

Министерство образования и науки Украины  
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

# **СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Сборник научных трудов

Выпуск 28

## **БУДІВНИЦТВО ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА**

Збірник наукових праць

Випуск 28

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

Симферополь  
«Национальная академия природоохранного  
и курортного строительства»  
2009

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:

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

Затверджено до друку згідно протоколу засідання вченої ради НАПКБ № 8 від 30.04.2009 р.

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

©Национальна академія природоохоронного та курортного будівництва, 2009

Сборник научных трудов  
«Строительство и техногенная безопасность»

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

Для научных работников, аспирантов и специалистов в области строительства.

Редакционная коллегия:

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

Утвержден к печати согласно протокола заседания ученого совета НАПКБ № 8 от 30.04.2009 г.

Адрес редакции: 95006 г. Сімферополь, ул. Павленко, 5, НАПКБ, корпус 2, к 410, E-mail: [rio@ecopro.crimea.ua](mailto:rio@ecopro.crimea.ua).

© Национальная академия природоохоронного и курортного строительства, 2009

# Раздел 1. СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

УДК 624.04:681.3

Линченко Ю.П., к.т.н доцент; Горусов А.А., магистрант  
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

## Метод интегральных конечных элементов в моделировании свайного основания

*Изложены определение и теоретические принципы метода интегральных конечных элементов ИКЭ. Показана практическая методика разработки структуры и параметров ИКЭ свайного основания. В результате получена двухэлементная модель сваи, напряженно-деформированное состояние которой соответствует результатам расчета по нормам проектирования.*

**Фундамент, свая, расчет, модель, верификация, метод.**

Широкое внедрение в практику проектирования профессиональных программных средств анализа конструкций вызывает необходимость развития методики их применения. Программные средства предоставляют обширную библиотеку конечных элементов и являются мощным инструментом анализа. Однако методика обоснования характеристик конечных элементов, отражающих действительную работу конструкций, является актуальной задачей.

Соответствие расчетной модели действительной работе конструкции определяется параметрами конечных элементов, моделирующих конструкцию. Таким образом, принципиальное значение имеет анализ и определение этих параметров. Параметрами являются: модуль упругости и сечение стержневых элементов, характеристики диаграммы деформирования нелинейных элементов, погонные жесткости одноузловых конечных элементов и т.д.

Введем также понятие «интегральный конечный элемент - ИКЭ». Это конечный элемент, который отражает взаимодействие

одной многоэлементной системы с другой. Примером таких систем могут быть здание и основание. Предположим, что можно заменить многоэлементную систему основания одним или несколькими (небольшим количеством) конечными элементами таким образом, что напряженное состояние несущей системы здания не изменится. Эти элементы и назовем интегральными - ИКЭ.

Такие элементы известны и применяются при моделировании основания плитных фундаментов. Значение их жесткости соответствует коэффициентам постели, в свою очередь вычисляемым по характеристикам основания и давления на него. Важно то, что, в конечном счете, взаимодействие здания с основанием моделирует только один конечный элемент в каждом узле плиты фундамента. Причем жесткость элемента определена с использованием методики, основывающейся на физических принципах механики грунтов и экспериментальных исследований. Следовательно, математическая модель верифицирована.

В практике расчета несущих систем зданий методом конечных элементов (МКЭ) известны три способа моделирования основания:

1) непосредственное моделирование грунта специальными физически нелинейными конечными элементами КЭ-271, КЭ-281 – применяется при анализе напряженно-деформированного состояния грунтов;

2) моделирование основания одноузловыми конечными элементами – применяется при расчете системы здание - основание.

3) модель здания на основании, моделируемом по способу 1.

Третий, наиболее подробный, способ вместе с тем требует столь больших затрат на создание модели, расчет и верификацию результатов, что не применим в массовом проектировании зданий и сооружений. Применение его вообще не возможно при динамическом расчете спектральным методом, так как КЭ грунта нелинейные.

Может быть применен четвертый способ, объединяющий преимущества 1-го и 2-го способов – метод ИКЭ.

Рассмотрим методику создания ИКЭ на примере свайных фундаментов. В ПК МОНОМАХ предусмотрена операция добавления свай. При этом свая моделируется одноузловым упругим элементом КЭ-51 – одноузловой элемент конечной жесткости. Элемент вводится по направлению Z и отражает зависимость нагрузка – осадка. Исходными данными может быть ода из следующих групп:

1) жесткость при сжатии EF;

- 2) нагрузка, осадка;
- 3) геометрия, характеристики грунтового напластования.

В конечном счете, определяется характеристика КЭ-51 – жесткость при сжатии. По направлениям X, Y программа накладывает абсолютные связи. Такая модель не учитывает работу сваи при горизонтальной нагрузке и защемление сваи в ростверке. Кроме того, для отдельно стоящих и ленточных фундаментов задание свай не предусмотрено. Противоречие можно преодолеть, если применить в узлах расположения свай одноузловой элемент КЭ-56 по всем направлениям, в том числе угловым. Проблема заключается в определении (верификации) параметров элемента.

Чаще всего проектировщики моделируют сваи множеством стержней, в узлах которых располагают по направлениям X, Y одноузловые элементы. Одноузловые элементы моделируют работу сваю в грунте при горизонтальной нагрузке. Однако верифицировать значения жесткости при большом количестве КЭ-56 в свае и многослойном основании не возможно. Таким образом, модель имеет лишь кажущееся визуальное соответствие действительной работе сваи и может быть не адекватной действительной работе конструкций.

Представим методику разработки и применения ИКЭ сваи в грунте верифицированного с результатами расчета по нормам проектирования. Методика включает три группы операций:

- 1) расчет сваи по нормам при вертикальной и горизонтальной нагрузке с использованием пакета прикладных программ (ППП);
- 2) определение структуры и параметров ИКЭ с использованием ПК ЛИРА;
- 3) Применение ИКЭ в модели системы здание – основание.

При моделировании сваи одним конечным элементом при вертикальной и горизонтальной нагрузке необходимо одновременно варьировать модуль упругости материала и размер сечения. При этом весьма сложно получить эффективное адекватное решение. Разработан двухэлементный ИКЭ. Сечение стержней ИКЭ и их суммарная длина равны размерам сваи. Модуль упругости конечного элемента обеспечивает деформацию равную осадке сваи. Положение промежуточного узла обеспечивает перемещение оголовка (как при шарнирном сопряжении с ростверком, так и при защемлении) равное перемещению при нормативном расчете.

Ниже приведена последовательность моделирования (рис.1).

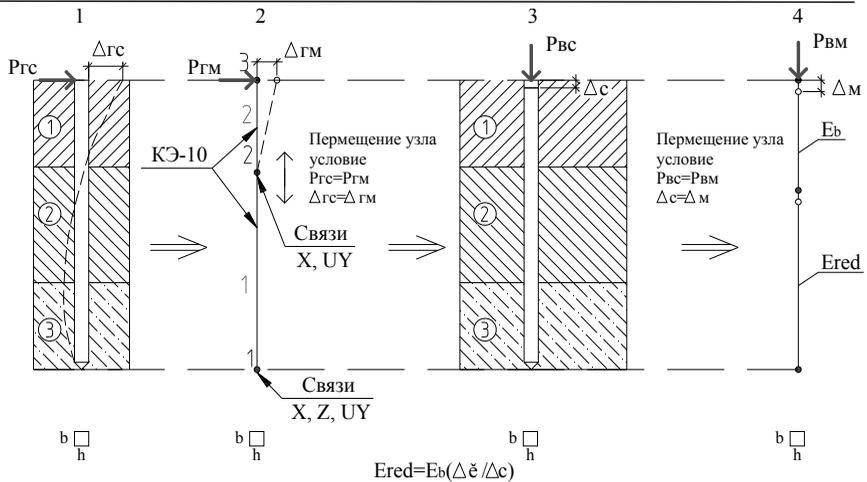


Рис.1 Последовательное моделирование сваи.

1. Выполнить расчет сваи на горизонтальную нагрузку  $P_r$  (ППП/ Фундаментные конструкции и основания/ Расчет сваи на совместное воздействие вертикальной, горизонтальной сил и момента). Свая с заземленным оголовком. Нагрузку  $P_r$  принять условную, например 10 кН. Определить горизонтальное перемещение оголовка сваи  $\Delta_{гс}$ .

2.1. Сформировать в ПК «ЛИРА» расчетную схему сваи, состоящую из двух стержней (первоначально равной длины). Нижний узел схемы закрепить по всем направлениям. Промежуточный узел закрепить по направлениям  $X$ ,  $UY$ . Верхний узел закрепить по направлению  $UY$ . Сечение стержней равно сечению сваи; модуль упругости равен начальному модулю упругости бетона сваи  $E_b$ . Нагрузка узловая по оси  $Z$ ; значение равно несущей способности сваи.

2.2. Выполнить расчет конечноэлементной модели сваи при горизонтальной нагрузке  $P_r$ . Определить перемещение верхнего узла модели по направлению  $X$ . Подобрать положение промежуточного узла модели таким, чтобы перемещение оголовка сваи и верхнего узла модели стали равными.

3. Выполнить расчет одиночной сваи на вертикальную нагрузку (ППП/ Фундаментные конструкции и основания/ Расчет одиночной сваи). Результаты расчета: несущая способность сваи  $P_b$ , осадка сваи  $\Delta_c$ .

4. Определить перемещение верхнего узла модели  $\Delta_m$ . Изменить модуль деформации нижней стержней таким образом, что бы пере-

мещение верхнего узла по направлению  $Z$  стало равным осадке сваи  $E_{\text{ред}} = E_b(\Delta_m/\Delta_c)$ .

В представленной двухэлементной модели варьируемые переменные – положение промежуточного узла и модуль упругости конечных элементов независимы и их значения могут быть определены последовательно без затруднений.

По изложенной выше методике разработана модель сваи диаметром 1.0 м и длиной 10 м. Начальный модуль упругости бетона 29000 МПа. Расчеты выполнены при различных характеристиках основания (табл.1).

Таблица 1.

### Виды грунтового основания

№ п/п	Наименование грунта	Характеристики грунта						
		$E$ ( $тс/м^2$ )	$\nu$	$c_n$ ( $тс/м^2$ )	$\varphi_n$	$I_L$	$e$	$\gamma$ ( $тс/м^3$ )
1	Пески крупные	4080	0.3	0.2	38°	-	0.55	1.6
2	Супеси	3260	0.3	2.1	30°	0.4	0.45	1.8
3	Глины	2140	0.42	5.7	18°	0.3	0.65	1.8
4	Суглинки	3260	0.35	3.9	24°	0.3	0.45	1.8

Примечание:  $E$  – модуль деформации грунта;  $\nu$  – коэффициент Пуассона;  $c_n$  – расчетное удельное сцепление;  $\varphi_n$  – расчетный угол внутреннего трения;  $I_L$  – показателя текучести грунта;  $e$  – коэффициент пористости;  $\gamma$  – объемный вес грунта;

В результате расчета на ППП получены значения осадки и перемещения оголовка сваи (табл.2). Кроме того, определено положение точек условного защемления для расчета изгибающего момента и армирования сваи. При расчете свай всех видов по прочности материала сваю следует рассматривать как стержень, жестко защемленный в грунте в сечении, расположенном от подошвы ростверка на расстоянии  $l_1$ , определяемом по формуле

$$l_1 = l_0 + \frac{2}{a_\varepsilon}, \quad (1)$$

где  $l_0$  — длина участка сваи от подошвы высокого ростверка до уровня планировки грунта, м;  $a_\varepsilon$  — коэффициент деформации, 1/м.

Для грунта 1-го типа  $l_1 = 0 + 2/0,53 = 3,77$  м. Длина верхнего стержня составляет модели, полученная при равенстве перемещений

оголовка сваи и верхнего узла конечноэлементной модели 4,22 м; расхождение составляет 10,7 %. При высоком ростверке расхождение значительно меньше.

Таблица 2.

**Результата расчета сваи по нормам /2/ и расчета  
конечно-элементной модели**

№ п/п	Наименование грунта	$S$ (мм)	$U_p$ (мм)	$L_1$ (м)	$L_2$ (м)	$E_1$ (тс/м <sup>2</sup> )	$l_1$	Относ. ошибка, %
1	Пески крупные	23.9	0.44	5.78	4.22	330400	3.77	10.7
2	Супеси	8.2	0.87	4.8	5.2	222000	4.65	10.7
3	Глины	18.2	0.61	5.37	4.63	154000	4.17	9.9
4	Суглинки	11.9	0.7	5.16	4.84	233000	4.35	10.1

Примечание:  $S$  – осадка;  $U_p$  – расчетное горизонтальное перемещение головы сваи;  $L_1$  – Длина стержня №1 (см. рис.1);  $L_2$  – Длина стержня №2 (см.рис.1);  $E_1$  – модуль упругости стержня №1;  $l_1$  – глубина расположения условной точки защемления по зависимости норм /2/.

Перемещение оголовка сваи является интегральной характеристикой контакта здания с основанием. Так как соответствующие характеристики напряженно-деформированного состояния модели не имеют существенных отличий от результатов расчета по нормам проектирования /2/, модель верифицирована и может применяться для моделирования свайного основания.

#### Выводы

Применение метода интегральных конечных элементов позволяет получить верифицированную по нормированным расчетам модель конструкции и принципиально сокращает количество второстепенных конечных элементов, что снижает трудоемкость и повышает надежность проектных решений.

Необходимо продолжить разработку метода ИКЭ, разработать библиотеки структуры и параметров интегральных элементов, моделирующих различные конструктивные решения.

#### Литература

1. Черевинский Я.И., Домбровский Я.И., Моргунова Н.В., Ващук С.В. Особенности проектирования свайных фундаментов каркасных зданий с учетом сейсмических воздействий / Межведомст-

---

венный научно-технический сборник научных работ (строительство) / НИИСК Министерства регионального развития и строительства Украины. Вып. 69 –Киев, НИИСК, 2008. с. 298...303.

2. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. - М.: Стройиздат, 1995.

**УДК 69.059.22**

**Попов А.В. к.т.н., Тельних Н.Н., Цаплин Е.Г. к.т.н.**

*ООО «ТИССА». Антрацит*

**Коротков А.Н.**

*КрымНИИОпроект. Севастополь*

**Литовченко П.А. доц. к.т.н.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

## **Применение инъекционных технологий в устройстве оснований зданий при различных геологических условиях Крыма**

*Дано теоретическое обоснование и приведены примеры успешного применения инъекционного армирования грунтов в основании различных сооружений для улучшения их однородности и повышения несущей способности.*

**Основание, грунтовые условия, усиление, буроинъекционные технологии, сваи с уширениями**

В современных условиях при возведении зданий и сооружений строителям приходится сталкиваться с большим разнообразием геологических условий строительных площадок. При этом необходимо принимать во внимание и учитывать вероятные ослабления оснований сооружений различными осложнениями грунтовых условий строительства. Разнообразие осложнений и их пространственная неопределенность, как правило, не могут быть достаточно определенно выявлены на стадии изысканий, что не позволяет однозначно предсказать факторы, которые негативно влияют на надежность сооружения.

К таким непредсказуемым отрицательным факторам относятся:

- локальное оседание грунта под действием техногенных вод;
- ослабленные зоны в закарстованном грунте;
- неопределенность плоскости скольжения при строительстве на склонах;
- неопределенность сейсмического влияния на грунт как основание.

Для ослабления влияния непредсказуемых факторов в современном строительстве обычно увеличивают жесткость грунтов в

пятне застройки и в ближайших окрестностях. Одним из наиболее прогрессивных способов увеличения жесткости основания является армирование грунта.

Современная технология предлагает несколько способов армирования [1]:

- армирование грунта сеткой, которая позволяет перераспределять нагрузку от сооружения в горизонтальном направлении;
- армирование грунтов вертикальными сваями из уплотненного грунта;
- армирование грунтов цементо-грунтовыми сваями;
- армирование по струйной технологии;
- армирование по инъекционной технологии.

Инъекционная технология, по нашему мнению, является наиболее гибкой из всех перечисленных способов, пригодна для большинства геологических осложнений и позволяет выполнять однотипное укрепление основания при изменении геологических условий.

Согласно нормативным документам Украины [2] цементация в строительстве используется для решения следующих задач:

- как вспомогательное средство при химическом закреплении грунтов для увеличения контакта сооружения с основанием;
- для закрепления трещиноватых и полускальных пород, включая крупнообломочные грунты;
- для закрепления лессовых и других грунтов низкой проницаемости в режиме разрыва пласта с армированием грунта пространственными элементами цементного раствора.

При закреплении глинистых и других подобных грунтов напорной инъекцией цементных растворов в режиме разрыва пласта происходит изменение физических-механических характеристик массива вследствие:

- уплотнения грунта под давлением нагнетания раствора;
- укрепления грунта цементным камнем.

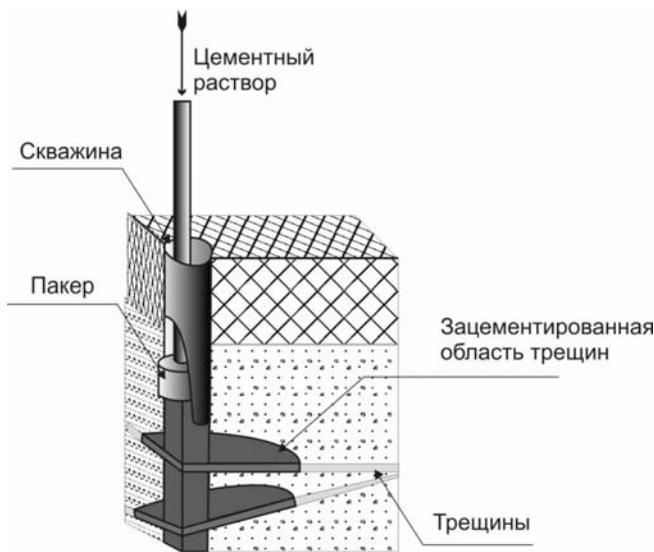
Эти два фактора увеличивают несущую способность основания, уменьшают его деформируемость на глубину нагнетаний и снижают его размокаемость.

Согласно данным [3] после инъекции в грунте общий модуль деформации увеличивается в 2,5 - 3,2 раза, первое критическое давление в 1,23 - 2,2 раза. Прочность армирующего цементного камня может достигнуть 30 МПа, модуль деформации в зависимости от содержания цемента от 50 до 500 МПа.

ООО «ТИССА» для закрепления трещиноватых скальных пород и осадочных пород низкой проницаемости применяет различные методы, основанные не инъекционной технологии.

#### **А. Методика закрепления трещиноватых скальных пород.**

Для закрепления трещиноватых скальных пород бурят скважину на проектную глубину. Если присутствуют осадочные грунты, пласт их должен быть перекрыт обсадной трубой - кондуктором. Нагнетание цементно-силикатного раствора выполняют через одиночный пакер или через запорный клапан обсадной трубы. Схема инъекции через одиночный пакер приведена на рис. 1. Радиус  $R$  закрепления определяется соотношением [4]:



**Рис.1. Схема инъекции через одиночный пакер**

$$R = \sqrt{\frac{V}{\pi M t}} \quad (1)$$

где  $V$  – объем цементно-силикатного раствора;

$M$  – мощность закрепляемых пород (глубина скважины);

$t$  – пустотность пород согласно исследованиям.

Давление  $P$  нагнетания должно быть больше, чем потери давления при течении цементного раствора по трещине.

$$P \geq \frac{\tau_0 R}{\delta} \quad (2)$$

где  $\tau_0$  - динамическое сопротивление сдвига закрепляющего раствора;

$\delta$  - ширина трещин согласно изысканиям.

Если трещины скального массива заполнены глинистым материалом, давление на забое скважины должно быть увеличено на размер первого критического давления  $P_k$  грунта, заполняющего трещины:

$$P \geq \frac{\tau_0 R}{\delta} + P_k \quad (3)$$

#### **В. Методика закрепления малопроницаемых осадочных грунтов.**

Для закрепления малопроницаемых осадочных грунтов ООО «ТИССА» применяет способ перфорированного иньектора, через который выполняют нагнетание цементно-силикатного раствора. Схема иньекции через двойной пакер приведена на рис. 2.

При нагнетании цементно-силикатного раствора в грунт через перфорацию иньектора образуется цементное уширение. Толщина цементного расширения  $\Delta h_{cem}$  определяется размерами зоны перфорации, свойствами грунта и давлением нагнетания [4]:

$$\Delta h_{cem} = \frac{P}{E_0} m \quad (4)$$

где  $P$  - давление нагнетания в пакере;

$E_0$  - модуль общей деформации грунта;

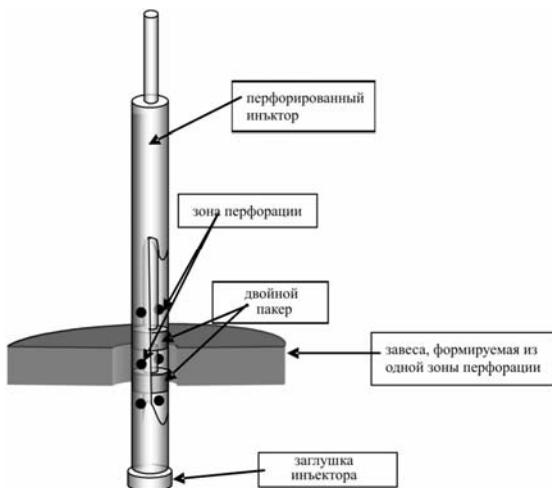
$m$  - толщина уплотняемого слоя грунта или размер зоны перфорации.

Радиус закрепления грунта определяется соотношением:

$$R = \sqrt{\frac{V}{\pi \Delta h_{cem}}} \quad (5)$$

где  $V$  - объем нагнетаемого раствора.

Давление нагнетания должно быть больше чем давление разрыва грунта.



**Рис.2. Схема инъекции через двойной пакер**

Опыт ООО «ТИССА» по устройству оснований сооружений в различных геологических условиях Крыма является примером успешного применения инъекционного армирования грунта.

### **1. Укрепление откоса котлована в г. Ялте.**

Строительство здания рекреационного центра в г. Ялте на склоне горы потребовало сооружения котлована глубиной 13 м и длиной 35 м.

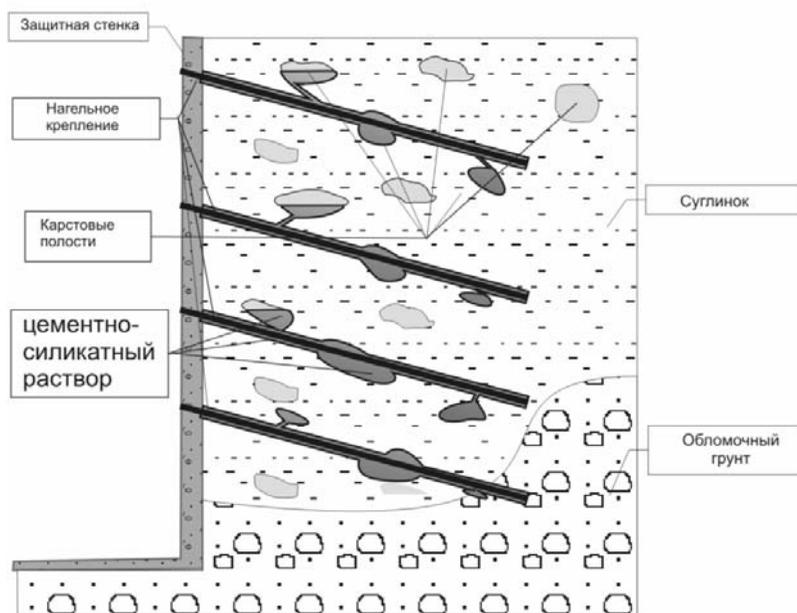
Активное давление грунта на защитную стену - 29,5 т/п.м.

Грунты представлены делювиальными отложениями: суглинки и супеси с вкраплением валунов скальных пород. Дополнительным осложнением явилось то, что суглинки имели карстовые полости размерами 0,2-0,6 м. Стены карстов цементированы карбонатом.

Проект предусматривал анкерное крепление откоса котлована. Длина анкеров составила 6 - 8 м. Расчетная несущая способность анкера в суглинках при диаметре бурения 112 мм не превышает 20 т, что являлось недостаточным для обеспечения устойчивости откоса.

Если учесть вероятность встречи с карстом при бурении, фактическая несущая способность может быть меньшей.

Для увеличения несущей способности анкера принято решение заполнять буровую скважину цементным раствором под давлением, что должно привести к укреплению грунта вокруг буровой скважины. Для реализации проекта буровая скважина была оборудована кондуктором диаметром 127 мм и длиной 2 м. В кондуктор установили односторонний пакер, через который выполняли нагнетание цементно-силикатного раствора. Нагнетание производили до достижения давления 1,0 МПа. Объем нагнетания составлял 0,6 - 2,5 м<sup>3</sup> при геометрическом объеме буровой скважины 0,09 м<sup>3</sup>. Цель укрепления грунта была достигнута (рис. 3).



**Рис.3. Схема укрепления откоса котлована (г.Ялта)**

Испытания показали несущую способность анкера по грунту 31,2 т, что является технически приемлемо в данных условиях строительства.

## 2. Укрепление откоса на мысе «Хрустальный» (г. Севастополь).

Строительство спортивного и культурного комплекса на пляже "Хрустальный" в г.Севастополе выполняется в соответствии с Генеральным планом развития города, Артиллерийской бухты и бухты Омега.

Спортивный и культурный комплекс расположен вдоль пляжа вблизи скального массива. В соответствии с проектом массив на строительной площадке должен быть выбран до образования вертикального откоса высотой 6,0 - 13,5 м.

Анализ данных инженерно-геологических изысканий показал, что массив сложен трещиноватыми и закарстованными известняками малой прочности. Трещины часто заполнены глинистым материалом. Встречаются пласты суглинка толщиной до 1,5 м. Угол естественного откоса грунта не превышает 38°. Источники подземных вод в массиве не встречены. Трещиноватость массива способствует накоплению атмосферной воды. Перечисленные факторы указывают на неустойчивость вертикального откоса массива, что обуславливает необходимость выполнения инженерной защиты всего комплекса сооружений.

