конструкций трубопроводов на приобъектном складе	То же
13.	Монтаж конструкций трубопроводов с помощью автомобильных кранов и тракторных кранов-трубоукладчиков	Строповка и опускание звеньев труб в траншею, укладка труб на постоянные или временные опоры, сборка труб в плеть
14.	Монтаж конструкций трубо-яроводов с помощью тракторных кранов-трубоукладчиков с перемещением труб с приобъектного склада	Строповка звена, перемещение к месту укладки, укладка в траншею на временные опоры, сборка в плеть
15.	Монтаж трубопроводов с помощью лебедок	Установка лебедок на месте монтажа труб, установка направляющих для монтажа труб, монтаж труб с установкой на временные опоры, сборка труб в плеть
16.	Моонтаж трубопроводов с помощью навесного оборудования к стрелам экскаваторов с гидравлическим приводом	Строповка звена, опускание и укладка на временные или постоянные опоры, сборка в плеть
17.	Снятие временных опор	То же
18.	Монтаж лотковых перекрытий	Строповка, опускание и установка лотковых перекрытий с расстиланием цементного раствора, заделка швов между лотковыми перекрытиями, гидроизоляция перекрытия
Теплоизоляционные работы		
19.	Раскладка теплоизоляционных материалов вдоль фронта работ	Установка контейнеров с полуцилиндрами и ящиков с мастикой
20.	Установка лотков для спуска теплоизоляционных материалов в траншею	То же
21.	Установка теплоизоляционных изделий из материала "Сидил" на трубопровод	Установка полуцилиндров на трубопровод, крепление полуцилиндров бандажной лентой или проволоочными кольцами, промазка швов мастикой
22.	Теплоизоляция мест приварки постоянных металлических опор минераловатными матами	Резка матов по заданному размеру, укладка матов с подгонкой их по месту, крепление матов проволоочными кольцами
23..	Устройство покровного слоя	То же
Испытание трубопроводов		
24.	Первичное испытание трубопроводов	Установка заглушек, подключение трубопроводов к испытательным агрегатам, испытание трубопроводов, устранение дефектов, теплоизоляция стыков
25.	Окончательное испытание трубопроводов	Установка заглушек, подключение трубопроводов к испытательным агрегатам, испытание трубопроводов, устранение дефектов

Таблица 2

Организационно-технологическая характеристика вариантов производства работ

№ 1/II	Методы производства работ	Циклограммы прокладки подземных теплотрасс по различным вариантам производства работ
1	2	3
Нестесненные условия производства работ		
	Монтаж предварительно изолированных секций длиной 12м при помощи автомобильных кранов и кранов-трубоукладчиков	
	Монтаж секций длиной 12м при помощи автомобильных кранов и тракторных кранов-трубо-укладчиков с последующей теплоизоляцией в не проходных каналах	
Стесненные условия производства работ		
	Монтаж секций длиной 12м с доставкой их с при объектного склада тракторным краном-трубо-укладчиком с последующей теплоизоляцией в не проходных каналах	
Особо стесненные условия производства работ		
	Монтаж секций длиной 12 м при помощи лебедок с последующей теплоизоляцией в непроходных каналах	
	Монтаж секций длиной 6м с помощью навесного оборудования к стрелам экскаватора с гидравлическим приводом с последующей теплоизоляцией в непроходных каналах	

При сформированной таким образом укрупненной структуре работ формулы для определения основных технико-экономических показателей имеют вид:

$$T_j = \sum_{i=1}^n T_i ; \quad 3_j = \sum_{i=1}^n 3_i ; \quad 3_{уд.пр.j} = \sum_{i=1}^n 3_{уд.пр.i} ;$$

где: T_j – трудоемкость выполнения j -го варианта производства работ, чел.-дн.;

T_i – трудоемкость выполнения i -го процесса, чел.-дн.;

Z_j – заработная плата рабочих при выполнении j -го варианта производства работ, грн.;

Z_i – заработная плата рабочих при выполнении i -го процесса, грн.;

$Z_{уд.пр,j}$ – значение удельных приведенных затрат при выполнении j -го варианта производства работ, грн.;

$Z_{уд.пр,i}$ – значение удельных приведенных затрат при выполнении i -го процесса, грн.;

Продолжительность выполнения каждого варианта производства работ определяют по формулам для поточных методов строительства линейно-протяженных сооружений. Учет факторов, влияющих на увеличение количества и времени циклов работы машин и механизмов, проводят путем применения поправочных коэффициентов [1;2] к строительным процессам.

Оценку эффективности принятых технологических решений производят на основании приведенных затрат. Однако в условиях реконструкции большое влияние на выбор того или иного метода производства работ оказывают такие факторы, как продолжительность, трудоемкость и заработная плата рабочих.

Вариантное проектирование выбора и обоснования рациональных решений производят с помощью ЭВМ. В качестве исходных данных служат: вид грунта, показатель заложения откоса (m), угол естественного откоса грунта (?), требуемое значение ширины траншеи понизу (b^{max}, m) и максимальная глубина заложения трубопроводов (h^{max}, m).

Выбор и обоснование рациональных решений производят путем сравнения границ применения установленных вариантов с фактической шириной фронта работ (B_i, m) по принятым критериям оценки (трудоемкость работ, продолжительность работ, заработная плата рабочих, приведенные затраты). Однако, окончательное решение может быть принято только после сопоставления принятого варианта производства работ с материально-технической базой строительной организации, недостаточная укомплектованность которой может привести к неприемлемости того или другого варианта производства работ из-за отсутствия необходимых машин и механизмов.

ВЫВОДЫ.

1. Рассмотрены возможные схемы монтажа и теплоизоляции трубопроводов подземных теплотрасс в зависимости от степени стесненности. Дана технико-экономическая оценка предлагаемых вариантов схем монтажа и теплоизоляции трубопроводов.
2. При выборе окончательного варианта производства работ необходимо учитывать материально-техническую базу строительной организации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляков Ю.И. Правила выбора рациональной технологии производства земляных работ // Организационно-технологические правила производства земляных работ при реконструкции промпредприятий // Беляков Ю.И., Снежко А.П., Резуник А.В. и др. – Киев, 1984. ч. II – 28с.
2. Беляков Ю.И. Организационно-технологические правила прокладки подземных трубопроводов в стесненных условиях строительства и реконструкции промпредприятий. Беляков Ю.И., Снежко А.П., Резуник А.В. и др. – Киев, 1986. – 145с.
3. ЕНиР Сб. Е2. Земляные работы. Вып. I. Механизированные и ручные земляные работы. – М.: Стройиздат, 1988.
4. ЕНиР Сб. Е9. Сооружение систем теплоснабжения, водоснабжения и канализации. Вып. 2. Наружные сети и сооружения. – М. Прейскурантиздат, 1988.
5. ЕНиР Сб. Е 11. Изоляционные работы. – М.: Стройиздат, 1988.

Жеглова В.М.

Одесский национальный политехнический университет

Николенко И.В., д.т.н., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Влияние геометрических параметров торцевого распределителя гидромашины на его прочность и жесткость

Разработана расчетная схема торцевого распределителя роторно-поршневой гидромашины. Получены расчетные зависимости для определения напряжений и деформаций в опасных зонах распределителя. Выполнены расчеты напряжений и деформаций в торцевом распределителе с различным числом цилиндров и разными относительными диаметрными размерами. Выполнен анализ полученных результатов.

Торцевой распределитель, гидромашин, прочность, жесткость.

В гидравлических приводах как мобильной, так и стационарной техники в настоящее время наиболее широкое применение получили роторно-поршневые гидромашины (РПГ), среди которых чаще используют аксиально-поршневые гидромашины (АПГ), как в качестве насосов, так в качестве гидромоторов с понижающими передачами или редукторами. Гидромашины такого типа имеют малые габариты и массу, допускают работу на высоких давлениях (до 60...70 МПа) и частотах вращения (до 5000 об/мин), имеют высокие показатели КПД и надежности, а также возможность регулирования рабочего объема для изменения режимов работы – частоты вращения или момента на выходном валу. Применение АПГ вызвано стремлением потребителей современного гидрооборудования к повышению КПД гидравлических приводов, к обеспечению оптимального использования мощности приводного двигателя, гарантированному энергосбережению в процессе выполнения производственных процессов, а также к реализации допустимых возможностей электронных комплектующих. Технические характеристики и функциональные возможности АПГ во многом определяют технический уровень современного гидропривода. Важным направлением дальнейшего развития АПГ является совершенствование методов расчета и конструкций, которые позволяют в наибольшей степени реализовать преимущества гидромашин этого типа.

Одним из основных узлов РПГ любого типа является узел распределения, который предназначен для постоянного разделения полостей с высоким и низким давлением, а также их циклического соединения с рабочими камерами. Работоспособность и эксплуатационные качества РПГ во многом определяются параметрами узла распределения рабочей жидкости (РЖ). Основными проблемами, которые решают при разработке узлов распределения являются, обеспечение их прочности и жесткости, износостойкости, стабилизация зазора между вращающимся ротором и распределителем, обеспечение его надежности, а также снижение уровня излучаемого шума [1]. В РПГ применяется торцевое либо цапфенное распределение РЖ. Торцевое распределение - при направлении потока РЖ в распределителе параллельно оси вращения ротора, а при направлении потока перпендикулярно оси вращения - цапфенное.

Торцевые распределители (ТР) позволяют работать РПГ на высоких давлениях и частотах вращения ротора, кроме функций распределения РЖ, одновременно обеспечивают торцевую опору скольжения ротора, что обусловило наиболее широкое применение таких распределителей в высокооборотных, низкомомментных РПГ. Одним из недостатков торцевого распределения в РПГ является то, что величина зазора, которая определяет такие важнейшие показатели гидромашин как долговечность и КПД, является переменной. Последнее объясняется тем, что при соединении с полостью высокого давления количество цилиндров бывает разным. Распределители различаются формой и числом окон распределения, а также формой торцевой поверхности, на которую опирается ротор и поперечным сечением каналов плоскости симметрии. По числу окон можно выделить одно-, двух- и многооконные распределители (рис.1). Наибольшее распространение получили двухоконные распределители с серповидными окнами высокого и низкого давления.

Размеры окон и уплотнительных поясков определяют из условия обеспечения максимальной скорости РЖ и гарантированного прижима ротора к распределителю. Многооконные распределители применяются для повышения радиальной жесткости окон распределителя, особенно в РПГ больших типоразмеров. Торцевая поверхность может быть плоской и сферической (рис.2). В нерегулируемых РПГ наибольшее применение получили ТР с цилиндрической наружной поверхностью, а в регулируемых боковая поверхность ТР может быть выполнена плоской. Применение ТР со сферической торцевой поверхностью в АПГ обеспечивает воздействие на блок цилиндров (БЦ) дополнительного момента, который препятствует раскрытию

стыка между ними. Поэтому, несмотря на повышение трудоемкости изготовления, сферические поверхности ТР и донной части БЦ нашли широкое применение в АПГ. Последнее объясняется еще и тем, что сферические поверхности дополнительно обеспечивают центрирование блока по ТР, а также уменьшают радиус размещения окон распределителя, следовательно, уменьшают момент потерь мощности в узле распределения АПГ. Создание новых конструкций РПГ, а также модернизация выпускаемых начинается с разработки качающего узла (КУ), что неразрывно связано с рациональным выбором конструктивных размеров цилиндропоршневой группы и узла распределения.

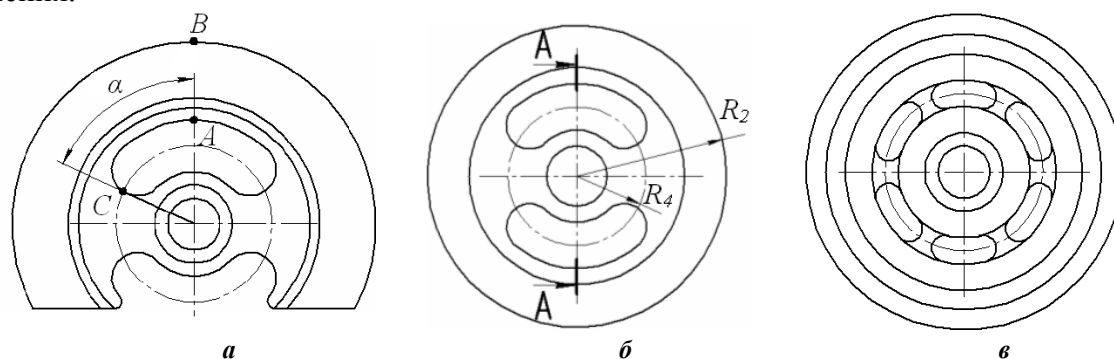


Рис.1. Типы ТР: а – однооконные, б – двухоконные, в – многооконные.

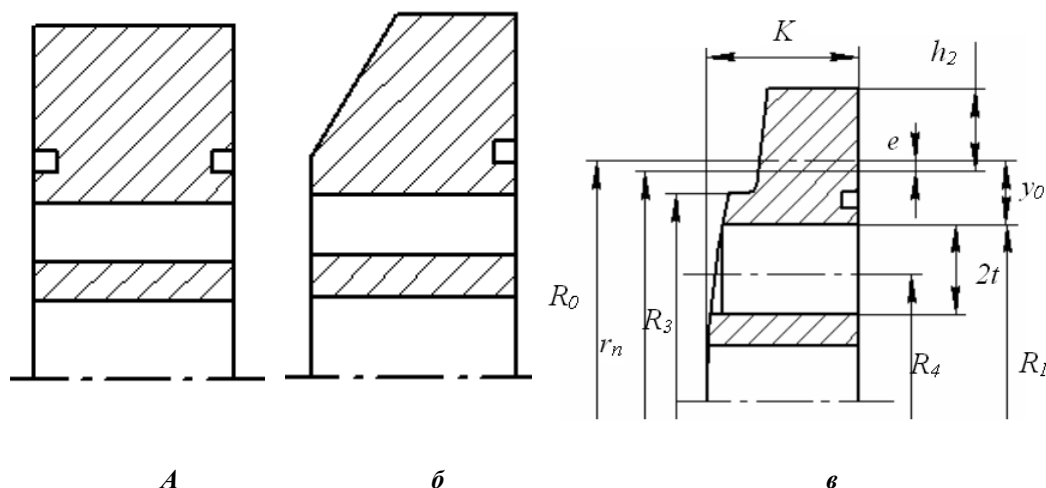


Рис.2. Виды сечений (А-А) канала в плоскости симметрии распределителей: а – прямоугольной формы и плоским торцом, б - трапецидальной с плоским торцом, в – сложной формы и сферическим торцом

Сложность такого выбора заключается в том, что при разработке КУ необходимо создать условия для выполнения различных, порой противоречивых требований. Размеры КУ должны обеспечить заданный рабочий объем гидромашины, прочность, жесткость, износостойкость и долговечность деталей. При этом они определяют габариты, массу и момент инерции гидромашины в целом. С повышением технических характеристик АПГ, прежде всего рабочего давления и частот

вращения требования к конструкциям и материалам деталей КУ повышаются, так как необходимо одновременно обеспечить высокие прочностные и жесткостные характеристики, износостойкость и теплопроводность. Вышеперечисленные требования к деталям КУ должны быть обеспечены рациональным выбором конструктивных параметров и применяемых материалов.

Основой расчета ТР является определение площади проходных каналов из условия ограничения скорости движения жидкости в его каналах. Для ТР одним из основных критериев работоспособности является износостойкость контактирующих поверхностей, для его обеспечения уменьшают радиальные размеры распределителя, чтобы уменьшить окружную скорость на поверхности контакта. Однако уменьшение радиальных размеров влияет на прочность и жесткость распределителя. Вопросы исследования прочности и жесткости ТР до настоящего времени остаются малоизученными.

Ранее авторами в программном комплексе ANSYS было выполнено численное моделирование для двухоконного распределителя регулируемой и нерегулируемой АПГ [3,5], модель которых представляла трехмерную фигуру. В основу силового анализа, принимали допущения, которые позволяют не учитывать факторы, оказывающие незначительное влияние на действующие нагрузки. РЖ - несжимаема, а давление во всех точках рабочей камеры постоянно, то есть не учитываются инерционный и скоростной напоры. По сравнению со временем изменением давления в цилиндрах в напорной магистрали давление принимали неизменным либо медленно изменяющимся, а поэтому рассматривали изменение давления только в рабочей камере. При соединении рабочей камеры с окнами распределителя давление в ней принимали равным давлению в соответствующей полости и магистрали. Вся модель была разбита с помощью нерегулярной сетки для нерегулируемой и регулируемой АПГ на 97224, и на 163359 конечных элементов соответственно. В узлах элементов определяли требуемые параметры. Рассматривали три вида нагружений: при действии давления симметрично относительно каналов в трех и четырех поршнях, а так же при не симметричном действии давления в поршнях относительно оси канала при действии давления $q = 25 \text{ МПа}$. Самый опасный вид нагружения при действии давления симметрично в четырех поршнях. Анализ полученных результатов для регулируемой АПГ позволил определить значения максимальной интенсивности напряжений, которые возникают в перемычках распределителя [5]. Максимальные перемещения возникают на боковых сторонах распределителя, которые увеличиваются от торцевой поверхности, обращенной к БЦ, до торцевой поверхности обращенной к крышке корпуса.

В результате анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) нерегулируемой АПГ установлено, что независимо от вида нагружения максимальные эквивалентные напряжения по Мезису возникают на торцевой поверхности, обращенной к БЦ, в двух зонах: в начале окна и в стенке на оси симметрии канала ТР [2]. Таким образом, в результате исследования НДС ТР на его численной модели установлено, что зона максимальных деформаций находится на его торцевой поверхности, обращенной к БЦ, на оси симметрии окна канала, нагруженного давлением рабочей жидкости. Эта величина переменна в зависимости от положения и числа цилиндров под действием давления, а по значению сопоставима с зазорами между торцевыми поверхностями БЦ и ТР. Наибольшая интенсивность напряжений выявлена на границе окна в точке *С* в зоне перемычек между каналами и жесткой заделки канала.

На рис.3 представлена расчетная схема для определения напряжений и перемещений в распределителе нерегулируемой АПГ сложного сечения. Анализ НДС ТР [3] дал возможность принять ряд упрощающих его расчетную схему допущений. Рассматривается только половина ТР с каналом высокого давления, т.к. деформации напряжения в зоне канала низкого давления существенно меньше. При рассмотрении стенки канала ТР в виде криволинейного бруса нагруженного распределенной нагрузкой q получается статически неопределимая система. Учитывая симметрию ТР, получаем эквивалентную систему, представленную на рис. 3, в которой поперечные силы в сечении по оси симметрии отсутствуют. На рассматриваемый криволинейный брус эквивалентной системы действуют: N - продольная сила, M_0 - изгибающий момент, q - распределенная нагрузка от действия давления РЖ.

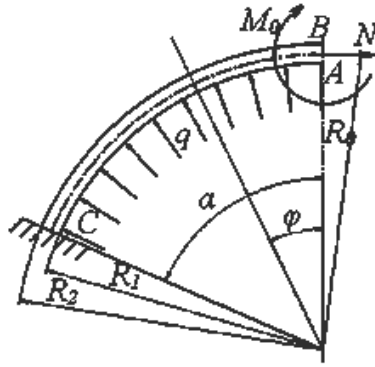


Рис.3. Расчетная эквивалентная система ТР. R – радиус каналов; α – угол между осью отверстия и центральной осью; M_0 – момент действующий на стенку в рассматриваемом сечении ТР; N – сила действующая на стенку в рассматриваемом сечении; q – давление на единицу длины.

Учитывая, что выбранное сечение для эквивалентной схемы не поворачивается и не смещается, в продольном направлении составляем систему уравнений для перемещений сечения А-А (рис.3) для выбранной схемы:

$$\begin{cases} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \Delta_{1q} = 0 \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \Delta_{2q} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

где X_1, X_2 – неизвестные силовые факторы в сечении; $\delta_{11}, \delta_{12}, \delta_{21}, \delta_{22}$ – удельные перемещения от заданной нагрузки X_i ; Δ_{1q}, Δ_{2q} – перемещения от действия давления q .

Подставляем в систему (1) формулы для перемещений [4] получаем систему уравнений, решая которую определим значения $X_1 = M_0, X_2 = N$.

Напряжения в точках сечений криволинейного бруса определяем как сумму напряжений от действия изгибающего момента и растягивающей силы. Определяем напряжения в опасных точках сечения ТР: A – на контуре окна высокого давления на его оси симметрии, B – на внешней поверхности ТР на его оси симметрии, C – на контуре окна высокого давления в его начальной точке. Таким образом, суммарные напряжения в точках A, B, C наружной стенки определяем по формулам:

$$\begin{aligned} \sigma_A &= \sigma'_A + \sigma_p \\ \sigma_B &= \sigma'_B + \sigma_p \\ \sigma_C &= \sigma'_C + \sigma'_p \end{aligned} \quad (2)$$

где $\sigma'_A = \frac{X_1 h_1}{S_{\Sigma} e R_1}$; $\sigma'_B = \frac{X_1 h_2}{S_{\Sigma} e R_1}$ – напряжения от действия момента M ; $\sigma'_C = \frac{M_q h_0}{S_{\Sigma} e R_4}$ – напряже-

ния, вызванные моментом M_q в точке C ; где h_1, h_2, h_0 – расстояние от нейтрального слоя до рассматриваемой точки сечения.

В рассматриваемой расчетной схеме максимальные радиальные перемещения имеет сечение АВ криволинейного бруса. Для центра тяжести этого сечения они определяются по формуле:

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{R_0^2}{EI_0} \left(-X_1(1 - \cos \alpha) - X_2 R_0 \frac{(1 - \cos \alpha)^2}{2} \right) + \\ &+ \frac{K q R_0^4}{EI_0} \cdot \frac{1 - \cos \alpha^2}{2} \end{aligned} \quad (3)$$

где R_0 – радиус слоя, в котором расположены центры тяжести сечения, K – ширина ТР, E – модуль упругости, I_0 – осевой момент сечения ТР, α – угол между осью канала и центральной осью.

Для оценки влияния геометрических параметров торцевого распределителя гидромашины на его прочность и жесткость были выполнены расчеты по зависимостям (1), (2) и (3). При этом рассматривали относительные параметры, отнесенные к ширине канала: R_4/t - относительный радиус оси канала и R_2/t - относительный радиус наружной поверхности. Определяли интенсивности напряжений σ_i в опасных точках распределителя A, B, C , по зависимостям (2), которые представлялись в виде коэффициентов интенсивности напряжений в опасных точках, равные их отношению к давлению в канале - $k_i = \sigma_i / q$. Из результатов численного моделирования установлено, что максимальные деформации возникают в сечении АВ. Поэтому по формуле (3) определялись перемещения сечения АВ криволинейного бруса, которые принимались равными деформации ТР в центре тяжести этого сечения.

Из геометрии ТР установлено, что число цилиндров влияет на угол α (рис.1а) - между осью симметрии распределителя и осью, проходящей по кромке перемычки канала, и зависит от типа перекрытия распределителя. При нулевом виде перекрытия перемычки канала разделяют полости высокого и низкого давления гидромашины, при отрицательном - возможно соединение полос-тей, а при положительном - перекрытие перемычек канала больше на величину угла поворота ротора от мертвой точки до момента соединения с полостью. Из геометрических соображений при нулевом перекрытии угол α составит:

$$\alpha = \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{z_u} \right) \cdot \frac{180}{\pi} \quad (4)$$

Для оценки влияния геометрических параметров ТР в расчетах рассматривали различные числа цилиндров $Z_u = 5, 7, 9, 11$ при нулевом перекрытии распределителя. Согласно (4) числа цилиндров $Z_u = 5$ угол $\alpha = 54^\circ$, $Z_u = 7$ угол $\alpha = 64^\circ$, $Z_u = 9$ угол $\alpha = 70^\circ$, $Z_u = 11$ угол $\alpha = 74^\circ$. Для числа цилиндров $Z_u = 5$ в расчете рассматривали диапазоны относительных радиусов оси каналов

$2 \leq R_4/t \leq 3,2$, и относительных радиусов наружной поверхности $4,1 \leq R_2/t \leq 5,6$, соответственно при $Z_u = 7$ - $2,7 \leq R_4/t \leq 4$, $6,2 \leq R_2/t \leq 8,5$, при $Z_u = 9$ - $6,3 \leq R_4/t \leq 7,5$, $15,1 \leq R_2/t \leq 17,1$, при $Z_u = 11$ - $7,6 \leq R_4/t \leq 8,8$, $17,5 \leq R_2/t \leq 19,5$.

Определены зависимости коэффициента интенсивности напряжений в точках A, B, C от безразмерных величин $R_4/t, R_2/t$, при различных числах цилиндров. Такие зависимости коэффициента интенсивности напряжений в точке C для чисел цилиндров $Z_u = 5$ и $Z_u = 11$ показаны на рис. 4.