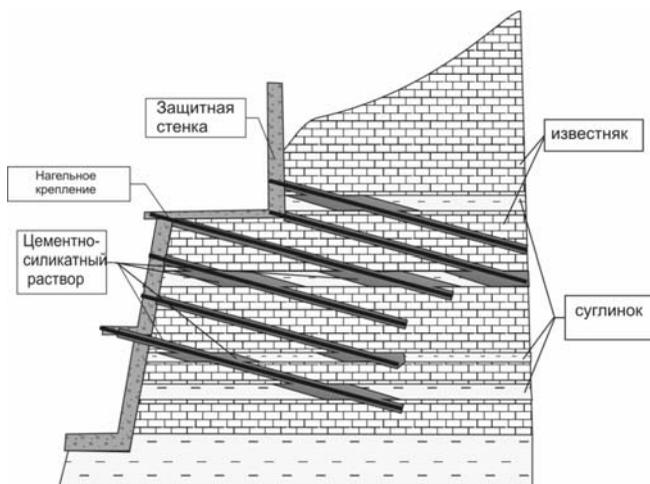
Для предотвращения передачи давления горных пород на здание проект предусматривает:

- соорудить защитную стенку с анкерным закреплением;
- организовать систему дренажей атмосферной воды для того, чтобы предотвратить размывание грунта вблизи опорной стены.

Расчетная удельная нагрузка на защитную стенку по длине здания составляет 87,59 т/м. Расчетная несущая способность анкера по грунту, если взять характеристики известняка без пласта глины, при длине анкера 8 м составляет 39,6 т. Необходимое количество анкеров на опорной стене – 94 шт. Из-за невозможности учета снижения несущей способности анкера за счет прослоек глины и статистической неопределенности распространения трещин, которые заполнены материалом глины, в пространстве принято решение нагнетать в скважины цементно-силикатный раствор под давлением, что должно обеспечить проникновение раствора в трещины и увеличение несущей способности анкера (рис. 4).

Нагнетание раствора было выполнено через кондуктор диаметром 127 мм. Объем нагнетаемого раствора одну буровую скважину составлял 0,12 - 0,25 м<sup>3</sup> при геометрическом объеме скважины 0,09 м<sup>3</sup>.

По результатам испытаний анкер терял несущую способность при нагрузке 46 т. Этот показатель удовлетворяет требованиям проекта.



**Рис.4. Схема укрепления откоса на мысе «Хрустальный» (г.Севастополь)**

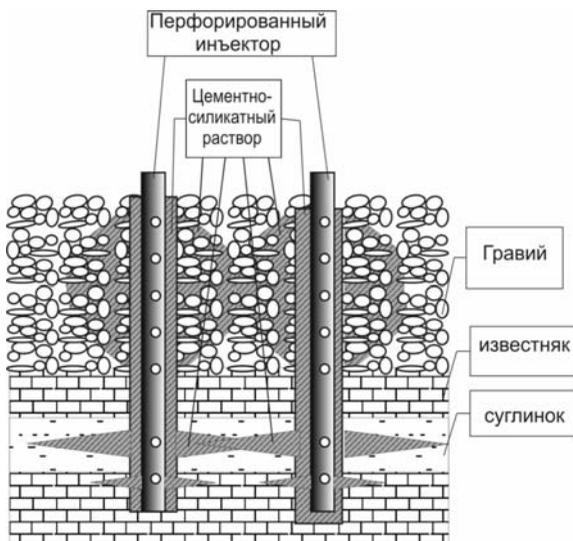
### **3.Закрепление насыпных грунтов в основании здания буринъекционными сваями на мысе «Хрустальный» (г. Севастополь).**

Для строительства бассейна в культурном комплексе в пляжной зоне мыса «Хрустальный» глинистая почва в основании фундамента была заменена гравием. Мощность насыпного грунта составила 3 м. Проектом было предусмотрено соорудить фундамент на свайном основании. Основание свай - слабый известняк на глубине 5,5 м. Диаметр буринъекционных свай принят 200 мм. Расчетная нагрузка на сваю составила 20 т.

Прочность известняка в основании свай оказалась недостаточной, чтобы обеспечить необходимую несущую способность и устойчивость здания при горизонтальных нагрузках сейсмического воздействия. Потребовалось увеличить жесткость основания.

Предприятие «ТИССА» предложило увеличить жесткость основания посредством нагнетания цементного раствора через боковую поверхность буринъекционных свай. Поэтому буринъекционные

сваи были армированы перфорированной стальной трубой-инъектором. Через перфорацию при помощи двойного пакера цементно-силикатный раствор нагнетали в насыпной грунт под давлением 0,5 МПа. Объем инъекции - 0,3 м<sup>3</sup> в один горизонт перфорации. Для мощности насыпного грунта 3 м и средней пустотности 40% это обеспечивало формированию уширения эквивалентным диаметром 0,8 м. (рис. 5).



**Рис.5. Схема закрепления насыпных грунтов на мысе «Хрустальный» (г.Севастополь)**

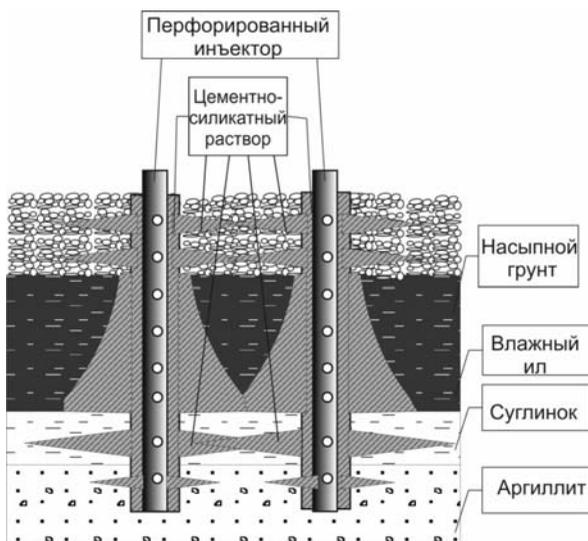
Испытаниями определена несущая способность свай - 35 т. Это выше чем проектная нагрузка.

#### **4. Сооружение свайного основания в илистых грунтах (пгт. Гурзуф).**

Грунтовые условия в основании здания по ул. Артековская пгт. Гурзуф характеризуются следующими напластованиями: насыпные грунты мощностью 3 м, пластичные суглинки мощностью 7 м и крепкий трещиноватый аргиллит на глубине более 10 м. Проектом предусматривалось свайное основание опереть на крепкие аргиллиты.

Геологические условия усложнены тем, что в суглинках встречаются слои влажного ила. Слой ила усложняет работу свай в условиях сейсмического воздействия и снижает надежность основания. До начала работ было невозможно определить распространение линз влажного ила. Было решено увеличить жесткость основания здания путем инъекционного закрепления почв.

ООО «ГИССА» предложило армировать буроинъекционные сваи трубой-инъектором, перфорированным по всей длине. Труба цементировалась в буровой скважине. Когда раствор цемента затвердевал, кольцо цемента разрывали и нагнетали цементно-силикатный раствор в грунт при помощи двойного пакера. Объемы нагнетания достигают  $0,5 \text{ м}^3$  в один горизонт перфорации. Давление нагнетания составляло  $1,5 \text{ МПа}$ .



**Рис.6. Схема устройства свайного основания в илстых грунтах (пгт. Гурзуф)**

В результате выполненных работ (рис. 6) коэффициент пористости грунта уменьшен на 30%, что увеличило однородность грунта в основании здания. Несущая способность свай достигла 150 т.

Эти примеры показывают перспективы инъекционного армирования грунтов для увеличения однородности и жесткости оснований сооружений.

### Выводы

1. Армирование грунта с применением инъекционных технологий является одним из передовых способов повышения жесткости основания в различных геологических условиях при ослаблении оснований различными осложнениями грунтовых условий, имеющими вероятностный характер распространения.
2. Методика улучшения инженерных характеристик основания, основанная на применении буроинъекционных свай с уширениями, позволяет получить надежный прогнозируемый результат повышения качества оснований зданий и сооружений для различных грунтовых условий площадки строительства.
3. Для более широкого внедрения указанных методов улучшения основания в практику строительства необходимо разработать нормативную базу по их применению.

### Литература

1. Черний В.Г. Вплив армування на надійність систем: основа-залізобетонна споруда. «Будівельні конструкції»./Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій Держбуду України, випуск 63.
2. ДБН В.3.1-1-2002. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд.
3. Ланис А.Л., Пусков В.И., Критский М. Я., Скоркин В. Ф. Упрочнение грунтов методом напорных инъекций. «Будівельні конструкції»./Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій Держбуду України, випуск 55.
4. Кипко Э. Я., Дудля Н.А. и др. Комплексный метод тампонажа при строительстве шахт: Учебное пособие / - 2-е издание.- Днепропетровск: Национальный Горный Университет, 2004.

**Сафонов А. А., д. арх. профессор**

*Национальная академия природного и курортного строительства*

### **Общественно-экономические формации. Жилая среда и типология жилища.**

*Выявлены особенности деятельности человека при различных общественно - экономических формациях, показано их влияние на формирование требований к жилищу, жилой среде и связям с природным окружением. Названы основные типологические группы жилых домов, современные системы жизнеобеспечения жилища и направления их перспективного совершенствования.*

**Общественно - экономическая формация, жилая среда, жилище, системы жизнеобеспечения, взаимосвязи, тенденции.**

Перестроечные процессы стимулировали реорганизацию предметно-пространственной среды жизнедеятельности человека. Для экологической устойчивости этой среды совершенно очевидной стала потребность гармоничной взаимосвязи функционирования рукотворной среды с круговоротом естественных природных процессов, происходящих на межселенных пространствах, с установкой ограничительных пределов антропогенного давления на этих территориях[1]. Основным элементом, опорной точкой формируемой человеком среды жизнедеятельности остаётся жилище. Во все времена усилия зодчего были направлены на создание комфорта локально замкнутого пространства жилой ячейки. Современное понятие комфортности жилища уже не ограничивается его уютом и благоприятным микроклиматом жилых помещений. Сегодня имеет значение состояние среды поселений и межселенных пространств и вся совокупность взаимосвязей жилой ячейки с предметно-пространственным окружением, границы которого измеряются порой десятками километров. Возникла потребность системного мониторинга этих пространств с целью сохранения их экологической стабильности[2].

Человечество на пути эволюции в процессе осмысленной деятельности прошло две стадии своего существования: кочевой и оседлый образы жизни. На первой из названных стадий человек потреблял

ет преимущественно естественные дары природы и вынужден постоянно перемещаться, при этом используется искусственное мобильное жилище, которое обеспечивает комфорт на уровне выживания. Требования мобильности и минимального комфорта диктуют жесткие условия архитектуры этого жилища: лёгкость, компактность, простота формы, скорость демонтажа - сборки. Этот тип жилища эмпирически сформировался на протяжении тысячелетий, рис.1.1. Оно, как правило, имеет жесткий каркас из деревянных стержней (шестов) и эластичное ограждение из шкур животных, войлока, тканей и т. п. Вигвам индейца, чум эскимоса, юрта казаха и т. д. не имеют принципиальных отличий, их некоторые особенности обусловлены исторически сложившимися традициями народов и природно-климатическими характеристиками территорий. Примитивная хозяйственная деятельность и кратковременность пребывания на одном месте не оказывали ощутимых негативных воздействий на окружающую природную среду. За период кочевого цикла она, как правило, самовосстанавливалась.

Ситуация коренным образом меняется при переходе человека на оседлый образ жизни[3]. Жилище становится статичным, капитальность постройки, как правило, исключает возможность её перемещения в процессе эксплуатации. В докапиталистический период жилой дом обычно строился в расчете на семью от двorca вельможи до лачуги бедняка, рис1.2. На первый взгляд локально обособленное пространство жилой ячейки не имело связей с непосредственно примыкающей природной средой. Фактически же эти связи существовали и постоянно совершенствовались. Абсолютно подавляющее большинство населения составляли крестьяне, они сами строили и несли все затраты по эксплуатации своего жилища. На уровне синкретического сознания эмпирически оттачивались оптимальные технические решения и способы рациональной эксплуатации построек. От состояния ближайшего природного окружения: пашни, лугов, лесов, водоёмов и т. п. зависело благополучие крестьянской семьи, следовательно, и здесь крестьянин вынужден был по возможности предотвращать деструктивные процессы.

Иначе обстояло дело с жилищем представителей господствующих классов. Его возводили подневольные или наёмные работники, габариты и комфортность постройки определялись размерами доходов хозяина, а внешний вид преимущественно общепризнанным эстетическим стандартом (архитектурным стилем). Правила визуальной

гармонии данного стиля зачастую определяли и реорганизацию природного окружения, при этом нередко радикально менялся естественный ландшафт (характер рельефа, границы водоёмов, виды растительности и т. п.). Ничтожно малый удельный вес этих построек в общем объеме жилищного строительства не оказывал заметного влияния на экологическую ситуацию.

Переход к капитализму ознаменовался концентрацией производства и трудовых ресурсов, эти преобразования породили принципиально новый тип массового жилища - многоквартирный дом, рис.1.3. Он не просто механически объединил в одном объеме автономные жилые ячейки, но позволил создать централизованные системы жизнеобеспечения, ри.1.4. Эти системы в дополнение к капитальности построек дополнительно закрепили их статичность. Изобретение централизованных систем жизнеобеспечения стимулировало поиски конкурентоспособных технических решений для автономного жизнеобеспечения усадебных домов, т.е. традиционных или локальных жилых ячеек, рис.1.5.

Стремление вывести усадебный дом на новый уровень технической оснащённости, а, следовательно, и комфортности, связано с интересом населения к данному виду жилища, появившимся в годы перестройки. На завершающей стадии советского периода усадебный дом воспринимался населением как рудимент ушедшей эпохи. В современных условиях он рассматривается как одно из самых престижных жилищ. И вновь, как и сто лет назад возникает конкуренция усадебного и многоквартирного домов с той лишь разницей, что тогда вопрос ставился так: "Маленький дом или большая казарма?". Сегодня ни у кого не вызывает сомнения сосуществование этих домов. Не ясно лишь, в каких пропорциях следует их возводить в общем объёме жилищного строительства страны, регионов, отдельных населенных пунктов? Переориентация пристрастий населения к типологии жилища отражается на требованиях к его комфортности, местоположению и внешним связям. Решение этих задач выходит за рамки архитектурно - художественных и технических проблем, они затрагивают, прежде всего, социальные и общественно - экономические вопросы, однако научных проработок в этих направлениях явно недостаточно. Местные власти зачастую вынуждены принимать волюнтаристские решения, при этом нередко реализуются лишь частнособственнические интересы граждан. В итоге формируется не прогнозируемая хао-

тичная среда, нарастает её дискомфортность и экологическая неустойчивость.

Второй особенностью капиталистического способа производства явился резкий рост производительности труда. Он позволил перейти к масштабному освоению новых территорий и полезных ископаемых, переориентировать производственную направленность целых регионов и др. В бывшем СССР во второй половине XX в. осваиваются районы Севера, Сибири и Дальнего Востока. В годы перестройки Крымская автономия реорганизуется из бывшей всесоюзной здравницы в мекку туризма и экскурсий. Эти виды деятельности вызвали к жизни ещё одну разновидность мобильного жилища. Отличительные особенности этой типологической группы от жилища кочевника обусловлены тем, что замкнутые циклы и ритмы перемещений кочевых народов не меняются веками, в данном же случае эти параметры весьма разнообразны и не устойчивы. Типологическая группа располагается в промежуточном пространстве между жилищем кочевника и статичным жилым домом. Капитальность постройки и период её эксплуатации на одном месте, как правило, совместить не удаётся, чем и обусловлена мобильность. Периоды эксплуатации построек на одном месте обычно продолжительнее, этим объясняется стремление приблизить комфортность проживания в них к уровню современных требований. Здесь также ведутся поиски использования автономных систем жизнеобеспечения.

### **Выводы**

1. В процессе эволюции человеческое сообщество преодолело три этапа, на которых радикально менялись требования к жилищу, жилой среде и их взаимосвязям с природным окружением. 1 - этап, начало производительной деятельности, человек ведёт кочевой образ жизни, для этих условий создаёт мобильное жилище, которое обеспечивает комфортность на уровне выживания и не влияет на природную среду. Данный тип жилища без принципиальных изменений дошел до наших дней, и используется кочевниками. 2 - этап, переход на оседлый образ жизни, человек создаёт статичный усадебный односемейный жилой дом. Примыкающая к дому природная среда в пределах доступности для человека обеспечивает его благополучие, он вынужден эмпирически искать и сохранять условия, обеспечивающие экологическую стабильность этого пространства. 3 - этап, капиталистический способ производства характеризуется концентрацией труда и

трудовых ресурсов. Востребован многоквартирный дом с централизованными системами жизнеобеспечения, что стимулирует поиски автономных локальных систем жизнеобеспечения для повышения комфортности усадебных домов. Резкое повышение производительности труда позволило осваивать новые районы и перепрофилировать освоенные. Для этих условий востребовано принципиально новое мобильное жилище с различными циклами перемещений и уровнем комфортности. Расширилось пространство жилой среды, увеличилось антропогенное давление на естественную природную среду, не отработаны механизмы регулирования этого давления для сохранения её экологической устойчивости.

### Литература

1. Родоман Б.Б. Поляризация ландшафта как средство сохранения биосферы и рекреационных ресурсов.// Ресурсы, среда, расселение.- М., 1974.- С. 150-162.
2. Сафонов А.А. О современной роли архитектуры в формировании предметно-пространственной среды жизнедеятельности человека.-Строительство и техногенная безопасность/ Сборник научных трудов НАПКС, вып. 15-16. – Симферополь: 2006.-С.31-35.
3. Зубков В.А. Дом Земля. Контуры экологического мировоззрения (научное развитие стратегии поддержания).- СПб, 2000. – 112с.

**Сафонов А. А., д. арх., профессор**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

### **Типология жилища (вчера, сегодня, завтра)**

*Выявлены фактические и мнимые причины востребованности типологических разновидностей жилого дома. Указаны некоторые направления сфер деятельности населения и особенности быта семей, которые оказывают влияние на выбор типа дома и его местоположение.*

**Жилище, типология, усадебный дом, многоквартирный дом, мобильное жилище, места приложения труда, форма расселения.**

Поиски целесообразных путей дальнейшего совершенствования архитектуры жилого дома в современных условиях не утоление естественного любопытства исследователя, а требование практических преобразований, происходящих в обществе. Возникла настоятельная необходимость в радикальных качественных изменениях жилой среды с учетом объективных закономерностей развития и исторической преемственности, в разработке научно-обоснованных прогнозов с учетом прогрессивных теоретических воззрений и широких исторических обобщений. Жилище относится к предметам первой необходимости для человека и отличается тем, что его производство сопряжено с затратой больших финансовых и материально-технических ресурсов. Срок эксплуатации жилого дома обычно исчисляется десятилетиями, поэтому его внешний вид и комфортность должны максимально приближаться к интересам меняющегося по времени потребительского спроса.

К сожалению, в советский период и на этапе перестройки характер жилища определялся не столько реальными потребностями населения, сколько конъюнктурно-политическими интересами или эмоционально-публицистическими выступлениями. Идеализация того или иного типа жилого дома без достаточных научных обоснований негативно отражается на комфортности жилой среды поселений и ведет к неоправданным затратам.

С середины прошлого столетия в бывшем СССР решение жилищной проблемы становится одной из первоочередных государст-

венных задач. Строятся типовые многоэтажки со стандартными квартирами с посемейным их заселением. В сельской местности, где избежать усадебной застройки не удастся, сельские дома проектируются по тем же нормам, что и городские квартиры, а придомовые участки сокращаются до минимума [1]. Основная цель этих мероприятий – освободить трудящихся от непроизводительного ручного труда в личном подсобном хозяйстве и в быту и сконцентрировать их усилия в общественном производстве для создания материально-технической базы будущего общества социальной справедливости. Цель понятная и благородная, но средства для её достижения оказались далеко не самыми лучшими. Ликвидация и сокращение личных подсобных хозяйств вызвали дефицит продуктов питания. Высокая плотность застройки, рост промышленных объектов и транспорта формировали экологически неблагоприятную атмосферу поселений. Жесткие, геометрически правильные, однообразные, лишённые декоративного оформления типовые постройки создали психологически неблагоприятную среду. Все эти явления нагнетали общественную напряженность. Для разрядки этой напряженности в начале восьмидесятых годов жителям выделяют садово-огородные участки на пригородных территориях. Первоначально на них запрещается всякое строительство, затем разрешают возводить небольшие постройки для хранения садово-огородного инвентаря, а в последующем – и жилые домики для временного проживания в теплое время года. Однако вопреки запретам большинство владельцев участков начинают строить жилые дома от простейших времянков до капитальных особняков. Они стихийно стали преобразовываться в дачные поселки, а в отдельных случаях переросли в жилые образования поселений, например, в Симферополе – Молодежное, Давидовка, Фонтаны, и др. Маятник жилищных пристрастий граждан качнулся в противоположную крайность; от благоустроенной квартиры в многоэтажке к односемейному усадебному дому. В данном случае едва ли не решающую роль сыграли эмоционально-публицистические выступления общественных деятелей в средствах массовой информации. Эту тенденцию отражает публикация писателя Б. Васильева. Вот лишь две цитаты из его статьи: «Мы ликвидировали и свойственный России институт, отчего дома, который никогда не был, просто жилищем («жилплощадь»), выражаясь нашим языком), он соединял в себе прошлое, настоящее и будущее, служил живым музеем рода, банком памяти по-

колений, создавая традиции и обычаи, укрепляя родственные связи, придавая клану устойчивость при невзгодах и несчастьях.

... Мы слишком долго, слишком целенаправленно разрушали родственные связи, слишком долго прозябали в нищете, бесправии и беспросветном неведении (и продолжаем прозябать), чтобы обратный процесс помчался как по накатанному, хотя я убежден, нам никак не обойтись без восстановления крепких, с прочной наследуемой экономической базой отчих домов, как в селе, так и в городе»[2].

Сегодня стало модным объяснять негативные явления нашей жизни просчетами тоталитарного режима. В вышеприведенной цитате автор утверждает, что мы слишком долго и целенаправленно разрушали родственные связи. Во - первых, непонятно, кто мы? И зачем нам это было нужно? Не совсем корректна и временная характеристика. Жизнь семейного клана на Руси регламентировалась «Домостроем», составленным Сильвестром еще в XVIв., то есть этот институт существовал и совершенствовался по крайней мере полтысячелетия, распад же произошел в несколько десятилетий, по историческим меркам этот период никак нельзя назвать слишком долгим, скорее он был мгновенным. Немецкий поэт и прозаик Г. Гейне отметил: «Каждый человек-это мир, который с ним рождается и с ним умирает; под всякой могильной плитой лежит всемирная история» [3]. Наивно было бы полагать, что эти «миры» удерживали под одной крышей отчего дома лишь родственные связи.

В условиях феодального строя господствовало натуральное хозяйство и кустарное мелкотоварное производство. Наследуемая экономическая база и семейное дело обеспечивали относительное благополучие этого сообщества. Выйти из семейного дела кому-либо из самостоятельных членов клана для создания своего хозяйства без согласия и материальной поддержки семьи практически было невозможно.

Семейный клан под одной крышей удерживали не столько родственные связи, сколько финансовая взаимозависимость.

Ситуация коренным образом меняется при переходе к капиталистическому способу производства. На смену кустарю - одиночке приходят буржуа и пролетарий, по современной терминологии - работодатель и наемный работник.

Концентрация большого числа рабочих мест под одной крышей стимулировало строительство крупных корпусов фабрик и заводов. Рабочие люди, стремясь сократить непроизводительные затраты на

преодоление пути «дом-работа», стали селиться в непосредственной близости к предприятиям, рис.1.1. Трущобы жилых образований с антисанитарными условиями проживания в них формировались вокруг фабрик и заводов на рубеже XIX-XXвв. Для преобразования стихийно возникшей системы расселения Н. А. Милютин предложил «магистраль с параллельным расположением промышленных и жилых районов с малоэтажной застройкой». Эта идея была реализована в проекте Л. Гильберсаймера, рис.1.2, но в практику предложение не было внедрено. Частично идея была воплощена проектом В. Гропиуса 1928г., рис.1.3. Проект высокоплотной строчной застройки на окраине Берлина, разработанный на базе «строительного регулятива 1925г.», документа, регламентирующего строительство в Германии на тот период времени. Усадьба проектируется стандартной, при этом уменьшается число помещений и количество хозяйственных построек, существенно сокращается и общая площадь участка. Обусловлено это тем, что ручной труд заменяется машинным, происходит разделение труда, работник выполняет лишь часть технологического цикла при изготовлении товарной продукции. Его финансовая независимость обеспечивается продажей труда как товара и общественными формами социальной защиты: пенсии по старости и инвалидности, пособие по безработице, стипендия учащейся молодежи и т.п. Эти преобразования создали условия, при которых у каждого самостоятельного представителя семейного клана появилась возможность самостоятельно решать свою судьбу. Как показали события минувшего столетия, ни наследуемая экономическая база, ни родственные узы не смогли удержать семейные кланы под одной крышей. Этот процесс явился следствием закономерных общественно-экономических преобразований. Сегодня посыпать голову пеплом, искать виновных в разрушении родственных связей, пытаться их восстанавливать с помощью предметно-пространственной среды ушедшей эпохи - дело неблагодарное и бесперспективное.

Преимущество многоэтажной застройки в сравнении с малоэтажной строчной по условиям инсоляции жилых помещений и эффективности использования территорий показал в своих теоретических расчетах В. Гропиус, независимо от него к аналогичным выводам пришел и Ле Карбюзье. Задолго до появления в СССР хрущевских пятиэтажек инженера Лагутенко был разработан квартал аналогичной застройки в Германии, рис.2.1.

Появление новых строительных материалов и технических возможностей стимулировали в XX веке стремительный рост этажности застройки. Предлагались самые невероятные решения, рис.2.2; 2.3, практические же реалии перечеркнули все теории. Конкурентная борьба, собственнические интересы частных лиц, экономический пресс вне всякого регламента в центральных частях крупнейших городов капиталистических стран сформировали хаотичное нагромождение небоскребов, рис.2.4. Исчезла растительность, дискомфорт среды достиг своего апогея.

В ряде капиталистических стран в шестидесятых годах начинается возвращение к малоэтажному строительству. Стимулировалось оно двумя причинами: желанием вырваться из удушающей атмосферы крупных городов и доступностью личного транспорта для представителей среднего класса. На первом этапе возведения загородных домов рассматривалось как временное. В США в 1966г. дешевых домов строилось 22%, в 1971г. – 95%, но уже к середине 80–х годов более половины усадебных домов возводилось в капитальном исполнении. Эта тенденция наблюдается в большинстве европейских стран. Все меньше применяют материалы, полученные на основе химической переработки, и все чаще используют традиционные, такие, как металл, кирпич, естественный камень, дерево и т.п.

Особенности реорганизации жилой среды в бывшем СССР обусловлены тем, что в лице работодателя выступало государство. Эта монополия позволила установить единый стандарт жилища. Типология жилой застройки, её капитальность и периоды эксплуатации связаны с наличием мест приложения труда, их стабильности по местоположению и времени. Места приложения труда могут быть постоянными и временными. При временном выполнении работ экспедиционным, вахтенным либо экспедиционно-вахтенным методами. В бывшем Советском Союзе министерства и ведомства на предприятиях, на которых выполнялись работы этими методами, разрабатывали свои рекомендации по строительству жилья для временного проживания работников, участвующих в этих процессах, поэтому здесь общегосударственных стандартов не существовало [4].

Переход к рыночным отношениям и признание равноправия всех форм собственности делают работодателя многоликим, что меняет потребительский спрос на жилье. В обозримой перспективе могут возникнуть хозяйства на семейной основе без наемных работников, такие, как фермерские хозяйства на неудобьях, обслуживание баз

на туристских маршрутах, при базах различных изыскательских партий, обслуживание лесных и охотничье-промысловых угодий и т.п. Для таких хозяйств незаменим усадебный дом с участком и хозяйственными постройками. Востребованность этого типа жилища как отчего дома или родового гнезда может быть обусловлено и особенностями меняющихся пристрастий человека по периодам жизни. В детстве и юношеском возрасте систематический контакт с естественной природной средой благоприятно сказывается на физическом и нравственном развитии, поэтому желательно, чтобы значительная часть данного периода жизни подростка проходила в сельской местности, и здесь предпочтение может быть отдано усадебному дому. На этапе профессионального становления и активной трудовой деятельности в условиях конкуренции все усилия человек вынужден концентрировать на этой деятельности. Чем ближе жилище к месту работы и чем меньше оно требует усилий по поддержанию необходимой комфортности, тем лучше. Здесь оказались востребованными многоэтажные дома со стандартными жилыми ячейками и передвижные стандартные ячейки с разной степенью мобильности и комфортности.

При отходе от активной трудовой деятельности человек часто возвращается к местам своего детства и юности. Многие пенсионеры отдают предпочтение дачному или сельскому домику, расположенному в непосредственной близости к природе.

Постоянным местом жительства детей и внуков остается городская квартира или мобильное жилище по месту приложения труда. Они навещают, а каникулярно - отпускное время нередко проводят у родителей. Такой образ жизни и контактов родственников может существенно повлиять и на типологию жилища, и на форму расселения.

### **Выводы**

1. В феодальном обществе натуральное хозяйство - основа экономики, оно, как правило, является семейным делом и создается на базе обособленной усадьбы с наследуемой экономической базой. Семейное дело и наследуемая экономическая база, источник существования всех членов семейного клана цементируют это сообщество и сводят к минимуму возможности индивидуального самоопределения.

Усадебный дом (изба крестьянина, дом ремесленника, особняк феодала, дворец вельможи и т.п.)- абсолютно доминирующий вид жилища как в деревне, так и в городе.

2. При капиталистическом способе производства на смену кустарю-одиночке приходят работодатель и наемный работник. Труд становится товаром, появляются различные формы социальной защиты, что явилось причиной ликвидации кустарных семейных производств и распада родственных кланов преимущественно на элементарные семейные образования «Отцы-дети». В новых условиях доминирует многоквартирный дом с малогабаритными стандартными жилыми ячейками, рассчитанными на их заселение простыми семьями. Расширяется и совершенствуется типология временных и мобильных типов жилища. Усадебный дом сохраняется преимущественно в сельской и дачной местностях, изменяются его социальный статус и функции. Усадебный дом может стать местом постоянного проживания представителей старшего поколения, хранилищем семейных реликвий, встреч и отдыха родственников и т.п.

3. Потребительский спрос на тип жилища, уровень его комфортности и местоположения в обозримой перспективе будут диктовать численность и территориальное положение мест приложения труда, демографические пропорции населения в регионе, средняя продолжительность жизни и, конечно же, состояние экономики государства и финансовые возможности различных групп населения, прежде всего, среднего класса, доступность личного транспорта и состояние дорог.

### Литература

1. Сафонов А. А. О типовом массовом жилищном строительстве (история, современное состояние, тенденции и перспективы). Строительства и техногенная безопасность. / Сб. науч. тр. НАПКС вып.23. - Симферополь: НАПКС, 2008.- с. 31-37.

2. Васильев Б. И. И все же я уверен, что Россия подвержена добру. // «Литературная газета», №166. 1990.- с. 6.

3. Энциклопедия мудрости. // К. Андриевская, М. Агеев, И. Атрощенко и др. - М.: «РОССА», 2008.- с.375.

4. Сафонов А. А. Экспедиционный и вахтенный методы проведения работ и их влияние на расселение. Развитие прогрессивных методов градостроительства в сложных природных условиях. - Нижневартовск: Стройиздат, 1983. - с. 27-28.

**УДК 728.1**

**Сафонов А.А., д. арх., профессор, Сафонов К. А., архитектор**  
*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

### **Эволюция формообразования усадебного семейного жилого дома**

*Разработана принципиальная схема возникновения и последующего совершенствования усадебного дома. Показаны региональные особенности данного типа дома, эмпирически найденные народными зодчими. Указаны причины, по которым данные наработки не используются в практике современного усадебного строительства.*

**Усадебный дом, эволюция, региональные особенности, народное зодчество.**

В годы перестройки многократно возросла доля малоэтажного домостроения в общем объеме ежегодного жилищного строительства. Проектирование усадебных домов ведется фактически по тем же нормам, что и жилые ячейки в многоэтажках. Следствием такого подхода стало его дороговизна при постройке, расточительность в процессе эксплуатации и не соответствие комфортности жилых помещений современным требованиям коммунальной гигиены[1].

Сегодня природные теплоисточники принято называть «нетрадиционными». На разработанной схеме наглядно показано, что некоторые из этих источников использовались в первых стационарных жилищах, они устойчиво сохранялись, и методы их использования совершенствовались.

Шалаш, рис.1,1 стал первым рукотворным жилым сооружением, построенным человеком при переходе от присваивающей к производящей хозяйственной деятельности. Шалаш с незначительными модификациями используется до настоящего времени туристами, изыскателями, кочевыми народами (палатка, юрта, чум, яранга и т.п.). При переходе на оседлый образ жизни человек вынужден сооружать более надежное и комфортное укрытие. Им, надо полагать, стало заглубленное жилище (землянка), рис.1.2, поскольку термальный источник самый надежный и стабильный теплоноситель. Недостатки данного сооружения: затруднена вентиляция путем сквозного проветривания, отсутст-

вие естественного освещения и инсоляции - удалось устранить путем выноса части объема выше отметки поверхности земли, рис.1.3 и устройства капитальных стен по периметру землянки. Это усовершенствование позволило частично сохранить термальное тепло в жилище и в то же время устранить вышеуказанные недостатки. Вынос на дневную поверхность функционально самостоятельной части дома стимулировал его автономное возведение, рис.1.4. Первоначально такие дома, возможно, появились на скальных поверхностях, где выемка грунта затруднена или заглубление невозможно по причине высокого стояния грунтовых вод и т.п. В последующем, когда строитель и потребитель стали выступать в разных лицах, этот прием стал обычным, а использование в доме термальных источников воспринимается как экзотика. Вот как воспринимает это явление один из первых теоретиков архитектуры А. Палладио: «... таким же почти образом вичентинские дворяне Тренти освежали летом комнаты на своей вилле Костоца. Дело в том, что на территории этой виллы существуют обширные пещеры... Эти пещеры имеют ту особенность, что в них рождаются холодные ветры. Упомянутые дворяне устроили такие подземные своды, называемые ими «ветроходами», посредством которых они вводят эти ветры в свои дома и при помощи труб распределяют их по всем помещениям, по желанию закрывая или открывая ходы и таким образом увеличивая или уменьшая холод, согласно времени года. Хотя описанные усовершенствования и составляют основу этих мест, тем не менее еще большего удивления и восторга заслуживает «тюрьма ветров», представляющая собой подземелье, устроенное превосходительнейшим сеньором Ф. Тренто и названное им «Эолия», куда входят многие из названных «ветроходов» и на отделку и украшение которого в соответствии с его названием он не пожалел ни труда, ни денег» [2].

Переход от однокамерного жилища к многоэтажному дому ознаменовался увеличением его габаритов, усложнением конструктивных решений и делением внутреннего пространства перегородками по горизонтали и перекрытиями по вертикали на отдельные помещения и этажи. В современной строительной практике они, как правило, звуконепроницаемы, но не обладают термостойкостью. В народном зодчестве такие перегородки и перекрытия чаще устраивали капитальными, рис.1.5.

Создание сложных пространственных композиций дома, как правило, не несет принципиально новых решений в формообразовании. Оно базируется на комбинации вышеохарактеризованных объемно-

пространственных ячеек. Однако некоторые комбинации были продиктованы необходимостью решения общетехнических задач домостроения. Например, совмещение «шалаша и землянки», рис.1.6. Защитой капитальной постройки от атмосферных осадков. Сооружение времянки над «землянкой» - желанием совместить в одной постройке летнее и зимнее жилища, рис. 1.7. Разделение легким не - термостойким перекрытием наземной капитальной части постройки с подземной - желанием использовать термальное тепло во всем доме, рис. 1.8. Легкий пристрой к капитальной части дома, рис. 1.9, скорее всего, начинался с устройства навеса, который предохранял от перегрева жилые помещения дома в летнее время. С изобретением стекла пространство под навесом ограждается прозрачной перегородкой. В зимнее время солнечные лучи глубоко проникают внутрь веранды, прогревают ее, и она становится дополнительным теплоисточником для обогрева дома.

Для построения сложных композиций и декоративной обработки домов иногда использовались различные надстройки с целью придания дому индивидуальных черт или использование жилых домов с надстройками для решения градостроительных задач. Наиболее распространенные простейшие формы этих надстроек показаны на рис. 1.10, иногда они применялись в различных сочетаниях. Разработанная схема иллюстрирует лишь принципиальные преобразования в процессе эволюции формообразований усадебного дома. Народное жилище создавалось и в последующем совершенствовалось под влиянием конкретных местных условий, поэтому оно имело свои региональные особенности.

Народное жилище Украины исследовано В.П.Самойловичем [3] в середине прошлого века. Выявлены типологические разновидности жилых построек по регионам, рис. 2.1, однако в практике современного строительства эти исследования не используются. Думается, причина невостребованности заключается в том, что непонятно, как возникла и развивалась каждая из выявленных разновидностей и какое она может иметь продолжение в современной интерпретации,

Типовые решения советского времени формировались в полной изоляции от традиционного жилища, рис. 2.2. Проекты современных особняков повторяют архитектурные формы рубежа XIX-XX вв., рис. 2.3. Проект разработан «Киевпроект-5», рис. 2.4. Или предлагаются фантастические проекты, не имеющие ничего общего с решением задач современного массового жилищного строительства. Например, архитектурно-инженерное бюро «Атриум» (г. Ужгород) разработало серию проектов особняков под символическим названием

«Монстры 90-х», рис. 2.5. Возможно, символика у авторов возникла спонтанно, но она в полной мере отражает суть явления. Эти сооружения не радуют глаз, сверх всякой меры поглощают материальные, финансовые и топливно-энергетические ресурсы. Они далеко не всегда обеспечивают уют и условия комфортности на уровне современных требований.

### **Выводы:**

1. Переход человека от присваивающей к производящей деятельности произошел в процессе кочевого образа жизни, и первой мобильной жилой постройкой стал шалаш. При переходе на оседлый образ жизни создаются стационарные однокамерные заглубленные, полузаглубленные и надземные жилища. Они, как правило, имеют форму простых геометрических тел. В последующих эволюционных преобразованиях их геометрические параметры эмпирически совершенствуются. В процессе совершенствования дома происходит построение более сложных композиций путем компоновки названных простейших элементарных форм. Композиция дома формируется под влиянием утилитарных требований, природно-климатических факторов, при этом жилище приобретает характерные региональные особенности.

2. При делении общества на классы от народного зодчества отпочковывается архитектура как самостоятельная сфера деятельности для обслуживания господствующих классов. Она оперирует глобально применимыми приемами, региональные наработки народных зодчих зачастую оказываются утраченными. Окончательно этот разрыв происходит при переходе к капиталистическому способу производства, вся строительная деятельность оказывается в сфере архитектуры. Народное зодчество как мелкотоварное кустарное производство становится достоянием истории.

### **Литература**

1. Сафонов А.А. Ни к селу, ни к городу// Архитектура. - М.: Стройиздат, 1989. - №4 (691) - с.6.

2. Палладио А. Четыре книги об архитектуре. Т-1. В переводе И.В. Желтовского - М.: Издательство Всесоюзной академии архитектуры, 1952 - с.71.

3. Самойлович В.П. Народное архитектурное творчество. – К.: Будівельник, 1977 -230с.

## **Раздел 2. ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, МЕХАНИКА И СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ**

**УДК 624.15.04**

**Родин С.В., к.т.н., доцент, Чеботарева Е.Г., аспирант**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

**Учет напряженно-деформированного состояния системы «основание – фундамент - надфундаментное строение» при проектировании фундаментов под колонны каркасных зданий.**

*Приведен расчет фундамента по нормальным сечениям при равномерном, трапецидальном и параболическом распределении контактных давлений по подошве фундамента, выполнен анализ полученных результатов.*

**Здания, каркас, «фундамент-основание», нормальное сечение, перераспределение усилий.**

При взаимодействии системы «грунтовое основание – фундамент» могут быть реализованы различные схемы разрушения: упруго-пластическое при монолитном развитии упруго-пластических деформаций и разрушение от продавливания, имеющее, как правило, хрупкий характер [4].

Поэтому проектирование фундаментов требует наиболее точного определения особенностей напряженного состояния системы «фундамент – основание». Многочисленные исследования плитных конструкций фундаментов свидетельствуют о значительных запасах прочности в значениях опытных разрушающих нагрузок и их теоретических значений [1].

Поэтому для повышения точности и надежности проектирования предлагается вести расчет фундаментов по нормальным сечениям с учетом перераспределения усилий.

Экспериментальным обоснованием теоретического анализа послужили результаты испытаний отдельно стоящих фундаментов под колонны различной гибкости на песчаном основании [3] в результате которых были установлены формы и ординаты эпюры контактных давлений.

В соответствии с [2] расчет центрально нагруженных фундаментов необходимо вести, исходя из условия, что нормальные контактные давления распределяются равномерно по подошве фундамента. Однако доказано, что в реальных условиях равномерность давления по подошве характерна только для жестких фундаментов, а для гибких необходимо учитывать перераспределение давлений [6].

Согласно [5] во всех случаях разрушения фундамента эпюра нормальных контактных напряжений от приближающейся к прямоугольной на первых стадиях деформированного состояния трансформируется в трапециевидную, а на завершающих стадиях вплоть до разрушения – в криволинейно-выпуклую (параболическую).

### ***1. Расчет при трапециевидном распределении контактных давлений по подошве фундамента.***

Изгибающий момент в сечении  $I-I$ :

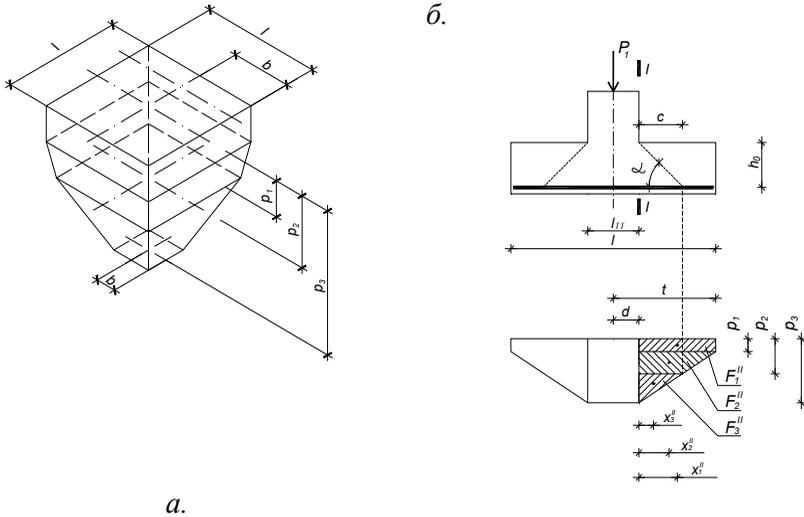
$$M''_{I-I} = Fx \quad (1.1)$$

Для удобства дальнейших преобразований введем обозначения:

$$\begin{aligned} \frac{l}{2} &= t; \\ \frac{l_{on}}{2} &= d \end{aligned} \quad (1.2)$$

Изгибающий момент в сечении  $I-I$ :

$$M''_{I-I} = \sum M_i = M_1 + M_2 + M_3 = F_1x_1 + F_2x_2 + F_3x_3, \quad (1.3)$$



**Рис. 1. К расчету при трапецидальном распределении контактных давлений по подошве фундамента**  
 а – эскиз фундамента с эпюрой контактных давлений;  
 б – эскиз пространственной модели эпюры контактных давлений

$F_1, F_2, F_3$  – равнодействующая эпюры контактных давлений, соответственно части 1, 2, 3 (рис. 1), расположенной справа от сечения I-I;

$x_1, x_2, x_3$  – расстояние от равнодействующей, соответственно  $F_1, F_2, F_3$ , до рассматриваемого сечения (рис. 3).

Запишем уравнения для определения  $M_1, M_2, M_3$  и полученные выражения подставим в (3):

$$M_1 = F_1 x_1 = (t - d) p_1 \frac{1}{2} (t - d) = \frac{1}{2} (t - d)^2 p_1; \quad (1.4)$$

$$M_2 = F_2 x_2, \quad (1.5)$$

$$F_2 = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) (t - d + c), \quad (1.6)$$

$$x_2 = \frac{c(p_2 - p_1)\frac{c}{2} + \frac{1}{2}(p_2 - p_1)(t - d - c)\left(\frac{1}{3}(t - d - c) + c\right)}{\frac{1}{2}(t - d + c)(p_2 - p_1)} =$$

$$= \frac{c^2 + (t - d - c)\left(\frac{1}{3}(t - d - c) + c\right)}{t - d + c}, \quad (1.7)$$

Подставляя (1.6), (1.7) в (1.5), получаем:

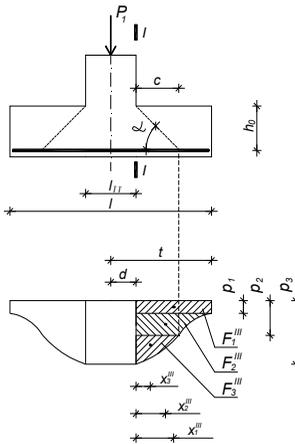
$$M_2 = \frac{1}{2}(p_2 - p_1)\left[c^2 + (t - d - c)\left(\frac{1}{3}(t - d - c) + c\right)\right]$$

$$M_3 = \frac{1}{2}c(p_3 - p_2)\frac{1}{3}c = \frac{p_3 - p_2}{6}c^2, \quad (1.8)$$

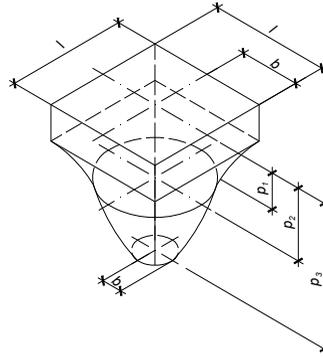
$$M_{I-I}'' = \frac{P_1}{2}(t - d)^2 + \frac{1}{2}(p_2 - p_1)\left[c^2 + (t - d - c)\left(\frac{1}{3}(t - d - c) + c\right)\right] + \frac{P_3 - P_2}{6}c^2, \quad (1.9)$$

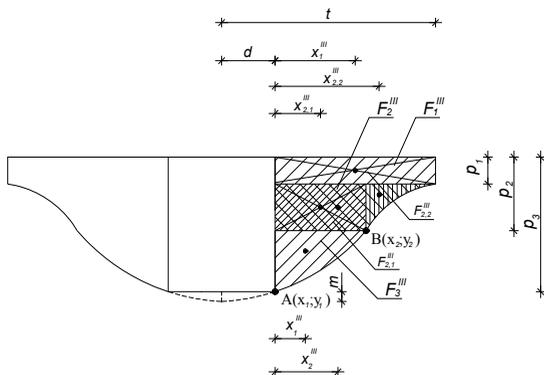
## 2. Расчет при параболическом распределении контактных давлений по подошве фундамента.

а.



б.





**Рис. 2. К расчету при распределении контактных давлений по параболической эюре:**

- а – эскиз фундамента с эюррой контактных давлений;
- б – эскиз пространственной модели эюрры контактных давлений;
- в – эюра контактных давлений.

$$M^m = M_1^m + M_2^m + M_3^m, \quad (2.1)$$

$$M_1^m = F_1^m x_1^m = p_1(t-d) \frac{t-d}{2} = \frac{1}{2} p_1(t-d), \quad (2.2)$$

$$M_2^m = F_2^m x_2^m = F_{2,1}^m x_{2,1}^m + F_{2,2}^m x_{2,2}^m = \frac{1}{2}(p_2 - p_1)c^2 + \frac{(p_2 - p_1)(t-d-c)}{3} \left( \frac{(t-d-c)}{4} + c \right), \quad (2.3)$$

Выведем уравнение параболы, соединяющей точки  $A(x_1, y_1)$ ,  $B(x_2, y_2)$  (рис. 2.в).

$$x_1 = d, \quad y_1 = m$$

$$x_2 = d + c, \quad y_2 = p_3 - p_2, \quad (2.4)$$

$$y = f(x) = ax^2, \quad (2.5)$$

$$\begin{cases} m = ad^2 \\ (p_3 - p_2) + m = a(d + c)^2 \end{cases} \quad (2.6)$$

$$\begin{cases} (p_3 - p_2) + ad^2 = a(d + c)^2 \\ m = ad^2 \end{cases}$$

$$a = \frac{p_3 - p_2}{(d + c)^2 - d^2}; \quad (2.7)$$

$$m = ad^2 = \frac{(p_3 - p_2)d^2}{(d+c)^2 - d^2}; \quad (2.8)$$

$$y = \frac{p_3 - p_2}{(d+c)^2 - d^2} x^2; \quad (2.9)$$

$$x^2 = \frac{y((d+c)^2 - d^2)}{p_3 - p_2} \quad (2.10)$$

Площадь эпюры контактных давлений, расположенной справа от рассматриваемого сечения

$$F_3^{III} = F_{3,1}^{III} - F_{3,2}^{III} \quad (2.11)$$

$$F_{3,1}^{III} = (p_3 - p_2)c \quad (2.12)$$

$$F_{3,2}^{III} = \int_d^{d+c} \frac{p_3 - p_2}{(d+c)^2 - d^2} x^2 dx = \frac{p_3 - p_2}{(d+c)^2 - d^2} \frac{x^3}{3} \Big|_d^{d+c} = \frac{(p_3 - p_2)((d+c)^3 - d^3)}{3((d+c)^2 - d^2)} \quad (2.13)$$

Подставляя (2.12), (2.13) в (2.11), получаем:

$$F_3^{III} = (p_3 - p_2)c - \frac{(p_3 - p_2)((d+c)^3 - d^3)}{3((d+c)^2 - d^2)} \quad (2.14)$$

Определяем плечо равнодействующей эпюры контактных давлений, расположенной справа от рассматриваемого сечения:

$$\begin{aligned} F_3^{III} x_3^{III} &= \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} x dy dx - F_3^{III} d = \int_d^{d+c} \int_{\frac{(p_3-p_2)x^2}{(d+c)^2-d^2}}^{(p_3-p_2)} x dy dx - F_3^{III} d = \\ &= \int_d^{d+c} \left( x(p_3 - p_2) - \frac{(p_3 - p_2)x^3}{(d+c)^2 - d^2} \right) dx - F_3^{III} d = \\ &= \left( \frac{x^2}{2} (p_3 - p_2) - \frac{(p_3 - p_2)}{(d+c)^2 - d^2} \frac{x^4}{4} \right) \Big|_d^{d+c} - F_3^{III} d = \\ &= (p_3 - p_2) \frac{(d+c)^2 - d^2}{2} - \frac{(p_3 - p_2)}{(d+c)^2 - d^2} \frac{(d+c)^4 - d^4}{4} - F_3^{III} d = \\ &= \frac{(p_3 - p_2) \left[ 2((d+c)^2 - d^2) - ((d+c)^2 + d^2) \right]}{4} - F_3^{III} d = \\ &= \frac{(p_3 - p_2)((d+c)^2 - 3d^2)}{4} - F_3^{III} d \end{aligned} \quad (2.15)$$

$$\begin{aligned}
 x_3^{III} &= \frac{(p_3 - p_2)((d+c)^2 - 3d^2)}{4 \left[ (p_3 - p_2)c - \frac{(p_3 - p_2)((d+c)^3 - d^3)}{3((d+c)^2 - d^2)} \right]} - d = \\
 &= \frac{(d+c)^2 - 3d^2}{4 \left[ c - \frac{((d+c)^3 - d^3)}{3((d+c)^2 - d^2)} \right]} - d
 \end{aligned} \tag{2.16}$$

$$M_3^{III} = F_3^{III} x_3^{III} = \left[ (p_3 - p_2)c - \frac{(p_3 - p_2)((d+c)^3 - d^3)}{3((d+c)^2 - d^2)} \right] \left[ \frac{(d+c)^2 - 3d^2}{4 \left[ c - \frac{((d+c)^3 - d^3)}{3((d+c)^2 - d^2)} \right]} - d \right] \tag{2.17}$$

$$\begin{aligned}
 M_{t-t}^{III} &= \frac{1}{2} p_1(t-d)^2 + \frac{1}{2} (p_2 - p_1)c^2 + \frac{(p_2 - p_1)(t-d-c)}{3} \left( \frac{t-d-c}{4} + c \right) + \\
 &+ \left[ (p_3 - p_2)c - \frac{(p_3 - p_2)((d+c)^3 - d^3)}{3((d+c)^2 - d^2)} \right] \left[ \frac{(d+c)^2 - 3d^2}{4 \left[ c - \frac{((d+c)^3 - d^3)}{3((d+c)^2 - d^2)} \right]} - d \right]
 \end{aligned} \tag{2.18}$$

Согласно [1] горизонтальную проекцию наклонной трещины необходимо назначать равной рабочей высоте фундамента  $h_0$ . В [3] доказано, что в реальных условиях длина проекции наклонной трещины значительно отличается от  $h_0$  и приводится алгоритм ее расчета.

Для проверки рассматриваемых положений в полученные формулы были подставлены численные значения для центрально загруженных гибких фундаментов на песчаном основании. В первом случае рассматривался фундамент со стороной 1 м, во втором – 2 м, в третьем - 3 м. Анализ полученных результатов приведен с учетом того, что величина проекции горизонтальной наклонной трещины равна рабочей высоте подошвы фундамента (табл. 1) и величине  $c_{теор}$  [3] (табл. 2).