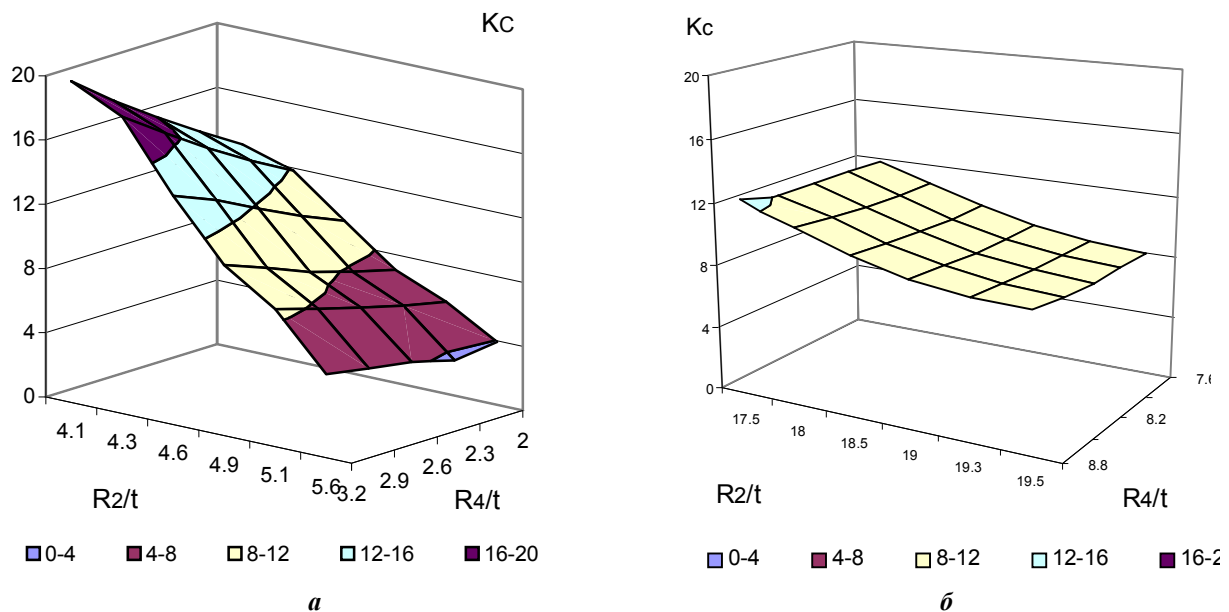


Рис. 4. Зависимости коэффициента напряжений в точке С от относительного радиуса оси канала (R_0/t) и относительного радиуса наружной поверхности (R_4/t) : а - $z_u = 5$, б - $z_u = 11$.

Определены зависимости радиальных деформаций в точке C от безразмерных величин R_4/t , R_2/t , при различных числах цилиндров. Зависимости радиальных деформаций в точке C для чисел цилиндров $Z_u=5$ и $Z_u=7$ показаны на рис.5.

Было установлено, что не зависимо от числа цилиндров гидромашины увеличение относительного радиуса оси канала R_4/t повышают напряжения в опасных точках, а увеличение относительного радиуса наружной поверхности R_2/t снижает напряжения в опасных сечениях. Изменение R_2/t - относительного радиуса наружной поверхности сильнее влияет на величину интенсивности напряжений.

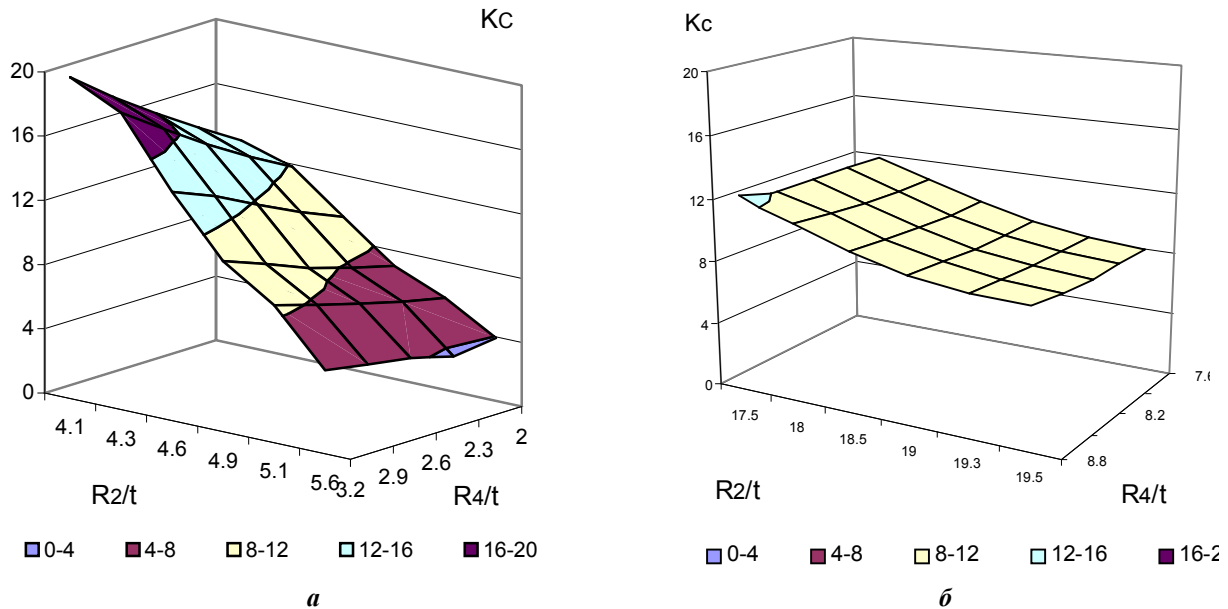


Рис. 5 Зависимости деформаций от относительного радиуса оси канала (R_4/t) и относительного радиуса наружной поверхности (R_2/t): а – $z_u = 5$, б – $z_u = 7$

Полученные результаты расчета были сопоставлены с результатами расчета ТР в программном комплексе ANSYS [2]. Было установлено, что по напряжениям в опасных сечениях погрешность составила не более 7%, а по деформациям не более 12%. Полученные результаты позволяют определить адекватность результатов по предложенной расчетной схеме. Изменение относительных размеров ТР с увеличением числа цилиндров оказывает меньшее влияние на напряжения в опасной точке.

Проектирование гидромашин является комплексным и многоаспектным процессом, при котором стремятся достичь показателей, соответствующих базовым значениям параметров технического уровня. Начальным этапом проектирования РПГ любого типа является выбор рациональных геометрических параметров качающего узла, которые являются основой для проектирования узла распределения рабочей жидкости. При разработке этого узла традиционно применяются технические решения по увеличению износостойкости деталей путем технологических усовершенствований - применению специальных покрытий, плавного сопряжения каналов, снижению шероховатости контактирующих поверхностей, стабилизацию торцевого зазора, обеспечению регулируемого поджима деталей и др. Аналитическое обоснования размеров узла распределения ограничивается в основном выбором рациональных параметров рабочих процессов, которые влияют на пульсации давления и подачи рабочей жидкости, а также частоты и уровень излучаемого шума. Как показывает анализ этих конструктивных решений по совершенствованию узла распределения одни и те же изменения деталей и узла в целом, которые направлены на снижение объемных потерь, могут повышать потери на трение. А конструктивные решения направленные на снижение потерь на трение могут приводить к повышению объемных потерь в узле распределения. Для выбора

рациональной конструкции узла распределения при его проектировании, в данной статье предложена методика выполнения аналитической оценки влияния геометрических параметров на его прочность и жесткость.

ВЫВОДЫ

В результате анализа НДС ТР предложена его расчетная схема, которая представляет криволинейный брус, нагруженный равномерно распределенной нагрузкой q . Получены расчетные зависимости для определения напряжений в опасных точках и деформаций ТР. Выполнен расчет для ТР сложной формы для числа цилиндров 5, 7, 9, 11 при изменении относительных радиусов напряжений в трех опасных точках и деформации по оси симметрии. В результате расчета установлены для ТР сложной формы значения коэффициентов напряжений в опасных точках сечений, а также значения деформаций на внешней стенке распределителя на оси его симметрии для диапазонов наиболее применяемых геометрических параметров. Определено, что увеличение прочности и жесткости ТР обеспечивается увеличением относительного радиуса его наружной поверхности и числа цилиндров. Результаты расчета по предложенной расчетной схеме сопоставлены с результатами расчета данной детали в программном комплексе ANSYS на трехмерной модели. Погрешность значений напряжений в опасных сечениях составила не более 7%, а деформаций не более 12%, что показывает приемлемость расчетной схемы для инженерных расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аврунин Г.А., Кабаненко И.В., Хавиль В.В. Анализ современного технического уровня гидрообъемных передач // Вибрации в технике и технологиях. – Винница, 2003. - №4 (30). – С. 3 - 6.
2. Жеглова В.М., Николенко И.В. Исследование напряженно-деформированного состояния торцевого распределителя аксиально-поршневой гидромашины. // Вісн. Хмельницького нац. ун-ту. 2007. № 5(96) С.104-108
3. Жеглова В.М., Николенко И.В. Выбор расчетной схемы поворотного распределителя регулируемой аксиально-поршневой гидромашины. // Вісн. Східноукраїнського нац. ун-ту ім. В. Даля. Луганск. - 2007. - №3 (109), ч. 2. - С.65-70
4. Писаренко Т.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. –К., «Наукова думка».- 1975.- 704. с.
5. Жеглова В.М., Николенко И.В. Исследование напряженно-деформированного состояния поворотного распределителя регулируемой аксиально-поршневой гидромашины.// Промислова гідравліка і пневматика. 2007. - №3 (17). – С. 47 – 50.

Купа Н.В., аспирантка, Морозов А.Д., к.т.н. профессор.

Национальная Академия природоохранного и курортного строительства

Определение давления перемещаемого груза на цилиндр, вал и элементы шнека пневмотранспортного оборудования.

Анализируется взаимодействие деталей шнеконапорного механизма (ШМ) пневмовинтовых установок (ПВУ) с транспортируемым сыпучим грузом. Теоретически и экспериментально определены давления перемещаемого груза на броневые гильзы (цилиндры), вал и элементы шнека.

Шнек, пневмоустановка, датчик, цилиндр, цемент, осевое давление, давление груза на вал и шнек, уплотненный материал.

Ресурс работы разгрузочно-транспортного пневматического оборудования для пылевидных строительных грузов зависит в основном от долговечности и эффективной работы шнеконапорного механизма [1].

Рассмотрим элемент dl вращающегося кольца груза, находящегося под действием центробежных сил инерции на транспортирующем участке шнека в определенный фиксированный момент времени. Будем считать, что кольцо уплотненного материала ограничено двумя окружностями диаметром $D_{\text{шн}}$ и $D_{\text{цв}}$, где $D_{\text{шн}}$ - наружный диаметр вала шнека, $D_{\text{цв}}$ - внутренний диаметр цилиндра [2].

На единицу длины вращающегося кольца действует распределенная нагрузка в виде центробежной силы.

$$q = m \frac{V^2}{R_{cp}}, \quad (1)$$

где V - окружная скорость кольца; R_{cp} - средний радиус кольца; m - масса элемента кольца.

$$\text{Известно, что } m = \frac{F \cdot l \cdot \gamma \cdot \xi}{g},$$

где F - площадь поперечного сечения; γ - объемная масса материала; g - ускорение силы тяжести; ξ - коэффициент бокового давления груза при отсутствии поперечных расширений; $\frac{V^2}{R_{cp}}$ - центростремительное ускорение.

После подстановки:

$$q = \frac{F \cdot \gamma \cdot V^2 \cdot \xi}{g \cdot R_{cp}} \quad (2)$$

Воспользуемся методом сечений и составим условие равновесия полукольца по вертикальным составляющим:

$$2P = 2 \int_0^{\pi/2} q \cdot R_{cp} \cdot \sin \varphi \cdot d\varphi = 2q \cdot R_{cp},$$

где P - растягивающая сила действующая в сечении: $qR_{cp}d\varphi$ - сила инерции бесконечно малого элемента кольца, отсюда:

$$P = qR_{cp}, \quad P = \frac{F \cdot \gamma \cdot V^2 \cdot \xi}{g} = \frac{\pi}{4g} (D_{цв}^2 - D_{шн}^2) \cdot \gamma \cdot V^2 \cdot \xi \quad (3)$$

Тогда растягивающее напряжение будет:

$$\sigma_p = \frac{q \cdot R_{cp}}{F} \quad (4)$$

Для определения давления сыпучего груза на напорную и тыльную поверхности напорной части шнека, выделим двумя радиальными плоскостями из слоя сыпучего тела в шнеке, объем груза ΔV длиной dl (см. рис. 1).

На рассматриваемом участке шнека силы инерции чрезвычайно малы по сравнению с силами трения со стороны цилиндра и элементов шнека, а так же от напряжений сжатия [3]. Считаем, что главные напряжения (давления) σ_1 , действующие в перемещаемом грузе, совпадают с направлением равнодействующей dF_p сил трения, действующих на рассматриваемый выделенный элементарный объем груза со стороны цилиндра, вала и шнека.

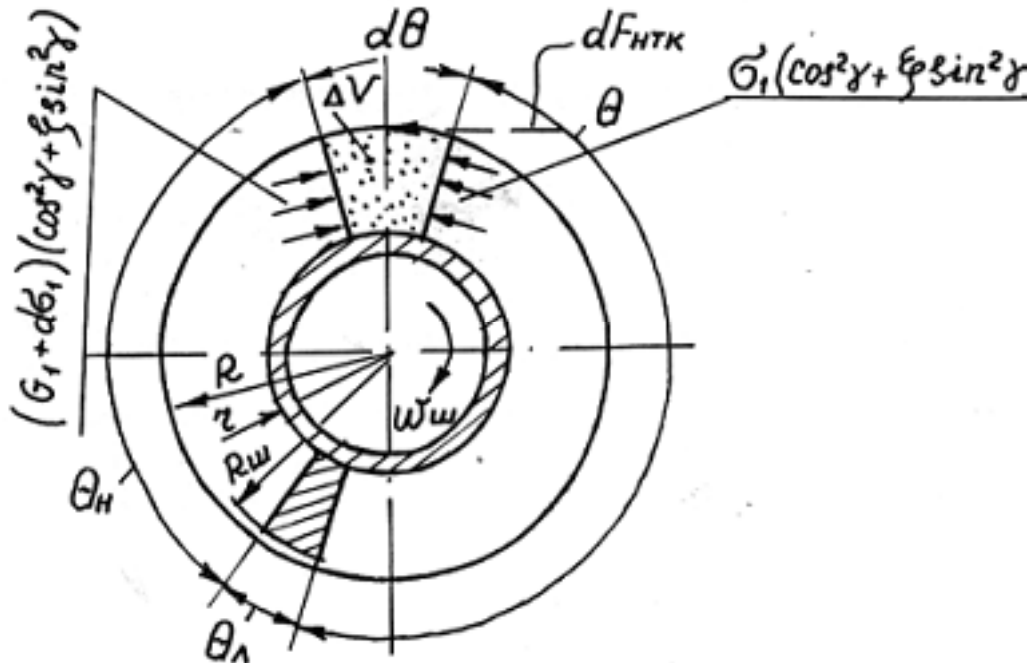


Рис. 1.

Для выделенного объема груза ΔV , уравнение изменения момента количества движения на основании [2] и [4], можно представить в следующем виде:

$$(\sigma_{\text{эл}} + d\sigma_{\text{эл}})(\cos^2 \gamma + \xi \sin^2 \gamma)(R - r) \frac{R + r}{2} dl + dF_1 r - \sigma_{\text{эл}} (\cos^2 \gamma + \xi \sin^2 \gamma)(R - r) \frac{R + r}{2} dl - dF_2 R = \rho \omega \frac{R^4 - r^4}{4} d\theta dv_e \quad (5)$$

где: $\sigma_{\text{эл}}$ - главные напряжения, действующие в напряженно-сыпучем теле груза; γ - угол между направлением $\sigma_{\text{эл}}$ и плоскостью перпендикулярной, к оси шнека (рад.); dF_1 и dF_2 - нормальные к оси шнека проекции сил трения между выделенным объемом сыпучего груза и, соответственно, валом шнека и цилиндром; ω - угловая скорость объема ΔV ; $d\theta$ - угол между боковыми поверхностями объема ΔV , совпадающими с радиальными плоскостями, (рад.).

Силы трения dF_1 и dF_2 равны:

$$dF_1 = f_6 P_6 r \cos \alpha_6 d\theta dl \quad (6)$$

$$dF_2 = f_6 P_6 r \sin \alpha_6 d\theta dl \quad (7)$$

Давление груза на вал шнека P_6 и цилиндр, можно представить в виде зависимостей:

$$P_6 = \xi \cdot \sigma_{zl} \quad (8)$$

$$P_u = \xi \cdot \sigma_{zl} + P_{u.c.} \quad (9)$$

где $P_{u.c.}$ - давление на цилиндр от действия центробежных сил:

$$P_{u.c.} = \frac{R^3 - r^3}{3R} \rho \omega^2 \quad (10)$$

После подстановки и преобразования полученных выражений с последующим интегрированием получим формулу для определения главных напряжений:

$$\sigma_{zl} = \frac{2TD + (\xi + a)(R^2 - r^2)(2\pi - \theta)E}{(R^2 - r^2)(\xi + a)(1 - a)(l^{\frac{D}{1-a}(2\pi - \theta)} - 1)} \cdot l^{\frac{CD}{1-a}} - \frac{E}{D} \quad (11)$$

где обозначения D, E, T, C представлены следующими выражениями:

$$D = \frac{2\xi(f_u R^2 \cos \beta - f_6 r^2 \cos \alpha_6)}{R^2 - r^2} \quad (12)$$

$$E = \frac{2f_u R(R^3 - r^3)}{3(R^2 - r^2)} \rho \omega^2 \cos \beta - \rho V_6 \omega \frac{R^2 + r^2}{2} \quad (13)$$

$$T = \frac{R^2 - r^2}{2} \left[\frac{(\xi + a)(1 - a)}{D^2} l^{\frac{CD}{1-a}} \left(l^{\frac{D}{1-a}(2\pi - \theta)} - 1 \right) - \frac{\xi + a}{D} (2\pi - \theta) \right] \quad (14)$$

$$C = \left(\frac{R^3 - r^3}{3} \rho \omega^2 \right)^2 \quad (15)$$

Зная σ_{zl} и с учётом преобразований определяем нормальные давления груза в канале шнека на его поверхностях, вала и цилиндра.

Давление груза на вал шнека:

$$P_6 = \xi \left[\frac{2TD + (\xi + a)(R^2 + r^2)(2\pi - \theta)E}{(R^2 - r^2)(\xi + a)(1 + a)(l^{\frac{D}{1-a}(2\pi - \theta)} - 1)} \cdot l^{\frac{D\theta}{1-a}} - \frac{E}{D} \right] + \frac{R^3 - r^3}{3R} \rho \omega^2 \quad (16)$$

Давление груза на цилиндр:

$$P_u = \xi \left[\frac{2TD + (\xi + a)(R^2 + r^2)(2\pi - \theta)E}{(R^2 - r^2)(\xi + a)(1 - a)(l^{\frac{D}{1-a}(2\pi - \theta)} - 1)} \cdot l^{\frac{D\theta}{1-a}} - \frac{E}{D} \right] + \frac{R^3 - r^3}{3R} \rho \omega^2 \quad (17)$$

Давление груза на напорную рабочую поверхность шнека:

$$P_{ин} = \sigma_{zl} \left[\xi + \alpha \frac{4\pi^2 R_i^2}{4\pi^2 R_i^2 + t^2} - 2\sqrt{\alpha(1 - \xi - \alpha)} \cdot \frac{2\pi R_i t}{4\pi^2 R_i^2 + t^2} + (1 - \xi - \alpha) \frac{t^2}{4\pi^2 R_i^2 + t^2} \right] \quad (18)$$

Полученные выражения дают хорошую сходимость (в пределах до 18%) с экспериментальными

ми значениями $P_{ин}, P_{ц}, P_{в}$ для ПВУ клапанного типа с различной геометрией шнека. Для бесклапанных конструкций ПВУ, а особый интерес представляет конструкция ПВУ с подвижным запорным замком из сыпучего груза [4], основные параметры после преобразований, могут быть представлены в следующих выражениях:

Выражение для расчета зазора в сопряжении Δ :

$$\Delta = \frac{2f_k \xi (R-r) - R \cdot \operatorname{tg} \varphi \ln \frac{T_{yc}}{P_c}}{2f_k \xi}, (\text{м}) \quad (19)$$

Определим величину коэффициента уплотнения K_y :

$$\Delta = \frac{R-r}{K_y} - \frac{1}{2} \operatorname{tg} \varphi \cdot t, (\text{м}) \quad (20)$$

$$T_{yc} = P_c \cdot e^{\frac{2f_k \xi \left[R - \left(\frac{R-r}{K_y} - \frac{1}{2} \operatorname{tg} \varphi \right) - r \right]}{R \operatorname{tg} \varphi}}, (\text{Па}) \quad (21)$$

Выполним логарифмирование и решим относительно K_y :

$$\begin{aligned} R \operatorname{tg} \varphi \cdot \ln \frac{T_{yc}}{P_c} &= 2f_k \xi (R-r) - 2f_k \xi \left(\frac{R-r}{K_y} - \frac{1}{2} t \cdot \operatorname{tg} \varphi \right), \\ 2f_k \xi \left(\frac{R-r}{K_y} \right) &= 2f_k \xi (R-r + 0,5t \cdot \operatorname{tg} \varphi) - R \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \ln \frac{T_{yc}}{P_c}, \end{aligned} \quad (22)$$

$$K_y = \frac{2f_k \cdot \xi (R-r)}{\quad} \quad (23)$$

Величину суммарной осевой силы можно определить из выражения:

$$T = T_{yc} \cdot \pi R^2, (\text{кН}) \quad (24)$$

Отсюда:

$$T = P_c \pi R^2 \cdot e^{\frac{2f_k \xi \left[R - \left(\frac{R-r}{K_y} - \frac{1}{2} t \cdot \operatorname{tg} \varphi \right) - r \right]}{R \operatorname{tg} \varphi}} \quad (25)$$

Была разработана методика и датчики для экспериментального определения осевых нагрузок на шнеки ПВУ [2]. Впервые, достоверно определены предельные величины и эпюры изменения осевых нагрузок S на шнеки пневмовинтовых подъемников и пневмовинтовых насосов с различной геометрией шнеков, предназначенных для транспортирования цемента и минпорошков производительностью 10-100 т/ч. Осевая нагрузка на шнек S зависит главным образом от транспортируемого материала, размеров и геометрии шнека, количества его рабочих витков, конструкции броневых гильз, длины пылевой пробки перед обратным клапаном. Измерение электрическим методом осуществлялось с помощью датчиков нагрузки на подшипники (ДНП) втулочного типа, изготовленных из стали 40Х с наклеенными на их наружную поверхность четырьмя активными и четырьмя компенсационными тензодатчиками, соединенными в полумост. Схемы установки датчиков представлены на рис. 2. В качестве рабочего тензометрического оборудования применялись стандартный усилитель

«Топаз-3», осциллографы Н-700 и Н041у4.2. отметчик времени типа ОВЭ-5, а также измерительный мост ИД-62М, работающий в равновесном режиме.

Для проведения измерений освобождали от цемента приемную камеру 2 и канал шнека 4, затем с двигателя 8 привода шнека, временно снимали кожух и крыльчатку вентилятора. Вместо крыльчатки вентилятора на вал устанавливали упорный подшипник 10, затем датчик II в сборе со стаканом 12, прикрепив их тремя крепежно-регулирующими болтами 17 к корпусу электродвигателя.