Таблица 1

Анализ результатов при  $c=h_0$

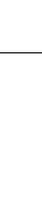
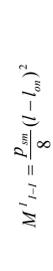
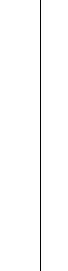
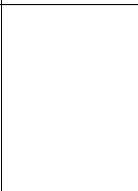
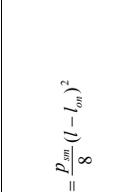
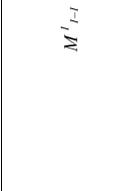
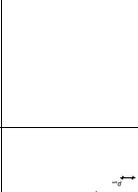
№ п/п	Эскиз фундамента с эпюрной кон- тактных давлений	Расчетная формула	Экономический эффект, %		
			I вариант (размеры фундамента 1*1 м)	II вариант (размеры фундамента 2*2 м)	III вариант (размеры фундамента 3*3 м)
1	2 	3	4	5	
1		$M'_{I-1} = \frac{P_{om}}{8} (l - l_{om})^2$	-	-	
2		$M'_{I-1} = \frac{P_1}{2} (t-d)^2 + \frac{1}{2} (P_2 - P_1) \left[ h_0^2 + (t-d-h_0) \left( \frac{1}{3} (t-d-h_0) + h_0 \right) \right] + \frac{P_3 - P_2}{6} h_0^2$	0,30	3,02	8,03
3		$M'''_{I-1} = \frac{1}{2} P_1 (t-d)^2 + \frac{1}{2} (P_2 - P_1) h_0^2 + \frac{(P_2 - P_1)(t-d-h_0)}{3} \left( \frac{t-d-h_0}{4} + h_0 \right) + \frac{2}{3} h_0 (P_3 - P_2) \left[ \frac{(d+h_0)^2 - 3d^2}{4 h_0 - 3((d+h_0)^2 - d^2)} - d \right]$	2,06	6,22	15,82

Таблица 2

Анализ результатов при  $c=c_{теор}$

№ п/п	Эскиз фундамента с эпорной контактных давлений	Расчетная формула	Экономический эффект, %		
			I вариант (размеры фундамента 1*1 м)	II вариант (размеры фундамента 2*2 м)	III вариант (размеры фундамента 3*3 м)
1		3	4	5	
1		$M_{I-I}^I = \frac{P_{эм}}{8} (l - l_{тн})^2$	-	-	
2		$M_{I-I}^{II} = \frac{P_1}{2} (l-d)^2 + \frac{1}{2} (P_2 - P_1) \left[ c_{теор}^2 + (l-d - c_{теор}) \left( \frac{1}{3} (l-d - c_{теор}) + c_{теор} \right) \right] + \frac{P_3 - P_2}{6} c_{теор}^2$	0,80	3,81	9,11
3		$M_{I-I}^{III} = \frac{1}{2} P_1 (l-d)^2 + \frac{1}{2} (P_2 - P_1) \left[ c_{теор}^2 + (l-d - P_1) \left( \frac{l-d - c_{теор}}{3} + c_{теор} \right) \right] + \frac{1}{4} (l-d - c_{теор}) \left( \frac{l-d - c_{теор}}{4} + c_{теор} \right) + \frac{2}{3} c_{теор} (P_3 - P_2) \left[ \frac{(d + c_{теор})^2 - 3d^2}{4 c_{теор}} - \frac{(d + c_{теор})^3 - d^3}{3(d + c_{теор})^2 - d^2} \right] - d$	2,17	6,96	16,93

Проведенным теоретическим анализом определения изгибающих моментов в расчетных сечениях фундаментов и площади сечения рабочей продольной арматуры установлено, что расчет гибких фундаментов по нормальным сечениям с учетом перераспределения контактных давлений по подошве фундамента по трапецеидальной эпюре при условии, что длина горизонтальной проекции наклонной трещины равна полезной высоте фундамент, а дает экономический эффект для первого варианта 0,3 %, для второго – 3,02 %, для третьего – 8,03 %; то же при параболической: для первого варианта – 2,06 %, второго – 8,22 %, третьего – 15,82 %.

При расчете с учетом теоретической длины горизонтальной проекции наклонной трещины [3] получен экономический эффект при трапецеидальной эпюре контактных давлений: 0,8%, 3,81%, 8,03% для первого, второго и третьего варианта, соответственно; то же при параболической: 2,17%, 6,96%, 16,93%, соответственно.

Наблюдается также тенденция к повышению экономического эффекта при увеличении размеров и гибкости фундамента.

### **Вывод**

Расчет по предлагаемой методике дает приближение рассчитываемой несущей способности нормальных сечений к фактической по сравнению с [1], что позволяет увеличить расчетные нагрузки на фундаменты или сократить материалоемкость, а также повысить надежность проектирования.

### **Литература**

1. СНиП 2.03.01-84\* Бетонные и железобетонные конструкции. – Взамен СНиП II-21-75 и СН 511-78; Введ. 1.01.1986. – М.: ЦИТП, 1985. – 77 с.
2. СНиП 2.02.01-83\* Основания зданий и сооружений. – Взамен СНиП II-15-74, СН 475-75; Введ. 1.01.1985. – М.: НИИОСП им. Герсевича, 1985. – 48 с.
3. Родин С.В. Расчет фундаментов с учетом перераспределения усилий // Исследование и разработка методов расчета оснований и прочности фундаментов с применением нелинейных теорий деформирования. Межвузовский сборник. – Новочеркасск, изд. НПИ, 1984. – с. 62-67.
4. Родин С.В., Бондаренко Л.А. Совершенствование расчетов и конструирования фундаментов – К.: Знание, 1990. – 19 с.

5. Родин С.В., Жуков С.П. Перераспределение нормальных контактных напряжений под фундаментами натуральных размеров. Межвузовский сборник. – Новочеркасск, изд. НПИ, 1986. – с. 43-46.

6. Родин С.В., Чеботарева Е.Г. Проектирование двухслойных фундаментов под колонны каркасных зданий. Сборник научных трудов «Строительство и техногенная безопасность». – Симферополь, 2008 - с. 52-57.

7. Залесов А.С., Тетиор А.Н., Родин С.В., Лехно А.М. Прочность плитных фундаментов по наклонным сечениям // Бетон и железобетон.-1987. - №10. – с. 45-46.

### **Раздел 3.**

## **СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ**

**УДК. 665. 9. 022. 3**

**Свищ И.С., к.т.н., доцент**

**«Актуальность использования бетонов на основе отходов металлургического производства в современных условиях строительной индустрии»**

**Ключевые слова: бетон, вещество, смесь, прочность, состав, доменный щебень, гранулированный шлак, цемент, конструкция, промышленные отходы**

Актуальность использования отходов производств востребована практически во всех нормативных документах связанных с использованием природных ресурсов, так как последние являются невосполнимыми в кратчайшие временные периоды.

Если говорить о строительной индустрии, а в частности о заводах и предприятиях связанных с изготовлением бетонных смесей, производством бетонных и железобетонных изделий и конструкций, то тематика использования отходов производств отображена в таких нормативных документах, как: СНиП 2.03.01 – 84\*.

Так, например, в СНиП 2.03.01 – 84\* «Бетонные и железобетонные конструкции» говорится, что бетонные и железобетонные конструкции, должны быть обеспечены с требуемой надежностью от возникновения всех видов предельных состояний *расчетом, выбором материалов, назначением размеров и конструированием*. Выбор конструктивных решений должен производиться исходя из технико-экономической целесообразности их применения в конкретных условиях строительства с учетом максимального снижения материалоемкости, энергоемкости, трудоемкости и стоимости строительства, достигаемого путем:

**- применения эффективных строительных материалов и конструкций;**

- **снижения веса конструкций;**
- наиболее полного использования физико-механических свойств материалов;
- использования местных строительных материалов; **соблюдения требований по экономному расходованию основных строительных материалов.**

В ДСТУ Б.В 2-7-39-95 «Щебень и песок из шлаков черной и цветной металлургии для бетонов» излагаются технические, физико-механические и технологические показатели целесообразности использования данного вида заполнителя в бетонах.

В ДСТУ БА. 1.1. - 72 – 2000 «Экологические характеристики строительных материалов», говорится об целесообразности применения вторичного сырья для производства продукции, в том числе и строительного назначения, а так же создания системы государственных и общественных мероприятий, обеспечивающих сохранение природной среды, пригодной для жизнедеятельности нынешнего и будущих поколений.

Так, на примере одного близ лежащего к Крымскому полуострову Запорожского региона, многие ученые, особенно экологи, пришли к заключению о крайне опасной экологической обстановке Запорожской области (см. рис. 1 и рис. 2 ).

Запорожье, как индустриальный центр области, наиболее загрязнен такими промышленными гигантами, как «Запорожсталь», «Коксохим», «Днепроспецсталь», «Титано-магниевый», «Абразивный комбинат», и др. За один год в атмосферу над городом выбрасывается 94 тысяч тонн твердых веществ, более 490 тысяч тонн газообразных и жидких веществ. Основные причины этого бедствия: устаревшие технологии производства на многих промышленных предприятиях; нерациональная структура промышленности (избыток энергоемких и «грязных» предприятий); крайне низкая культура экологического воспитания людей, и как результат, их безразличное отношение к экологическим проблемам и последнее недостаточное внимание к экологическим проблемам государственных организаций.



Рис. 1 Запорожсталь вид 1 со спутника.

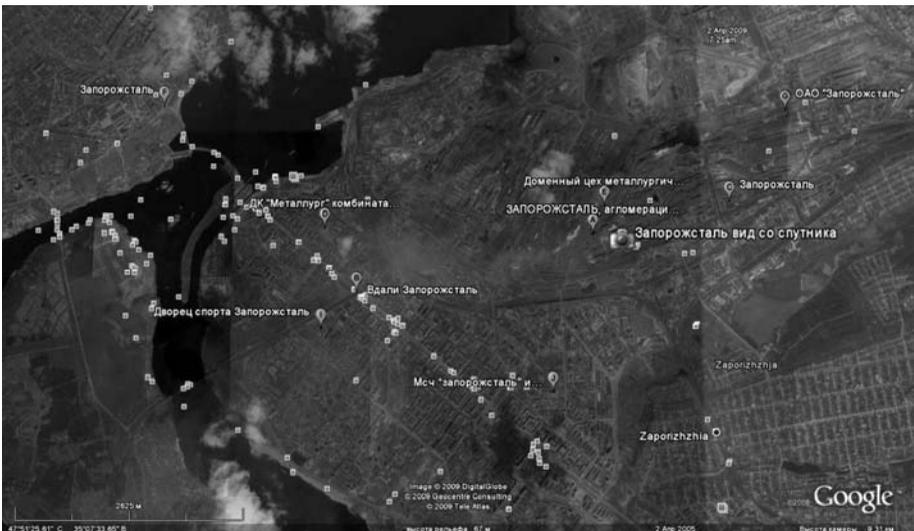


Рис. 2 Запорожсталь вид 2 со спутника

В промышленно развитых странах, таких как Германия, Франция, Италия, Англия, США, Япония, Южная Корея и др., доля расходов на реализацию экологических способов производства от стоимости

конечной продукции составляет 30 – 50%. В нашей стране до сих пор экономика не достаточно учитывает, или совсем не учитывает убытки от деградации природной среды, себестоимость продукции определяется без учета стоимости природы.

В связи с переходом многих предприятий строительной индустрии на рыночные отношения, а также ростом цен на энергоносители, встает вопрос экономии ресурсов, особенно природных и поиска более дешевых, альтернативных строительных материалов, изделий и технологий на основе использования вторичных ресурсов, отходов производств.

Целью данной работы стал вопрос целесообразности применения доменного щебня в облегченных бетонах класса В20, применяемых для производства таких изделий и конструкций, как, фундаментных блоков, подпорных стен, стеновых блоков, строительного камня, крупногабаритных бетонных и железобетонных блоков, перемычных блоков, балок, ригелей, колонн, плит перекрытия, а также изделий архитектурного ландшафта и т.д.

Для достижения цели, были решены следующие задачи:

1. Произведены подборы составов бетонов класса В15; В20 с использованием доменного щебня (термозита), доменного гранулированного шлака.

2. Произведены расчеты железобетонных конструкций, в частности колонн и балок, на тяжелом бетоне и облегченном бетоне с использованием доменного щебня (термозита) и определены расходы арматурной стали для сравниваемых вариантов.

3. Произведено экономическое сравнение вариантов конструкций и изделий, по стоимости материалов.

В результате было выявлено, что стоимость бетона на доменном щебне для таких конструкций, как колонны и балки меньше, чем на тяжелых бетонах.

#### СОСТАВ БЕТОНА НА ДОМЕННОМ ЩЕБНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕМЕНТА МАРКИ М400 СЛЕДУЮЩИЙ:

1. Цемент = 315 кг/м<sup>3</sup>;
2. Доменный щебень (фракции 5 – 20 мм) = 560 кг/м<sup>3</sup>;
3. Песок речной кварцевый = 720 кг/м<sup>3</sup>;
4. Доменный шлак = 135 кг/м<sup>3</sup>;
5. Вода = 225 л/м<sup>3</sup>;

Было выявлено, что стоимость доменного щебня, производимого Запорожским металлургическим комбинатом составляет 18 гр. за 1 тонну с НДС, нефракционированного щебня крупностью (40 – 80 мм).

Для получения фракционированного доменного щебня (10 – 20 мм) затраты по расчетам составили приблизительно 80 гр. за 1 тонну (с транспортными перевозками ж/д вагонами из Запорожья в Симферополь), если производить бетон в г. Запорожье, то стоимость щебня составит 45 - 47 гр. за 1 тонну).

Общая стоимость 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси на основе цемента марки М400 класса В20 (М250):

1. Цемент -  $0,315\text{т} * 650 \text{ гр} = 205 \text{ гр.}$
2. Доменный щебень -  $0,56 * 80\text{гр.} = 44,80\text{гр.}$
3. Песок плотный приднепровский =  $0,72\text{т} * 90\text{гр.} = 64,8 \text{ гр.}$
4. Доменный шлак =  $0,135\text{т} * 120 = 16,2 \text{ гр.}$
5. Вода =  $0,225\text{т} * 14 = 3,15 \text{ гр}$

Итого: 323,95 гр

Стоимость с НДС  $((323,95 * 19)/100) + 323,95 = 385,51 \text{ гр.}$

С учетом переработки -  $385,51 * 1,4 = 539,71 \text{ гр.}$

Стоимость 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси на тяжелом бетоне классов – В15(М200); В20(М250); В25(М300) составляет 01,04,09:

1. На предприятии «Крымжелезобетон» - В20(М250) – 600 гр.  
г. Симферополь.
2. На предприятии ОАО «Консоль» - В15(М200) – 590гр.;  
В20(М300) – 625 гр.  
г. Симферополь
3. На предприятии ОАО «Консоль» - В15(М200) – 678 гр.;  
В20(М300) – 744 гр.  
г. Керчь
4. На предприятии ОАО «Консоль» - В15(М200) – 594 гр.;  
В20(М300) – 675 гр.  
г. Ялта (Гаспринский ЗЖБИ).
5. На предприятии Бахчисарайский комбинат Стройиндустрия -  
В15(М200) – 580гр.; В20(М250) – 630 гр.; В25(М300) – 680 гр.
6. На заводе Крупнопанельного домостроения – В15(200) – 575  
гр; В20(М250) – 600гр.; В25(М300) – 650гр.  
г. Севастополь

В среднем стоимость бетона предлагаемой прочности по Крыму составляет – В15(М200) – 604 гр.; В20(250) – 640гр.;

Также необходимо отметить, что уменьшается вес конструкций в среднем на 200 – 250 кг, что приводит к существенной экономии материалов идущих на производство фундаментов и других несущих конструкций, экономии ресурсов на подъемно-транспортные и транспортные перевозки конструкций и изделий. В целом существенно снижается стоимость строительных объектов, что приводит к улучшению социальной сферы жизнедеятельности населения.

Помимо чисто технических, технологических и экономических тенденций огромную роль играет экологическая ситуация. Необходимо отметить, что руководители крупных компаний Европейских стран наряду с техническими, технологическими, экономическими приоритетами ставят и экологические приоритеты, что нельзя сказать о уровне экологической подготовки наших специалистов, которые даже не стремятся применять такие отходы в производстве строительных изделий, конструкций и элементов. Тому есть несколько причин, главная из которых экономическая незаинтересованность и практическая пассивность руководства строительных компаний, которые идут путем удорожания объектов строительного назначения. Эту тенденцию можно преодолеть путем экономических рычагов, дающих компаниям реальную прибыль от внедрения научно-исследовательского потенциала ВУЗов.

В частности реальная экономическая, экологическая, техническая, технологическая, энергетическая выгода данного проекта на лицо.

При производстве изделий и конструкций из бетона на доменном щебне экономический эффект только по материалам и расходу арматурной стали может составить минимально – от 5 до 10%, что в наших нелучших экономических условиях весьма и весьма существенный доход для любого предприятия строительной индустрии, выпускающего продукцию на основе бетона.

Наибольший экономический эффект от внедрения таких составов бетонов будет на БСУ, БСЦ, ЗЖБИ, ЗЖБК расположенных в непосредственной близости от металлургического завода ОАО «Запорожский сталепрокатный завод» и заводов подобного типа, таких как ОАО «Донецкий сталепрокатный завод», ОАО «Митал Стол Кривой Рог», ОАО «Днепропетровский меткомбинат», ОАО «Донецкий металлургический завод», ОАО «Макеевский меткомбинат», ОАО «Енакиевский метзавод»,

Краматорский метзавод, или расположенных на территориях этих предприятий.

### **Литература:**

1. С.Е. Александров, В.А. Задоренко, И.В. Колпаков, П.А. Кривилев “Литой щебень из доменных шлаков и бетоны на его основе”, - М., Стройиздат, 1979, 208 с.
2. Крисанов С.Ф., Свищ И.С. “Промышленные отходы – резерв строительного производства” – К., общество “Знание”, 1990, - 19 с.
3. Дворников С.А. “Состояние и перспективы производства и применения конструкций из легких бетонов на пористых заполнителях” – М., Стройиздат, 1978, с – 7 – 22.
4. Хмельницкий А.Г. “Использование вторичных материальных ресурсов в качестве сырья для промышленности” Новосибирск, 1995, серия Экология.
5. ДСТУ Б.В 2-7-39-95 «Щебень и песок из шлаков черной и цветной металлургии для бетонов».
6. СНиП 2.03.01 – 84\* «Бетонные и железобетонные конструкции»
7. ДСТУ БА. 1.1. - 72 – 2000 «Экологические характеристики строительных материалов».

**Раздел 4.**  
**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО**  
**И ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

**УДК – 621.926. 4 (088.8)**

**Корохов В.Г., к.т.н. профессор; Булова И.В., инженер;**  
**Лавринев П.Г., к.т.н. доцент**  
*Национальная академия природоохранного и курортного строительства.*

**Расчет технико-эксплуатационных показателей измельчителей и формующего оборудования для строительных материалов.**

*Приводятся полученные зависимости для расчета производительности и потребляемой мощности измельчителей, а также конструктивных параметров рабочих органов пресса для непрерывного формования погонажных изделий. Полученные зависимости применимы для использования их в проектных и проверочных расчетах указанного оборудования.*

**Строительные материалы, измельчители, дисперсность, производительность, давление, трение, прессование, сырье, масса.**

Среди оборудования для подготовки и производства строительных материалов важную роль играет дальнейшее совершенствование двух типов технологических машин – измельчителей дисперсных смесей и прессов для непрерывного формования погонажных изделий из бетона, глины, пластмасс требуемой геометрической форма в поперечном сечении.

В настоящей работе поставлены следующие задачи.

1. Получить зависимости, необходимые для проектного и проверочного расчетов технико-эксплуатационных, конструктивных и прочностных показателей рабочих органов измельчителей и формующих прессов.

2. Установить влияние давления процесса формования, физико-механических свойств сырья на конструктивные параметры рабочих

органов, обеспечивающих необходимое качество сформованных изделий.

В отличие от известных измельчителей различных конструкций для крупных сыпучих стройматериалов, рассматриваемый измельчитель (пневмомеханический активатор) предназначен для увеличения степени дисперсности зернистых частиц цемента, шлака, известняка и получения мелкодисперсных строительных материалов со значительно большей активной поверхностью [1; 2]. Эффективность работы измельчителя и экономичные удельные энергозатраты на процесс доизмельчения сырья достигаются за счет того, что в качестве рабочих органов в нем используется ротор с молотками, вращающийся внутри сетчатого цилиндра. Этот ротор выполняет две функции: измельчает поступающие частицы сырья и, одновременно, как центробежный вентилятор, засасывает воздух в камеру измельчения сырья для своевременного удаления через перфорацию цилиндра образующихся мелкодисперсных частиц. Корпус измельчителя с центральной загрузкой сырья смонтирован на фланце электродвигателя, стоящего на лапах, а ротор с молотками и вращающимся вместе с ним цилиндром закреплен на валу этого же электродвигателя.

Приведенные зависимости позволяют выполнить проектные и проверочные расчеты производительности и потребляемой мощности измельчителей производительностью до 10 т/ч по исходному сырью.

Производительность ( $Q$ ) измельчителя определяется эмпирической зависимостью:

$$Q = k \cdot \frac{\rho \cdot (D_{\text{сет}}^2 - d_{\text{н.пр}}^2) \cdot t \cdot z \cdot s \cdot n_p \cdot 60}{i}, \text{ кг/ч} \quad (1)$$

где  $D_{\text{сет}}$ , м – внутренний диаметр сетчатого цилиндра;

$d_{\text{н.пр}}$ , м – диаметр нерабочего пространства камеры измельчения;

$\rho$ , кг/м<sup>3</sup> – плотность измельчаемого материала;

$k$  – коэффициент, зависящий от твердости измельчаемого материала; находится в пределах от 7 до 10;

$t$ , м – шаг размещения молотков на оси;

$z$ , шт. – число молотков на одной оси;

$s$ , шт. – число осей с расположенными на них молотками;

$n_p$ , об/мин – частота вращения ротора на валу электродвигателя;

$i$  – степень измельчения материала:

$$i = \frac{V_{\text{ср. мат}}}{\delta};$$

где  $V_{\text{ср.мат}}$ , мм<sup>3</sup> – средний характерный объем кусков материала, подлежащего измельчению;

$\delta$ , мм<sup>3</sup> – объем частицы материала после измельчения.

В основу расчета мощности, потребляемой электродвигателем измельчителя, был принят традиционный метод учета расходуемой энергии на образование увеличенной поверхности измельченных частиц в сопоставлении с суммарной поверхностью частиц до измельчения. Также учитывали расход энергии на трение и срезание уплотненного слоя внутри измельчителя и на воздушное сопротивление вращению ротора.

Мощность, потребляемая электродвигателем, складывается из следующих показателей:

$$N_{\text{эл.}} = (N_{\text{изм.}} + N_{\text{тр.}} + N_{\text{возд.}}) \cdot K, \quad (2)$$

где  $N_{\text{изм.}}$  – мощность, расходуемая на измельчение материала;

$N_{\text{тр.}}$  – мощность, расходуемая на трение и срезание уплотненного слоя;

$N_{\text{возд.}}$  – мощность, расходуемая на преодоление воздушного сопротивления вращению ротора;

$K = 1,25$  – коэффициент запаса.

Составляющие зависимости (2) определяются следующими уравнениями.

Мощность, расходуемая на измельчение:

$$N_{\text{изм}} = \frac{A_{\text{изм}} \cdot S_{\text{нач}} \cdot Y \cdot Q}{3600 \cdot \eta_1 \cdot 1000}, \text{ кВт} \quad (3)$$

где  $A_{\text{изм}}$ , Дж/см<sup>2</sup> – удельная работа измельчения материала, находится в пределах 0,35...0,45 Дж/см<sup>2</sup>;

$S_{\text{нач}}$ , см<sup>2</sup>/кг – начальная площадь поверхности 1 кг материала до измельчения;

$Y$  – отношение площади поверхности 1 кг материала после измельчения к поверхности 1 кг до измельчения;

$Q$ , кг/ч – производительность измельчителя;

$\eta_1 = 0,7...0,8$  – к.п.д. при измельчении

Мощность, расходуемая на трение и срезание материала с внутренней поверхности цилиндра:

$$N_{\text{тр}} = \frac{A_{\text{тр}} \cdot Q \cdot S}{3600 \cdot \eta_2 \cdot 1000}, \text{ кВт} \quad (4)$$

где  $A_{\text{тр}}$ , Дж/см<sup>2</sup> – удельная работа срезания слоя материала и трения о поверхность, находится в пределах от 0,3 до 0,4 Дж/см<sup>2</sup>;

$S$ , см<sup>2</sup>/кг – площадь поверхности срезаемого слоя материала, приходящаяся на 1 кг материала; зависит от длины стружки  $\ell_{\text{стр}}$  и толщины слоя. При толщине слоя стружки около 1 см, длина, которого  $\ell$  около 20...30 см;  $S = \ell_{\text{сет}} \cdot \ell_{\text{струж}}$

$\eta_2 = 0,4 \dots 0,45$  – к.п.д. при срезании и трении.

Мощность, расходуемая на преодоление воздушного сопротивления

$$N_{\text{возд}} = 2,6 \cdot 10^{-8} \cdot \ell_{\text{сет}} \cdot D_{\text{ротор}}^4 \cdot n_{\text{эл}}^3, \text{ кВт} \quad (5)$$

где  $\ell_{\text{сет}}$ , м – длина сетчатого цилиндра;

$D_{\text{ротор}}$ , м – диаметр ротора;

$n_{\text{эл}}$ , об/мин – частота вращения вала электродвигателя с ротором.

Расхождение расчетных и фактических показателей производительности и потребляемой мощности, вычисленных по уравнениям (1) и (2), находилось в пределах  $\pm 20\%$ . В зависимости от различающихся физико-механических свойств сырья и его исходного гранулометрического состава, существенно влияющих на значение определяемых показателей.

Основной технологической непрерывнодействующей машиной при изготовлении бетонных труб, глиняного кирпича, погонажных изделий различной геометрической формы в поперечном сечении является шнековый пресс. Сформованные изделия должны сохранять свою первоначальную форму при последующей сушке или термообработке. В качестве формообразующего рабочего органа этих прессов используют цилиндрические или фасонные формующие головки. Конфигурация и размеры поперечного сечения головки определяют конфигурацию изготавливаемого изделия. Стабильность размеров изготавливаемого изделия определяется давлением прессования, значение которого зависит от физико-механических свойств сырья. Требуемое давление создается с одной стороны шнековым механизмом, нагнетающим прессуемую массу, а с другой стороны – сопротивлением движению этой массы внутри формующей головки. Это сопротивление зависит от длины и конфигурации головки, а также от коэффициента трения материала о ее внутреннюю поверхность.