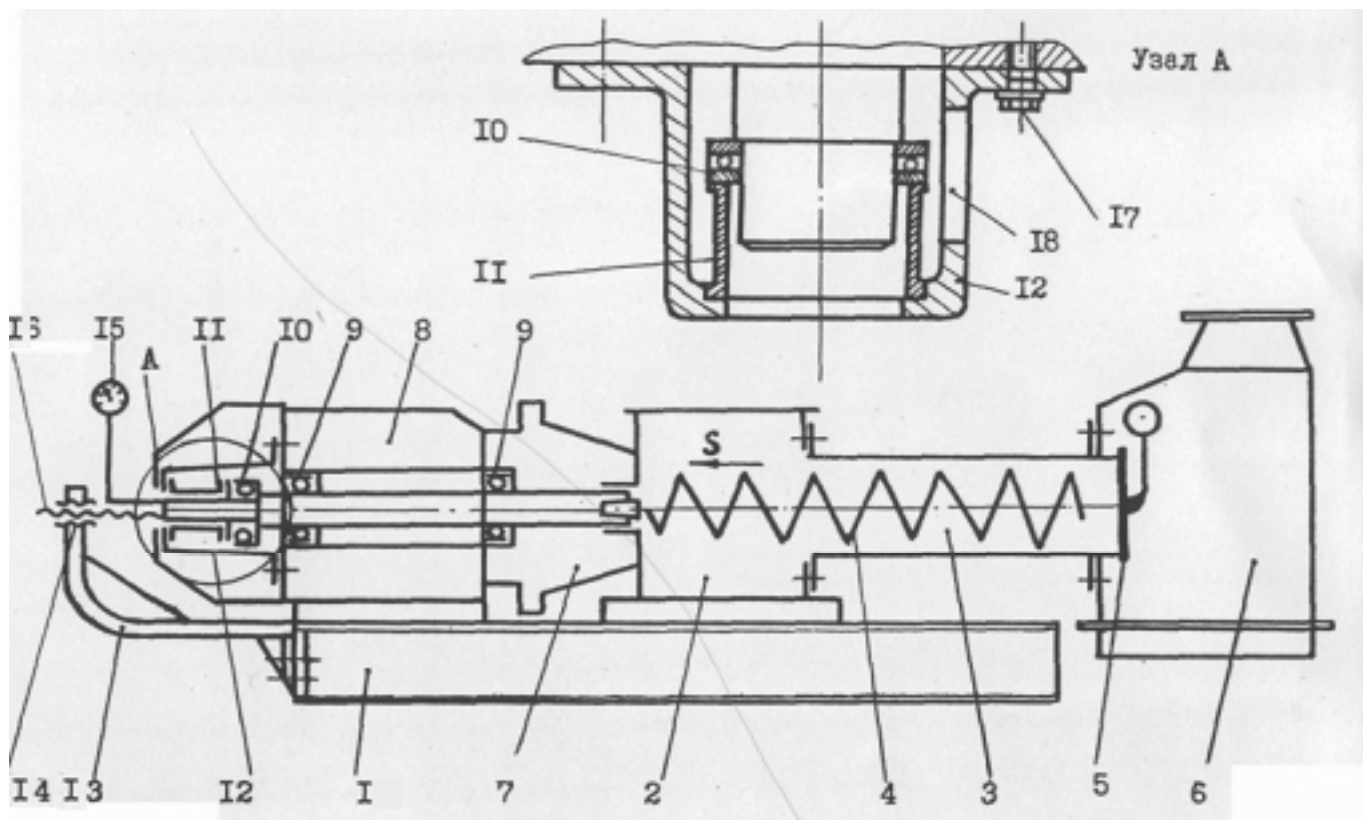


Рис.2 Схема установки датчика ДНП на пневмовинтовом подъемнике.

1- рама; 2- приемная камера, 3 - цилиндр; 4- шнек; 5 - клапан; 6 -смесительная камера; 7- переходник; 8 - электродвигатель; 9 -подшипник двигателя; 10 -упорный подшипник; 11- датчик ДНП; 12 - стакан; 13 – кронштейн; 14 -гайка; 15 - индикатор; 16 - винт, 17 - болт, 18 – окно.

К станине 1 пневмоустановки крепили жесткий кронштейн 13 с гайкой 14, расположенный по оси вала двигателя. Через отверстие в стакане в торец вала упирали ножку индикатора 15 часового типа и упорный винт 16. Устанавливали стрелку индикатора на 0, и вращением винта сдвигали вал двигателя вместе со шнеком вправо на 0,8...1 мм. Осевое смещение вала контролировали с помощью индикатора. Затем отводили винт от вала двигателя, снимали индикатор, подключали к ДНП мост ИД-62М и, проворачивая вал двигателя вручную, производили посадку датчика в гнездо стакана с некоторым предварительным натяжением (сжатием датчика) за счет регулирования крепежных болтов стакана. Равномерную затяжку болтов контролировали сначала визуально и с помощью щупов через боковое окно в стакане 12, а затем с помощью измерительного моста ИД-62М при медленном проворачивании вала двигателя вручную.

Установка и регулирование ДНП считали законченным, когда показания миллиамперметра моста ИД-62М оставались неизменными при включенном двигателе в холостом режиме работы пневмоустановки. Затем мост ИД-62М отключали и сигнал датчика поступал на рабочую регистрирующую тензометрическую аппаратуру.

Через различное время (от 5 мин. до 24 ч.) после остановки машины вновь запускали ее и измеряли осевое усилие на подшипники двигателя в период пуска при различной степени уплотнения цемента (минпорошка) в приемной камере и межвитковом канале шнека. Кроме того разра-

ботана методика определения осевого усилия на подшипники двигателя пневмоустановки упрощенным методом, с применением упругого механического динамометра сжатия с верхним пределом измерения 20 кН.

Аналогично предыдущему методу, освобождаем от цемента (минпорошка) приемную камеру и канал шнека, снимаем с приводного двигателя кожух и крыльчатку вентилятора. Упорным винтом сдвигаем вал двигателя вместе со шнеком в сторону смесительной камеры на 0,8...1,0 мм. Между валом двигателя и динамометром сжатия устанавливаем (в центровочные отверстия) стальной закаленный шарик диаметром 20 мм. С другой стороны в центровочное отверстие упорного плато динамометра входит заостренный (с углом при вершине 60°) винт, с помощью которого через гайку, вваренную в кронштейн, устанавливаем по оси вала двигателя динамометр сжатия с рычажным механизмом и индикатором часового типа.

При параллельных (одновременных) измерениях осевой нагрузки на подшипники двигателя ПВУ электрическим и механическим методами установлено, что погрешность измерений вторым методом составляет 12. ...15%.

Давление на стенки броневого гильзы измеряли мембранными тензодатчиками радиального давления ДРД [2], [5]. Упругий элемент датчика ДРД представляет собой круглую мембрану толщиной 0,1...0,2 мм, твердостью 42...45 HRC, на внутренней стороне которой наклеены два тензодатчика, соединенных выносной полумост. Упругий элемент с наклеенными тензодатчиками вворачивают в корпус цилиндра шнека. Полость между мембраной и упругим элементом заполняют смесью машинного и веретенного масел, и после свинчивания этих деталей стык пропаивают для предотвращения потерь масла. Датчики ДРД устанавливают по оси цилиндра шнеконапорного механизма. По результатам измерений строятся эпюры давлений транспортируемого груза на стенки броневого гильзы и на рабочие поверхности шнека и вала.

ВЫВОДЫ.

1. Предложенные формулы 16, 17, 18, 23 и 25 позволяют с достаточной точностью производить расчет давления перемещаемого груза на цилиндр (броневые гильзы), вал и элементы шнека вновь проектируемых ПВУ с различной геометрией шнека для цемента и минпорошков.
2. Развиваемое шнеком (диаметром 0,09-0,14 м), увеличивающегося шага наибольшее давление P_{ϕ} на броневого гильзы и элементы шнека при транспортировании цемента и минпорошков составляет 0,15-0,175 МПа и находится на расстоянии примерно двух шагов от напорного конца шнека. Таким образом, один-полтора концевых витков шнека не несут достаточной функциональной нагрузки для уменьшения интенсивности и объема фильтрации воздуха из смесительной камеры в приемную, а следовательно, не обеспечивают стабильную работу ПВУ с расчетной производительностью.
3. Максимальное давление P_{ϕ} , развиваемое в ШМ шнеками уменьшающегося шага диаметром 0,09-0,14 м, составляет 0,18-0,23 МПа и находится в зоне напорного конца шнека, вызывая его интенсивный износ. Шнеки уменьшающегося шага обеспечивают расчетную производительность ПВУ в течении 1100-1200 часов работы.
4. Расхождение значений вышеперечисленных расчетных параметров (по п.1) с экспериментальными не превышает 12-18%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Пневматическое оборудование. Справочник. Под ред. Калинушкина М.П. – Л.: «Машиностроение» 1986. – 286с.
2. Морозов А.Д. Научные основы создания пневмомеханических разгрузочно-транспортных машин. Симферополь. Изд-во КАПКС. 2002. – 256с.
3. Морозов А.Д. Методы и результаты создания рациональных рабочих органов пневмовинтовых установок: Сборник докладов IV международной конференции по пневмотранспорту. – Будапешт, 1990. – с.51-54.
4. Морозов А.Д. Повышение эффективности пневмотранспорта в строительной индустрии. – Севастополь: Институт геотехнической механики АН УССР, 1990. – с.60
5. Морозов А.Д. Интенсификация работ разгрузочно-транспортного пневмовинтового оборудования. – М.: ЦНИИГЭст-роймаш, 1990. – 100с.

Осипов О.Ф. к.т.н., доцент

Київський національний університет будівництва і архітектури

Гладун І.Т. інженер

ТОВ «Євробудпроект»

Акимов Ф.Н. к.т.н., доцент

Національна академія природоохоронного та курортного будівництва

Технологічні аспекти зведення конструкцій підземної частини з поруч розташованими будинками

Рассмотрены вопросы технико-экономической эффективности возведения конструкций подземной части зданий, которые сооружаются в условиях плотной городской застройки. Выявлены основные группы факторов влияния, установлен характер и дана оценка степени их влияния на производительность процессов экскавации грунта и погружения свай. Освещена основная структура специальных инженерно-технических работ и организационно-технологических мероприятий.

Здания, технология возведения, конструкции, подземная часть.

В даний час суттєво зросли обсяги капітального будівництва в умовах реконструкції та модернізації старих міських районів крупних міст України. Реконструкція існуючої забудови, як правило, супроводжується її ущільненням та раціоналізацією.

Ущільнення міської забудови відбувається шляхом зведення домов-вставок, торцевих і повздовжніх прибудов, зведенням внутрішньо-квартальних домів, що замикають внутрішньо-дворовий простір, тощо.

Обґрунтування раціональних рішень щодо зведення конструкцій підземної частини повинно базуватися на комплексному аналізі *особливостей майданчику будівництва, об'ємно-планувального та конструктивного вирішення поруч розташованих будинків*. В цілому можна відокремити наступну групу факторів, які необхідно враховувати при проведенні проектування та будівництва поруч з розташованими будинками:

- 1) наявність на майданчику слабких та нерівномірно стискуваних ґрунтів;
- 2) наявність високого рівня ґрунтових вод; може бути потрібне водозниження або захист котлованів від попадання ґрунтових вод;
- 3) ґрунти на майданчику можуть знаходитись у водонасиченому і пластичному стані, в яких добре розповсюджуються динамічний вплив;
- 4) старі поруч розташовані будинки, як правило, мають фундаменти неглибокого закладання на природній основі – насипні сильностискувальні водонасичені ґрунти, які здатні ущільнюватися або втрачати стійкість при динамічних впливах;
- 5) заглиблення фундаментів під нові будинки як правило більше, ніж у існуючих будинках, що може привести до розвитку суфозії із-під підшви фундаментів поруч розташованих будинків;
- 6) нові будинки, як правило підвищеної поверховості або висотні, суттєво завантажують сусідські ділянки – можливі значні сумісні осадки основи і фундаментів існуючих поруч розташованих будинків;
- 7) поруч розташовані будинки можуть бути чуйними до нерівномірних осадок, кренам і динамічним впливам – як що остів будинків є недостатньо жорстким та стійким, а несучі стіни та фундаменти не спроможні, або тільки частково спроможні сприймати згинаючі та розтягуючі навантаження, а також динамічні впливання;
- 8) наявність високоточного обладнання, яке може вийти з ладу, при розвитку крену будинку і фундаментів або при суттєвих динамічних впливаннях.

Успішне здійснення цього виду будівництва стосується питань не тільки збереження цінних пам'яток архітектури та історії, забезпечення нормальних умов проживання та праці мешканців у поруч розташованих будинків, а також і з питаннями зниження собівартості та трудомісткості будівельно-монтажних робіт.

Відомо, що для обґрунтованій оцінці ступеню збільшення собівартості та трудомісткості будівельно-монтажних робіт, а також розробки доцільних та науково-обґрунтованих методів виконання будівельних процесів в складних умовах – при реконструкції міської забудови, – необхідно виявити сукупність чинників впливу, які в

цілому адекватно описують та дозволяють прогнозувати виробничі ситуації [1, 3].

В нашому випадку, до основних чинників впливу, що ускладнюють умови та процес будівництва, можна віднести:

- щільна забудова території старих районів міст, яка обумовлює стисненість будівельних майданчиків, зон виконання робіт, робочих місць та місць складування тощо;
- застосування складних технологій;
- необхідність виконання спеціального комплексу робіт по знесенню аварійних будинків, підземних частин та фундаментів, перекладки існуючих інженерних мереж та комунікацій, влаштування тимчасового або постійного підсилення існуючих поруч розташованих будинків, влаштування шпунтових огорож-екранів при зведенні нових фундаментів;
- комплекс організаційно-технічних заходів, які не характерні для будівництва на вільних територіях.

Для розробки і наукового обґрунтування методів зведення конструкцій підземної частини будинків, зниження собівартості та трудомісткості будівельно-монтажних робіт при будівництві нових будинків в існуючій забудові старих міських районів необхідно виконати узагальнення існуючого досвіду такого будівництва.

Показовим є досвід будівництва Фармацевтичного бізнес-центру в м. Києві по вул. Тургенівській [2].

Будівництво було розпочато в 2000 році на майданчику, який безпосередньо примикає до чотириповерхового будинку № 17 по вул. Тургенівській. Проект передбачав будівництво 9-поверхової будівлі з двоповерховим підземним паркінгом, заглибленим до 5,7 м від поверхні. Надземна частина будівлі була запроектована з монолітним залізобетонним каркасом і міжповерховими плоскими перекриттями. Фундаменти будівлі пальові із збірних залізобетонних паль, які занурювались вдавлюванням, та монолітним залізобетонним ростверком, виконаний у вигляді перехресних стрічок. Інженерно-геологічні умови ділянки будівництва характеризувалися як складні, з наявністю ґрунтів, що просідають, та рівнем ґрунтових вод на позначці 6,1...6,2 м від поверхні землі. Безпосередньо на відведеній під будівництво ділянці була розташована 1-2-поверхова будівля, яка знаходилась в аварійному стані і підлягала знесенню.

Для успішного будівництва в цих досить складних умовах було розроблено проект організації будівництва, який відокремлював роботи підготовчого та основного періодів будівництва, з розробкою повного комплексу організаційно-технологічних заходів на ці періоди.

В підготовчий період виконувалась розборка 1-2-поверхової цегляної будівлі з використанням гусеничного стрілового крану ДЕК-251. Для виключення можливого динамічного впливу на поруч розташовані будинки, розборка будинку здійснювалась окремими конструктивними елементами – дерев'яні несучі конструкції покривлі та перекриттів демонтувались у цілому вигляді, а цегляні стіни розбирались після їхнього розчленування на окремі блоки. Елементи від розборки будинку: крокви, балки, цегляні блоки тощо розвантажувались безпосередньо у транспортні засоби без проміжного складування – стисненість майданчика забудови не дозволяло організувати майданчик складування необхідних розмірів. Останнє обумовило необхідність в застосуванні більш складної схеми організації транспортних робіт – вивезення елементів від розборки будинку здійснювалось за погодинним графіком, що також є чинником збільшення собівартості будівельно-монтажних робіт.

Підземна частина будинку, який підлягав знесенню, розбиралася поярусне при суміщенні робіт з розбирання підземних конструкцій і виконання земляних робіт. Загальний напрямок розвитку фронту робіт був прийнято від існуючої будівлі до проїзної частини вулиці (рис. 1).

Для виключення випирання ґрунту із під підшою поруч розташованого будинку (глибина залягання підшою цього будинку h_f дорівнювалась глибині котловану h_k), в межах смуги 5...6 м завширшки (I захватка) розбирання конструкцій і відривання пазух котловану здійснювалось в два яруси: на першому ярусі, $h_f - 0,5$ м завглибшки, роботи виконувались механізованим методом з застосуванням екскаватору зворотня лопата (це включало динамічний вплив вібрації від працюючого двигуна на основу поруч розташованого будинку), а стіни підвалу розбирались побочно за допомогою стрілового крану ДЕК 251, на другому ярусі, 0,5 м завглибшки, відповідні роботи виконувались вручну з використанням ручного механізованого інструменту. Після повного видалення стін і фундаментів на першій захватці, основа в межах смуги 5...6 м завширшки привантажувалась відсипкою місцевого ґрунту 0,5 м заввишки з пошаровим ущільненням. Це виконувалось для запобігання можливого випирання ґрунту із під підшою сусіднього фундаменту під час виконання робіт на наступній захватці, а також для захисту основи від атмосферних факторів. На другій захватці розбирання конструкцій і відривання пазух котловану здійснювалось в один ярус механізованим методом.

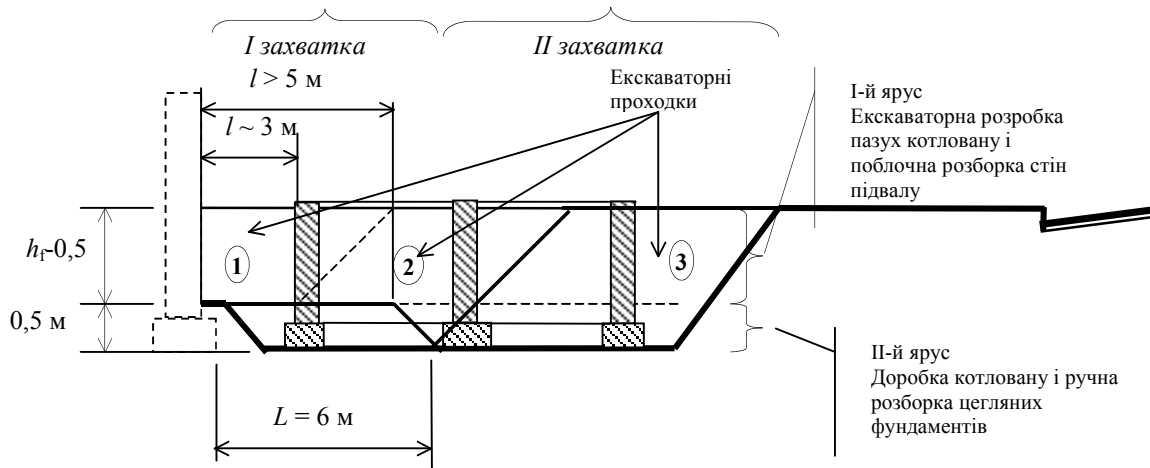


Рис. 1. Розборка підземної частини будинку. Схема поярусного виконання земляних робіт і робіт з розбирання стін підвалу та цегляних фундаментів

Після повного видалення стін і фундаментів на другій захватці, котлован в межах першої і другої захваток повністю засипався місцевим ґрунтом з пошаровим ущільненням. Необхідність в цьому була обумовлена прийнятою технологією виконання наступних робіт.

Новий будинок споруджувався безпосередньо біля існуючих чотирьохповерхових будинків (№17 і 17-б), які були споруджені на початку XX сторіччя з цегляними повздовжніми несучими стінами та фундаментами неглибокого залягання із цегляної кладки. Будинок №17, розташований по червоній лінії вул. Тургенівська, на час будівництва знаходився в аварійному стані. Враховуючи наведені обставини зведення підземної частини нового будинку вимагало влаштування в підготовчий період (до розробки котловану) шпунтової захисної стінки. Шпунтова стінка була виконана з застосуванням двутавру № 27 довжиною 12 м, який занурювався вдавлюванням з кроком 1 м в шар суглинків. Простір між двутаврами заповнювався дощатою забіркою під час розробки котловану з ретельним ущільненням пазух ґрунтом.

Шпунтова огорожа, а також залізобетонні секційні палі перерізом 35?35 см в межах зовнішнього периметру будинку занурювалися з поверхні площадки, тому що ділянка будівництва мала просторову стисненість з чотирьох боків, а для вдавлювання шпунтин та секційних паль застосовувалась мостова палевдавлююча копрову установка на рейковому ході (рис. 2).

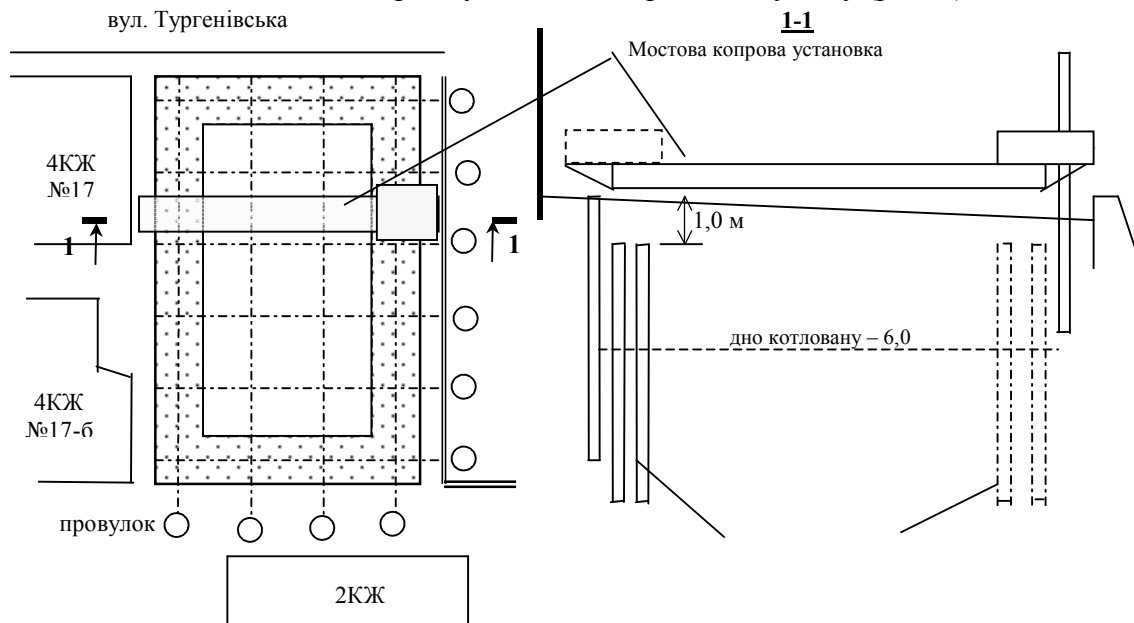


Рис. 2. Схема організації робіт з влаштування шпунтової захисної огорожі та паль по зовнішньому периметру будинку мостовою палевдавлюючою копровою установкою з поверхні площадки

Палі внутрішніх рядів вдавлювались мостовою установкою з проектної відмітки котловану, яка дорівнювала - 6,0 м. При цьому, для зменшення стисненості фронту робіт та забезпечення технічної можливості роботи мостової палевдавлюючої установки, палі, що були попередньо влаштовані по контуру будинку, до проектної відмітки дна котловану зрубувались (рис. 3).

Після занурення палі внутрішніх рядів мостова установка була демонтована і видалена з котловану за допомогою стрілового крану ДЕК-251.

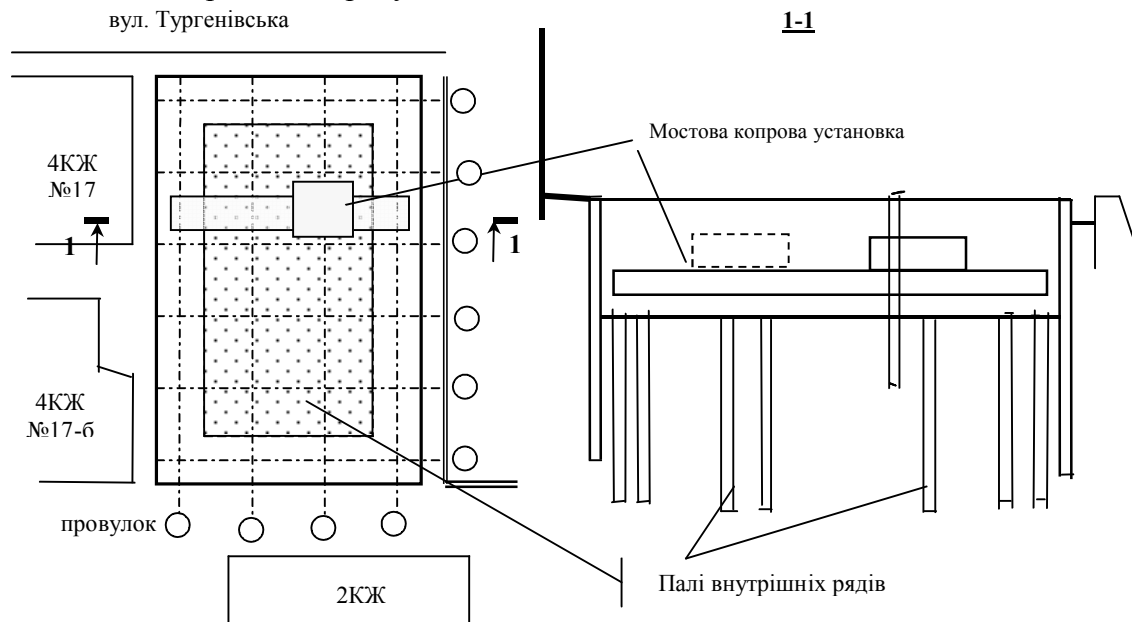


Рис. 3. Схема влаштування палі внутрішніх рядів мостовою палевдавлюючою копровою установкою з проектної позначки дна котловану

Розробка котловану виконувалась в три яруси та була технологічно суміщена і організаційно взаємопов'язана з влаштуванням пальових фундаментів.

Перший ярус глибиною до 1,0 м виконувався після влаштування шпунту та палі по контуру будинку. При цьому палі додатково під час занурення вдавлювались „підбабком” на глибину 1,0 м нижче поверхні ґрунту (див. рис. 2). За завершенням розробки першого ярусу по контуру котловану влаштовувались горизонтальні анкери, які забезпечували безпечну розробку послідовних ярусів котловану, а також стійкість шпунтових стінок, (рис. 4).