При изготовлении погонажных изделий в виде трубы или кругляка, наружный диаметр которых равен внутреннему диаметру цилиндра, в котором вращается шнек, используют цилиндрические формующие головки. От длины и коэффициента трения материала о внутреннюю поверхность этих головок зависит возможность создания требуемого давления прессования для того или иного уплотняемого материала.

Для определения длины формующей головки пресса, создающей требуемое давление прессования, используют следующее расчетное уравнение [4]:

$$\ell = \frac{D^2 - d^2}{4\varepsilon f (D + d)} \cdot \ell_n \frac{g_{нач}}{g_{кв}}, \text{ м} \quad (6)$$

где  $D$ ;  $d$ , м – соответственно, внутренний диаметр цилиндра и диаметр вала шнека;

$\varepsilon$  – коэффициент бокового давления сырья;

$f$  – коэффициент трения сырья о внутреннюю поверхность формующей головки;

$g_{нач}$ ;  $g_{кон}$ ,  $\text{Мн/м}^2$  – начальное и конечное давление прессования в формующей головке соответственно.

Для использования в расчетах этой зависимости необходимо предварительно для заданного прессуемого материала в лабораторных условиях определить коэффициент бокового давления  $\varepsilon$  этого материала, коэффициент трения –  $f$ , начальное  $g_{нач}$  и конечное  $g_{кон}$  требуемое давление прессования для получения изделия стабильной конфигурации.

Для конкретных условий прессования трубчатого изделия из одного из материалов с  $\varepsilon = 0,93$ , влажностью 78%,  $f = 0,21$ ,  $g_{нач} = 0,25 \text{ Мн/м}^2$ ,  $g_{кон} = 0,02 \text{ Мн/м}^2$ , после преобразования зависимости (6) получено расчетное уравнение:

$$\ell = \frac{0,63(D^2 - d^2)}{\varepsilon \cdot f (D + d)}, \text{ м} \quad (7)$$

Отклонение фактической длины формующей головки, обеспечивающий требуемый процесс прессования, от расчетной длины составило – 5%.

Нужды промышленного производства не могут ограничиваться только цилиндрическими изделиями с жестко-фиксированным наружным диаметром, равным диаметру цилиндра с вращающимся в нем шнеком. Потребность в изготовлении цилиндрических изделий

иной геометрической формы, помимо круглой в поперечном сечении, обуславливает необходимость применения фасонной формующей головки [5]. Такая формующая головка должна обеспечить переход прессуемой массы и ее формообразование на пути движения от нагнетающего шнека к калибрующему участку (соплу) этой же головки. Нами получено расчетное уравнение для определения длины фасонной сужающейся формующей головки пресса, позволяющей получить изделия требуемой геометрической формы в поперечном сечении при заданном давлении прессования:

$$\ell = \frac{0,005D_1^2}{V^2 \cdot \left[ f \cdot \varepsilon + \xi_{\text{к.вх}} \left( 1 - \frac{D_2^2}{D_1^2} \right) \right]} \cdot \ell_n \cdot \frac{g_{\text{нач}}}{g_{\text{кон}}}, \text{ м} \quad (8)$$

где  $V$ , м/с – скорость движения массы в месте максимального сужения формующей головки;

$f$  – коэффициент трения скольжения массы о стенки головки; находится в пределах от 0,15 до 0,25;

$\varepsilon$  – коэффициент бокового давления сырья; в пределах от 0,7 до 0,95;

$\xi$  – коэффициент местного сопротивления в зависимости от отношения площади поперечного сечения  $S_1$  головки в месте ее наибольшего диаметра  $D_1$ (м) к площади  $S_2$  меньшего диаметра  $D_2$ (м); приведен в таблице 1.

Таблица 1.

$S_1/S_2$	1,56	2,78	4	6,25	9
$\xi$	0,17	0,323	0,362	0,482	0,692

$g_{\text{нач}}$  и  $g_{\text{кон}}$ , Мн/м<sup>2</sup> – осевое давление прессования, соответственно, в начале и в конце формующей головке; для получения стабильной конфигурации изделия первоначально определяется в лабораторных условиях.

В том случае, если необходима формующая головка переходной конфигурации от круга диаметром  $D_1$  не к кругу, а к квадрату или прямоугольнику, то в уравнении (8) вместо отношения квадратов диаметров следует принимать отношение соответствующих площадей.

Зависимость (8) справедлива для вычисления длин формующих головок с коническим сужением от диаметров 500мм; 400мм; 300мм до диаметров 150...50мм.

При расчете стального шнека на прочность для определения толщины его винтовой лопасти  $h$  предложена зависимость [6]:

$$h = \{g (2R^3 - 3R^2 \cdot r - r^3) : r [\sigma_u] (1 + t^2 / 4\pi r^2)\}^{0,5}, \text{ м} \quad (9)$$

где  $g$  – осевое давление на лопасть шнека, МПа/м<sup>2</sup>;

$R$  – наружный радиус лопасти шнека, м;

$r$  – средний радиус лопасти шнека, м;

$t$  – шаг шнека, м;

$[\sigma_u]$  – допускаемое напряжение изгиба, МПа/м<sup>2</sup>.

### Выводы

1. Представленные зависимости (1); (2); (3); (4) и (5) позволяют выполнить проектный и проверочный расчеты производительности и потребляемой мощности молотковых измельчителей производительностью до 10 т/ч для сыпучих строительных материалов.

2. Уравнения (6) и (8) применяют для расчета длины формирующих головок цилиндрической конфигурации и конической, сужающейся в направлении движения уплотняемой массы соответственно.

3. При головке переходной конфигурации от круга к квадрату, прямоугольнику или иному очертанию для получения изделия соответствующего профиля в поперечном сечении, в уравнение (8) вместо отношения квадратов диаметров следует принимать отношение соответствующих площадей.

4. Коэффициенты трения и бокового давления прессуемого сырья, входящие в уравнения (6) и (8), необходимо определять в лабораторных условиях, на сдвиговом приборе и стабилметре соответственно. Влияние физико-механических свойств сырья и режимных параметров процесса на размеры формообразующей головки и возможность изготовления качественных изделий заданных размеров и стабильной конфигурации, весьма существенно.

5. Расчет прочности наиболее нагруженного элемента шнека – его витка на изгиб рекомендуется выполнять по зависимости (9).

### Литература

1. Корохов В.Г. Пневмомеханический активатор для дисперсных стройматериалов – Симферополь. НАПКС, вып. 2 – 2005г.

2. Корохов В.Г., Бутова И.В. Методика расчета производительности и потребляемой мощности измельчителя для сыпучих стройматериалов. – Симферополь. НАПКС, вып. 10 – 2005г.

3. Ковалев А.А., Морозов А.Д. Исследование энергетических характеристик пневмомеханической установки для сыпучих материалов. – Симферополь, КАПКС – 2004г.

4. Корохов В.Г., Бутова И.В., Гармаш М.А. Расчет размеров формирующей головки шнекового пресса для кирпича, труб, пластмасс. – Симферополь, НАПКС, вып. 12 – 2005г.

5. Корохов В.Г., Бутова И.В., Гармаш М.А. Расчет размеров фасонной формирующей головки пресса для погонажных изделий из бетона, глины, пластмасс. – Симферополь, НАПКС, вып. 18 – 2007г.

6. Виноградов В.А. Оборудование винодельческих заводов. – Симферополь: Таврида, 2002г.

**УДК 621.825(031)**

**Хабрат Н.И., инж., доцент**

*РВУЗ Крымский инженерно-педагогический университет*

## **Вопросы теории передачи нагрузки роликовой обгонной муфтой**

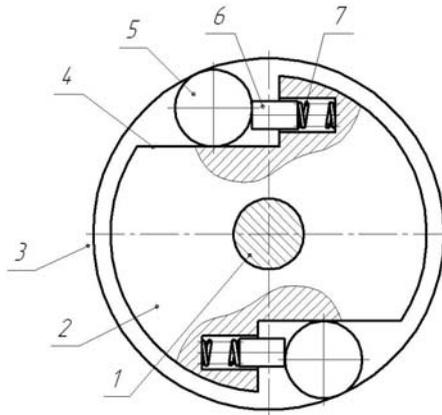
*Приведен анализ сил, воздействующих на ролик обгонной муфты в его равновесном положении при различных углах заклинивания и рекомендации по обоснованию его диаметрального размера.*

**Давление, муфта, машина, угол заклинивания, трение.**

В приводах различного рода сельскохозяйственных [1], транспортирующих [6] и многих других машин широкое применение получили роликовые обгонные муфты (муфты свободного хода), именуемые в дальнейшем «муфты».

Эти муфты применяют в приводах машин в тех случаях, когда необходимо автоматически разъединить кинематическую цепь привода от двигателя к рабочему органу, вследствие превышения его частоты вращения над приводной. Это происходит в тех случаях, когда отключив привод двигателя, рабочий орган продолжает вращение по инерции при значительных вращающихся или поступательно движущихся массах, что позволяет разгрузить элементы привода от обратного нагружения.

Роликовые обгонные муфты содержат (рис. 1) установленную неподвижно на валу 1 ступицу 2 и охватывающую ее по наружному периметру обойму 3, установленную на том же валу и концентрично оси ступицы. Обойма 3 далее кинематически соединяется с приводом рабочего органа. На наружной поверхности ступицы выполняются углубляющиеся уступы 4, в которых в наиболее глубокой части размещаются ролики 5. Из этого положения ролики выталкиваются толкателями 6 под воздействием пружин 7, устанавливаемых в отверстиях уступов ступицы, которые в технической литературе часто называются звездочками [2,5].



**Рис. 1** Эскиз роликовой обгонной муфты.

Работает муфта описанной конструкции следующим образом. При вращении приводного вала, например по часовой стрелке по рис.1, ролик заклинивается между обоймой и ступицей и в дальнейшем все детали муфты вращаются совместно и крутящий момент передается от обоймы на привод рабочего органа. В случае отставания угловой скорости приводного вала со ступицей от угловой скорости обоймы при отключении привода происходит расклинивание ступицы с обоймой, что позволяет получить обойме с рабочим органом независимое вращательное движение по инерции.

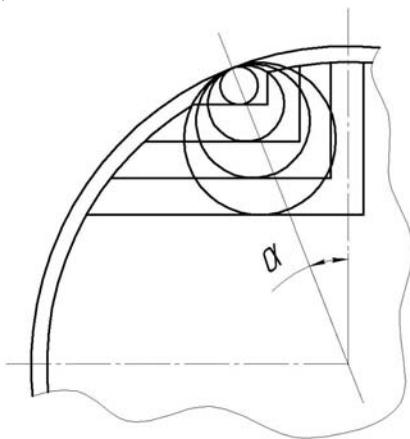
При заклинивании между собой ступицы и обоймы посредством ролика на последний воздействуют силы со стороны ступицы нормальная  $F_c$  и трения  $F_{cf}$  и со стороны обоймы нормальная  $F_o$  и трения  $F_{of}$ . Острый угол образованный между направлениями нормальных сил  $F_o$  и  $F_c$  принято называть углом заклинивания и будем обозначать его в дальнейшем через  $\alpha$ .

Важнейшими параметрами этой муфты являются угол заклинивания  $\alpha$  и диаметр ролика  $d$ , которыми определяется несущая способность рассматриваемой муфты.

Наиболее полно приведены рекомендации по этим параметрам в работе [3] в различных отраслях машиностроения. Анализ этих рекомендаций по выбору диаметра ролика при проектировании конструкции таких муфт весьма широк и составляет от 0,067 до 0,20 рабочего диаметра  $D$  обоймы муфты, что составляет разброс  $\pm 50\%$  от средней

величины. Аналогично имеются рекомендации по углу заклинивания  $\alpha$  [2,3,4].

На рис. 2 представлен фрагмент муфты, которым показано, что при одном и том же угле заклинивания  $\alpha$  диаметр ролика может иметь различные размеры, что и отражено в рекомендациях [3] по выбору его величины.



**Рис. 2 Фрагмент эскиза роликовой обгонной муфты.**

Отметим при этом, что контактные напряжения в месте контакта ролика с плоскостью на ступице будут больше, чем в месте контакта с цилиндрической рабочей поверхностью обоймы, определяемые известной зависимостью [5]

$$\sigma_{\pi} = 0,418(2F_c E / bd)^{1/2}, \quad (1)$$

где  $E$  – приведенный модуль упругости первого рода для материалов ступицы и ролика длиной  $b$ .

В уравнении (1) заменим диаметр ролика  $d$  соотношением  $d = D/8$  по рекомендациям нормами машиностроения [3]. С другой стороны уравнение (1) представим в виде

$$\sigma_{\pi} = 0,418(F_{ct} E / b \frac{D}{x})^{1/2}, \quad (2)$$

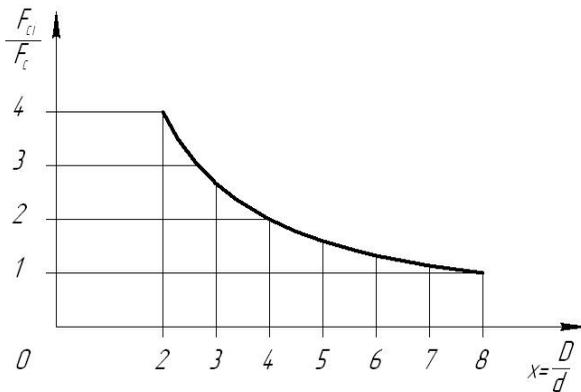
полагая при этом, что при измененных параметрах диаметра ролика  $d = D/x$  и нормальных давлениях на него  $F_{ct}$  контактные напряжения сохраняются прежними, где  $x$  текущее значение отношений  $D/d$ .

Разделив почленно уравнение (2) на (1) и преобразовав отношение получим

$$F_{ct}/F_c = 8/x \quad (3)$$

Так как нормальное давление на ступицу пропорционально передаваемой нагрузке, то отношение  $F_{cl}/F_c$  пропорционально увеличению передаваемой несущей способности муфты при увеличении диаметра ролика по сравнению с рекомендованными нормами машиностроения.

На рис. 3 уравнение (3) представлено в графическом виде. Из графика следует, что увеличение диаметра ролика вдвое с  $d=D/8$  до  $d=D/4$  приводит к повышению несущей способности муфты вдвое при сохранении ее всех остальных размеров и параметров. Из этого следует, что выбор рационального диаметра ролика является весьма важной задачей.



**Рис. 3** Относительное изменение нормального давления на ролик.

Первые попытки увеличения диаметра ролика с  $d=D/8$  до  $d=D/6,5$  [2] экспериментально подтвердили рациональность выбранного направления с сохранением работоспособности муфты. Было установлено, что при одних и тех же габаритных размерах обоймы муфты, но при увеличении диаметра ролика с  $0,125D$  до  $0,16D$  рабочего диаметра обоймы привело к повышению несущей способности последней в 2,5 раза при сохранении прежних габаритов муфты.

Широкий разброс рекомендаций (как это отмечалось нами выше) по выбору диаметрального размера ролика следствие отсутствия в научно-технической литературе как теоретических основ, описывающих механизм передачи усилий от ступицы на обойму муфты через ролик, так и научно обоснованных рекомендаций, учитывающих все размеры при определении ее основных параметров.

Цель работы – разработка аналитических зависимостей, описывающих процесс передачи усилия от ступицы на обойму и обоснование основных параметров муфты.

Поставленная задача решается путем уточненного рассмотрения сил, действующих на силопередающие детали муфты при передаче ею крутящего момента с различными углами заклинивания и различных диаметральных размерах заклинивающего ролика.

С целью решения поставленной задачи рассмотрим ролик муфты в заклиненном положении между ступицей и обоймой, находящегося в различных положениях, отличающихся различными углами заклинивания  $\alpha$ .

Для упрощения рассмотрения картины передачи усилий между перечисленными выше деталями примем первоначально значение коэффициента трения  $f$  в местах контакта ролика со ступицей и обоймой одинаковым, а так же и то, что во всех положениях ролика последним передается на обойму одна и та же сила трения по величине  $F_{of}$ . Следовательно, на ролик со стороны обоймы во всех случаях должна быть создана одна и та же сила нормального давления  $F_o$ .

На рис. 4а представлен план сил, действующих на ролик по рис. 5, находящегося в положении равновесия при угле заклинивания  $\alpha$  равном углу трения  $\beta$ , т.е.  $\alpha = \arctg f$ , где  $f$  коэффициент трения между контактирующими поверхностями ролика.

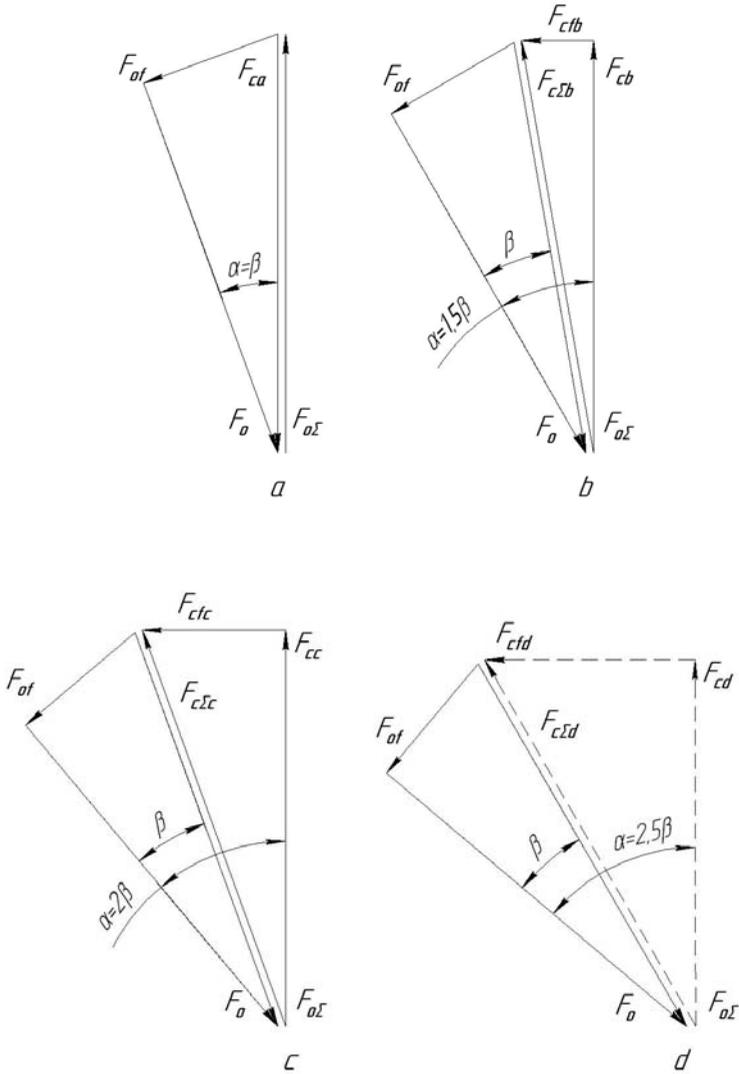
При этом суммарная сила воздействия  $F_{o\Sigma}$  на ролик со стороны обоймы равна геометрической сумме сил  $F_o$  и  $F_{of}$  и противоположна силе  $F_c$ , действующей на ролик со стороны ступицы и составляет

$$-F_c = F_{o\Sigma} = \sqrt{F_o^2 + F_{of}^2} = F_o \sqrt{1 + f^2} = F_o / \cos \beta \quad (4)$$

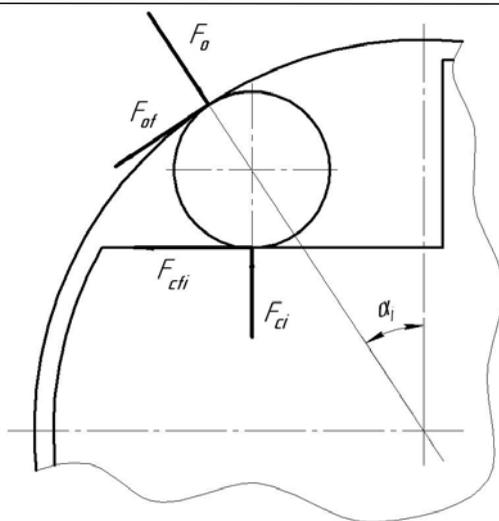
Из плана сил по рис. 4а выразим силу трения  $F_{of}$  через суммарную силу  $F_{o\Sigma}$

$$F_{of} = F_{o\Sigma} \sin \alpha = F_o \operatorname{tg} \beta \quad (5)$$

Отметим при этом, что нормальная сила  $F_c$  больше  $F_o$  в  $(1 + f^2)^{-1/2}$  раз, что следует из уравнения (4).



**Рис. 4** Планы сил для различных положений ролика, находящегося в равновесном положении.



**Рис. 5** Расчетная схема усилий, взаимодействующих на заклинивающий ролик при различных углах заклинивания  $\alpha_i$ .

Рассмотрим план сил, действующих на ролик по рис 4в при угле заклинивания  $\alpha=1,5\beta$ . В этом случае удержание ролика в равновесном положении обеспечивается дополнительной силой трения  $F_{cfb}$  по месту контакта его со ступицей и по касательной к поверхности ролика. Найдем эту силу из плана сил по рис. 4в, которая составит

$$F_{cfb} = F_{o\Sigma} \cdot \sin(0,5\beta) = F_o \sin(0,5\beta) / \cos\beta, \quad (6)$$

а так же силу нормального давления на ролик со стороны ступицы  $F_{cb}$  для рассматриваемого положения ролика

$$F_{cb} = F_{o\Sigma} \cdot \cos(0,5\beta) = F_o \cos(0,5\beta) / \cos\beta. \quad (7)$$

Анализ уравнения (7) показывает, что сила нормального давления  $F_{cb}$  превышает силу нормального давления  $F_o$ , т.е  $F_{cb} > F_o$ .

При этом максимально возможная сила трения  $F_{cfb \max}$ , которая может быть создана при воздействии нормального давления  $F_{cb}$  на ролик составит

$$F_{cfb \max} = F_{cb} \operatorname{tg}\beta = F_o \sin\beta \cos(0,5\beta). \quad (8)$$

При этом реализация силы трения  $\delta_f$  при воздействии нормальной силы  $F_{cb}$  составит

$$\delta_f = F_{cfb}/F_{cfb\max} = \operatorname{tg}(0,5\beta)/\operatorname{tg}\beta. \quad (9)$$

Анализ уравнения (9) показывает, что положение ролика на рабочей поверхности ступицы устойчивое, так как при угле заклинивания  $\alpha=1,5\beta$  реализуется только  $\approx 50\%$  максимально возможной силы трения. Это свидетельствует о стабильной работе муфты при рассматриваемом угле заклинивания.

Рассмотрим работу муфты при угле заклинивания  $\alpha=2\beta$ . Из плана сил рис. 4с следует, что в этом случае имеет место увеличения силы трения  $F_{cfc}$  и некоторое уменьшение силы нормального давления на ролик со стороны ступицы по сравнению с положением ролика при угле заклинивания  $\alpha=1,5\beta$  (рис 4,в).

План сил (рис 4с), действующих на ролик, находящийся в равновесном положении, состоит из двух одинаковых прямоугольных треугольников сил, присовокупленных друг к другу по гипотенузам сил  $F_{o2}$  и  $F_{c2c}$ , равных по значениям и противоположных по направлениям. Из этого плана сил следует, что силы трения  $F_{cf}$  и  $F_{cfc}$  равны по абсолютным значениям. Силы нормального давления  $F_o$  и  $F_{cc}$  так же равны между собой. Однако отметим при этом, что при установившейся тенденции постоянного уменьшения силы нормального давления  $F_{cc}$  с увеличением угла заклинивания  $\alpha$  это последнее положение следует считать граничным.

На рис. 6 графически отображена закономерность относительного изменения силы нормального давления  $F_{ci}$  по отношению к силе  $F_o$  в зависимости от угла заклинивания  $\alpha_i$ , например, при  $f=0,12$  [2,4,5] и

$$\alpha = 2\beta = 2\operatorname{arctg} 0,12 = 13,68^\circ \quad (10)$$

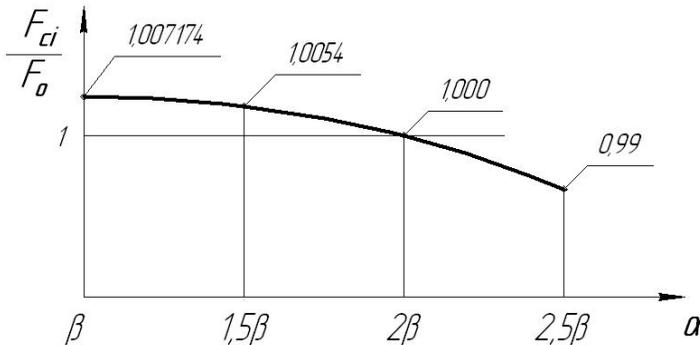


Рис. 6 Относительное изменение силы давления на ролик муфты.

Нами граничное положение ролика понимается такое, при котором сила нормального давления  $F_{cc}$  полностью реализуется созданием силы трения  $F_{cfc}$  в месте контакта ролика со ступицей. Докажем это следующим образом. Рассмотрим ролик муфты, находящийся в равновесном положении при угле заклинивания  $\alpha=2,5\beta$ , (рис. 4d). Из плана сил находим силу трения  $F_{cfd}$  по поверхности контакта ролика и ступицы, необходимую для удержания ролика в заклиненном положении

$$F_{cfd} = F_{o\sum} \cdot \sin(1,5\beta) = F_o \sqrt{1+f^2} \sin(1,5\beta) = F_o \sin(1,5\beta) / \cos\beta. \quad (11)$$

Сила нормального давления  $F_{cd}$  ступицы на ролик составит

$$F_{cd} = F_{o\sum} \cos(1,5\beta) = F_o \cos(1,5\beta) / \cos\beta. \quad (12)$$

Сила трения по контакту ролика со ступицей  $F_{cfd\max}$ , реализуемая при создании нормального давления  $F_{cd}$ , равна

$$F_{cfd\max} = F_{cd} \cdot \operatorname{tg}\beta = F_o \cos(1,5\beta) \sin\beta. \quad (13)$$

Из уравнения (13) следует, что  $F_{cfd\max} < F_{cfd}$  т.е. при угле заклинивания  $\alpha > 2,5\beta$  создаваемая сила нормального давления ступицы на ролик недостаточна.

Из уравнений (7) и (9) следует так же, что коэффициент трения между роликом и ступицей является определяющим фактором несущей способности муфты рассматриваемой конструкции.

Для выбора диаметра заклинивающего ролика составим уравнение равновесия моментов сил, действующих на ступицу относительно ее оси вращения, приняв что силы нормального давления  $F_c$  и трения  $F_{cf}$ , действующие на ступицу имеют направления обратные силам давления на ролик. Тогда по рис. 7

$$\sum M_c = T - F_c \cdot 0,5(D-d) \sin\alpha + F_{cf} 0,5[(D-d) \cos\alpha - d] = 0 \quad (14)$$

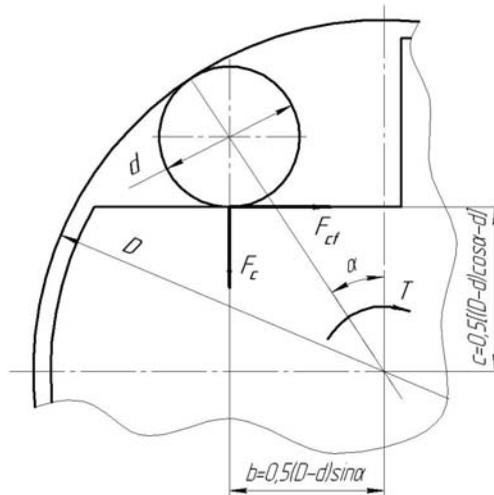


Рис. 7 Схема силовых факторов, воздействующих на ступицу со стороны ролика.

Рассмотрим уравнение (14) для граничного угла заклинивания муфты при  $\alpha=2\beta$ . С учетом плана сил по рис. 4,с приводим уравнение (14) к виду

$$F_{of} \cdot 0,5D - \frac{F_{cf}}{\operatorname{tg}\beta} \cdot 0,5(D-d)\sin\alpha + F_{cf} \cdot 0,5[(D-d)\cos\alpha - d] = 0 \quad (15)$$

Составляющие уравнения (15): внешний крутящий момент

$$T = 0,5F_{of}D, \quad (16)$$

момент силы, создаваемый нормальной силой давления  $F_c$  на ступицу со стороны ролика

$$T_{Fc} = 0,5F_{cf}[(D-d)\sin\alpha]/\operatorname{tg}\beta, \quad (17)$$

Момент силы трения, воздействующий на ступицу

$$F_{Fcf} = 0,5F_{cf}[(D-d)\cos\alpha - d] \quad (18)$$

Разделив уравнение (15) на  $0,5F_{of}D$  и преобразовав его, получим при  $F_{of} = F_{cf}$

$$1 - \frac{(\psi-1)\sin\alpha}{\psi\operatorname{tg}\beta} + \frac{[(\psi-1)\cos\alpha-1]}{\psi} = 0, \quad (19)$$

где  $\psi$ , - диаметральный коэффициент,  $\psi=D/d$ .

Структурно в уравнении (19) доля относительных значений моментов составляет:

силами нормального давления  $F_c$

$$\gamma_{TFc} = \frac{(\psi-1)\sin\alpha}{\psi \operatorname{tg}\beta} \quad (20)$$

и трения  $F_{cf}$

$$\gamma_{TFcf} = [(\psi-1)\cos\alpha - 1]/\psi \quad (21)$$

При этом, как это следует из уравнения (19)

$$\gamma_{TFc} - \gamma_{TFcf} = 1 \quad (22)$$

Представим уравнение (15) моментов сил равновесия ступицы по рис.7 в следующем виде

$$F_{cf} \cdot 0,5D - \frac{F_{cf}}{\operatorname{tg}\beta} \cdot b + F_{cf} \cdot C = 0 \quad (23)$$

Разделив уравнение (23) на  $0,5 F_{cf}d$ , получим

$$\psi - \frac{2\gamma_{bd}}{\operatorname{tg}\beta} + 2\gamma_{cd} = 0 \quad (24)$$

где  $\gamma_{bd}$ ,  $\gamma_{cd}$  – относительные размеры, на которые воздействуют соответственно силы нормального давления  $F_c$  и трения  $F_{cf}$ , равные

$$\gamma_{bd} = 0,5(D-d)\sin\alpha/d \quad (25)$$

$$\gamma_{cd} = 0,5[(D-d)\cos\alpha - d]/d \quad (26)$$

На рис. 8 графически представлены в относительных значениях доли крутящих моментов  $\gamma_{TFc}$   $\gamma_{TFcf}$  соответственно от сил  $F_{cf}$  и  $F_{cft}$ , воздействующих на ступицу на ее относительных размерах  $\gamma_{bd}$  и  $\gamma_{cd}$  при передаче ступицей постоянного крутящего момента  $T$ , условно принятого равным единице, угле заклинивания  $\alpha=2\beta$  в зависимости от относительного диаметра ролика  $\psi=D/d$ .

Проанализируем полученные зависимости (14)-(26), представленные графически на рис. 8 и план сил на рис. 4с, из которых следует, что при различных диаметрах заклинивающего ролика сила нормального давления на ступицу  $F_{cc}$  постоянна, хотя изменяются плечи воздействия сил  $F_{cc}$  и  $F_{cfc}$ . При этом внешний крутящий момент уравнивается разностью крутящих моментов от сил нормального давления и трения на ступицу.

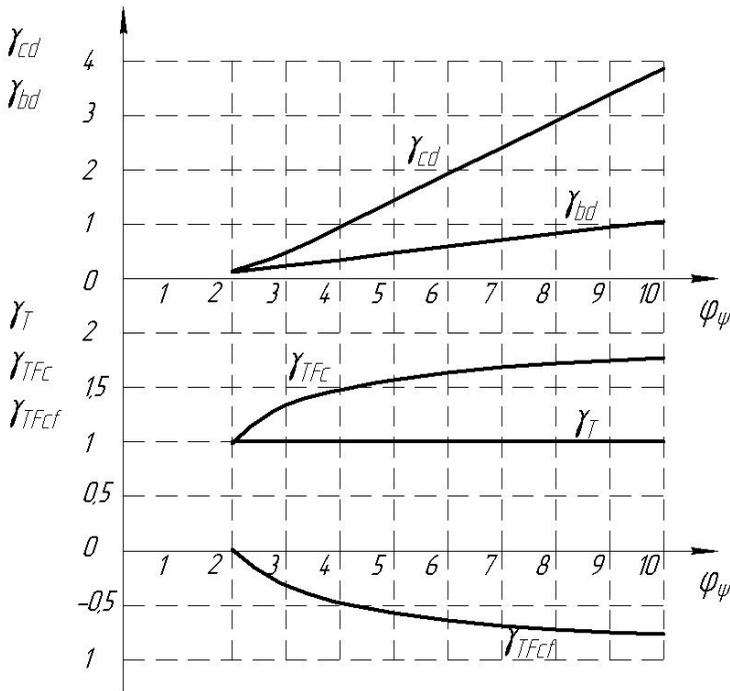


Рис. 8 Зависимости  $\gamma_{cd}$ ,  $\gamma_{bd}$ ,  $\gamma_{TFc}$ ,  $\gamma_{TFcA}$  от  $\psi$

### Выводы

1. Силы нормального давления и трения, воздействующие на ролик обгонной муфты, не зависят от его диаметра, а определяются углом заклинивания ролика и передаваемой нагрузкой.
2. Диаметр заклинивающего ролика определяется конструктивно при разработке конструкции муфты и не имеет ограничений.
3. С целью повышения работоспособности муфты предпочтительно принимать диаметр заклинивающего ролика по возможности наибольших конструктивных размеров.

### Литература

1. Красников В.В. Подъемно-транспортные машины в сельском хозяйстве – М.: «Колос», 1973. – 464с.
2. Мальцев В.Ф. Механические импульсные передачи. – М.: Машиностроение, 1978. – 367с.

3. Машиностроение. Энциклопедия. Детали машин. Конструкционная прочность. Трение, износ, смазка. Т.IV-1 Д.Н. Решетов, А.П. Гусенков, Ю.Н. Дроздов и др. – М.: Машиностроение, 1995. – 864с.

4. Пилипенко М.Н. Механизмы свободного хода. – Л.: Машиностроение, 1966. – 288с.

5. Поляков В.С., Барбаш И.Д. Муфты. Конструкции и расчет. – Л.: Машиностроение, 1973 – 336с.

6. Теория, конструкции и производство сельскохозяйственных машин. Т.5. – М.: Машгиз, 1940. – 646с.

## **Раздел 5. ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**УДК [622.824:622.647.2]:[614.841.13:001.891.574]**

**Беляева Л.С., к.х.н., с.н.с., зав. отделом; Бойко Н.Н., к.х.н., с.н.с., зам. зав. отделом; Орликова В.П., с.н.с.; Жадан О.А., с.н.с.**

*Научно-исследовательский институт горноспасательного дела и пожарной безопасности «Респиратор», отдел физико-химических исследований и испытаний на пожароопасность*

### **Методы оценки воздействия вредных веществ при пожарах в угольных шахтах**

*В работе раскрывается целесообразность применения аналитического метода определения концентраций вредных веществ в горной выработке в качестве достоверной характеристики токсической опасности материала конвейерных лент для организма человека в аварийных условиях.*

#### **Метод, вредные вещества, угольная шахта**

Выделение в атмосферу значительного количества токсичных продуктов горения полимерных материалов является одной из основных опасностей при пожаре. Критерием токсичности является показатель ( $H_{CL50}$ ), для количественной оценки которого применяется биологический метод, изложенный в ГОСТ 12.1.044 [1]. В настоящее время международными организациями [2] и российскими учеными [3] предложен экспериментально-расчетный метод определения  $H_{CL50}$ , в котором биологические испытания отводятся на второй план, а газовый анализ продуктов горения приобретает первоочередную значимость, что связано с необходимостью значительного сокращения расходования лабораторных животных, более оперативного проведения таких испытаний и повышения их информативности.

В связи с актуальностью и важностью мониторинга шахтной среды в НИИГД «Респиратор» разработан и используется аналитический метод [4] определения концентраций вредных веществ в продуктах термодеструкции полимерных материалов, который позволяет определить степень загрязнения воздушной среды подземных выработок угольных шахт в аварийных условиях.

Сравнительный анализ экспериментально-расчетного и аналитического методов осуществляли в сопоставимых условиях проведения эксперимента по одним и тем же вредным веществам. Так, например, время воздействия теплового потока на исследуемый материал составляет 20 мин, используется режим термоокислительного разложения, соответствующий температуре от 200 °С до 500 °С и способствующий выделению наиболее токсичных смесей газообразных веществ. Отличительной особенностью нашего метода является приближение испытаний к реальным условиям эксплуатации шахтных материалов в горных выработках. В этом случае над нагреваемым образцом материала проходит поток воздуха с объемной скоростью 0,2 дм<sup>3</sup>/мин и образующаяся газоздушная смесь собирается в герметичную емкость для последующего анализа.

В качестве полимерного материала выбрана конвейерная лента, как основной источник образования токсичных веществ при пожарах в шахтах [5]. Было исследовано 50 образцов конвейерных лент с различными тканями каркаса, а именно: ленты с полиамидными, полиамидно-полиэфирными тканями и ленты с поливинилхлоридным цельнотканым каркасом. В продуктах термодеструкции практически всех образцов обнаружены диоксид и оксид углерода, диоксид серы, сероводород, пентаоксид фосфора, цианид водорода, хлорид водорода, формальдегид, фенол, бензол, фосген. Концентрации вредных веществ определяли в лабораторных условиях, обработку полученных результатов осуществляли по экспериментально-расчетному методу [2,3], в котором для оценки токсической опасности материала используется отношение концентраций анализируемых газов к средним смертельным концентрациям этих газов (при изолированном 30-минутном воздействии)  $C_i / CL_{50i}$ . Полученные расчетные значения показателя токсичности  $H_{CL50}$  основных продуктов термодеструкции ( $CO$ ,  $HCl$  и  $HCN$ ) позволяют классифицировать анализируемые резинотканевые конвейерные ленты по классу опасности в соответствии с ГОСТ 12.1.044 и сопоставить с показателем токсичности древесины, определенным по экспериментально-расчетному методу и исполь-

зуемым в качестве ориентира при сравнительной оценке полимерных материалов (таблица).

Таблица 1.

**Классификация конвейерных лент с разным материалом каркаса по значениям показателя токсичности**

Класс опасности	Значения $HCL_{50}$ при 30-минутной экспозиции, г/м <sup>3</sup>				
	Норма по ГОСТ 12.1.044 [1]	Древесина	Материал каркаса лент		
			полиамидный	полиамидно-полиэфирный	поливинилхлоридный
Чрезвычайно опасные	до 13	-	11,42-12,69	-	8,21-11,95
Высокоопасные	13 – 40	28,5-32,5	15,15-29,69	3,74-25,19	-

Исследуемые конвейерные ленты в большинстве своем относятся к классу высокоопасных материалов по токсичности продуктов термодеструкции, так же, как и древесина. Однако есть ряд лент с полиамидной тканью каркаса и поливинилхлоридным цельнотканым каркасом, которые выделяют в процессе термодеструкции наибольшие количества токсичных веществ и относятся к классу чрезвычайно опасных по [1].

В отличие от экспериментально-расчетного метода [2,3], в аналитическом методе [4] критерием токсической опасности продуктов горения шахтных конвейерных лент принимается отношение  $C_i/MДК_i$  концентраций вредных веществ ( $C_i$ ), рассчитанных для горной выработки, к максимально допустимым концентрациям (МДК) этих веществ при кратковременном воздействии на организм человека в аварийных условиях, принятым международным сообществом [6]. Необходимо отметить, что ряд анализируемых газообразных веществ ( $CO$ ,  $HCl$  и  $HCN$ ) относятся к веществам одностороннего действия, поэтому была проведена оценка их общего вредного влияния в условиях пожара путем суммирования токсической опасности каждого отдельного газа. Установлена высокая корреляция между показателем токсичности  $H_{CL50}$  и суммарной токсической опасностью  $\sum C_i / MДК_i$  лент с одинаковым материалом каркаса.

### Выводы

Нами рекомендуется использовать аналитический метод определения концентраций вредных веществ в горной выработке в качестве достоверной характеристики токсической опасности материала конвейерных лент для организма человека в аварийных условиях. Для оценки реальной токсической опасности газообразных продуктов горения необходимо учитывать результаты крупномасштабных экспериментов, приближенных к условиям горной выработки, с обязательным учетом скорости потери массы, объема проходящего воздуха, количества сгоревшего материала

Кроме того, аналитический метод определения концентраций вредных веществ в подземных выработках угольных шахт в аварийных условиях дает возможность оценить риск техногенного загрязнения атмосферного воздуха на прилегающих территориях.

### Литература

1. ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.- Введ. 01.01.91.- М.: Изд-во стандартов, 1990.-142 с.
2. ISO 13344:2004 (E) Estimation of the lethal toxic potency of fire effluents.
3. Иличкин В.С. Методические основы экспериментально-расчетного определения токсичности продуктов горения материалов// Пожаровзрывобезопасность. - 2004.- № 4.- С. 28-31.
4. ГСТУ 12.11.402-97 Речовини, матеріали та вироби для вугільних шахт. Методи визначення пожежної небезпеки.- Введ. 01.07.98.- Д.: НІИГД, 1998.- 32 с.
5. Беляева Л.С., Бойко Н.Н., Жадан О.А. Конвейерные ленты – источник токсичных веществ при пожарах // Уголь Украины. – 2001. - № 1. – С. 34-35.
6. International Register of Potentially Toxic Chemicals UNEP, Geneva, Switzerland. – 1993.

**УДК [622.02:544.273]:547.1**

**Беляева Л.С., к.х.н., с.н.с.; Орликова В.П., с.н.с.**

*Научно-исследовательский институт горноспасательного дела и пожарной безопасности «Респиратор»*

## **Мониторинг процессов поглощения органических веществ горными породами**

*Представлено экспериментальное определение характеристик поглощения органических веществ компонентами углеродного массива для определения параметров массопереноса ( $\beta$ ,  $\beta_1$ ), которые будут использованы при расчете распространения вредных веществ в шахтной среде.*

**Шахты, мониторинг, органические вещества, поглощение, горные породы.**

Горный массив, состоящий из угля и породы, обладает пористой структурой, поэтому может сорбировать различные органические вещества, в том числе и токсичные компоненты. Исследование этих сорбционных процессов необходимо для анализа влияния вредных веществ на организм человека и окружающую среду и базируется на изучении диффузии токсичного компонента в поры сорбентов, адсорбции и десорбции газовой фазы поверхностью сорбента. Особенностью современных угольных предприятий является все более широкое применение химических веществ и материалов, которые используют для изоляции и закрепления горных выработок, а также для транспортировки угля в конвейерных установках. При различных воздействиях (тепловых, механических) полимерные материалы подвергаются деструкции, сопровождающейся выделением вредных веществ таких как бензол, который считают одним из важнейших промежуточных соединений в процессах карбонизации и образования сажи. Из ароматических углеводородов, которые образуются при горении различных полимерных материалов, необходимо определять фенол и формальдегид, что обусловлено низкими значениями их ПДК.

Для изучению этой проблемы разработаны математические модели распространения вредных веществ в системе горных выработок, представленные в публикациях [1, 2, 3]. Практическое применение

полученных моделей, кроме геометрических и аэродинамических параметров горных выработок, свойств химических веществ, интенсивности источника их генерации, требует исследование процессов, связанных с поглощением вредных веществ горными породами.

Целью настоящей работы является экспериментальное определение характеристик поглощения органических веществ компонентами углепородного массива для определения параметров массопереноса ( $\beta$ ,  $\beta_1$ ), которые будут использованы при расчете распространения вредных веществ в шахтной среде.

Коэффициент массообмена анализируемого вещества  $\beta$ , м/с между конденсированной и газовой фазами, как известно из монографии [4], более существенно зависит от скорости потока, чем от свойств газа. Поэтому при малых скоростях газового потока коэффициент может быть определен по формуле:

$$\beta = 2D/d, \quad (1)$$

где  $D$  – коэффициент диффузии, см<sup>2</sup>/с;  
 $d$  – диаметр зерна сорбента, см.

Определение параметра  $\beta_1$ , характеризующего интенсивность массообмена, можно произвести из кинетических данных сорбции вредного вещества соответствующими горными породами из уравнения:

$$N = N_{\infty}(1 - e^{-\beta_1 \cdot t}), \quad (2)$$

где  $N$  – количество адсорбированного вещества в единице массы адсорбента, моль/кг;

$N_{\infty}$  – максимальное количество адсорбированного вещества в единице массы адсорбента, моль/кг;

$\beta_1$  – коэффициент адсорбции, 1/с;

$t_r$  – время удерживания, с.

Исследование сорбционных процессов включает изучение диффузии анализируемых газов в поры сорбентов с помощью метода газо-адсорбционной хроматографии, в котором, как и в реальных условиях горной выработки, поглощение веществ происходит в проточно-динамических условиях. Так как при определении сорбционных характеристик трудно охватить все возможные типы горных пород, встречающихся на шахтах Украины, использовали вероятностный подход для выбора углепородного массива в качестве неподвижной фазы (сорбента). В результате произвольного выбора шахты, пласта в качестве сорбента для дальнейших исследований использовали уголь марки «К» шахты им. Дзержинского (г. Дзержинск), качественная и

горно-геологическая характеристика пласта –  $K_3^{B+H}$  (в дальнейшем – уголь) и породу, отобранную из 25-ой восточной лавы шахты «Трудовская», пласт  $M_3$ . Для проведения исследований пробы угля и породы измельчали и отбирали фракции 0,4 - 0,5 мм.

Экспериментальные исследования проводили на хроматографе модели 3700 с пламенно-ионизационным детектором, используя хроматографические колонки длиной 50 и 100 см и диаметром 2,7 мм, газ-носитель – гелий, несорбирующее вещество – метан. Для анализа подбирали следующие условия хроматографирования:

Температура: колонки – 32 °С; детектора – 60 °С; испарителя – 100 °С.

Объемная скорость: водорода – 46,2 см<sup>3</sup>/мин; воздуха – 214,3 см<sup>3</sup>/мин.

Принципиальная возможность определения коэффициентов диффузии вытекает из диффузионно-массообменной теории Ван-Деемтера [4]. Согласно этой теории причина размывания хроматографических пиков обусловлена диффузией в газе и в порах сорбента, а также массообменом между газом и неподвижной фазой. Математическое описание этого процесса имеет следующий вид:

$$H = A + B/\alpha + C \cdot \alpha H,$$

(3)

где  $H$  – высота, эквивалентная теоретической тарелке, см;  $\alpha$  – линейная скорость газового потока, см/с;  $A$ ,  $B$  и  $C$  – коэффициенты уравнения.

***Необходимо отметить, что в соответствии с [4] каждый член этого уравнения описывает вклад определенного процесса размывания выходной кривой.***

$A$  – член уравнения, определяющий область вихревой диффузии (не зависит от  $\alpha$ );

$B/\alpha$  – член уравнения, характеризующий размывание хроматографической полосы за счет молекулярной диффузии (область малых значений  $\alpha$ )

$C \cdot \alpha$  – член уравнения, определяющий область диффузии хроматографируемого вещества за счет кинетики сорбции (кинетики внутренней массопердачи).

Из выходной кривой (хроматографического пика) определяли параметры, необходимые для расчета высоты, эквивалентной теоретической тарелке,  $H$ , см и для ряда значений линейной скорости газового потока составляли систему уравнений с тремя неизвестными:

$$\begin{aligned}
 \sum H - A - B \sum 1/\alpha - C \sum \alpha &= 0 \\
 \sum H/\alpha - A \sum 1/\alpha - B \sum 1/\alpha^2 - C &= 0 \\
 \sum H \cdot \alpha - A \sum \alpha - B - C \sum \alpha^2 &= 0,
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

в результате решения которой получили значения коэффициентов  $A$ ,  $B$  и  $C$ .

Поскольку процессы диффузии, описывающие вклад в размывание пика за счет процессов адсорбции и десорбции газовой фазы с поверхности сорбента (угля ли породы) определяются третьим членом уравнения Ван-Деемтера, то выражение для определения коэффициента диффузии  $D$ ,  $\text{см}^2/\text{с}$  примет следующий вид:

$$D = 8 \cdot \Gamma' \cdot d^2 / [\pi^2 \cdot (1 + \Gamma')^2 \cdot C], \tag{5}$$

где  $\Gamma'$  - частный коэффициент Генри,  $\text{см}^3/\text{см}^3$ ;  $d$  - диаметр зерна сорбента (угля или породы),  $\text{см}$ ;  $C$  - коэффициент уравнения Ван-Деемтера.

Для различных значений скорости потока газа-носителя рассчитывали соответствующее значение коэффициента диффузии, которые, на примере бензола, представлены в табл. 1.

Таблица 1.

**Коэффициенты диффузии для различных скоростей потока газа-носителя**

$\alpha$ , см/се к	d = 0,045 см		C = 0,744		
	tr(0)(CH <sub>4</sub> ), с	Vr(0)(CH <sub>4</sub> ), см <sup>3</sup>	tr(C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ), с	Vr(C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ), см <sup>3</sup>	D · 104, см <sup>2</sup> /с
11,66	8,13	5,42	125,0	83,3	1,18
14,57	7,2	6,0	87,5	72,9	1,49
17,48	6,2	6,2	67,0	67,0	1,67
20,33	5,2	6,05	52,5	61,05	1,77
23,31	4,4	5,87	43,0	57,3	1,82

На основе данных табл. 1 получили среднее значение коэффициента диффузии бензола в угле  $D = 1,58 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2/\text{с}$  и, используя формулу (1), рассчитали значение коэффициента массообмена бензола  $\beta = 7,02 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}$ .

Каждой концентрации поглощенного бензола  $C_i$  на кривой проявления соответствует при данной скорости потока газа-носителя определенное время удерживания,  $t_r$ , что дало возможность графическое представления зависимости  $C_i$  от  $t_r$  и позволило определить макси-

мальную концентрацию бензола, прошедшего через хроматографическую колонку. Интегрируя найденную концентрацию в пределах объема удерживания ( $\alpha_s \cdot t_r$ ) газа-носителя, рассчитывали концентрацию сорбированного вещества в единице массы адсорбента  $N$ , моль/кг по формуле:

$$N = C_i \cdot \alpha_s \cdot t_r / m, \quad (6)$$

где  $C_i$  – концентрация поглощенного бензола, моль/см<sup>3</sup>;

$\alpha_s$  – объемная скорость потока газа-носителя, см<sup>3</sup>/с;

$t_r$  – время удерживания бензола, с;

$m$  – масса угля, кг.

При постоянной скорости газа-носителя объем удерживания десорбирующего из колонки вещества определяется временем его удерживания, что позволило рассчитать значения  $N$  при соответствующих значениях  $t_r$  и в дальнейшем получить коэффициент адсорбции  $\beta_1 = 0,082 \text{ c}^{-1}$ .

Подобным образом была исследована сорбционная способность бензола поверхностью сухой и увлажненной породы, фенола поверхностью сухой породы и породы увлажненной дистиллированной и шахтной водой, формальдегида поверхностью сухой и увлажненной породы. Результаты всех перечисленных экспериментов представлены в сводной табл. 2.

Таблица 2

### Результаты экспериментов

Неподвижная фаза	Подвижная фаза	Характеристики поглощения		
		Коэффициент диффузии, $D, \text{ м}^2/\text{с}$	Коэффициент массообмена, $\beta, \text{ м/с}$	Коэффициент адсорбции, $\beta_1 \text{ с}^{-1}$
уголь	бензол	$1,58 \cdot 10^{-8}$	$7,02 \cdot 10^{-5}$	0,0820
порода	бензол	$5,56 \cdot 10^{-10}$	$2,47 \cdot 10^{-6}$	0,0985
	фенол	$1,26 \cdot 10^{-8}$	$5,60 \cdot 10^{-5}$	0,0072
	формальдегид	$3,13 \cdot 10^{-9}$	$1,39 \cdot 10^{-5}$	0,0018
порода, увлажненная дистиллированной водой	бензол	$1,80 \cdot 10^{-8}$	$8,0 \cdot 10^{-5}$	0,0284
	фенол	$1,39 \cdot 10^{-8}$	$6,18 \cdot 10^{-5}$	0,0058
	формальдегид	$3,17 \cdot 10^{-9}$	$1,41 \cdot 10^{-5}$	0,0014
порода, увлажненная шахтной водой	фенол	$8,37 \cdot 10^{-9}$	$3,72 \cdot 10^{-5}$	0,0084

### Выводы

Полученные экспериментальные данные по поглощению вредных органических веществ углем и породой в дальнейшем будут использованы для расчета безразмерных комплексов, необходимых при моделировании процесса переноса вредных веществ в горных выработках с помощью разработанной дискретной модели [2] с целью установления возможных зон загазирования.

### Литература

1 Беляева Л.С., Березовский А.А., Греков С.П. Математическая модель переноса вредных веществ по горным выработкам с учетом абсорбции, адсорбции и химических реакций // Вісник Запорізького державного університету. Фізико-математичні науки. Біологічні науки. 2002. № 1. – С. 15 – 18.