Другий і третій яруси котловану виконувались із застосуванням екскаватора зворотня лопата по вздовжньо-торцевим екскаваторними проходками. За завершенням розробки третього ярусу, оголовки палі до 5 м заввишки зрізувалися і видалялися з котловану монтажним краном. Після цього монтувалась мостова копровая установка і виконувались процеси вдавлювання палі внутрішніх рядів (див. рис. 3).

Продуктивність екскаваторної розробки ґрунту знижувалась в місцях розташування палі, які попередньо були занурені по контуру котловану. Під час розробки другого ярусу палі зовнішніх рядів представляли собою перешкоди, що розташовані в забої (екскаваторні проходки 5 і 7, див. рис. 4), а під час розробки третього ярусу – перешкоди, що розташовані в робочій зоні (екскаваторні проходки 9 і 11 див. рис. 4). Зниження продуктивності за рахунок стиснення робочої зони відповідно складав до 20...25 % і до 25...30 %. Крім того, цикл екскавації ґрунту на даних ділянках (в межах другого та третього ярусів) переривався ручними роботами по розробці ґрунту в проміжках між палями. Зниження продуктивності на цих ділянках (за рахунок стиснення робочої зони та непродуктивних витрат робочого часу) відповідно складало до 30...35 % та 40...45 %.

В цілому продуктивність екскаваторних робіт при поярусній розробці котловану знизилась до 15 %, а з врахуванням організаційно-технологічних перерв на очікування відкриття фронту робіт (влаштування горизонтальних анкерів, зрізування голів палі тощо) продуктивність екскаваторної розробки не перевищувала 85 % від нормативної.

Продуктивність вдавлювання палі під час влаштування зовнішніх рядів по контуру будинку знижувалась за рахунок наявності просторової стисненості у плані (робота поруч з існуючими будинками,

спорудами та транспортними комунікаціями), а також більш повільніших режимів вдавлювання, які передбачали витрати робочого часу на очікуванням результатів контролю поточного стану будинків і споруд, що поруч розташовані. Відповідно ці зниження складали до 10...15 % (за рахунок стисненості фронту робіт) і до 15...20 % (збільшення тривалості технологічного циклу).

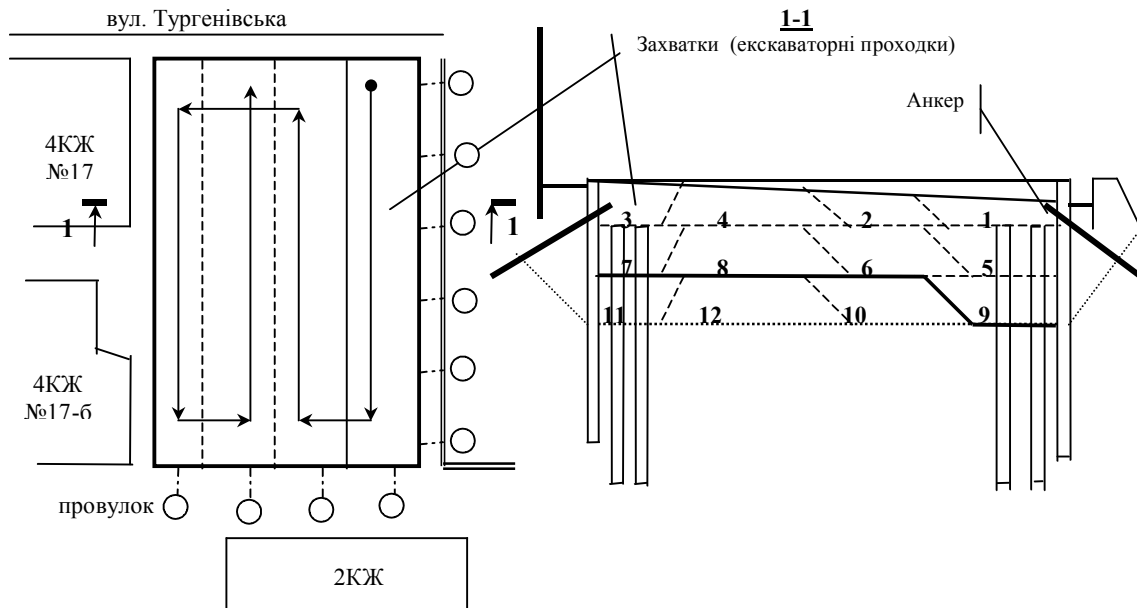


Рис. 4. Схема поярусної розробки котловану з влаштуванням горизонтальних анкерів: 1-12 – послідовність виконання екскаваторних проходок за ярусами

В цілому продуктивність вдавлювання паль на площадки, з урахуванням організаційно-технологічних перерв на очікування відкриття фронту робіт та підготовку зон виконання робіт і копрового обладнання (монтаж, переобладнання і демонтаж мостовій установки і рейкових шляхів тощо) не перевищувала 40...50 % від нормативної продуктивності і в натуральних одиницях складало 1,2 палі на 1 люд.-змін у при середній кількості виконавців $n=5$.

Після улаштування паль, вони були об'єднані монолітним залізобетонним ростверком у вигляді перехресних стрічок, який бетонувався за схемою кран-баддя з використанням баштового крану, який був встановлений на пал'овий фундамент, тому що верхній шар будівельного майданчику був представлений ґрунтами, що просідають – лесоподібними супісками. Постачання будівельних матеріалів, напівфабрикатів і виробів за відсутності достатніх площ для складування здійснювалось „с колес” (рис. 5).

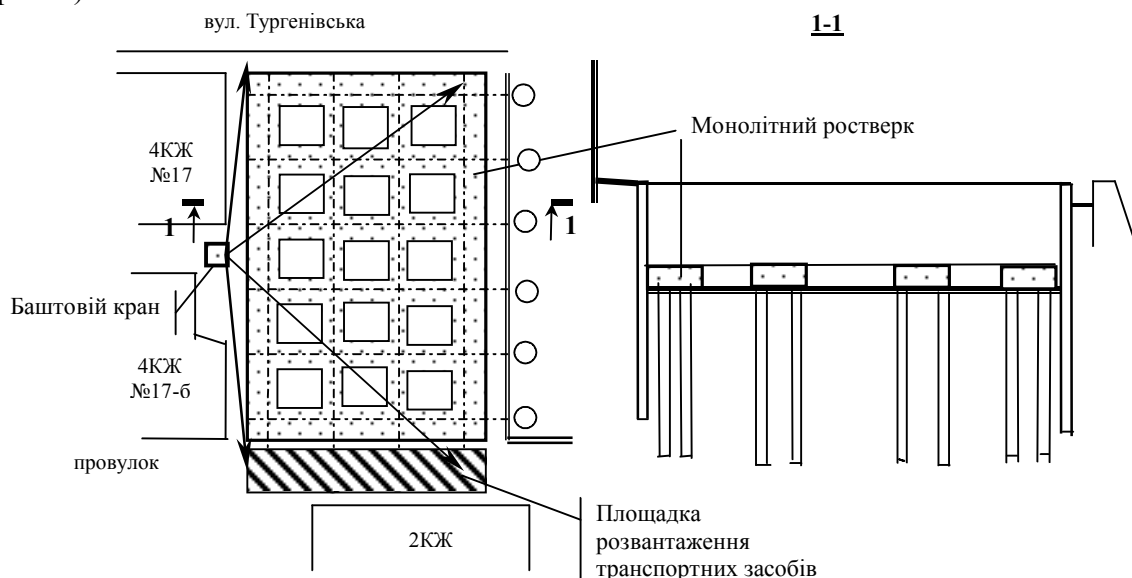


Рис. 5. Схема влаштування монолітного ростверку за допомогою баштового крану

ВИСНОВКИ

1. Розглянутий досвід будівництва переконливо свідчить про суттєві складності та особливості зведення будинків і споруд в умовах щільної міської забудови.
2. Витрати на здійснення *комплексу спеціальних робіт і організаційно-технічних заходів* (улаштування шпунтових огорож, підсилення поруч розташованих будинків, демонтаж та знесення існуючих будинків, інженерних споруд, перекладання і винесення за межі площадки інженерних мереж, ретельний інженерний захист котловану від атмосферних та техногенних вод, що потребує здійснення ремонту водонесучих комунікацій або їхню заміну, тощо) включно із *застосуванням складних технологій* (вдавлення паль, ярусна розробка котлованів тощо), призводить до суттєвого збільшення вартості підземної частини будинків. Таке збільшення може бути в межах 30...40 % від вартості будівництва підземної частини будинку. На прикладі будівництва, що розглянутий, подорожчання вартості зведення підземної частини сягало майже 35 %.
3. В цілому, *зниження продуктивності праці* за рахунок стисненості площадки будівництва, додаткових технологічних та організаційних перерв, поярусної та почергової роботи механізованих комплектів машин та бригад робітників складало в межах 25-30 %, а по окремим процесам, наприклад при зануренні паль – до 60 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Организационно-технологические правила по устройству фундаментов и заглубленных сооружений при реконструкции промышленных предприятий // Беляков Ю.И., Осипов А.Ф. и др. – К.: Мипромстрой УССР, КИСИ, 1985. -220 с.
2. О.Ф. Осипов, І.Т. Гладун. Будівництво в умовах міської забудови. Досвід і перспективи. // Містобудування та територіальне планування: Науково-технічний збірник. Вип. 17// Київ, КНУБА, 2004. С. 216-224
3. О.Ф. Осипов, І.Т. Гладун. Методика оцінки чинників впливу на параметри технологічних процесів при влаштуванні фундаментів з поруч існуючими будинками. // Містобудування та територіальне планування: Науково-технічний збірник. Вип. 19// Київ, КНУБА, 2004. С. 179-185.

Раздел 5. Техногенная безопасность

УДК 000.000

Авдоньев Е.Я., к.т.н., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

Экология, валеология и наше здоровье

Жизнь на Земле - сложнейшая система и мы в ней. Здоровье - основа всего. О нем, в связи с экологией и валеологией, идет речь в статье.

Экология, валеология, здоровье человека, система жизни.

Экология давно в работе и учебе, валеология сравнительно недавно пошла к людям – ее уже начали изучать в средней школе. Посмотрим, как эти науки определены в системе жизни и их связь со здоровьем человека.

Постановка проблемы. Окружающий нас природный мир – основа существования человека и всего нашего общества. В настоящее время природа как колыбель человека простирается перед нами как некоторая система связей и процессов, объясненная и понята в общих чертах человечеством с помощью различных наук, ее изучающих (рис.1).



Рис.1

Начало всех человеческих действий связано с окружающей средой, ибо сам человек – ее творение. Природа – это нечто целое, а человек – ее малая частица. Эта частица породила науку и технику, которые созданы трудом человека. Все атрибуты человеческой деятельности, общения: законы жизни, виды труда, обучение и воспитание, культура, здравоохранение, государственные институты и т.п. – порождены физическими и мыслительными органами людей. Все они есть некоторое приближенное отражение великих законов целого – окружающей нас природы. В своем развитии человек прошел сложный путь и вступил в современную эпоху.

Что же такое система жизни с ее подсистемами и другими составляющими частями: природа, человек, труд, общество, воспитание и обучение, человеческий быт, государство, наука? Что мы об этом знаем? Что

можем изменять, а что вообще нельзя трогать? Чему нужно учиться каждому из нас и всем вместе? Где наше место в системе окружающей природы? Что мы строим и что построили уже? Кто творит перестройку, и кто будет строить задуманное дальше? Нужно ведь жить на вполне реальной земле со всеми ее реальными атрибутами. Главное звено – человек. Его потребности определяют все остальное. Но мы частичка природы и всецело зависим от ее великих законов. Что можем мы, каждый из нас? Чего нельзя делать вообще, никогда, никому? Что, наоборот, необходимо делать обязательно, всегда и везде, каждому из нас? Как быть здоровым и бодрым, сдержанным, добрым, решительным? Чем силен каждый из нас и все мы вместе?

Эти вопросы и составляют содержание данной работы. Рассматриваются они в связи с актуальной проблемой охраны природы, законы которой обобщенно звучат так:

- все связано со всем;
- все должно куда-то деваться;
- природа знает лучше;
- ничто не дается даром.

Анализ основных исследований и публикаций. Всю ее и соответствующие отрасли знаний, изучающие природу, делят обычно на три больших раздела. Неживая природа – первый раздел. Изучающие ее науки оперируют понятиями, методами, доступными абстракциям и математической обработке. Ко второму разделу относят живую природу (растения и животных) и отрасли познания, их исследующие. Здесь царит такое многообразие взаимоотношений и причинных связей, что как-то унифицировать, математизировать их не представляется возможным. В особый раздел выделяют человека, общественные формации и группу наук, изучающих в исторической преемственности и современном состоянии условия жизни людей, общественные отношения, государственные и правовые формы с их надстройкой в виде философии, религии, искусства и т.д. Существующие в этой части природы связи и законы проследить еще сложнее, так как к взаимосвязям первых двух составных частей (живая и неживая природа) добавляются свои, очень специфичные причинные связи и зависимости. [1-4] Эта сложность происхождения, развития и взаимоотношений человека с природой и требует особой строгости, последовательности, системности в ответах на вопросы: каковы возможности природы в поддержании жизни на земле, возможности и роль человека в этом процессе? (рис.1).

Основная часть. Экология – наука, изучающая среду, окружающую человека и их взаимодействие. Это динамическая взаимосвязь сообщества со средой, в которой оно живет. Среда – это воздух, вода, земля, энергетические особенности местности: природные и техногенные. Энергетика есть и в помещениях и вне них. Она может укреплять организм человека, подпитывая энергией и, наоборот, разрушать его. Такое же воздействие оказывает воздух, вода, земля. Чистые – благоприятны для человека, грязные – приводят к тем или иным нарушениям в его организме, заболеваниям.

Экология человека – наука, изучающая взаимодействие человека как биосоциального существа со сложным многокомпонентным окружающим миром, динамическими постоянно меняющимися условиями существования. В отношениях с природой, если человек считает ее своей колыбелью, матерью, нужна строжайшая дисциплина. Причинить ей урон можно самым неожиданным образом, так как система взаимосвязей, как мы видели, очень и очень сложна и до конца не познана человеком. Благополучие и качество жизни – это не только хорошая квартира, автомобиль и асфальтированная дорога, добротная одежда. Полнокровная жизнь человека немыслима без здоровой пищи, чистого воздуха и воды, без радующего глаз луга, поля и леса с птицами и животными в них. Мудрости общения с природой нужно учить с детства, дома и в школе, на производстве и в институте. Молодой человек должен знать свою ответственность за состояние окружающей среды и иметь знания, которые позволяют ее защищать. Его убеждением должно стать то, что не может быть потребления без созидания – в этом главное правило общения человека с природой. В природе ничего не совершается обособленно, в обществе – тоже, так как оно – продукт природы. Каждое явление действует на другое и обратно. Все наше господство над природой состоит в том, что мы, в отличие от всех других существ, можем познавать ее законы и правильно их применять. Это предполагает и учет отдаленных последствий наших действий на природу и общество. Как говорил В. Вернадский: человек настоящего времени представляет из себя геологическую силу, и сила эта сильна тем, что она все возрастает и предела ее возрастанию не видно нам. Она возросла настолько, что стала смертельно опасной не только для человека и человечества, но и всей планеты.

Валеология – наука о том, как сберечь физическое, интеллектуальное, социальное и эмоциональное здоровье (рис.2).

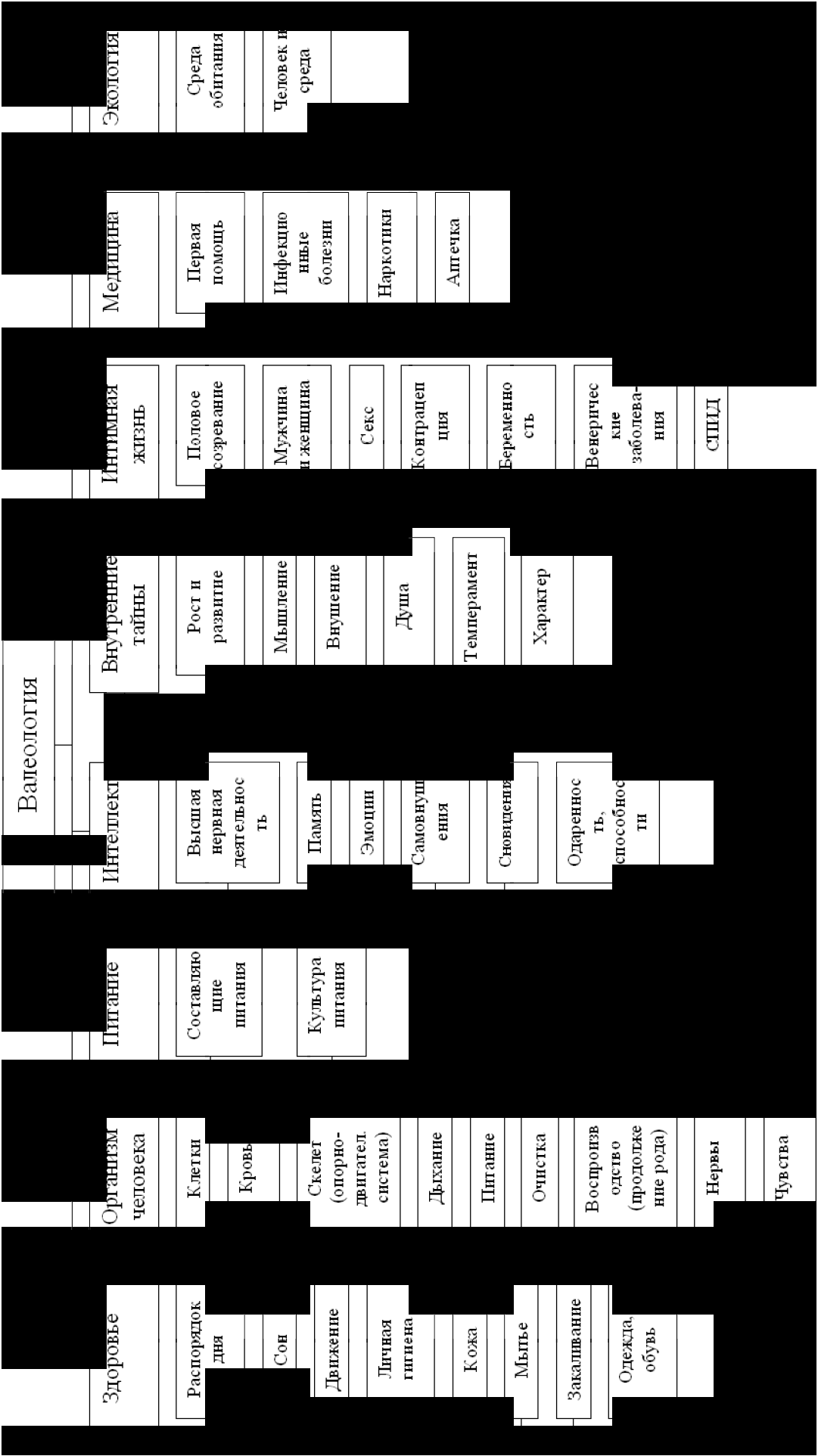


Рис.2

Понятие нам известно, но... оно очень сложное, ибо связано со сложнейшими системами: человек, природа, общество. Валеология базируется на комплексе всех знаний и наук, связанных с нашим здоровьем. Она развивается по трем направлениям: медицинская валеология (саналогия), школьная (педагогическая) и психовалеология. Здоровье, также, очень сложная категория (рис.3). Это результат взаимодействия человека и окружающей среды (рис.1,2). Человек – это гармоничная система, которая существует за счет того, что постоянно пропускает через себя потоки информации, энергии и вещества. Благодаря этому, человек может ориентироваться в окружающем пространстве (работа с информационными потоками), действовать (работа с энергиями), проявлять себя в физической форме (работа с веществом - питание).

Когда в пропускаемых потоках возникает тот или иной сбой, это проявляется в виде какой-то болезни.

Например, медицина насчитывает 23 тысячи болезней! [5]

Здоровье человека – это такое состояние, когда происходит нормальный, гармоничный, информационный, энергетический и вещественный обмен между организмом человека и природой (окружающей средой), между человеком и обществом, а резервные способности организма достаточно велики.

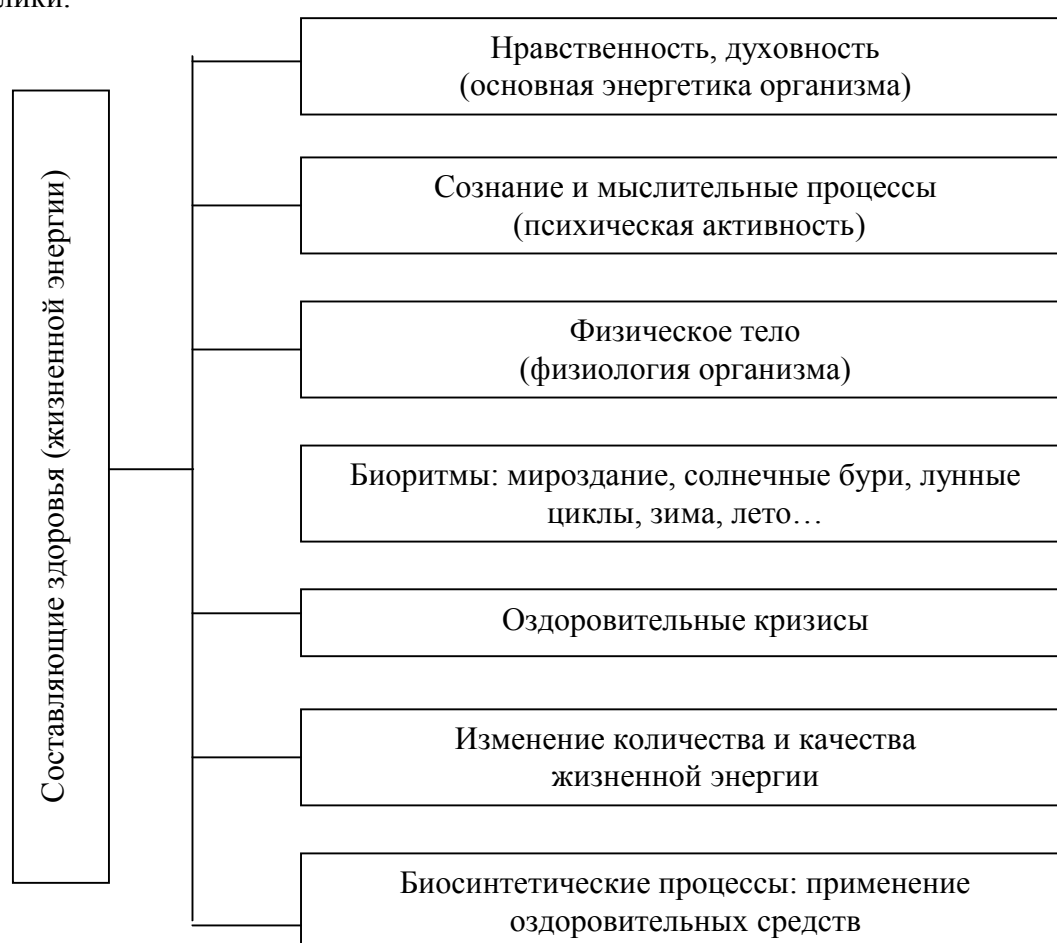


Рис.3

Параметры здорового человека.

Сознание – преобладает приподнято-радостное настроение, отсутствуют сильные отрицательные переживания, навязчивые мысли и усталость, развита любознательность.

Дыхание – здоровый человек делает пять-семь дыхательных циклов (вдох, выдох и паузы между ними – один дыхательный цикл) в минуту. (Чем меньше циклов, тем здоровее человек.)

Питание – насыщение небольшим количеством натуральной пищи, постоянное ощущение легкого чувства голода (это говорит о том, что человек не переедает), нормальный стул после каждого приема пищи (что означает идеальную работу пищеварительного тракта).

Кожа – чистая, ровная, без изъянов и неприятного запаха, прекрасно регулируется теплообмен.

Иммунитет – отсутствие каких-либо заболеваний, быстрое заживление ран, порезов, ожогов и т.п.

Мышцы – эластичные, выносливые, умеренно сильные (хорошая гибкость всех связок и суставов), пропорционально развитые.

В целом здоровый человек имеет хорошую осанку, пропорционально сложен, имеет небольшую прослойку жира, практически не устает, доброжелателен к окружающим, воспринимает экстремальные события трезво, разумно, без лишней эмоциональной окраски. Все это, в основном, в наших руках, но...быть здоровым не просто, нужно многое знать (рис.1,2,3), уметь, хотеть и трудиться всеми фибрами души, мозга и тела..

Развитие в живой природе идет от просто сложности к сложной простоте. Как утверждают биологи – это генеральная линия эволюции природы. Первое начало термодинамики знают все – это закон сохранения энергии. С ним смирились все. А вот у второго начала еще достаточно много противников. Очевидно, оно затрагивает самые сокровенные интересы людей, противоречит их сокровенным мечтам. Как остроумно заметил А. Азимов, первое начало термодинамики гласит, что в игре с природой нельзя выиграть, а второе – что нельзя даже остаться при своих.

ВЫВОДЫ

Ищи свои ключи, ухаживай за ними, будь садовником, а не могильщиком своего здоровья. Здоровье – бесценный дар, но...хрупкий сосуд, разбить просто, собрать нелегко. Исцели себя сам!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдоньев Е.Я. Геометрия в системе жизни.// Сборник научных трудов. – К.: КНУТД. – 7с.
2. Апанасенко Г.Л., Попова Л.А. Медицинская валеология. – К.: Здоровье, 2000. – 248с.
3. Белик Э.В. Валеология. – Донецк: БАО, 2004. – 512с.
4. Малахов Г.П. Законы оздоровления. – Санкт - Петербург, Невский проспект, 2003. – 189с.
5. Никитин Д.П., Новиков Ю.В. Окружающая среда и человек. – М.: Высш. шк., 1980. – 424с.

Азаренко Е.В., к.т.н. доцент; Третьякова Л.В., инженер; Шумейко И.П., инженер
Севастопольский университет ядерной энергии и промышленности.

Стоянов В.У., д.т.н. профессор
Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

Обнаружение антропогенных загрязнений в водной среде

Рассматриваются результаты лабораторного эксперимента по обнаружению антропогенных химических загрязнений в воде, путем сравнения одновременно выполненных измерений скорости звука прямым и косвенным измерителями.

Вода, загрязнения, измерение, звук, скорость.

Контроль за состоянием сточных вод - одна из актуальнейших задач, стоящая перед учеными, инженерами, химиками, гидрологами, экологами и другими административными лицами, отвечающими за использование водных ресурсов государства. Как правило, контроль за состоянием канализационных коллекторов, качеством очистки и химическим составом сбрасываемых вод осуществляется через определенные промежутки времени, указанные в соответствующих методиках, должностных инструкциях и правилах [1].

Непрерывный контроль за состоянием сточных вод требует относительно больших затрат, постоянного отбора проб и их последующего анализа. В полном объеме подобные мероприятия осуществляются на очистных сооружениях, где производится обработка канализационных вод, поступающих с отдельных городских районов или крупных предприятий. В то же время остается огромное количество канализационных коллекторов ведомственного подчинения, где по различным причинам надлежащий контроль за качеством сбрасываемых вод не производится.

Разработка универсального технического средства позволяющего постоянно в автоматическом режиме осуществлять контроль сбрасываемых вод, то есть производить обнаружение антропогенных загрязнений, позволило бы определить ряд направлений в общей задаче водопользования района, города и даже региона.

Известен способ обнаружения эмульгированных нефтепродуктов в морских водах [2, 3]. Он основан на сопоставлении одновременно выполненных прямых и косвенных измерений скорости звука измерителями, расположенными на опускаемой (погружаемой) платформе. Известны также малогабаритные прямые и косвенные измерители скорости звука [4], которые можно использовать для разработки универсального технического средства обнаруживающего антропогенные загрязнения в водной среде.

Целью данной работы – экспериментально проверить возможность обнаружения антропогенных химических загрязнений путем сопоставления одновременно выполненных измерений скорости звука прямым и косвенным измерителями.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать лабораторную установку и методику проведения экспериментов;
- рассмотреть результаты лабораторного эксперимента;
- предложить варианты технической реализации универсального технического устройства.

Лабораторная установка выполнена на базе калибровочного гидроакустического стенда. Стенд представляет собой резервуар прямоугольной формы со звукопоглощающим покрытием внутри и специальными креплениями, на которые устанавливаются гидроакустические измерители скорости звука.

Прямой измеритель скорости звука производит непосредственное (или *in situ*) измерение скорости распространения продольных упругих колебаний в водной среде. Этот результат получается как отношение расстояния между излучателем и приемником звука, жестко зафиксированных корпусом измерителя к времени прохождения звуковой волной

этого расстояния.

Косвенный измеритель скорости звука производит непосредственные изменения температуры, солёности и гидроакустического давления датчиками, расположенными в корпусе Измерителя. По данным температуры, солёности и гидроакустического давления в соответствии с формулами состояния морской воды и формулой Вильсона процессор измерителя производит расчёт скорости распространения звука.

Ранее отмечалось [3], что наличие антропогенного фактора в виде эмульгированных нефтепродуктов в морской воде приводит к уменьшению показаний значений распространения скорости звука прямыми измерителями. В то же время как показания косвенных измерителей остаются неизменными.

Исходя из этого была разработана следующая методика проведения эксперимента. Резервуар гидроакустического стенда заполнялся водой. На кронштейнах, размещённых ниже уровня наполненной воды, устанавливались прямой и косвенный измерители скорости звука. В спокойной (стационарной) жидкости проводилась серия измерений обоими измерителями.

Затем в воду добавлялся химический загрязнитель в виде стирального порошка. Емкость резервуара $0,25 \text{ м}^3$. Для того, чтобы добиться равномерного распределения раствора по всему объёму резервуара, порошок (около 1 кг) первоначально растворялся в ведре с водой с помощью миксера, а затем полученный раствор выливался в резервуар гидроакустического стенда. После оседания мыльной пены, примерно через 15-20 минут выполнялась вторая серия экспериментов. Полученные результаты в первой и второй сериях сравнивались между собой. Схема проведения эксперимента представлена на рис. 1.

В первой серии было выполнено по двадцать измерений прямым и косвенным измерителями скорости звука. Результаты представлены в таблице 1. Средние значения для прямого измерителя составили $1520,45 \text{ м/с}$, для косвенного – $1521,29 \text{ м/с}$. Расхождение в средних значениях на $0,74 \text{ м/с}$ обусловлено главным образом систематическими ошибками используемых измерителей скорости звука. Построенные по этим результатам гистограммы для прямого (рис. 1а) и косвенного измерителей (рис. 1б) аппроксимируются огибающей нормального закона распределения.

Во второй серии измерений среднее значение прямого измерителя скорости звука составило $1510,99$, а косвенного – $1520,85 \text{ м/с}$. Расхождение в средних значениях теперь составило – $9,86 \text{ м/с}$. Гистограммы, построенные по этим данным, представлены на рис. 2в и 2г. Если считать, что плотность распределения вероятностей случайной величины также будет подчинена нормальному закону, то его дисперсионные характеристики будут совершенно другими.

Процентное содержание химического загрязнителя в виде стирального порошка составляет около 4 граммов на литр, что соответствует концентрации стиральных растворов, применяемых для стирки как в прачечных, так и в быту.

Таким образом, внесение в чистую воду химического загрязнителя в виде стирального порошка применяемой (рабочей) концентрации приводит к уменьшению показаний прямого измерителя на единицы метров в секунду, а закон плотности распределения измерений изменяется как при прямых, так и при косвенных измерениях. В свою очередь это создает возможность создания технических средств оперативного контроля качества сбрасываемых вод.

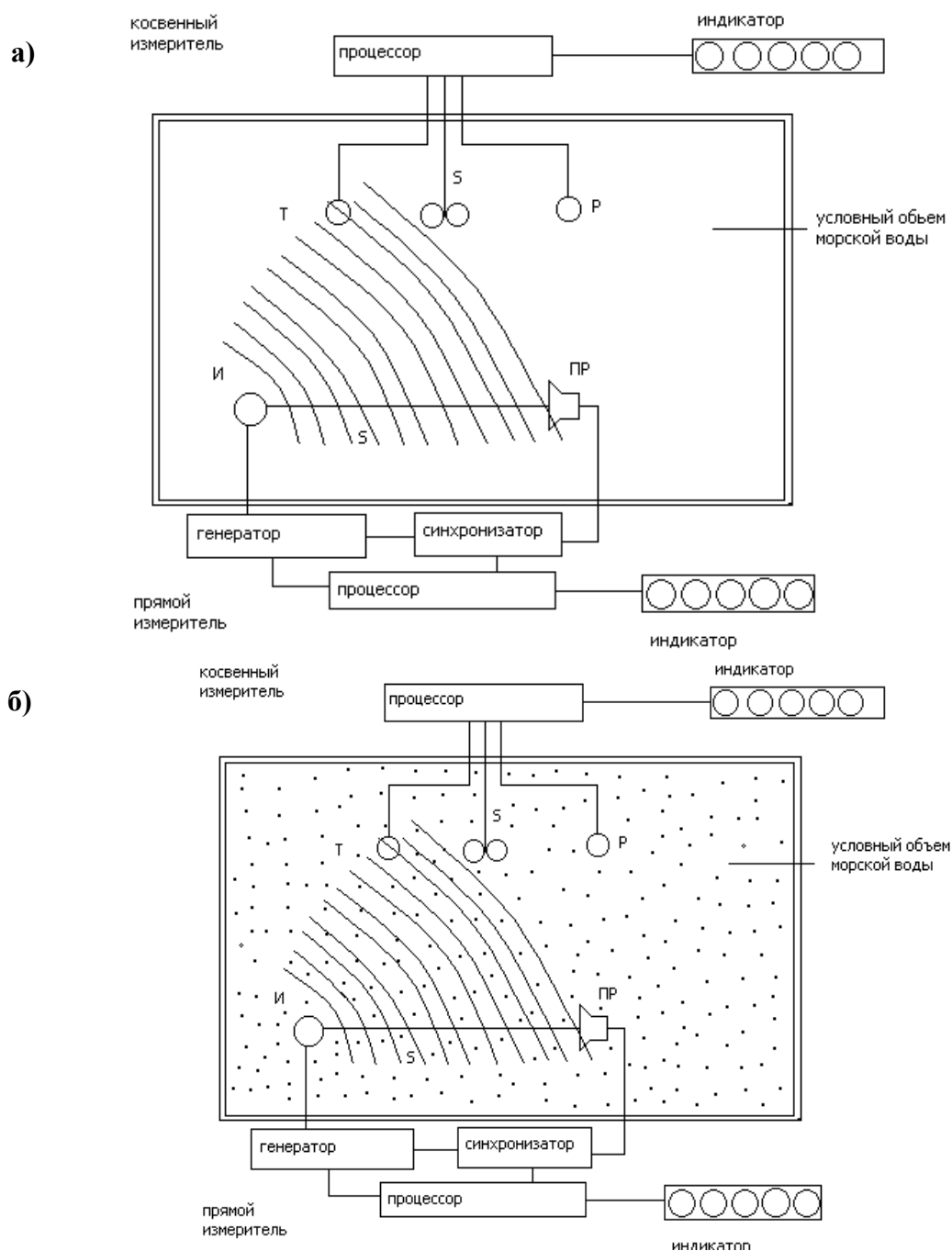


Рис. 1. Схема проведения экспериментов: а) чистая вода; б) вода с объемным загрязнителем.

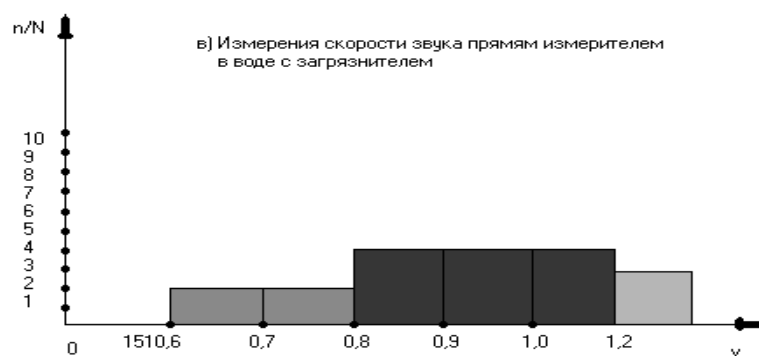
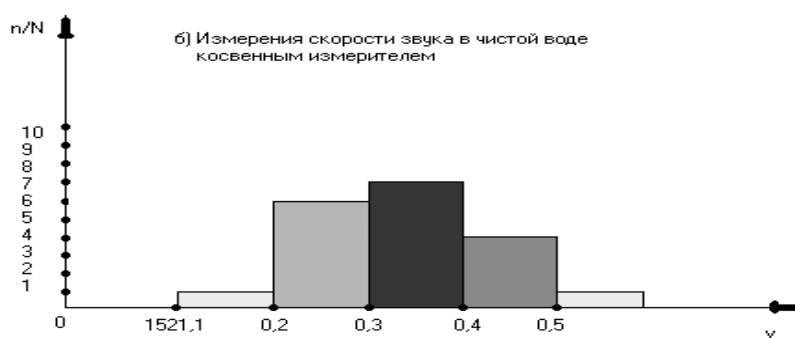
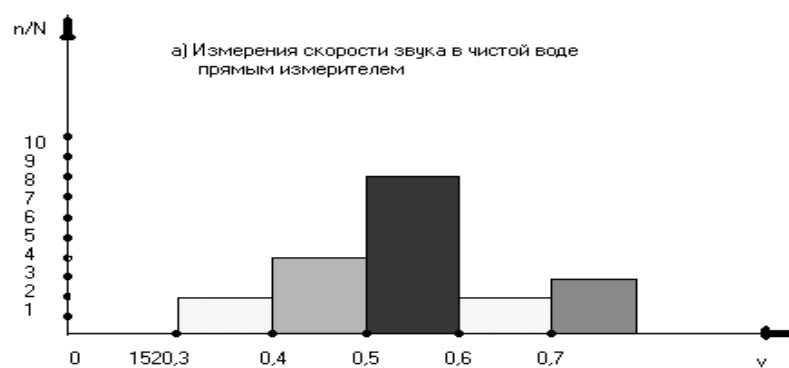
Таблица 1

Результаты измерений

	Чистая вода		Вода с загрязнителем	
	Прямой	Косвенный	Прямой	Косвенный
1	1520,5	1521,2	1510,8	1520,6
2	1520,3	1521,3	1510,9	1520,9
3	1520,5	1521,2	1511,0	1521,2
4	1520,6	1521,4	1510,6	1520,8
5	1520,4	1521,3	1510,7	1520,5
6	1520,5	1521,2	1511,2	1520,4
7	1520,4	1521,3	1510,6	1521,3
8	1520,7	1521,4	1510,8	1521,0
9	1520,5	1521,2	1511,2	1520,7
10	1520,6	1521,2	1510,8	1520,5

11	1520,7	1521,2	1511,3	1520,8
12	1520,5	1521,3	1510,9	1520,7
13	1520,3	1521,4	1510,6	1520,5
14	1520,5	1521,3	1511,0	1521,5
15	1520,4	1521,4	1510,9	1520,9
16	1520,5	1521,3	1510,8	1520,9
17	1520,5	1521,1	1511,0	1520,8
18	1520,4	1521,5	1510,7	1521,0
19	1520,7	1521,3	1,2	1521,1
20	1520,4	1521,2	1,0	1520,9
Среднее	1520,45	1521,29	1510,99	1520,85
Max	1520,3	1521,1	1510,6	1520,6
Min	1520,7	1521,5	1510,3	1520,5

Рассмотренный выше способ обнаружения химических загрязнений может быть реализован в достаточно компактном техническом устройстве, состоящем из блока датчиков, который с помощью соединительного кабеля соединен с пультом управления.



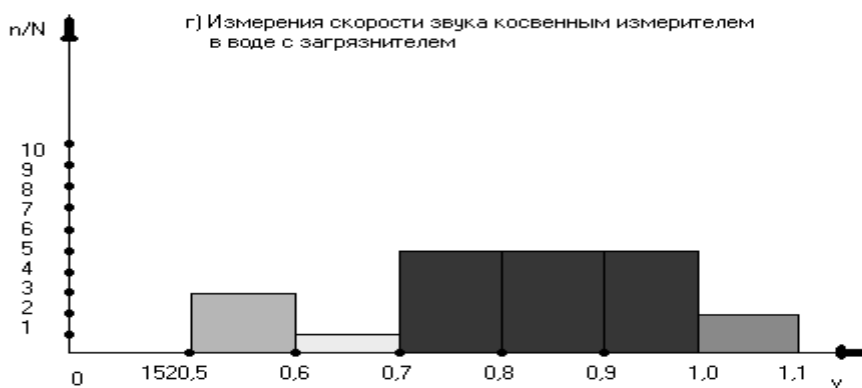


Рис. 2. Гистограммы результатов лабораторного эксперимента.

Блок датчиков включает в себя два миниатюрных антенных устройства прямого и косвенного измерителей скорости звука, жестко связанных между собой корпусом. Предполагаемые размеры корпуса не превышают 50×20×100 мм. Это дает возможность его размещения как в резервуарах канализационных коллекторов, так и у сливных труб, через которое производится сброс вод.

Пульт управления содержит процессор, осуществляющий расчёт прямого и косвенного значений скорости звука, их сравнение и выдачу управляющего сигнала, блок идентификации и органы управления устройством. Чем меньше будет величина расхождений в прямых и косвенных измерениях, тем выше качество очистки сбрасываемых вод.

ВЫВОДЫ

1. Разработанная лабораторная установка и методика проведения эксперимента позволяют проверить возможность акустического обнаружения антропогенного химического загрязнения в водной среде.
2. Результаты лабораторного эксперимента показывают, что добавление в чистую воду химического загрязнителя в виде стирального порошка вызывает уменьшение показаний значений прямого измерителя скорости звука на единицы м/с.
3. Техническая реализация данного способа может быть осуществлена в виде универсального технического устройства (стационарного и переносного), состоящего из блока датчиков, пульта управления и соединительного кабеля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постанова Кабінету Міністрів України № 269 від 29.02.1996 «О введенні в дію «Правил охорони внутрішніх морських вод від забруднення та засмічення»». – Київ. – 1996. – 28 с.
2. Патент № 47201 А, 601 С (Україна). Спосіб виявлення нафтових забруднень на водній поверхні / Азаренко О.В. та інші. – Опубл. в БІ № 6 от 17.06.02
3. Азаренко Е.В., Дивизинюк М.М., Третьякова Л.В. Обнаружение эмульгированных нефтяных загрязнений в северо-западной части Черного моря // Сб. научных трудов СНИЯЭиП, Вып. 11. - Севастополь, СНИЯЭиП, 2004. – С. 153-159.
4. Клудин В.В. Акустические измерительные устройства. – СПб-б.: Изд. Балт. гос. техн. ун-та, 1997. – 82 с.

Садыкова Г.Э., к.г.н. доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Анализ системы управления экологическими рисками в Автономной Республике Крым

Проанализирована система управления экологическими рисками на территории АРК; содержание процесса управления экологическими рисками в регионе; рассмотрены основные этапы управления экологическими рисками в регионе.

Экологический риск, управление, Крым.

Анализ экологической ситуации, сложившейся на территории Автономной Республики Крым, требует совершенствования государственного механизма управления экологическими рисками в регионе. При этом одной из важнейших проблем является не только понимание сущности экологического риска и его значения на микро-, макроуровнях хозяйствования, но и исследование взаимодействия риска с другими эколого-экономическими аспектами, а также необходимость его учета при территориальной организации и перспективном планировании территории [1; 2].

Изучение экологических процессов, происходящих на территории полуострова, показывает многогранность системы управления риском. Условно ее можно дифференцировать на две связанных между собой подсистемы: управляемую и управляющую. Первая подсистема представляет собой объект управления, т.е. совокупность рисков и взаимоотношений, которые возникают в процессе реализации риска. Управляющая подсистема – это субъект управления, т.е. группа людей, которые посредством различных приемов и способов осуществляют функционирование объекта в условиях риска (рис.1).

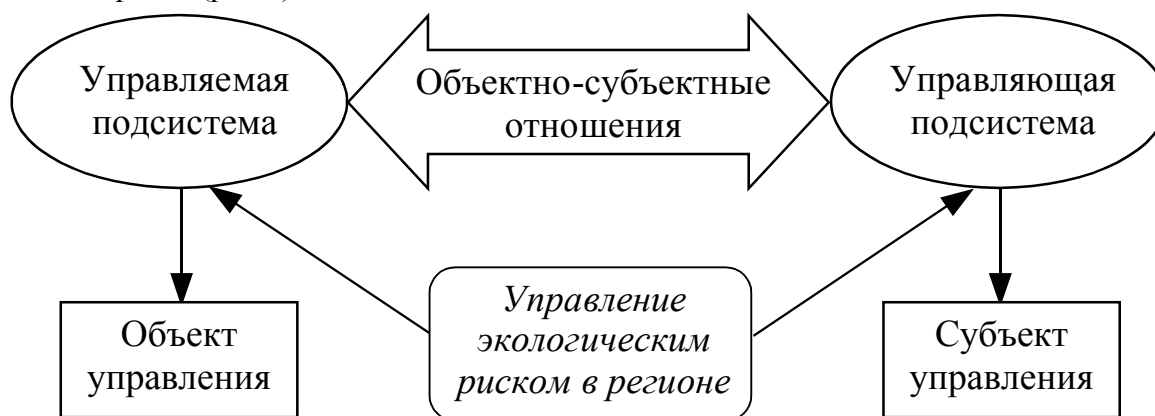


Рис. 1. Схема управления экологическими рисками в регионе

Из рис. 1 видно, что управление экологическими рисками в регионе следует рассматривать как объектно-субъектные отношения, направленные на преодоление рискованных ситуаций и снижение уровня риска.

Государственный механизм управления экологическими рисками в регионе – это совокупность общих норм и правил обеспечения государственных регуляторов (лицензирование, экологические платежи, штрафы, экологическое страхование и другие), которые позволяют достигнуть безопасного уровня экологического риска в регионе и принять эффективные мероприятия по предотвращению возникновения и ликвидации последствий рискованных ситуаций. Структура государственного механизма управления экологическими рисками в регионе показана на рис.2.

Рассмотрим основные этапы управления экологическими рисками в регионе с конкретизацией базовых составляющих процесса управления рисками применительно к экологическим рискам.



Рис.2. Структура государственного механизма управления экологическими рисками на территории АРК

Управление экологическими рисками должно опираться, с одной стороны, на прогнозирование их появления, а с другой стороны, на подготовленный план действий в случае возникновения рискованных ситуаций. Так, для субъекта хозяйственной деятельности в долгосрочном планировании необходимо не только разрабатывать мероприятия по соблюдению действующих и намечаемых экологических правовых норм, но и заблаговременно предусмотреть влияние переоценки общественных ценностей. План действий в случае возникновения рискованных ситуаций состоит из нескольких этапов управления риском, основные из которых представлены на рис. 3.

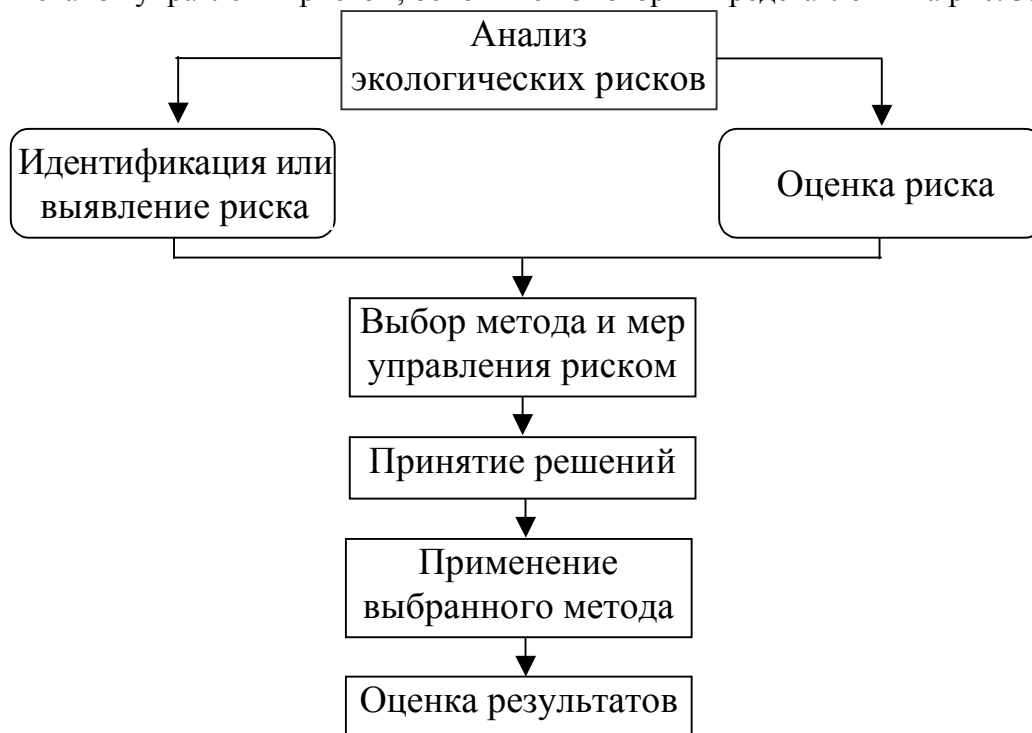


Рис. 3. Основные этапы процесса управления экологическими рисками

Последовательность управления экологическими рисками начинается с анализа риска. Целью данного этапа является получение необходимой информации о прошлом опыте по управлению экологическими рисками, структуре, свойствах объекта и возможных рисках в будущем. Основными составляющими здесь являются объем и качество полученной информации. Во-первых, ее должно быть достаточно для анализа, а также принятия решений на последующих этапах. Во-вторых, информация должна быть объективной.