2 Беляева Л.С., Бондаренко А.В., Ревякин А.В. Распространение вредных веществ в шахтной среде – основные закономерности и особенности // Уголь Украины. – 2007.

3 Беляева Л.С., Щербина В.О. Конвективный перенос примеси в канале с пористыми стенками // Вісник Харків. нац. ун-ту. Сер. „Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління”. – 2003. – № 590. – Вип. 1. - С. 37 - 43.

4 Шервуд Т., Пигфорд Р., Уилки Ч. Массопередача. – М.: Химия. – 1982.- 695 с.

**УДК 551.464.34**

**Козловская О.Н. инж.; Игнатъева О.Г. к.т.н., с.н.с.;  
Коновалов С.К. д.г.н.**

*Морской гидрофизический институт НАНУ*

### **Многолетние изменения состояния карбонатной системы аэробной зоны глубоководной части Чёрного моря**

*Представлена оценка многолетних изменений состояния карбонатной системы аэробной зоны глубоководной части Черного моря. Рассмотрены изменения содержания всех компонентов карбонатной системы, в том числе водородного показателя и значения равновесного парциального давления углекислого газа вод аэробной зоны Черного моря. Установлено снижение величины рН с 8.17 по 7.79 и увеличение рСО<sub>2</sub> с 240 мкатм до 300 мкатм, что привело к снижению способности Черного моря поглощать углекислый газ в 2 раза.*

**Морская среда, карбонатная система, аэробная зона, Черное море.**

Состояние карбонатной системы является одной из основных характеристик морской среды, а изменения в состоянии карбонатной системы позволяют проследить влияние как природных процессов, так и человеческой деятельности на бюджет и круговорот углерода. Карбонатная система включает в себя сумму всех форм неорганического углерода (растворенного углекислого газа, продуктов взаимодействия углекислого газа с водой, продуктов диссоциации угольной кислоты, а также карбонатов) [1, 2]. На состояние карбонатной системы (1) влияют процессы в пограничной зоне атмосфера-море, в толще морской воды и в морских донных осадках.



Измерить концентрацию всех компонентов карбонатной системы лабораторными аналитическими методами невозможно, поскольку в процессе химического анализа нарушается состояние динамического равновесия. Однако, концентрации компонентов карбонатной системы можно рассчитать, используя термодинамические константы диссоциации угольной кислоты и зная любые два из следующих параметров карбонатной системы: общую щелочность (*Alk*), водород-

ный показатель (рН), общий растворенный неорганический углерод ( $TCO_2$ ) и парциальное давление углекислого газа ( $pCO_2$ ) [1–3]. В настоящей работе для расчета состояния карбонатной системы использовали общую щелочность и величина рН. Для расчета использовали константы угольной кислоты, рекомендованные отделом морских наук ЮНЕСКО [4].

Целью исследований была оценка многолетних изменений в состоянии карбонатной системы аэробной зоны глубоководной части Черного моря. Для выполнения поставленной задачи использовали данные банка МГИ НАНУ, полученные в 19 рейсах в период с 1960 по 1993 год (рис. 1).

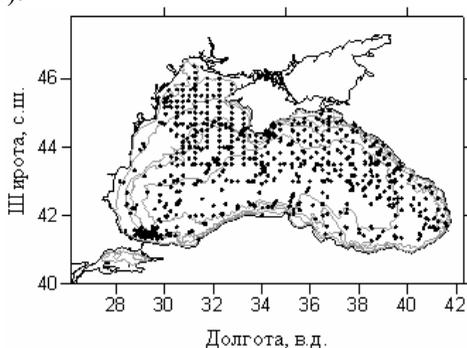


Рис. 1 Местоположение станций, на которых определяли рН и  $Alk$

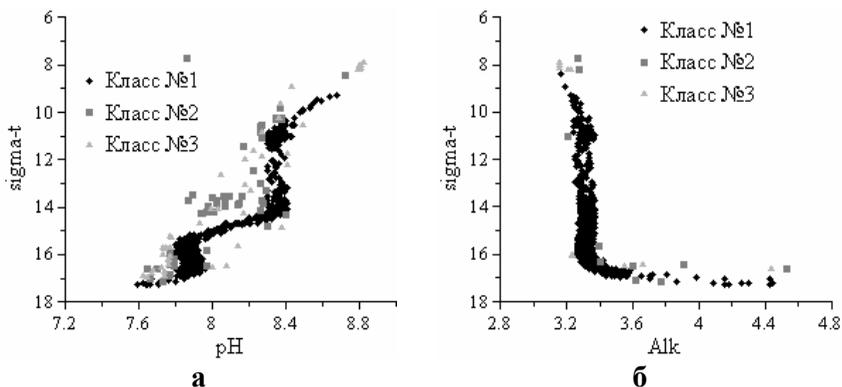
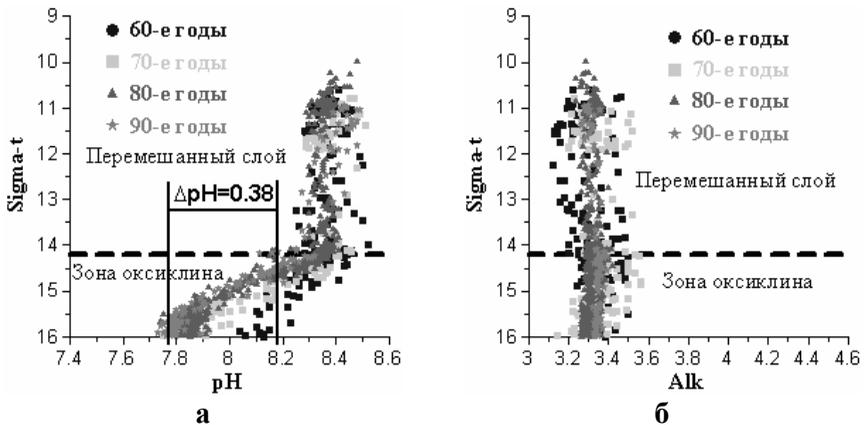


Рис. 2. Профили рН(а) и общей щелочности (б) по данным рейса НИС «Дмитрий Менделеев», июль – сентябрь 1989года

Для всего массива имеющихся данных была проведена экспертная оценка. Данные были разделены на три класса: к первому были отнесены достоверные данные, второй класс составили верные гидрохимические параметры, соответствующие сомнительным гидрологическим данным и в третий класс отобраны недостоверные значения *Alk* и pH (рис. 2 а,б). В результате экспертной оценки из общего количества 19932 данных было отбраковано 2991 значение *Alk* и pH с 609 станций.

Для анализа многолетних изменений были взяты данные, полученные с июня по сентябрь за все годы наблюдений, в период, так называемого «гидрологического лета». Это позволило исключить влияние сезонных изменений на соотношение компонентов карбонатной системы при максимальной обеспеченности натурными измерениями.



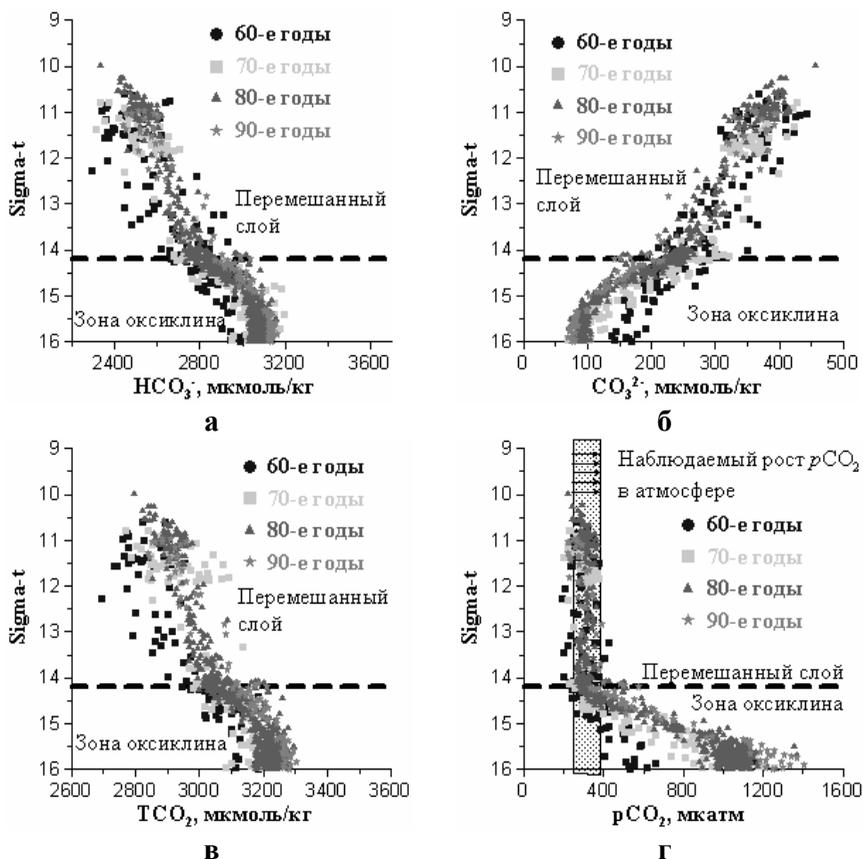
**Рис. 3. Климатические изменения концентраций компонентов карбонатной системы: а – водородный показатель, б – общая щелочность**

### Результаты и обсуждение

Анализ параметров карбонатной системы глубоководной части моря с 1960 по 1993 год продемонстрировал значительные изменения величины pH и сравнительно небольшие изменения общей щелочности. Для водородного показателя характерно существенное уменьшение среднего значения с 60-х гг. по 90-е гг., особенно в слое оксиклина – с 8.17 до 7.79 (рис. 3).

В верхнем перемешанном слое также было отмечено «подкисление» морских вод (величина pH снизилась на 0.03). Для сравнения,

величина рН поверхностных вод Мирового океана за всю индустриальную эпоху уменьшилась в среднем на 0.1 [2].



**Рис.4** Климатические изменения концентраций компонентов карбонатной системы: а – гидрокарбонатный ион, б – карбонатный ион, в – общий растворенный неорганический углерод, г – парциальное давление углекислого газа в морской воде

Эти изменения в соотношении компонентов карбонатной системы привели к росту содержания общего растворенного неорганического углерода в водах Черного моря. Согласно полученным данным рост растворенного неорганического углерода в водах поверхностного слоя происходил очень быстрыми темпами – 6.8 мкмоль/кг в год. Данные Маккавеева П.Н. и сотрудников [4] свидетельствуют о том,

что средний ежегодный рост концентрации растворенного неорганического углерода в морях умеренных и низких широт составлял 1.0-1.2 мкг-ат/л в течение последних 25 лет.

### Выводы

Такое, по истине драматическое, увеличение количества общего растворенного неорганического углерода в водах Черного моря привело к ярко выраженной тенденции к «подкислению» морских вод. Отмеченное выше стремительное изменение рН может привести к серьезным последствиям для биоты, населяющей Черное море, поскольку понижение уровня рН ослабляет способность некоторых морских организмов строить внешний скелет. В первую очередь это касается тех видов, которые создают свою костную структуру из арагонита, самой легкорастворимой формы карбоната кальция.

Более очевидным результатом многолетних изменений состояния карбонатной системы является существенное снижение поглощающей способности Черного моря в отношении углекислого газа из атмосферы. Равновесное парциальное давление углекислого газа в верхнем перемешанном слое за период с 60-х по 90-е годы выросло с 240 до 300 мккатм (рис. 4г). На акватории Черного моря преобладал процесс инвазии углекислого газа из атмосферы в воду, поскольку даже для 90-х годов равновесное парциальное давление углекислого газа оставалось ниже атмосферного, равного 370 мккатм [2]. Однако увеличение равновесного парциального давления в поверхностном слое с 60-х по 90-е годы привело к тому, что примерно в 2 раза уменьшилась способность Черного моря к поглощению углекислого газа из атмосферы.

### Литература

1. Хорн Р., Морская химия. — М.: Мир, 1972. — 398 с.
2. Richard E Zeebe, Dieter Wolf-Gladrow. CO<sub>2</sub> in seawater: equilibrium, kinetics, isotopes. Elsevier Oceanography Series, 65, — 2001. — p 346.
3. A.Poisson, F. Culkin, P. Ridout. Intercomparison of CO<sub>2</sub> measurement. // Deep Sea Research. — 1990, Vol. 37, — № 10. — pp. 1647-11650.
4. Unesco technical papers in marine science, No.51, Thermodynamic of the carbon dioxide system in seawater. — Unesco, 1987. — pp. 3-21.
5. Лаборатория биохимии и гидрохимии. Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН. 2007 <http://www.ocean.ru/content/57/51/>.

**УДК 628.5**

**Стоянов В.У., д.т.н. профессор; Котков А.А., инженер**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

**Фридман А.В., инженер, начальник отдела радиационной и химической защиты населения и территорий**

*Главное управление МЧС Украины в АР Крым*

### **Проблемы экологической безопасности при перевозке грузов водным транспортом в прибрежной зоне АР Крым**

*В статье исследуются проблема оценки опасности загрязнения тяжелыми нефтепродуктами донной и береговой части акватории Крымского полуострова в результате перевозки потенциально опасных и химически опасных грузов.*

**Рекреационная зона, опасные грузы, тяжелые нефтепродукты, фосфин.**

В настоящее время под флагами более чем 130 стран мира воды Мирового океана бороздят примерно 60 тыс. крупнотоннажных судов. В морях и океанах постоянно находятся экипажи, численность команды в которых насчитывает около 1 млн. человек. Вопросы охраны жизни и спасения людей на море выходят за национальные рамки и являются международной проблемой.

Независимо от источника возникновения все чрезвычайные ситуации на воде имеют практически одни и те же факторы негативного воздействия на человека и среду, включая прибрежную зону. До настоящего времени одной из актуальнейших задач для Украины была борьба с загрязнением Азово-Черноморского бассейна, связанного с аварийным и умышленным сбросом в воду нефтепродуктов. Кроме того, на территории АР Крым функционирует шесть морских портов, в которых ежедневно осуществляется отгрузка на водный, железнодорожный и автомобильный транспорт грузов, многие из которых являются потенциально опасными.

В Украине, как и во всех развитых странах, разработаны строгие правила по обеспечению безопасности перевозок опасных веществ. Однако, как показывает практика, не всеми грузоперевозчика-

ми соблюдаются установленные правила, в результате чего только на протяжении последних 18 месяцев на внешнем рейде Ялтинского порта возникли три чрезвычайные ситуации, две из которых связаны с гибелью людей. Результаты расследования данных чрезвычайных ситуаций показали, что люди погибли от отравления ядовитым газом фосфин. Детальный анализ ситуации на двух сухогрузах дал возможность сделать вывод, что фосфин образовался в результате вступления в реакцию груза ферросилиция с водой. Ферросилиций, как опасное вещество, должен перегружаться и транспортироваться при определенных мерах безопасности, не допускающих его дробления на мелкие фракции с образованием пыли. По словам членов экипажа внутренние помещения сухогруза были «засыпаны пылью», герметизация трюмов отсутствовала.

В случае с третьим сухогрузом источником фосфина являлся перевозимый фосфид алюминия. Предельно допустимая концентрация фосфина в воздухе рабочей зоны помещений не должна превышать  $0,1 \text{ мг/м}^3$  [1].

Результаты химических замеров на борту пострадавших сухогрузов приведены в таблице 1.

Таблица 1.

**Данные о результатах химической разведки  
на борту пострадавших сухогрузов.**

	Основные точки отбора проб	Концентрация фосфина, $\text{мг/м}^3$		
		Сухогруз «Одиск» (скорость ветра за бортом 1-2 м/с)	Сухогруз «Bilgili Biraaderler» (скорость ветра за бортом 3-5 м/с)	Сухогруз «Roksolana 1» (скорость ветра за бортом 1-2 м/с)
1.	На расстоянии от 100 до 1 м от борта судна	0	0	0
2.	Верхние надстройки судна	0,21	0	0
3.	Каюта №1, смежная с трюмом	1,62 Место обнаружения погибшего	5,46 Погибших нет	1,96 Место обнаружения погибшего

4.	Каюта №2, смежная к каюте №1 от носа в корму	1,06	3,08	0,32
5.	Коридор на нижней палубе (район отсеков)	2	1,68	0,58
6.	Район вентиляционных лючков трюмов	2	0,18	2

Проведенный анализ показал, что изначально спроектированные для перевозки контейнеров, генеральных грузов, леса и сыпучих материалов рассматриваемые сухогрузы были перепроектированы и реконструированы. По заказу судовладельцев изначально спроектированные для речного судоходства судна стали морскими. При этом была изменена система вентиляционных вытяжек, что и привело к попаданию образовавшегося отравленного газа фосфина в жилые помещения и гибели людей. Анализ нормативно-правовой базы показал, что многие вопросы перевозки опасных грузов на морском транспорте как в Украине, так и в АР Крым до настоящего времени не решены. А ведь территориально АР Крым, представляющую собой в основном рекреационную зону при населении более двух миллионов человек, ежедневно посещают миллионы людей, нуждающихся в лечении и отдыхе, из различных стран и областей Украины. В то же время руководство портов АР Крым не проводит достаточного качественного портового контроля за прибывшими отечественными и иностранными судами. Напрашивается вывод, что существующая система мониторинга состояния окружающей среды выполняется государственной санитарно-эпидемиологической службой на водном транспорте не качественно.

Таким образом, в настоящее время в портах и на внешних рейдах АР Крым существует постоянная угроза загрязнения окружающей среды, приводящая к чрезвычайным ситуациям экологического характера и сопровождающаяся гибелью людей. Причинами такого положения является нарушение требований по хранению и перевозке опасных грузов, несоответствие предъявляемым требованиям транспортных судов, бесконтрольность санитарно-эпидемиологических служб в портах. Ущерб здоровью, нанесенный отравленным воздухом жителям прибрежной зоны, гибель членов экипажей, затраты на ава-

рийно-спасательные работы – все это требует тщательного анализа и принятия изменений к существующему законодательству.

Аварии в портах и выбросы нефтепродуктов в море нельзя рассматривать как обособленные явления в системе безопасности жизнедеятельности населения в АР Крым. Отличительной особенностью данной территории является наличие таких постоянно повторяющихся опасных факторов как лесные пожары в горах и пожары в степях, обвалы, оползни, затопления, карсты, эрозия почвы, абразия, инфекционные заболевания и т.п. По данным прогнозов, проводимых государственными специализированными учреждениями Украины, вероятность и частота повторения крупных природных и техногенных чрезвычайных ситуаций в Крыму из года в год значительно повышается, что подтверждается статистикой за последний период.

Для предупреждения возникновения и ликвидации последствий аварий и катастроф техногенного и природного характера в Украине создана государственная система предупреждения и реагирования на чрезвычайные ситуации. Действует такая система и в Крыму, однако каждый случай - размораживание котельных и теплотрасс пос. Ленино и др.; ликвидация последствий птичьего гриппа; прорыв дамбы Сасык – Сиваш; разлив нефтепродуктов в Керченском проливе и т.д. показывает низкую эффективность ее работы. Анализ действия подсистем единой государственной системы позволяет предположить о наличии изначально заложенных принципиальных разногласий в их работе. Любая система, в том числе и система гражданской защиты населения и территорий должна включать в себя элементы планирования, организации, управления и связи. Однако принцип территориально-производственного построения системы гражданской защиты не дает однозначного ответа на вопрос - кто отвечает за правильность и достоверность выполнения этих элементов на территориальном уровне. Причиной такого положения является, в первую очередь, отсутствие единого руководства. В регионе два Главных управления МЧС – один центрального, другой территориального подчинения. Причем управление МЧС центрального подчинения предназначено для быстрого реагирования и имеет в своем составе оперативно-спасательные, аварийно-спасательные службы и формирования. Непосредственное руководство, планирование и организацию мероприятий по предотвращению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций осуществляют территориальные органы управления гражданской защиты. Для координации деятельности, связанной с

безопасностью жизнедеятельности между МЧС и системой гражданской защиты на региональном уровне создана комиссия Совета Министров АР Крым, а для ликвидации конкретной чрезвычайной ситуации образуется специальная комиссия по ликвидации.

Анализ фактических результатов действий по ликвидации чрезвычайной ситуации в Керченском проливе позволяет предположить наличие существенного различия в материальном и финансовом обеспечении работ, приведенных выше органов управления. Министерство по чрезвычайным ситуациям для ликвидации работ выделило 700 человек для ручной сборки прибываемых к берегу нефтепродуктов. Система гражданской защиты выделила людей-специалистов (водолазов, водителей, технический персонал) в количестве 940 человек, порядка 17 специализированных морских судов и 83 единицы автотранспортной техники.

Таким образом, не имея материальных и физических средств, МЧС не имеет возможности руководить территориальными органами, а территориальные органы не имеют специально подготовленных профессионалов в области гражданской защиты, способных предотвратить, а если это невозможно – квалифицированно реагировать и проводить аварийно-спасательные работы.

В законе Украины «О правовых основах гражданской защиты» сказано, что в структуру единой системы гражданской защиты должна входить сеть учебных заведений для подготовки руководящего состава и специалистов гражданской защиты. Такая подготовка должна проводиться с учетом особенностей каждого региона. В противном случае неблагоприятная техногенная и экологическая обстановка, которая постоянно возникает в результате чрезвычайных ситуаций, способна привести к потере статуса Крыма как главной рекреационной зоны Украины.

### **Вывод:**

Выходом из создавшегося положения может быть создание в технических ВУЗах Украины специальных кафедр, способных немедленно начать подготовку специалистов для каждого региона, в том числе и для Крыма, с направлением подготовки 6.170.201 «Гражданская защита».

### **Литература.**

1. ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие требования к воздуху рабочей зоны».

**Раздел 6.**  
**ВОДОБЕСПЕЧЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ,**  
**ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИКА**

**УДК 662.6.004.183**

**Афтанюк В.В., к.т.н. доцент**

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

**Современные энергосберегающие технологии в системах отопления зданий**

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

**Энергосбережение, теплотери, система отопления.**

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

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

программного управления системами, а также в совершенствовании оборудования [1].

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

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

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

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

Изложенные выше положения можно выразить уравнением

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

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

Теплопотери, обусловленные теплопередачей, определяют по выражению:

$$Q = (F / [R_0 \cdot (t_a - t_n)]), \quad (2)$$

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

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

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

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

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

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

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

- уменьшение отношения площади наружных (теплопередающих) ограждающих конструкций к отапливаемому объему зданий;
- увеличение сопротивления теплопередаче  $R_0$  (стен и перекрытий), за счет сокращения площадей поверхностей более теплопроводных ограждающих конструкций (избыточного остекления световых проемов: окон, балконных дверей, световых и светоаэрационных фонарей) и их утепления в отопительный период.

- снижением температуры воздуха внутри отапливаемых помещений  $t_{\text{в}}$  ночью в жилых зданиях, а в нерабочее время - в общественных и промышленных зданиях, применением панельно-лучистого отопления при котором необходимо поддерживать меньшую внутреннюю температуру;

- повышением температуры наружного воздуха  $t_{\text{н}}$  над перекрытием верхнего этажа в зданиях с чердаками путем выпуска туда вытяжного вентиляционного воздуха из отапливаемых помещений, т.е. устройства теплых чердаков, и удаления этого воздуха через общую вытяжную шахту.

- сокращение потерь тепла через заполнения световых проемов может быть осуществлена за счет сокращения поступления наружного воздуха за счет инфильтрации.

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

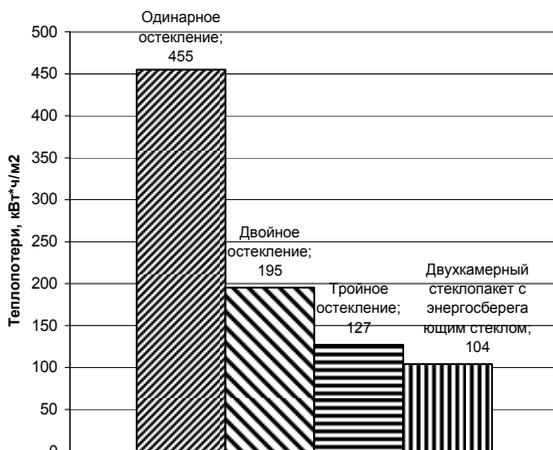
Поступление наружного воздуха в отапливаемые помещения происходит через неплотности в заполнениях световых проемов и

стыках строительных ограждающих конструкций, а также через пористую структуру этих конструкций.

Увеличение инфильтрации наблюдается при увеличении разности давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций  $\Delta p$ , которая обуславливается гравитационным и ветровым давлениями.

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

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



**Рис.1 Теплопотери через окна.**

Однако такой подход имеет определенные недостатки, связанные с организацией воздухообмена в помещениях. Противоречие между герметичностью окон и притоком свежего воздуха показывают, что обычное периодическое проветривание путем открывания створок окна не решает проблему полностью, поскольку это крайне неудобно и не эффективно в плане энергосбережения. Таким образом, в

современных герметичных теплых зданиях потери тепла на подогрев приточного воздуха становятся определяющими в плане энергосбережения.

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

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

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

$S$  – площадь остекления здания,  $m^2$ ,

$t_{вн}$ ,  $t_{н}$  – средняя температура внутреннего и наружного воздуха за отопительный период,  $^{\circ}C$ .

$R_1$ ,  $R_2$  – приведенное сопротивление теплопередачи заполнения световых проемов до и после реконструкции  $m^2 \times ^{\circ}C/Вт$ .

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

### Выводы

Снижение теплопотерь здания через ограждающие конструкции являются важным элементом при разработке энергосберегающих мероприятий для строящихся и реконструируемых зданий.

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

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

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

### Литература

1. Богуславский Л.Д. Снижение расхода энергии при работе систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: Стройиздат, 1985. – 336 с.

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

**УДК 620.91:662.997**

**Дорошенко А.В., д.т.н., профессор**

*Одесская государственная академия холода*

**Денисова А.Е., д.т.н., профессор, Джамаль Камаль Хусейн,  
аспирант**

*Одесский национальный политехнический университет*

## **Солнечные системы кондиционирования воздуха с фото-электро-термическими преобразователями солнечной энергии**

*Приведены существующие направления в разработке солнечных (альтернативных) систем кондиционирования воздуха. Разработаны схемные решения для альтернативных систем кондиционирования воздуха, основанные на открытом абсорбционном цикле с прямой регенерацией абсорбента.*

**Кондиционирование воздуха, абсорбер, испаритель, солнечный коллектор.**

Рассмотрены существующие направления в разработке солнечных (альтернативных) систем кондиционирования воздуха. Сорбционный цикл основан на осушительно-испарительном принципе. Испарительное охлаждение эффективно только в условиях сухого и жаркого климата. Для его использования без ограничения климатических условий наружный воздух предварительно осушается, что делает последующий процесс испарительного охлаждения сред высокоэффективным. Для осушения воздуха используют либо гранулированные твердые, либо жидкие сорбенты. В первом случае это адсорбенты, и в качестве их используют гранулированные цеолит, алюмогель, силикогель и пр. Здесь используют в аппаратурном оформлении так называемые «вращающиеся колеса», секторы которых заполнены гранулированным адсорбентом и через отдельные сектора которых проходят потоки воздуха, осушаемого и регенерационного нагретого воздуха, что необходимо для восстановления адсорбента. Во втором случае это водные растворы хлористого лития, бромистого лития и др. Предварительный анализ показал преимущества жидких сорбентов, - абсорбентов, и позволил по теплофизическим свойствам вы-

брать композит на основе бромистого лития. Схемы на жидком сорбенте могут быть с прямой и непрямой регенерацией абсорбента.