Этап анализа экологических рисков состоит из идентификации и оценки рисков. Следует отметить, что анализ может происходить в двух направлениях – от оценки к выявлению и наоборот. В первом случае величина убытков известна заранее. При этом необходимо выявить причины их возникновения. Во втором случае на основе анализа объекта определяют риски и возможные последствия. Выявление риска относится к качественному анализу, а оценка представляет собой количественную составляющую анализа риска. Задача качественного анализа – определить факторы, области, виды и причины рисков, характерные для исследуемого объекта, а также подробно их изучить.

При количественном описании выявленных рисков определяют такие их характеристики, как вероятность возникновения и размер возможного ущерба. Для этого используют ряд методов. К наиболее известным в теории управления рисками относятся: статистические методы, метод экспертных оценок, аналитические методы, метод аналогий и другие. Практика показывает, что наибольшие ущербы возникают из-за реализации тех рисков, на которые не обращали внимания и не учитывали в анализе.

После выявления и оценки риска наступает этап выбора метода и мер (инструментов) управления риском. Необходимо отметить различие понятий «метод» и «мера». Под методом понимается способ достижения цели, совокупность приемов для решения определенной задачи. В работе [3, с.26] метод управления определяют как «совокупность средств регулирования отношений между субъектом и объектом производственно-хозяйственной деятельности». Мера – это конкретный инструмент или средство, которое применяется в рамках выбранного метода. Понятие «метод» имеет более широкий смысл, чем «мера».

Рассмотрим следующий этап управления экологическими рисками – принятие решений. На данном этапе определяются необходимые финансовые и трудовые ресурсы для реализации выбранного метода и конкретного пути снижения риска. Кроме того, происходит постановка и распределение обязанностей среди исполнителей, осуществляется анализ рынка соответствующих услуг (например, поиск страховой компании или подбор специалистов для проведения экологического аудита).

Далее осуществляется применение выбранного метода управления риском. Данный этап предусматривает конкретные организационно-экономические или технические мероприятия (при внедрении новых технологий) на основе определенных ранее планов. Рекомендуется проводить постоянный мониторинг и осуществлять прогноз величины риска.

Заключительный этап управления экологическими рисками основан на оценке результатов, т.е. подведении итогов деятельности по снижению риска. Оценку проводят на основе анализа полученной информации. Главная цель оценки – определение эффективности использования выбранного инструмента по управлению риском, определение незапланированных убытков. Рекомендации и выводы, полученные на данном этапе, используются при управлении риском в будущем.

ВЫВОДЫ

Проанализировано содержание процесса управления экологическими рисками в регионе с выделением управляемой и управляющей подсистем. В этой связи управление экологическими рисками в регионе предложено рассматривать как объектно-субъектные отношения, направленные на преодоление рискованных ситуаций и снижение уровня риска. Рассмотрены основные этапы управления экологическими рисками в регионе: анализ, состоящий из идентификации и оценки риска, выбор метода и мер управления риском, принятие решений, применение выбранного метода и оценка результатов.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення / А.Б.Качинський. – К.НІСД, 2001. – 312 с. – (Сер. «Екологічна безпека»; Вип.5).
2. Оценка и управление природными рисками. Тематический том / Под ред. А.Л.Рагозина. – М.: Издательская фирма «КРУК», 2003. – 320 с.
3. Сивый В., Балыка С. Управление хозяйственным риском // Бизнес-Информ. – 1998. – №12. – С.23-27.

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

Эколого-геологическое состояние нижнемеловых глин г. Феодосии.

В статье рассматриваются результаты инженерно-геологических и гидрогеологических исследований нижнемеловых глин г. Феодосии, на основании которых большая часть территории г. Феодосии на нижнемеловых глинах должна быть отнесена к зоне риска по уровню эколого-геологического состояния.

Грунты, эколого-геологическое состояние, подтопление, набухание.

Центральная и южная часть г. Феодосии сложена нижнемеловыми отложениями берриаса, альба и нерасчленёнными отложениями валанжин-готерива и баррем-апта (Рис.1.).

Берриасовые отложения распространены в южной части г. Феодосии, здесь они представлены зеленовато-серыми, беловато-серыми сланцеватыми глинами с прослоями серовато-белых или белых мергелей. Далее к северу от берриасовых отложений распространены нерасчленённые отложения валанжин-готерива, представленные известковистыми зеленовато-серыми, голубовато-серыми или зеленовато-жёлтыми глинами с прослоями до 1-3см супеси и крупнозернистого песка с присыпками пылеватого и мелкозернистого песка, с редкими конкрециями вишнёвого сидерита и барита, изредка встречается дресва и щебень известняка. Следующими к северу идут нерасчленённые отложения баррем-апта, представленные зеленовато-серыми и голубовато-серыми глинами с редкими конкрециями сферосидеритов и присыпками аморфного гипса. Самыми северными отложениями нижнего мела в г. Феодосии являются средне-верхнеальбские, состоящие из аргиллитоподобной песчанистой желтовато-серой, зеленовато-серой или тёмно-серой глины с прослоями песка и гравия. Мощность нижнемеловых отложений достигает более 100м [1]. Мощность перекрывающих четвертичных отложений может достигать 7м, мощность перекрывающих техногенных грунтов достигает 8,5м, что связано с многовековой историей Феодосии.

Целью исследования является районирование территории г. Феодосии, где распространены нижнемеловые глины, по уровню эколого-геологического состояния.

Задачей исследования является изучение и анализ результатов инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий на площади распространения нижнемеловых глин в пределах г. Феодосии.

Изменение физико-механических, деформационных и набухающе-усадочных свойств глин рассматриваются в виде анализа лабораторных данных свойств в условно природных комплексах и в природно-технических комплексах. Природные комплексы до застройки находились на южной (хребет Тете-Оба) и западной окраине г. Феодосии (микрорайоны по ул. Челнокова и Симферопольского шоссе), где представляли собой сельскохозяйственные угодья и пустоши, ныне они застроены многоэтажными домами. Природно-технические комплексы включают в себя центральную и южную часть г. Феодосии, которые принадлежат историческому центру современной Феодосии (здесь располагались античная Феодосия и средневековая Кафа). Общая площадь распространения нижнемеловых глин в г. Феодосии составляет около 8 квадратных километров или более 50 процентов от площади города.

По результатам анализа результатов лабораторных определений физических, деформационных, прочностных и набухающе-усадочных характеристик изменение свойств в природно-технических комплексах по сравнению с природными комплексами незначительно. Это объясняется тем, что нижнемеловые глины насыщены водой (степень влажности выше 0,8), являются слабопроницаемыми породами и имеют низкую водоотдачу, а также с многовековой заселённостью этих мест. Нельзя не отметить и тот факт, что на насыщенность водой исследуемых глин вблизи уреза Чёрного моря, влияет изменение уровня воды в Чёрном море. За период существования г. Феодосии с середины VI в. до н.э. и до наших дней Черноморский бассейн испытал ряд регрессий и трансгрессий, сопровождавшихся колебанием уровня моря с амплитудой 10-12м. В период с VIII

в. до н.э. и примерно до середины I в. до н.э. уровень Чёрного моря понижался (Фанагорийская регрессия) и по представлениям различных исследователей находился на отметках от -3 до -11м ниже современного, хотя для г. Феодосии, скорее он был около -5м, что косвенно подтверждается археологическими находками на данной глубине в районе морпорта и устья р. Байбуги. Начиная с I в. до н.э. до начала VIII в. н.э. отмечается трансгрессия Чёрного моря – Нимфейская трансгрессия, когда уровень моря был на 1-2м выше современного. С конца VIII в. до XIV- XV вв. отмечается регрессия Чёрного моря – Корсунская регрессия, когда уровень моря был ниже на 3,3-3,6м от современного. После XV в. начинается трансгрессия Чёрного моря, которая продолжается до настоящего времени [2, 3].

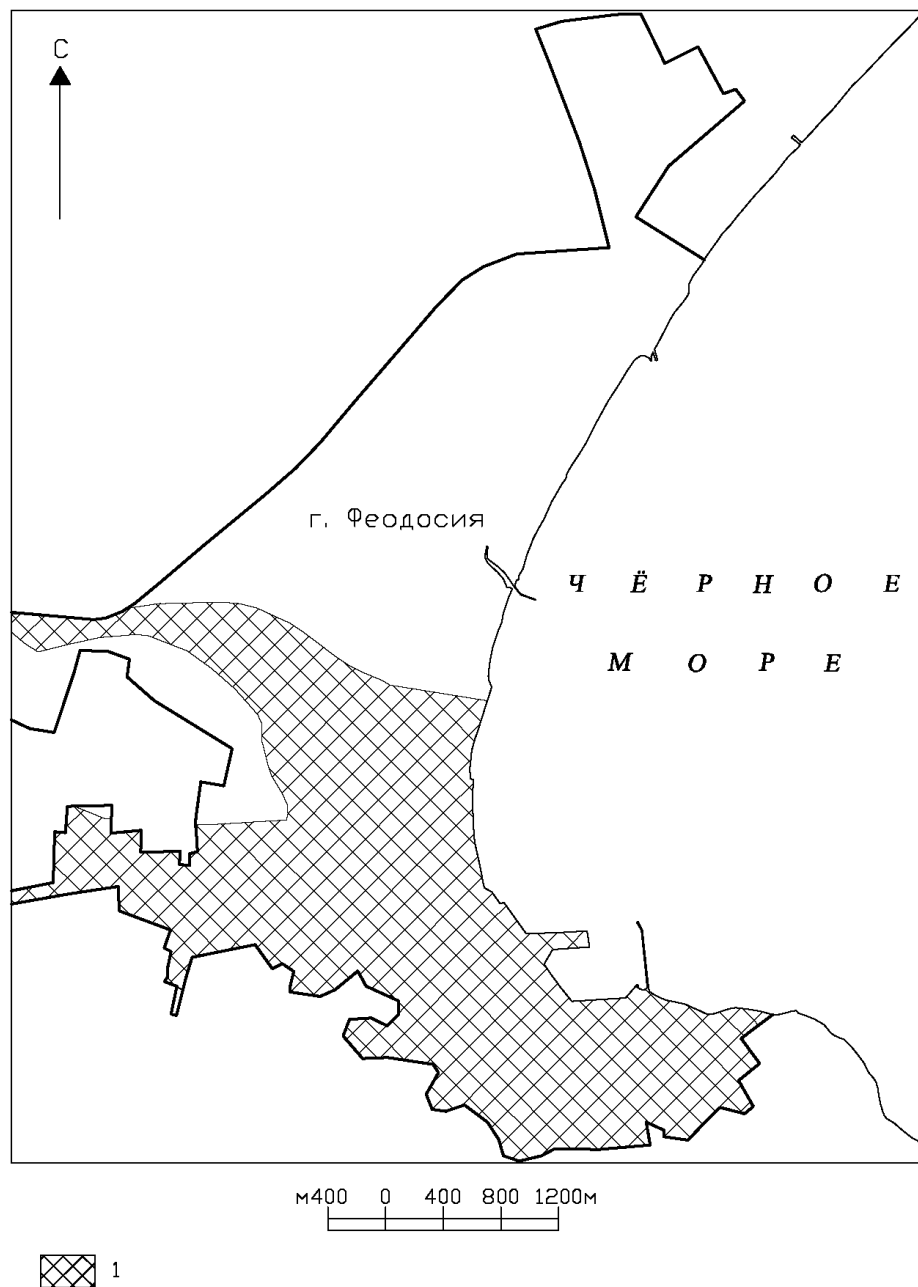


Рис.1.Схематическая карта распространения нижнемеловых отложений г. Феодосии.

1 – нижнемеловые отложения.

Средние и крайние значения характеристик грунтов и количество определений приведены в таблице.

Физико-механические и набухающие свойства нижнемеловых глин г. Феодосии.

комплексы	Физико-механические и набухающие характеристики											
	Естественная влажность, доли единиц	Число пластичности	Показатель текучести	Объемный вес, г/см ³	Удельный вес, г/см ³	Коэффициент пористости	Степень влажности	Модуль деформации при естественной влажности, МПа	Сцепление при естественной влажности, кПа	Угол внутреннего трения при естественной влажности, градусы	Давление набухания, МПа	Относительное набухание, проценты
Природные комплексы	0,215(553)	0,265(559)	-0,19(553)	1,91(553)	2,71(553)	0,726(553)	0,80(553)	30(155)	42(20)	23(20)	0,091(78)	12(88)
	0,109-0,303	0,067-0,441	от -0,89 до 0,27	1,67-2,30	2,60-2,78	0,361-1,152	0,58-1,0	13,5-78,7	17,5-96,7	13,0-38,0	0,025-0,260	от 6 до 64
Природно-технические комплексы	0,202(644)	0,223(644)	-0,16(644)	1,99(644)	2,71(644)	0,644(644)	0,85(644)	30(211)	34(41)	27(41)	0,111(81)	11(104)
	0,106-0,366	0,067-0,438	от -0,89 до 0,41	1,75-2,21	2,65-2,76	0,411-1,038	0,53-1,0	10,4-61,3	7,6-74,9	11,0-37,0	0,016-0,330	1,0-29,0

Примечание: в числителе среднее значение, в скобках количество определений; в знаменателе крайние значения

По набухающим свойствам на территории г. Феодосии выделяются три типа набухающих глин – сильно-, средне- и слабонабухающие грунты. Распространение различных типов набухающих нижнемеловых глинистых грунтов показано на рис. 2.

На участке распространения нижнемеловых отложений в последние десятилетия характерно подтопление смешанного характера, как природного, так и техногенного характера. Общая территория подтопления составляет более 4 квадратных километров, с тенденцией увеличения подтапливаемых площадей (Рис.3.).



Рис.2. Распространение различных типов набухающих грунтов нижнемеловых глин в г. Феодосии.

1 – сильнонабухающие грунты; 2 – средненабухающие грунты; 3 – слабонабухающие грунты.

Для территории распространения изучаемых глин возможно образование техногенных оползней, связанных с подрезкой склона при застройке многоэтажными и приусадебными домами и

при добыче кирпично-черепичных глин, что подтверждается выделением средств из бюджета Украины, АР Крым и местного бюджета по «программе инженерной защиты территорий Автономной Республики Крым от оползневых и абразионных процессов на 2000-2005 годы». К оползневым и оползнеопасным территориям в г. Феодосии отнесены микрорайон ул. Челнокова со стороны Кирпичнозаводской (Заводской) и Зелёной балки, а также северные склоны хребта Тете-Оба с индивидуальной застройкой приусадебного типа [4]. К территориям, где возможны оползни, относится также участок, расположенный на берегу моря у мыса Феодосия и территория карьера по добыче кирпично-черепичных глин Феодосийского месторождения на склоне Заводской балки (см. рис.3.).

Наряду с оползневыми склонами выделяются дефлюкционные склоны, на которых происходит медленное движение грунта вниз по склону (крип). Скорость крипового перемещения грунтов под различными ландшафтами колеблется от 0,016 до 6,4мм/год [5].

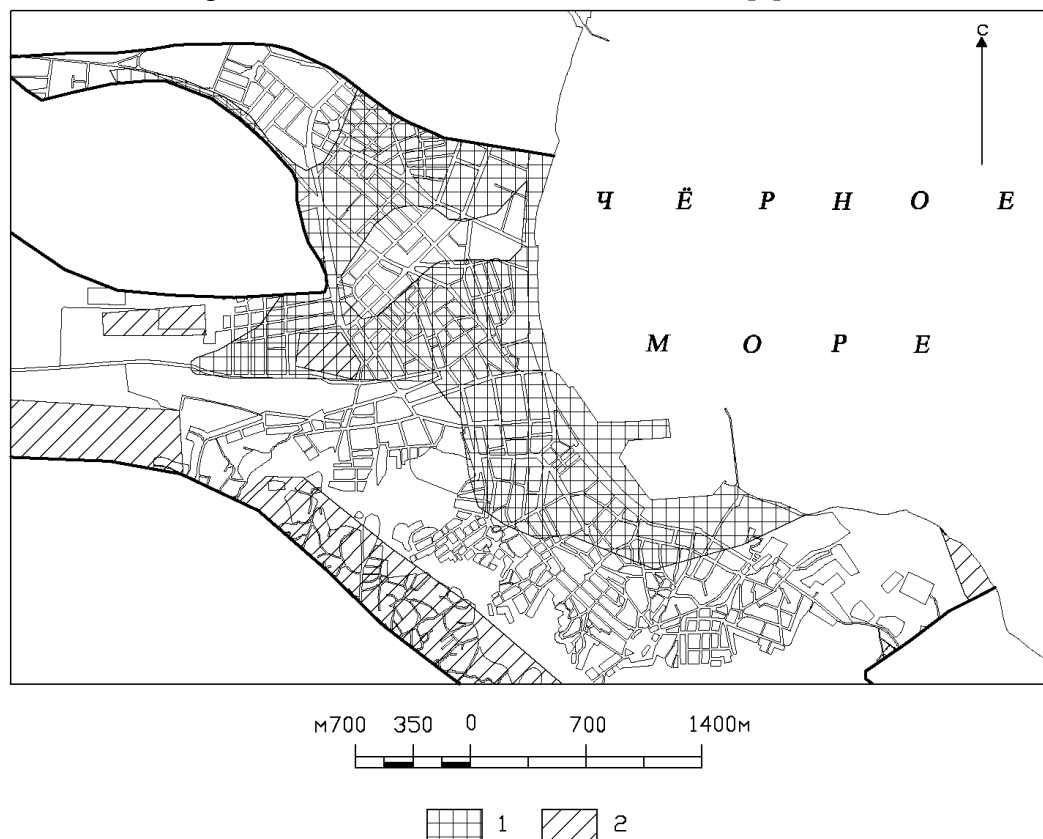


Рис.3.Схема развития неблагоприятных инженерно-геологических процессов на нижнемеловых глинах в г. Феодосии.

1 – подтопление; 2 – оползневые, оползнеопасные и дефлюкционные склоны.

Территория распространения исследуемых глин характеризуется сейсмичностью в 8 баллов [6]. Район г. Феодосии сейсмически активный район, характеризующийся землетрясениями, тяготеющими к Феодосийской группе очагов землетрясений, находящихся в нескольких десятках километрах от берега. Возникновение землетрясений приурочено к району пересечения продольной Южнобережной зоны разломов с поперечным Корсакско-Феодосийским глубинным разломом [7].

Районирование территории по степени эколого-геологического состояния в зависимости от поражённости каким-либо неблагоприятным процессом приводится по В.Т. Трофимову [8]. При районировании территории по степени эколого-геологического состояния нижнемеловых глин учитывалась совокупность критериев: изменение физико-механических свойств, подтопление территории, оползни, крип, сейсмичность, крутизна склонов, мощность перекрывающих четвертичных отложений и техногенное влияние хозяйственной деятельности.

На основе совокупности критериев для территории г. Феодосии выделяются зоны риска и

нормы (Рис.4.).

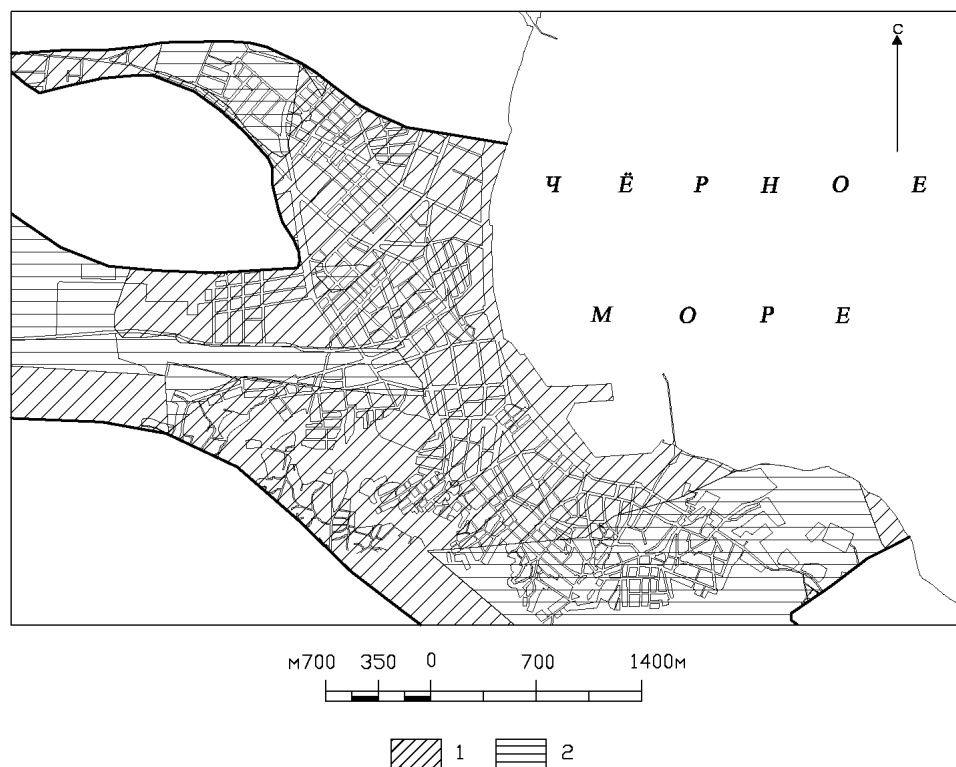


Рис. 4. Районирование территории распространения нижнемеловых глин г. Феодосии по уровню эколого-геологического состояния.

Степень эколого-геологического состояния: 1 – риск; 2 – норма.

К зоне риска относятся территории, где наблюдается природное и техногенное подтопление, где развиты оползневые подвижки и возможно образование оползней на склонах хребта Тете-Оба и где глины обладают сильнонабухающими свойствами.

К территориям с нормальным эколого-геологическим состоянием относятся территории, где распространены средне-слабонабухающие глины, очень отлогие и отлогие склоны (с крутизной земной поверхности до 15 градусов) и где нет подтопления и оползней.

ВЫВОДЫ

1. Для территории распространения нижнемеловых глин в г. Феодосии характерны неблагоприятные инженерно-геологические процессы, такие как набухание, подтопление, крип и оползни.
2. Около 60 процентов территории распространения нижнемеловых глин в пределах г. Феодосии подтоплено.
3. Величина смещения грунта на дефлюкционных склонах составила от 0,016 до 6,4 мм/год.
4. Большая часть территории распространения нижнемеловых глин г. Феодосии по степени эколого-геологического состояния относится к зоне риска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология СССР. Том VIII. Крым. Часть I. Геологическое описание / Под ред. М.В. Муратова. – М.: Недра, 1969. – 576с.
2. Петрова Э.Б. Античная Феодосия: История и культура. – Симферополь: СОНАТ, 2000. – 264с.
3. Назаров В.В. Гидроархеологическая карта черноморской акватории Украины (памятники античной и средневековой эпох). – К.: Стилос, 2003. – 160с.
4. Программа инженерной защиты территории Автономной Республики Крым от оползневых и абразионных процессов на 2000-2005 годы. Утверждена постановлением Верховной Рады Автономной Республики Крым от 26 апреля 2000г. № 1091-2/2000. – 50с.
5. Клюкин А.А. Баланс наносов в низкогорье Крыма у Карадага // Карадаг. История. Геология. Ботаника. Зоология. Сборник научных трудов, посвящённых 90-летию Карадагской научной станции имени Т.И. Вяземского и 25-летию Карадагского природного заповедника. Книга 1. – Симферополь: Сонат, 2004. – С. 94-107.
6. ДБН В.1.1 – 12:2006. Строительство в сейсмических районах Украины. – К.: ГП «Укрархбудинформ», 2006. – 84с.
7. Клюкин А.А., Михалёнок Д.К. Современные эндогенные и экзогенные процессы // Природа Карадага. – К.: Наукова думка, 1989. – С. 95-110.
8. Теория и методология экологической геологии / Под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Издательство МГУ, 1997. – 368с.

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

УДК 628.16.004

Бойчук С.Д., инженер

Симферопольское производственное предприятие водопроводно-канализационного хозяйства

Мякишев В.А., к.т.н. доцент; Котовская Е.Е., аспирантка

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Новый метод определения экономической эффективности внедрения экологического проекта обезвреживания водопроводного осадка

Изложены два метода расчета и обоснования эффективности инвестиций в экологический проект обезвреживания осадка водоочистных станций.

Водопроводный осадок, обезвреживание, капитальные вложения, эксплуатационные расходы, эффективность, дисконтированный доход.

Применяемые в настоящее время методики технико-экономического обоснования оптимальных технических решений в проектах связанных с переработкой отходов водоочистки устарели в связи с изменением в стране экономических условий деятельности водопроводных предприятий и прекращением государственного кредитования строительства объектов экологического назначения в коммунальной отрасли. В финансовых планах водопроводно-канализационных предприятий практически не предусматриваются средства на развитие основных производственных мощностей и объектов для обезвреживания и утилизации отходов водоочистки.

Анализ применяемых ранее методик выбора экономически целесообразного варианта по минимуму приведенных затрат, сделанный нами в работе [1,4], показывает, что в нынешних условиях инвестирования проектов нет достаточных оснований для расчета величины приведенных затрат, основанного на использовании неизменяемого коэффициента срока окупаемости в строительстве, который уже 40 лет принимается равным 7-8 годам.

По общепринятой методике выбор экономичного варианта схемы очистки стоков ВОС в целом и отдельного очистного сооружения производится по приведенным затратам, определенным по формуле:

$$П = Э + E_n K, \text{ грн,}$$

где $П$ – приведенные затраты, $Э$ – эксплуатационные затраты, K – капиталовложения, E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (принимается ранее по народному хозяйству в целом не ниже 0,12).

Если сравниваемые варианты технологий имеют примерно равные значения приведенных затрат, то предпочтение отдается тому, который обеспечивает более рациональное повторное использование отходов производства, требует минимум площади под строительство и меньший расход металла и других дефицитных материалов, обеспечивает больший коэффициент использования местных ресурсов и возможность более быстрого ввода опытной технологической линии водопроводных очистных сооружений (ВОС) в эксплуатацию.

Другими важнейшими показателями экономической эффективности рассматриваемых вариантов технологических схем ВОС являются:

а) себестоимость 1 м³ очищенных стоков:

$$S = \frac{Э}{Q_{\text{ср.год}}}, \text{ грн./м}^3, \quad (1)$$

где: S – себестоимость 1 м³ очищенных стоков ВОС; $Э$ – годовые эксплуатационные расходы на обработку осадков, руб.; $Q_{\text{ср.год}}$ – среднегодовое количество очищенных стоков водоочистки, м³.

б) удельные капиталовложения на очистку 1 м³ очищенных стоков:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K}{Q_{\text{сут}}}, \text{ грн./м}^3, \quad (2)$$

где $Q_{\text{сут}}$ – суточная производительность комплекса очистки стоков, м³/сут.

Годовой экономический эффект от внедрения новой технологии очистки стоков ВОС или новых конструкций ВОС определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_r = [(\mathcal{E}_a + K_a \cdot E_n) - (\mathcal{E}_n + E_n \cdot K_n)] \cdot Q_{\text{год}}, \text{ грн.}, \quad (3)$$

где: $\mathcal{E}_a$ и $\mathcal{E}_n$ – удельные эксплуатационные расходы для аналогового варианта и варианта с включением новой техники, грн./м³; K_a и K_n – удельные капитальные вложения для аналогового варианта и с включением новой техники, грн./м³; $Q_{\text{год}}$ – среднегодовой объем перерабатываемых стоков, м³.

В настоящее время значительно изменилось как **соотношение затрат и цен**, так и их структура. При определении фактической эффективности внедрения систем (комплексов) очистки стоков водоочистной станции трудно в конкретный промежуток времени учесть инфляцию, неупорядоченность цен на материалы, оборудование, электроэнергию и реализуемую очищенную воду [5].

На стадии обоснования выбора той или иной системы обезвреживания отходов водоочистки необходимо учитывать общегосударственные и местные налоги на прибыль, налог на добавленную стоимость, высокие проценты на кредиты и динамику их изменения, планируемые изменения платы за водопользование, отчисления на экологические мероприятия и прочие затраты. Экономические расчеты осложняются из-за отсутствия утвержденного в законодательном порядке прогнозного тарифа на услуги водопроводно-канализационного предприятия, а также по причине резких колебаний тарифа на воду, который изменился за последний год в 2-3-раза [6]. Вследствие хронических неплатежей за отпускаемую потребителям воду и отсутствия должной конкуренции среди поставщиков электроэнергии и реагентов зачастую наблюдается необоснованное гипертрофирование отдельных статей годовых эксплуатационных затрат. В условиях сложного финансового состояния предприятий водопроводно-канализационного хозяйства значимость технико-экономического обоснования (ТЭО) принимаемых решений при проектировании, строительстве и эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения резко возрастает.

Решение задач повышения технологической и экологической надежности станций водоподготовки, в том числе за счет отстаивания, фильтрования, сгущения, интенсивного реагентного обезвреживания, деструктивных методов утилизации осадка, требует капитальных и эксплуатационных затрат примерно равных капиталовложениям в строительстве и эксплуатации основных сооружений подготовки питьевой воды.

Поэтому возрастает значимость достоверности и точности методик технико-экономических расчетов, обоснований разрабатываемых систем водоснабжения и их составляющих.

При выборе и сравнении вариантов и технологий учитываются индивидуальные условия работы отдельного водоочистного объекта, например, качество технологических стоков водоочистных станций позволяет применить несколько технологических схем обезвреживания и утилизации осадков, наличие свободной площади земли для подсушивания осадка и их стоимость приобретения и доставки реагентов. Сравнение структурных схем и технологических показателей сооружений обработки жидких отходов водоподготовки представлено нами в работе [4].

В целях объективности расчетов необходимо более тщательно относиться к сбору и обоснованию исходных данных для расчетов по удельным капитальным затратам и составляющим эксплуатационных расходов. При расчетах должна исключаться «фиктивная» экономия реагентов и других текущих затрат, так как это не позволяет в отдельные периоды года достичь требуемого технологического эффекта. Необходимо также учитывать на перспективу рыночные условия приобретения реагентов, химических реактивов, контрольно-измерительной и регулирующей аппаратуры, фактические затраты на электроэнергию, тепло и транспортные расходы.

В качестве примера выполнен расчет определения экономической и экологической эффективности разработанной технологии. Выбраны две технологические схемы обезвреживания осадков ВОС: первая – по рекомендуемому варианту с термическим обезвреживанием осадков грязных промывных вод, вторая – по базовому варианту с набором сооружений в соответствии с рекомендациями СНиП 02.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» [7]. Результаты сравнения окупаемости инвестиций по каждому вари-

анту реконструкции цеха обезвоживания осадка водоочистной станции производительностью 100 тыс. м³/сут приведены в табл. 1.

При расчете в сумму себестоимости помимо традиционных затрат на технологию включены обязательные отчисления: по установленным законодательством нормам: в пенсионный фонд, в государственные фонды занятости и медицинского страхования, на износ по нематериальным активам; платежи по кредитам банков в пределах ставки, установленной законодательством, платежи за предельно допустимые сбросы (ПДС) загрязняющих веществ с водой после обезвоживания осадка и с промывной водой после фильтров в случае сброса этих вод в водоем. Платежи по кредитам сверхустановленных ставок и за превышение ПДС осуществляются за счет прибыли.

Таблица 1

Расчет окупаемости инвестиций

Затраты, доходы, инвестиции, тыс. грн.	Варианты	
	1 - опытный	2 - базовый
Капитальные вложения	6414	6464
Эксплуатационные затраты на:		
- реагенты	35	39
- уголь	9	
- обработку на сооружениях гидроксидных осадков	2,8	3,1
- транспортирование обезвоженных осадков к месту использования	19	
- электроэнергию	49	48
- тепловые ресурсы	0,7	0,8
- оплату труда	72	74
- отчисления на социальные нужды	27,7	28,5
- платежи по кредитам	27	15
Плата за сбросы отходов		6,7
Амортизация основных фондов	35,2	35,5
Плата за превышение ПДС		6,6
Плата за размещение отходов		9,2
Суммарные эксплуатационные затраты	289,4	266,4
Доходы от реализации отходов	37	
Чистая прибыль	14	

По сравнению с представленным выше методом выбора экономически выгодного варианта по минимуму приведенных затрат предпочтительнее является методика, предусматривающая оценку предлагаемых технологических решений по чистому дисконтированному доходу (ЧДД), индексу доходности (ИД) и внутренней норме доходности (ВНД) [2]. Однако ее применение возможно лишь при нормальных условиях функционирования водопроводно-канализационных предприятий, когда между потребителями воды и ее поставщиками нет взаимозадолженностей. Полученные кредиты не должны использоваться на мероприятия, не участвующие в реализации проекта.

В представленной методике оценки эффективности предлагаемого технологического решения по чистому дисконтированному доходу критерием выбора варианта является минимальное значение срока окупаемости проекта T , рассчитанное по приведенной формуле для метода дисконтирования. По этому методу срок окупаемости определяется из формулы

$$\sum_{t=0}^T \mathcal{E}t \frac{1}{(1+E)^t} \cong \sum_{t=0}^T Kt \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (4)$$

где: t – номер шага расчета; T – срок окупаемости за год; $\mathcal{E}t$ – эффект, достигаемый на t -ом шаге;

Kt – капиталовложения на t -ом шаге; E – норма дисконта (дисконтная ставка), установленная для t -ого шага.

Приведение к базисному моменту времени результатов и эффектов на одном из шагов расчета реализации проекта производится умножением на коэффициент дисконтирования – dt .

$$dt = \frac{1}{(1 + E)^t} \quad (5)$$

Норма дисконта (E) равна приемлемой для инвестора норме дохода на капитал.

Далее рассматривается пример применения новой методики для расчета эффективности предлагаемого технологического решения по чистому дисконтированному доходу. Допустим, что в соответствии с уровнем инфляции в относительно денежных банках годовая валютная процентная депозитная ставка на вложенные средства при суммах вклада более 100 тыс. грн. в 2000 г. составила 35%, а в 2001-2003 гг. – 20%.

В табл.2 приведены рассчитанные по формуле (5) значения коэффициентов дисконтирования при различных интервалах планирования в 2000-2003 гг.

Таблица 2

Дисконтная норма	Год инвестирования	Интервал	Коэффициент дисконтирования
$E_1=0,35$	2000	1	0,741
$E_2=0,2$	2001	2	0,694
	2002	3	0,579
	2003	4	0,482

Чистый дисконтный доход (ЧДД) определяется как сумма текущих эффектов за весь расчетный период, приведенная к начальному шагу, или как превышение интегральных показателей дохода над интегральными затратами:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t^+) \frac{1}{(1 + E)^t} - K_d, \quad (6)$$

где: Z_t^+ – затраты на t -ом шаге при условии, что в них не входят капиталовложения; K_d – сумма дисконтированных капиталовложений:

$$K_d = \sum_{t=0}^T K_t \frac{1}{(1 + E)^t}, \quad (7)$$

где K_t – капиталовложения на t -ом шаге.

Если ЧДД рассматриваемого варианта положителен, вариант является эффективным при данной норме дисконта, и только тогда решается вопрос об его принятии. Чем больше ЧДД, тем эффективнее вариант проекта. В формулу (6) убыток входит со знаком «плюс», а доход – со знаком «минус». ЧДД выражает разницу между суммой приведенных эффектов и приведенной к тому же моменту времени величиной капитальных вложений K_d . Индекс доходности представляет собой отношение суммы приведенных эффектов к величине капиталовложений:

$$\text{ИД} = \frac{1}{K} \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t^+) \frac{1}{(1 + E)^t} \quad (8)$$

Индекс доходности тесно связан с чистым дисконтным доходом. Если значение ЧДД положительно, то индекс доходности больше единицы.

При финансовом обосновании технологий вычисляют поток и сальдо реальных денег. При осуществлении технологического проекта выделяют три вида деятельности: инвестиционная, операционная и финансовая. Поток реальных денег – это разность между притоком и оттоком денежных средств от инвестиционной и операционной деятельности в каждый год реализации проекта (на каждом шаге расчета). Поток реальных денег от инвестиционной деятельности включает в себя виды доходов от

продажи активов и затраты на приобретение земли, зданий, сооружений. Оборудования, распределенные по периодам или шагам расчета. По сути сюда входят капитальные затраты по годам осуществления проекта. Поток реальных денег от операционной деятельности включает доходы от продажи воды потребителю, эксплуатационные затраты, средства на амортизацию, налоги, а от финансовой деятельности – все виды кредитов (приток) и погашение задолженностей по кредитам (отток). Если в какой-то год (на некотором шаге) сальдо реальных денег становится отрицательным, это означает, что проект в данном виде не может быть осуществлен. В этом случае необходимо увеличивать доходную часть или уменьшить расходную часть проекта. На практике расчет экономической эффективности технологии завершается составлением табл. 1, позволяющей учитывать весь план осуществления проекта и базирующейся на данных табл. 2.

Пример расчета ЧДД и ИД для рассматриваемых вариантов технологии приведен в [3]. Обозначим дисконтированный эффект, в котором из состава затрат исключены капиталовложения, через S . По условиям табл. 1. и 2 для варианта 1 рассчитываем S_1 , ЧДД₁ и ИД₁:

$$S = \sum_{t=0}^T \frac{P}{(1+E)^t}, K = \sum_{t=0}^T \frac{\Delta P}{(1+E)^t}, \quad (9)$$

где: P – прибыль от реализации утилизированных отходов потребителю;

ΔP – разность между притоком и оттоком средств от финансовой деятельности.

$$S_1 = \sum_{t=0}^5 \frac{P}{(1+E)^t}, ИД_1 = \frac{S_1}{K_1}, ЧДД_1 = S_1 - K_1 \quad (10)$$

Таблица 3

Расчет экономической эффективности технологии, тыс. грн

Показатель	Значение показателя по годам, тыс. грн.					
	2000	2001	2002	2000	2001	2002
	Вариант 1 (опытный)			Вариант 2 (базовый)		
1	2	3	4	7	8	9
Операционная деятельность	15	22	21	14	17	18
Продажа и другие поступления (реализация отходов, прибыль, бюджетные ассигнования на охрану природы)	116	130	135	125	130	133
Затраты на реагенты	35	37	40	39	39	39
Прочие издержки, включая энергозатраты	46	49	50	48	48	48
Налоги	18	18	18	21	21	21
Процент по кредитам	2	4	6	3	5	7
Инвестиционная деятельность	-61	0	0	-71	0	0
Поступление от продажи активов						
Затраты на приобретение активов						
Финансовая деятельность	51	-25	-25	60	-28	-32
Собственный капитал	0	0	0	0	0	0
Краткосрочные кредиты	0	0	0	0	0	0
Долгосрочные кредиты	60	0	0	75	0	0
Погашение задолженностей по кредитам	9	20	30	15	24	35
Выплаты дивидендов	0	0	0	0	0	0
Излишек средств	5	-3	-4	3	-11	-14
Суммарная потребность в средствах	0	0	0	0	0	0
Сальдо на конец года	5	2	-2	3	-8	-22

С учетом дисконтирования срок окупаемости по варианту I составляет $T_i = 5$ лет. Внутренняя норма доходности (ВНД) представляет собой ту норму дисконта $E_{вн}$, при которой величина приведенных эффектов равна приведенным капиталовложениям. Она определяется из уравнения:

$$\sum_{t=0}^T \frac{R_t - Z_t}{(1 + E_{вн})^t} = \sum_{t=0}^T \frac{K_t}{(1 + E_{вн})^t}, \quad (11)$$

Решение уравнения дает: $E_{вн} = \text{ВНД}_1$.

ИД и ЧДД для варианта 1 при расчёте оказались выше по сравнению с вариантом 2. Если сравнение альтернативных вариантов проектов по ЧДД и ВНД приводят к противоположным результатам, то предпочтение отдают варианту с большим ЧДД. Таким образом, технология по варианту 1 более выгодна. Обоснование ресурсосберегаемых технологий в системах водного хозяйства промышленных предприятий по данной методике подробно рассмотрено в [3, 5].

ВЫВОДЫ

1. Показаны два метода определения сроков окупаемости, первый - по приведённым затратам, второй - путем дисконтирования (расчета интегральных показателей эффективности).
2. Если чистый дисконтированный доход (интегральный эффект) рассматриваемого варианта положителен, вариант является наиболее эффективным при данной норме дисконта и может рассматриваться вопрос о его принятии.
3. Предложено оценивать эффективность инвестиционных природоохранных проектов обезвреживания отходов водоподготовки методом соизмерения разновременных показателей путем приведения (дисконтирования) их к ценности в начальном виде. Если в первый год производственной стадии сальдо реального денежного потока принимает отрицательное значение, даже несмотря на высокие показатели эффективности, то проект в предложенном виде не осуществим. Необходимо изменить проект (увеличив доходную часть, или уменьшив расходную и найдя дополнительные источники финансирования) и после этого вновь повторить расчет.
4. Результаты расчета позволяют сделать вывод, что финансовый план проекта по варианту 1 является сбалансированным и экономически наиболее эффективным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойчук С.Д., Мякишев В.А. Выбор технологии обезвреживания и утилизации осадка стоков водоочистных станций по экономическим и экологическим показателям. Сб. научных трудов НАПКС № 18, Симферополь, 2007.
2. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. Госстрой, Минэкономики, Минфин, Госкомприроды. – М.: НПКВЦ «Теринвест», 1994.
3. Говорова Ж.М. Выбор и оптимизация водоочистных технологий. / Вологодский ГТУ. Вологда-Москва. 2003.
4. Бойчук С.Д. Совершенствование технологии обработки и утилизации осадков станции подготовки питьевой воды. / Национальная академия природоохранного и курортного строительства. Симферополь, 2006.
5. Шевченко Л.Я. Використання термообробки при очищенні виробничих стічних вод водопровідних станцій. / Рівенський ДТУ. Вип. 2 част. 2. Рівне, 1999.
6. Говорова Ж.М. Обработка промывных вод и осадков водоочистных станций. / Обзорная информация. Выпуск 1. – М.: 2001.
7. СНиП 02.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». Госстрой, -М.: 1985.

Борисов Б.М., к.т.н.

*Крымский научно-исследовательский центр института гидротехники и мелиорации
украинской академии аграрных наук*

Повышение уровня безопасности питьевой воды в производственных угольно-гранодиоритных фильтрах.

Приведены результаты производственных внедрений и исследований режимов работы новых угольно-гранодиоритных фильтров. Получен более высокий эффект очистки воды, позволяющий повысить уровень её безопасности; на 15-25 % уменьшены затраты на эксплуатации сооружений.

Безопасность, угольно-гранодиоритные фильтры, питьевая вода, технология водоочистки..

Внедрение эффективных технологий водоочистки в системах сельскохозяйственного и коммунального водоснабжения позволяет, не ухудшая санитарно-гигиенических показателей воды, снизить себестоимость, а значит и цену единицы продукции. Особенно это актуально сейчас, когда реконструкция и строительство систем почти прекратились, а их эксплуатация выполняется на минимально достаточном уровне. В работе [1] автором были рассмотрены современные проблемы водоочистки на действующих очистных сооружениях, а в [2] изложена схема предлагаемой санитарно надёжной системы очистки. Поэтому, не останавливаясь на обозначенных аспектах, перейдём непосредственно к результатам внедрения технологии в производство.

Процесс очистки воды (обезжелезивания и дезодорации) подземных водоисточников апробировали и исследовали на производственных установках угольно-гранодиоритных фильтров ОАО «Мелитопольский пивоваренный завод» (Запорожская область), ЗАО «Західпиво» (Ровенская область). Результаты теоретических и практических изысканий методов очистки воды показали, что при неудовлетворительном качестве подземных вод для эффективного улучшения их санитарно-гигиенических показателей, необходимо применять насыщение кислородом через эжектор насоса, коагулирование железоорганических комплексов раствором сульфата алюминия, удаление коллоидной взвеси, в том числе и гидроксида трехвалентного железа, в антрацитно-гранодиоритных скорых фильтрах, обеззараживание воды ультрафиолетом [3, 4, 5, 6, 7].

Использование артезианских вод в качестве исходных, для производства питьевой и газированной воды осложняется тем, что они имеют худшие и более токсичные физико-химические показатели, чем поверхностные. В частности, по общему солесодержанию, достигающему в некоторых регионах Украины 5,0 и более тысяч единиц на литр, мутности – до 10 мг/дм³, суммарной жесткости – до 30 мг-экв/дм³, фтора (2 класс опасности) от 0,1 до 2,5 мг/дм³ и запаху сероводорода (4 класс опасности) – интенсивностью до 5 баллов, что не соответствует нормативным требованиям, предъявляемым к подземным водоисточникам. Кроме того, артезианским водам, по причине углекислотной нестабильности, присуща высокая коррозионная активность, а также наличие анаэробной микрофлоры [8]. Одним из способов подавления микрофлоры и частичного извлечения сероводорода из воды также может быть насыщение ее кислородом. Суть способа состоит в обработке воды перед накопительными емкостями большим количеством воздуха, поступающим через эжектор. При этом полностью очистить воду не удастся и извлекается из воды часть токсичного сероводорода, по причине его высокой растворимости. Оставшийся в воде сероводород, соединяясь с молекулами кислорода, образует коллоидную серу, придающую воде неприятные серные запахи, ухудшающие органолептические свойства воды. Насыщение воды воздухом способствует окислению биогенных соединений двухвалентного железа и одновременно извлечению из воды большого количества свободной углекислоты, что снижает коррозионную активность воды. Применение процесса фильтрования в технологии очистки даёт возможность очистить воду от ингредиентов мутности, коллоидной серы и нерастворимых соединений железа. В производственных апроба-

циях использовали подземные воды Запорожского и Ровенского регионов, которые относятся к категории маломинерализованных, но содержат взвесь, соединения железа и сероводорода [3, 9, 10].

Таким образом, уровень загрязненности подземных вод на водных объектах производственных а пробаций не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям, предъявляемым к подземным водоисточникам. Вода содержит вредные (класс вредности 3) соединения железа и железоорганических комплексов, в концентрациях превышающих норму для питьевой воды в 3 – 11 раз. Загрязненность воды, подаваемой на очистку из скважин, агрессивной углекислотой и особенно сероводородом (класс опасности - 4), сероводородными запахами интенсивностью 5 баллов (норма – не более 2 баллов), токсичным фтором (класс опасности - 2) делают неприятной ее для питья и опасной для здоровья [14, 15].

В связи с вышеизложенным и заданием руководства ОАО «Мелитопольский пивоваренный завод» в 2001 году была разработана и смонтирована на заводе производственная установка для подготовки чистой питьевой воды с нормативными санитарно-гигиеническими параметрами.

В ряде случаев, когда артезианские водоносные горизонты подпитываются водами рек и болот, или антропогенными источниками, железо присутствует в воде в виде соединений с органическими веществами [8, 16]. В качестве водоисточника пивзавода г. Мелитополя используется глубинная скважина (340 м), вода которой также содержит взвешенные вещества (мутность до 3 мг/дм³), высокие концентрации железа в форме гидрокарбоната двухвалентного железа и железоорганических комплексов (до 5 мг/дм³) и сероводород, придающий воде неприятный 5-бальный запах. Результаты предварительных исследований подтвердили, что обнаруженные загрязнения не окисляются хлором и не задерживаются обычными фильтрующими загрузкими, такими как кварцевый песок. Коагуляция воды хлоридом трехвалентного железа с дозами до 150 мг/дм³ тоже не обеспечивала укрупнение и осаждение комплексов, эффективную очистку воды. Причина, как было установлено, состояла в том, что все железоорганические комплексы имели отрицательный заряд (анионировали), что полностью противоречит сложившимся представлениям [8, 17, 18]. Гидроксид алюминия, который при нейтральных значениях рН является коллоидным катионом, нейтрализует заряд гуматов железа и дестабилизирует коллоиды гуматов железа. В процессе исследований и опытной эксплуатации установки определена оптимальная доза коагулянта равная 25-30 мг/дм³ (по $Al_2(SO_4)_3$) и необходимое время контакта с водой – 40 минут. Задержание гидроксидов трехвалентного железа и дезодорация сероводородных запахов завершалась в фильтрующем антрацитно-гранодиоритном слое. То есть, процесс очистки воды включал в себя следующие технологические операции:

- удаление из воды агрессивных газообразных примесей и окисления биогенных соединений железа аэрацией;
- коагулирование железоорганических комплексов раствором сернокислого алюминия;
- извлечение биогенных ингредиентов запахов и образовавшихся гидроксидов трехвалентного железа, ухудшающих санитарно-гигиенические свойства воды в загрузке антрацитно-гранодиоритных фильтров.

В производственной технологической схеме в качестве контактных накопителей-осветлителей использовали регулирующие емкости водонапорных башен Рожновского, приспособленные к требованиям технологии очистки. Коагулированная (с сероводородным запахом 4 - 5 баллов) и содержащая 3,5 - 4,0 мг/дм³ суммарного железа, вода подавалась в три антрацитно-гранодиоритных фильтра диаметром 1,5 метра и высотой 3,31 метра, работающих со скоростью фильтрования 7 м/час. Верхний фильтрующий слой высотой 0,3 м выполняли из обогащенной антрацитовой крошки крупностью 1,5 – 2,5 мм, а нижний устраивали из гранодиоритного песка фракцией 0,8-1,5 мм и высотой 1,6 метр. Продолжительность фильтроциклов при скорости фильтрования, V_f равной 7м/час достигала 48 часов. Промывку фильтров выполняли по достижению потери напора в загрузках в течение 5 - 7 минут с интенсивностью

13 - 14 (л·с)/м² [19, 20]. Прирост производительности фильтров при $\gamma_{\phi} = 7$ м/час, более редкие, чем обычно, промывки обеспечили снижение годовых эксплуатационных затрат на 15 – 25 %.

Вода, очищенная в установках фильтров соответствовала нормативным санитарно-гигиеническим требованиям и не имела запахов и привкусов, концентрация суммарного железа была не более 0,1 мг/дм³ (норма – 0,3 мг/дм³), остаточного алюминия – менее 0,05 мг/дм³. То есть, обеспечивалась эффективная и глубокая очистка воды, повышающая уровень ее питьевой безопасности.

В течение всего времени эксплуатации промышленной установки, начиная с 2001 года и по настоящее время, ухудшения качества очистки, в том числе и по бактериальным показателям воды не наблюдается. Принципиальная технологическая схема обезжелезивания и дезодорации воды в ОАО «МПЗ» приведена на рис. 1. Критическая скорость взвешивания зерен антрацита в антропоцито-гранодиоритных фильтрах, рассчитанная по ранее полученной формуле и приведённой в [21, 22] равняется 10,2 м/час. Значения $V_{кр}$, определенные опытным путем, близки к расчетным и равняются 9,5 – 9,9 м/час.

Результаты исследований процесса дезодорации сероводородно-железистых запахов в угольном слое, формализация наработанных экспериментальных данных позволили получить уравнение для определения необходимой высоты угольного слоя. В уравнении учтены показатели исходной и очищенной воды, скорость фильтрования, параметр K , характеризующий физико-химические свойства воды и загрузки:

$$L = \frac{V \cdot C_0 \cdot (1 - C/C_0)}{K} - L_0 \quad (1)$$

где: C_0 и C – интенсивность запаха в исходной и фильтрованной воде; V – скорость фильтрования, м/ч; L – необходимая высота угольного слоя; K – коэффициент, учитывающий физико-химические свойства воды и структурно-сорбционные свойства угля. L_0 – минимальная толщина антрацитного слоя, в котором при скорости фильтрования 5 м/час насыщенность запаха снижается с 5 баллов до 3 баллов. Значение L_0 определено экспериментально и равняется 0,28. Если $L = L_0$, то пользуясь формулой (1), вычислим значение K :

$$K = \frac{V \cdot C_0 \cdot (1 - C/C_0)}{L_0} = \frac{25 \cdot 0,4}{0,28} = \frac{10}{0,28} = 35,71 \quad (2)$$

Тогда, по определенному значению K , для заданных условий опыта и скорости фильтрования равной 7 м/час, необходимая высота слоя L определится из формулы (1) и будет равна 0,31 м.

Увеличение скорости фильтрования, V_{ϕ} до 9 м/час обуславливает и рост высоты фильтрующей загрузки до значения, равного 0,48 м.

Выполненные расчеты показывают хорошее совпадение значений L , определенных по формуле (1) и опытным путем.

Так, для $V = 7$ м/час $L = 0,31$ м, а $L_{\text{опытное}} = 0,3$ м.

Таким образом, разработка и внедрение в производство новых эффективных угольно-гранодиоритных фильтров позволило улучшить качество питьевой воды, очистив ее от опасных и вредных сероводородных и железистых ингредиентов.

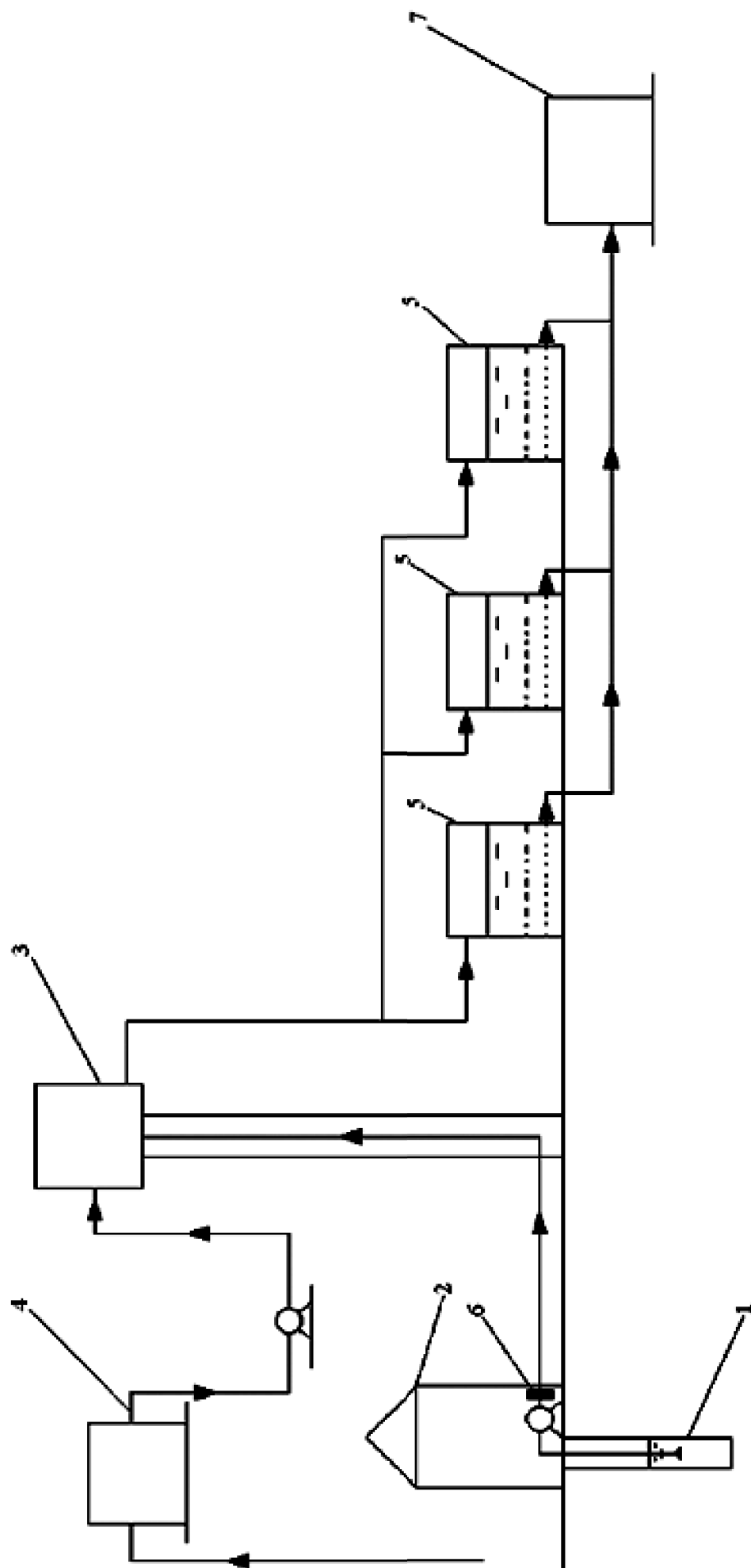


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема улучшения санитарно-гигиенических параметров воды на ОАО «Мелитопольский пивоваренный завод»: 1 – артезианская скважина (340 м); 2 – служебный павильон с насосными агрегатами; 3 – контактный накопитель-осветлитель (башня Рожновского); 4 – узел приготовления и дозирования раствора сернокислого алюминия; 5 – антрацитно-гранодиоритные напорные фильтры; 6 – эжекционное устройство; 7 – сборная емкость

После выдачи технического задания администрацией ЗАО «Західпиво» на разработку локальной установки для подготовки качественной и безопасной питьевой воды с последующим её газированием, нами были начаты проектно-изыскательные работы. В процессе выполняемых работ уточняли состав исходной воды и требуемую производительность локальной очистительной установки [23]. В связи с тем, что исходная артезианская вода имела неприятные биогенные железисто-сероводородные запахи интенсивностью 3 – 4 балла, содержала уголекислоту и была загрязнена вредными ингредиентами гидрокарбонатов двухвалентного железа, в процессе водоподготовки было предусмотрено:

- извлечение из воды газообразных примесей (в основном уголекислоты) и окисление гидрокарбонатов железа аэрированием;
- очистка воды от неприятных санитарно-негигиенических запахов и образовавшихся гидроксидов трехвалентного железа посредством использования угольно-гранодиоритных фильтров;
- обеззараживание воды ультрафиолетом перед её газированием.

В технологическую схему очистки воды, как и в предыдущем случае, включали сооружения для подъёма её из скважины, насыщения кислородом воздуха, дегазации в накопителе, эффективного осветления, обезжелезивания и дезодорации воды в антрацитно-гранодиоритных фильтрующих загрузках.

Для обеспечения санитарно-гигиенических нормативов питьевой воды были запроектированы и построены двухслойные антрацитно-гранодиоритные фильтры. Высота верхнего угольного слоя крупностью зерен 0,8 – 2,5 мм, определенная по формуле 1, исходя из требуемой степени дезодорации воды, гарантированных результатов очистки равнялась 0,31 м. В качестве угольной фильтрующей загрузки использовалась обогащенная антрацитная крошка марки АО – 1, выпускаемая предприятиями Луганской и Донецкой областей. Нижний фильтрующий слой толщиной 0,97 м выполняли из крымского горного гранодиоритного песка, выпускаемого предприятиями Крымнерудпрома. Для его устройства использовали товарный продукт – песок крупностью 0,8 – 1,5 мм с эквивалентным диаметром частиц, $d_{\text{э}} = 1,2$ мм и коэффициентом неоднородности $K_n = 2,0$.

Оба фильтрующих слоя размещали над дренажной системой большого сопротивления смонтированной в нижней части напорного фильтра. Кроме функций сбора очищенной воды дренаж предназначался для подачи и распределения промывной воды с интенсивностью 13 – 15 (л•с)/м². Корпуса фильтров были выполнены из нержавеющей стали и имели диаметр 1,3 м и высоту – 2,9 м. Оба фильтра были оборудованы ремонтными люками и средствами КиП и А для обеспечения эксплуатационных требований.

В ходе производственных исследований на угольно-гранодиоритные фильтры подавали воду, содержащую до 0,8 мг/дм³ гидроксидов трехвалентного железа с железистым запахом интенсивностью 3 – 4 балла. Скорость фильтрования воды на протяжении фильтроциклов была постоянной и равнялась 7 м/час. Увеличение скорости фильтрования до 8 м/час вызвано производственными потребностями, и позволяло повысить производительность установки до 12 м³/час. Продолжительность фильтроциклов определялась временем достижения предельной потери напора Δh , и равнялась 36 часам. Фильтрующая способность двухслойных скорых фильтров восстанавливалась в процессе водных промывок угольного и гранодиоритного слоев, продолжительность которых равнялась 6 – 7 минутам, а интенсивность 13 – 15 (л•с)/м².

Результаты лабораторного контроля качества исходной и очищенной воды показывают, что на протяжении всего периода работы фильтров очищенная вода не имеет неприятных привкусов и запахов, а концентрация суммарного железа в ней не превышает 0,1 – 0,2 мг/дм³. В течение трехлетней наблюдаемой эксплуатации локальной очистной установки качество очистки воды в двухслойных фильтрах было неизменно высоким и превышающим требования ГОСТ «Вода питьевая». Досыпку фильтрующих слоев ни разу не выполняли, поскольку суммарная высота загрузки за обозначенный период эксплуатации уменьшилась лишь на 3 – 4 см. Эффективность и санитарная гигиеничность очищенной воды подтверждается также и тем, что в процессе ее сохранения на складе, в течение трех месяцев ни химический состав воды, ни его органолептические свойства не ухудшились.

ВЫВОДЫ

1. Уровень загрязненности подземных вод не соответствует безопасным санитарно-гигиеническим требованиям по вредным (3 класс вредности) соединениям железа и железоорганическим комплексам, превышающим норму в 3 – 11 раз, сероводороду (4 класс опасности) и сероводородным запахам 5 – бальной интенсивности (норма – 2 балла).
2. Ресурсосберегающей и обеспечивающей экологически безопасную очистку воды в данных условиях является схема насыщения воды кислородом с последующей частичной сепарацией газов (в некоторых случаях – коагуляция воды) в накопительных емкостях и эффективная очистка воды от образовавшихся сероводородных запахов и ингредиентов железа в новых двухслойных угольно-гранодиоритных фильтрах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов Б.М. Сучасні проблеми водоочищення, інтенсифікація процесу освітлення, знебарвлення і дезодорування води на діючих очисних спорудах // Водне господарство України. – К.: ДГУЕВР, 2007, №1. – С. 41 – 45.
2. Борисов Б.М. Угольно-гранодиоритные фильтры в технологиях очистки подземных вод // Вісник Інженерної академії України. – К.: 2007, Вип. 1. – С.131 – 134.
3. Кисельов С.К. Методика інженерного розрахунку основних технологічних характеристик знезалізнення і параметрів очистки фільтра // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки: Науково-техн. зб.: К.: КНУБА, 2004, вип. 3. – С. 7 – 11.
4. Тютюнова Ф.И. Физико-химические процессы в подземных водах. – М.: Наука, 1976. – 283 с.
5. Тугай А.М., Прокопчук И.Т. Водоснабжение из подземных источников. Справочник. К.: Урожай, 1990. – 264 с.
6. Душкин С.С., Дегтярёва Л.И. Водоподготовка и процессы микробиологии: Учебное пособие, К.: Вища шк., 1996. – 164 с.
7. Biogeochemical transformation of Fe and Mn in oxic groundwater and well water environment / Tuhela Lanna, Carlson Liisa, Tuovinen Olli H. // J. Environ. Sci. and Health. A. – 1997. – vol. 32. - № 2. – p. 409 – 411.
8. Любавина В.О., Михайленко В.Г., Аксьонова О.Ф. Кондиціонування підземних вод, що містять значні кількості фтору, для виробництва напоїв // Сборник научных трудов МНПК. – Симферополь, 2003. – С. 57 – 58.
9. Руководство по проектированию сооружений для забора подземных вод. – М.: Стройиздат, 1978. – 210 с.
10. Маков К.И. Подземные воды Причерноморской впадины. – К. – М.: Гос. изд-во геол. лит-ры, 1940. – 210 с.
11. Борисов Б.М., Дубовой А.А. Современные проблемы водоочистки, интенсификация технологии осветления, обесцвечивания и дезодорации воды на действующих водоочистных сооружениях // Вестник ИАЗ, 2006. – С. 110 – 113.
12. Кульский Л.А., Тарасевич Ю.И., Шевчук Е.А., Иванова З.Г. // Химия и технология воды. – 1990. – 12, №1. – С. 14 – 17.
13. Мельцер В.З. // Водоснабжение и сан. техника. – 1993. - №2. – С. 4 – 5.
14. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. – М., 1975. – 38 с.
15. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.4.559-96, Госкомсанэпиднадзор России. – М., 1996. – 111 с.
16. Кульский Л.А., Ярошевская Н.В., Шевчук Е.А. // Химия и технология воды. – 1991. – 13, №3. – С. 239 – 241.
17. Гончарук В.В., Якимова Т.И. Использование некондиционных (по органическим компонентам) подземных вод в питьевом водоснабжении // Химия и технология воды. – 1996. – т. 18, № 6. – С. 632 – 638.
18. Boochs P.W., Barovic g Numerical model describing groundwater treatment by recharge of oxygenated water? – Water resources research, 1981, vol. 17, № 1. – pp. 56 – 68.
19. Грабовский П.А. Механизм промывки скорых фильтров и способы её интенсификации // Химия и технология воды. – 1984. – т. 86. - №3. – с. 232 – 237.
20. Сафонов Н.А., Квартенко А.Н., Сафонов А.Н. Самопромывающиеся водоочистные установки. – Ровно: Издательство РГТУ, 2000. – 152 с.
21. Демчик И.И., Орлов В.О., Венецианов Е.В. Расчёт технологических параметров фильтров с плавающей загрузкой // Химия и технология воды. – 1994. – 16, В. 2. – С. 115 – 117.
22. Минц Д.М., Мельцер В.З. // Науч. тр. акад. коммун. хоз-ва им. К.Д. Памфилова. – 1973. – Вып. 98. – С. 57 – 60.

Зайцев О.Н., д.т.н., профессор, Мунтян Е.Ю., магистр

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Гидродинамические особенности процессов в нагревательных приборах систем отопления

С использованием известной математической модели проведен численный эксперимент, который показал, что, вопреки существующему мнению, увеличение скорости потока горячей воды в нагревательном приборе не ведет к увеличению его теплоотдачи в связи с неполным заполнением прибора из-за падения статического давления.

Система отопления, нагревательный прибор, теплоноситель, скорость, статическое давление.

При централизованном теплоснабжении высокотемпературной водой считается оправданным стремление повышать расчетную температуру и скорость движения теплоносителя в системах отопления [1]. Это делают для уменьшения площади поперечного сечения теплопроводов и нагревательной поверхности. Однако повышение температуры теплоносителя в большинстве случаев препятствуют санитарно-гигиенические требования, предусматривающие нормативное ограничение температуры теплоносителя в системе отопления того или иного здания.

Увеличение скорости движения теплоносителя в системе отопления не приводит к существенному увеличению теплоотдачи нагревательным прибором.

Одной из причин этого, возможно, являются особенности гидродинамики самих нагревательных приборов, тем более, что при установке терморегуляторов перед нагревательными приборами гидравлика последних будет изменяться, что соответственно будет влиять на их теплоотдачу [2]. Очевидно, теплоотдача будет определяться не только количеством тепла, внесенного теплоносителем, но и распределением его в нагревательном приборе в зависимости от скорости входа, взаиморасположения ввода и вывода теплоносителя.

В данной статье сделана попытка рассмотреть распределения температур, скоростей и давления в отопительном приборе при использовании различных схем подвода и отвода теплоносителя, а также при изменении скорости на входе в нагревательный прибор.

Для выявления в первом приближении влияния скорости течения теплоносителя рассмотрим уравнение Бернулли с учетом потерь

$$Z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha \cdot V^2}{2 \cdot g} + h = const, \quad (1)$$

где: Z - положение центра тяжести потока, м;

$\frac{P}{\rho \cdot g}$ – пьезометрическая высота, м;

$\frac{\alpha \cdot V^2}{2 \cdot g}$ – высота скоростного напора, м;

α - коэффициент неравномерности;

V – средняя скорость потока, м/с;

h – потери энергии, м.

Из уравнения (1) следует, что при увеличении скорости потока статическое давление падает, в том числе за счет роста потерь энергии. Это должно привести к ухудшению заполняемости отопительного прибора (радиатора) в вертикальной плоскости.

Для выявления более подробной картины заполнения радиатора используем математическую программу [3].

В данной программе движение текучей среды моделируется с помощью уравнений Навье-Стокса, описывающих в нестационарной постановке законы массы, импульса и энергии. Кроме того, используются уравнения состояния текучей среды, а также эмпирические зависимости вяз-

кости среды от температуры. Сжимаемость жидкости задается зависимостью плотности от давления. Системой этих уравнений моделируются турбулентные, ламинарные и переходные течения.

В качестве граничных условий заданы размеры нагревательного прибора, коэффициент теплопроводности 50 Вт/м^2 , температура теплоносителя (вода) на входе 373 К . Скорость теплоносителя изменялась от $0,01$ до $0,5 \text{ м/с}$. Рассматривались следующие схемы присоединения нагревательного прибора:

- подача сверху, отвод снизу с одной стороны;
- подача сверху, отвод снизу с противоположной стороны;
- подача сверху, отвод сверху с противоположной стороны;
- подача снизу, отвод снизу с противоположной стороны;
- подача снизу, отвод сверху с противоположной стороны;

Результаты численного эксперимента с использованием указанной программы представлены на рис.1, 2.

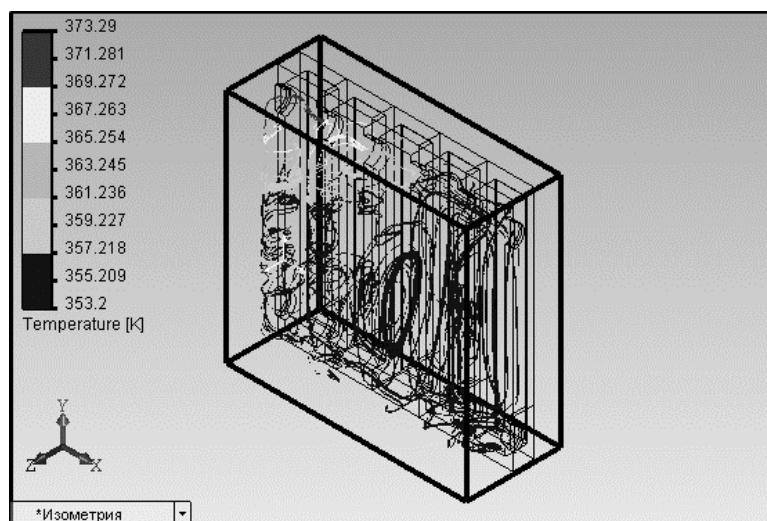


Рис.1.Присоединение сверху - вниз с противоположной стороны, скорость входа $0,01 \text{ м/с}$

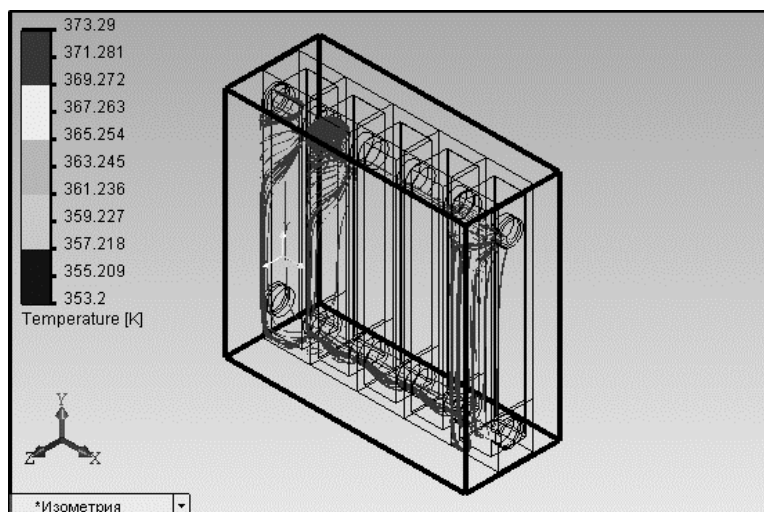


Рис.2.Присоединение сверху-вниз с противоположной стороны, скорость входа $0,5 \text{ м/с}$

Видно, что увеличение скорости, в связи с падением статического давления, приводит к снижению заполняемости радиатора, образованию застойных зон и «проскоку» теплоносителя через радиатор, это проявляется при всех видах присоединения радиатора.

Выявлено также влияние схемы подключения радиатора на течение теплоносителя в радиаторе.

Распределение теплоносителя в случае присоединения сверху-вниз с одной стороны показывает, что даже при наборе из 5-ти элементов происходит «проскок» теплоносителя в средней части, то есть в первом элементе происходит торможение вследствие резкого расширения, а второй и

третий элемент оказываются не вовлеченными в циркуляцию, при этом в случае увеличения скорости входа эта область увеличивается.

При подаче теплоносителя сверху-вниз с противоположных сторон циркуляция сохраняется во всех элементах прибора, хотя образование двух циркуляционных колец (элементы 1-3 и 4-5) сопровождается образованием застойных зон при увеличении скорости на входе. Такое подключение представляется оптимальным.

При остальных способах присоединения циркуляция реализуется в два контура – первый в начальных элементах (1-2), возникающий из-за резкого торможения теплоносителя при входе и второй (4-5), образующийся под действием гравитации. При этом, необходимо отметить, что увеличение скорости входа исключает циркуляцию по второму контуру, где образуются зоны застоя теплоносителя.

ВЫВОДЫ:

1. С увеличением скорости течения на входе в нагревательный прибор из-за падения статического давления, в том числе за счет роста потерь давления, происходит неполное заполнение прибора, образование застойных зон и «проскок» теплоносителя через прибор. Это ведет к уменьшению теплоотдачи нагревательного прибора.
2. Схема подключения нагревательного прибора существенно влияет на характер течения теплоносителя в нем. Оптимальным является подключение, при котором подача осуществляется сверху, а отвод снизу с противоположной стороны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кононович Ю.В. Тепловой режим зданий массовой застройки - М.: Стройиздат, 1986, 157с.
2. Пырков В.В. Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения. Теория и практика. К.: Таки справи, 2005, с. 302.
3. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике/ Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.И., Пономарев Н.Б. - СПб.: БХВ - Петербург, 2005, 800с.

Збірник наукових праць
«Будівництво та техногенна безпека»
22/2007

Сборник научных трудов
«Строительство и техногенная безопасность»
22/2007

Под общей редакцией докт. техн. наук Э.Ф. Панюкова
Технический редактор Т.И. Пчелинцева

Компьютерная верстка К.А.Янушковский
В.А.Белавский

Компьютерный набор авторский

Подписано в печать 21.12.2007. Формат 60x84 1/8. Гарнитура Times
Усл. п. л. 9 . Тираж 350 экз.

Подготовлено к печати в РИО «Национальной академии природоохранного и
курортного строительства»

Отпечатано в РИО «Национальной академии природоохранного и курортного
строительства»

95006 г. Симферополь,
ул. Павленко 5 к. 410 тел. (0652) 58-93-42

E-mail: rio@ecopro.crimea.ua