Для поддержания непрерывности цикла сорбент следует восстанавливать до первоначальной концентрации (крепкий и слабый раствор абсорбента). Как правило, восстановление (регенерацию) проводят путем прокачивания через аппарат воздушного потока, нагретого до высокой температуры (порядка 130 град. для адсорбента, и порядка 60-90 град. для абсорбента). Для схем с прямой регенерацией автономно был разработан особый вариант полимерного плоского солнечного коллектора-регенератора СК-Р.

Приведены разработанные схемные решения для альтернативных систем кондиционирования воздуха АСКВ, основанные на открытом абсорбционном цикле с прямой регенерацией абсорбента (рис. 1-4). Сердцем таких систем является солнечный коллектор-регенератор. Воздушный поток осушается в абсорбере и поступает в испарительный охладитель. Абсорбент восстанавливается в солнечном коллекторе-регенераторе СК-Р (десорбере) с использованием воздушного потока, движение которого, как и разогрев сорбента обеспечивается солнечной энергией. Новизна АСКВ и ее особенности заключаются в следующем:

- Число тепломасообменных аппаратов в схеме минимизировано, за счет реализации в каждом из аппаратов нескольких процессов одновременно; это уменьшает габариты блока охлаждения и суммарное сопротивление движению воздушных потоков в схеме;
- Обработываются одновременно оба потока, воды и воздуха, подаваемые в кондиционируемое помещение (дополнительно используется двухконтурная градирня), что делает схему удобной в оперативном отношении и способствует обеспечению кратности циркуляции воздуха в помещении (в соответствии с требованиями существующих нормативов);
- Используются комбинированные ФЭТП, что обеспечивает получение как тепла для регенерации абсорбента в десорбере, так и электроэнергии для привода (вентиляторы и насосы); такое решение делает систему полностью автономной.

Показаны принципы конструирования тепломасообменной аппаратуры для солнечных кондиционирующих систем (рис. 5). Это аппараты с упорядоченной многоканальной насадкой. В АСКВ это испарительные охладители и абсорберы. Основные требования для такой тепломасообменной аппаратуры:

- Большая поверхность теплообмена;
- Сравнительно небольшие аэродинамические сопротивления движению теплоносителей через аппарат;
- Линейность построения схем течения всех потоков с учетом необходимости совместной работы нескольких таких аппаратов в едином блоке охлаждения.

В современных системах используют аппараты пленочного типа. Это многоканальные структуры с каналами, в которых по стенкам пленкой стекает жидкость (вода, раствор абсорбента) а в середине канала движется воздушный поток.

Для таких аппаратов важно следующее: устойчивость течений, то есть условия, когда газовый поток не нарушает пленочное течение жидкости; сравнительно большие скорости движения газа, чтобы аппараты были небольшими; использование материалов для насадки, которые не подвергаются разрушительному воздействию сред (коррозии); использование размеров каналов, чтобы они не подвергались загрязнению отложениями.

Размер канала (эквивалентный диаметр) составляет 15-25мм. Высота насадки до 1 метра. Скорость движения потоков в каналах составляет 6-8 м/с. Схема контакта потоков, как правило, поперечно-точная, при горизонтальном движении газа.

Для уменьшения числа аппаратов в схеме надо совмещать несколько процессов в одном аппарате. Например, абсорбер (рис. 5а), в котором осушается воздушный поток. Через него движется осушаемый воздушный поток и пленка абсорбента. Но к абсорберу дополнительно в схеме обычно находится градирня, в которой охлаждается вода, и эта вода охлаждает абсорбент на входе в абсорбер в специальном теплообменнике. Это делается потому, что в процессе абсорбции выделяется тепло. Разработан абсорбер с внутренним испарительным охлаждением, в котором реализуется два процесса в соседних каналах насадки аппарата. В одном канале движется осушаемый воздух и пленка абсорбента, во втором канале, через стенку, движется вспомогательный воздушный поток и пленка воды. Вода охлаждается и через разделяющую каналы стенку аппарата отводит тепло абсорбции. Таким образом, устраняются из схемы сразу два аппарата, - градирня и соответствующий теплообменник.

Испарительный охладитель (рис. 5б-5в) непрямого типа устроен следующим образом: он имеет три потока, два воздушных и один водяной. В одних каналах движется водяная пленка и вспомогательный

воздушный поток. Вода охлаждается при испарении в воздух и через разделяющую каналы стенку отводит тепло от основного воздушного потока, который движется в соседнем канале. Этот воздух охлаждается бесконтактно, что принципиально важно для систем кондиционирования воздуха. Пределом испарительного охлаждения является температура мокрого термометра воздуха. Мы освобождаем схему от теплообменника вода-воздух, снижаем габариты блока охлаждения и уменьшаем энергозатраты на движение теплоносителей.

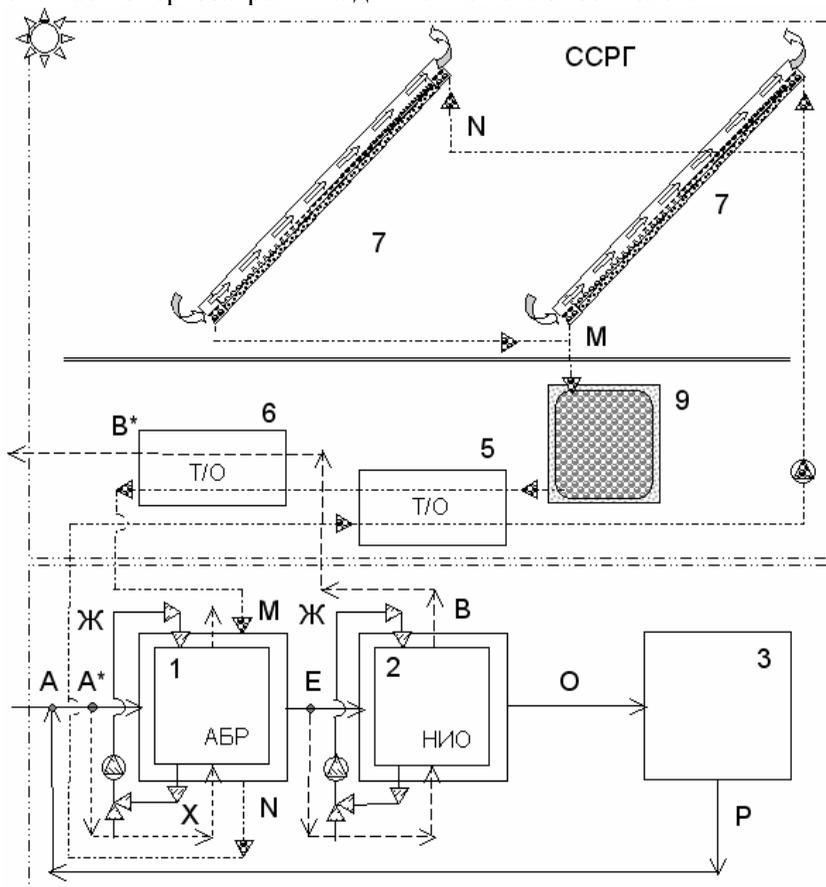
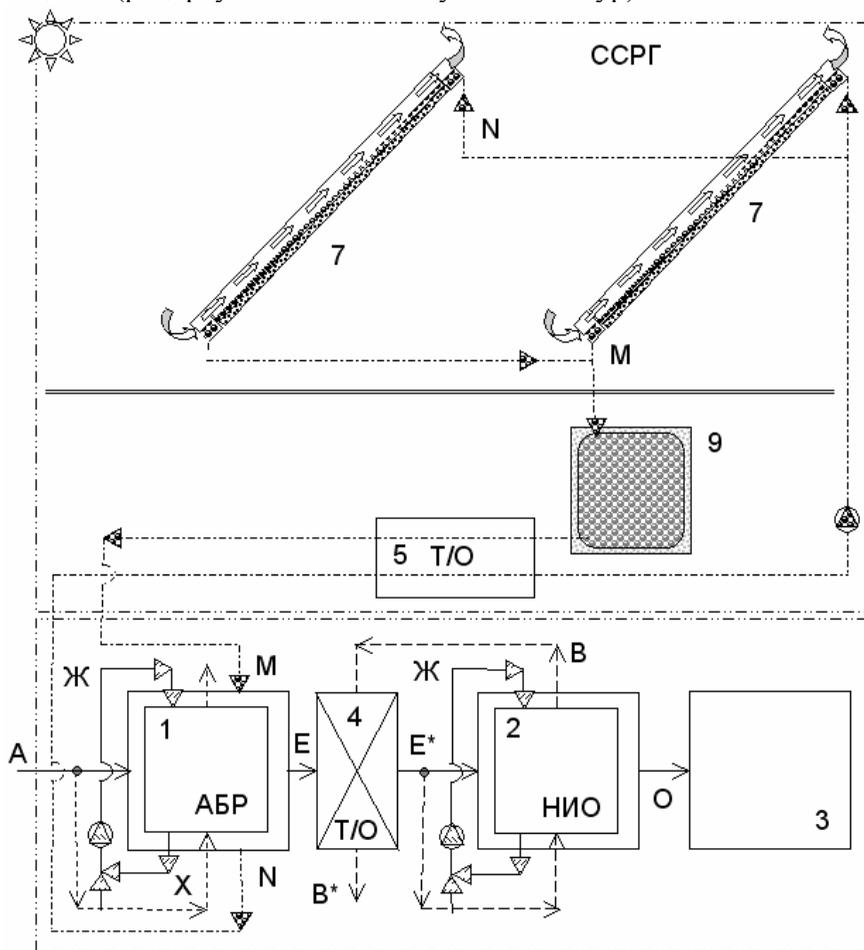


Рис. 1. Принципиальная схема солнечной системы кондиционирования воздуха ССКВ на основе открытого абсорбционного цикла с прямой регенерацией абсорбента. Подача в помещение воздуха, прошедшего термовлажностную обработку.

1 – абсорбер с внутренним испарительным охлаждением; 2 – испарительный охладитель непрямого типа; 3 – помещение; 4, 5, 6 - теплообменники; 7 – солнечный коллектор - регенератор; 9 – емкость для раствора абсорбента.

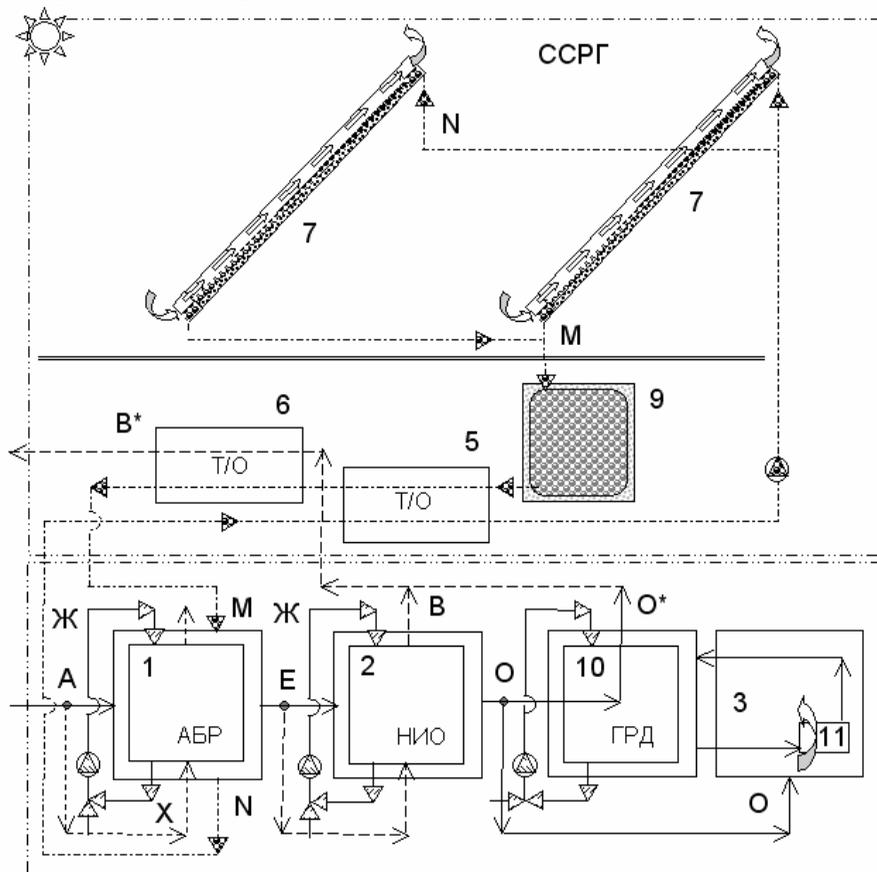
А – наружный воздух; Е, - осушенный в абсорбере воздух; О, В – основной и вспомогательный воздушные потоки после НИО; М, N – крепкий и слабый растворы абсорбента; Р - воздушный поток из помещения (рециркуляционный воздушный контур).



**Рис. 2. Принципиальная схема солнечной системы кондиционирования воздуха ССКВ на основе открытого абсорбционного цикла с прямой регенерацией абсорбента.**

1 – абсорбер с внутренним испарительным охлаждением; 2 – испарительный охладитель непрямого типа; 3 – помещение; ; 4, 5 - теплообменники; 7 – солнечный коллектор - регенератор; 9 – емкость для раствора абсорбента.

A – наружный воздух; E, E\* - осушенный в абсорбере воздух; O, V – основной и вспомогательный воздушные потоки; M, N – крепкий и слабый растворы абсорбента.

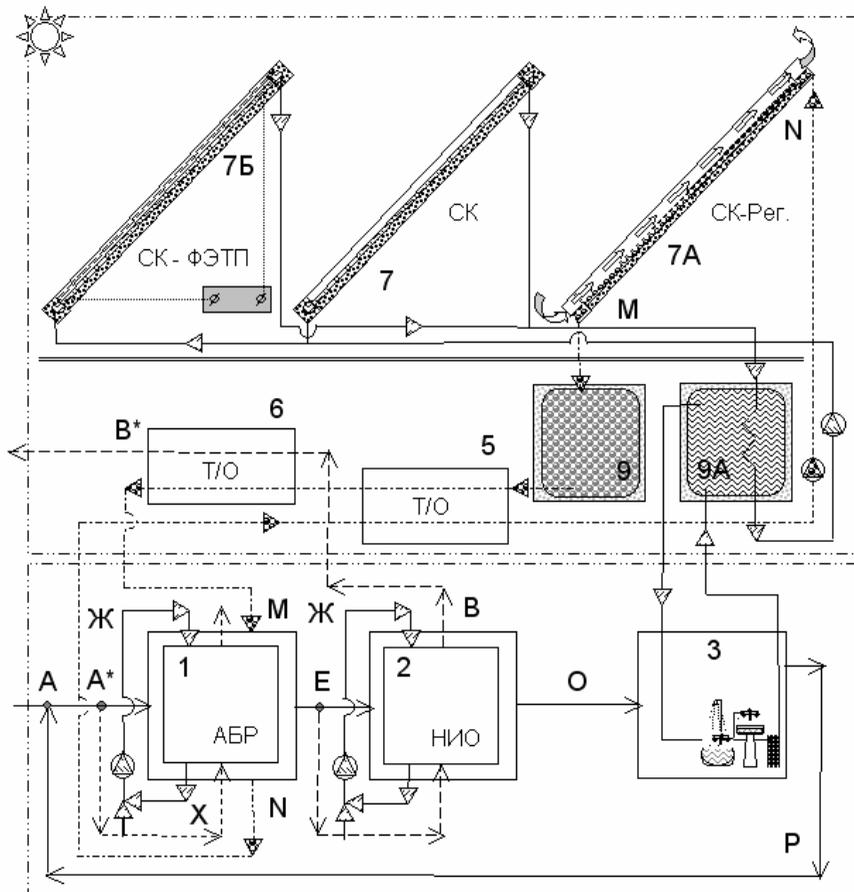


**Рис. 3. Принципиальная схема солнечной системы кондиционирования воздуха ССКВ на основе открытого абсорбционного цикла с прямой регенерацией абсорбента. Подача в помещение охлажденной воды и обработанного воздуха.**

1 – абсорбер с внутренним испарительным охлаждением; 2 – испарительный охладитель непрямого типа; 3 – помещение; 5, 6 - теплооб-

менники; 7 – солнечный коллектор - регенератор; 9 – емкость для раствора абсорбента; 10 – испарительный охладитель воды (двухконтурная градирня); 11 – водо-воздушный теплообменник.

A – наружный воздух; E, E\* – осушенный в абсорбере воздух; O, B – основной и вспомогательный воздушные потоки после НИО; M, N – крепкий и слабый растворы абсорбента.



**Рис. 4. Принципиальная схема солнечной системы кондиционирования воздуха ССКВ на основе открытого абсорбционного цикла с прямой регенерацией абсорбента. Подача в помещение воздуха, прошедшего термовлажностную обработку.**

1 – абсорбер с внутренним испарительным охлаждением; 2 – испарительный охладитель непрямого типа; 3 – помещение; 4, 5, 6 – теплообменники; 7 – солнечный коллектор; 7А – солнечный коллектор -

регенератор; 7Б – коллектор прямого преобразования солнечной энергии в электрическую ФЭТП; 9, 9А – емкость для раствора абсорбента, для горячей воды (бак-теплоаккумулятор); 12 – санузел и радиатор отопления.

А – наружный воздух; Е, Е\* – осушенный в абсорбере воздух; О, В – основной и вспомогательный воздушные потоки после НИО; М, N – крепкий и слабый растворы абсорбента.

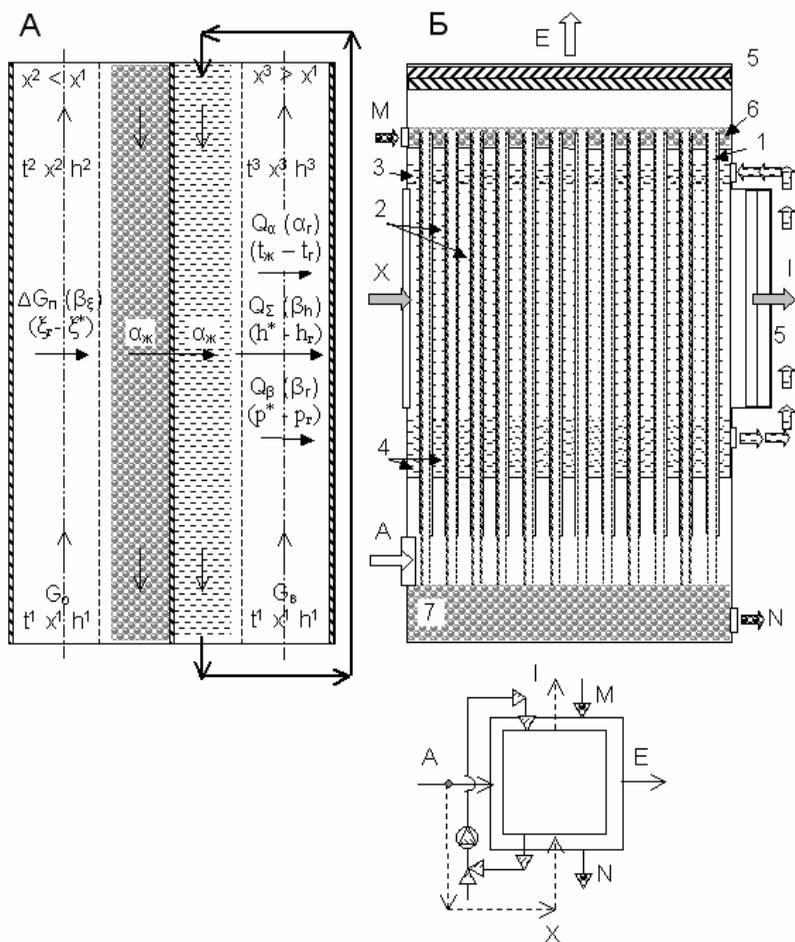
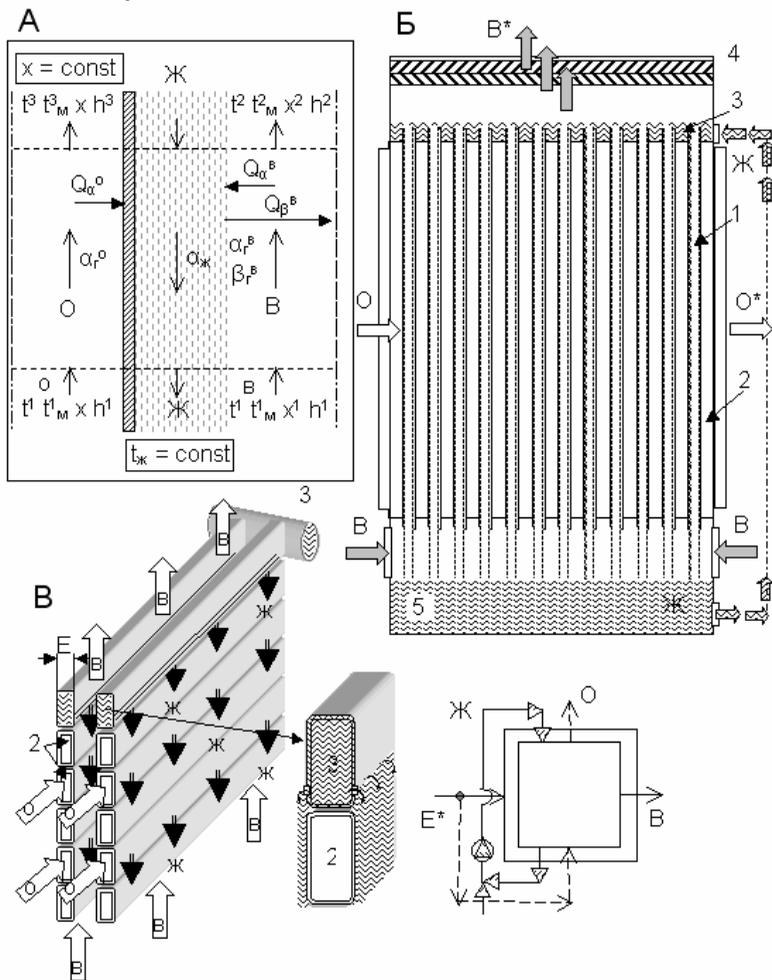


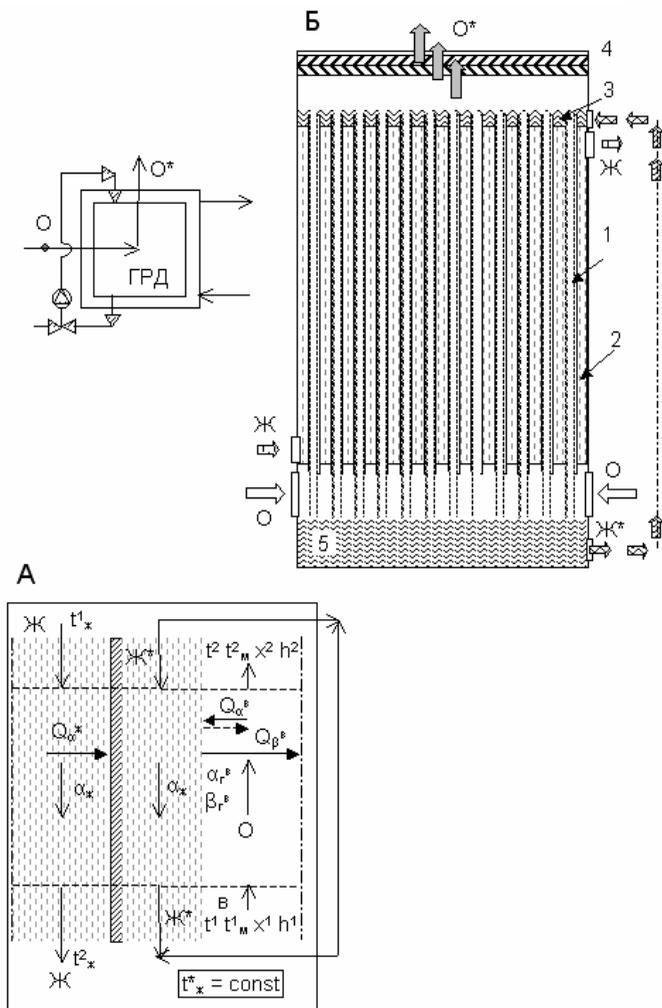
Рис. 5а. Абсорбер с внутренним испарительным охлаждением (патент Украины № 74526).

1, 2 – воздушные каналы для основного (осушаемого) и вспомогательного воздушных потоков; 3 – распределитель воды; 4 – емкость для воды; 5 – каплеотделитель; 6 – распределитель абсорбента; 7 – емкость для абсорбента.



**Рис. 56. Испарительный охладитель воздуха непрямого типа (патент Украины № 73696).**

1, 2 – каналы вспомогательного и основного потоков воздуха; 3 – распределитель воды; 4 – каплеотделитель; 5 – водяная емкость.



**Рис. 5в. Испарительный охладитель воды непрямого типа двух-контурная градирня.**

1 – каналы воздушного потока и рециркулирующей воды; 2 – каналы охлаждаемой воды (продуктовой); 3 – распределитель воды; 4 – каплеотделитель; 5 – водяная емкость

**Выводы:**

1. Анализ существующих схем абсорбционных систем кондиционирования воздуха показал преимущества жидких сорбентов, -

абсорбентов, и позволил по теплофизическим свойствам выбрать композит на основе бромистого лития.

2. Рассмотрение схемных решений для альтернативных систем кондиционирования воздуха АСКВ позволили определить системы, основанные на открытом абсорбционном цикле с прямой регенерацией абсорбента, как наиболее перспективные.

3. Предложенный испарительный охладитель непрямого типа имеет три потока, два воздушных и один водяной; при этом охлаждение воздуха производится бесконтактно, а сама схема не имеет теплообменника вода-воздух при одновременном уменьшении габаритов блока охлаждения и энергозатрат на движение теплоносителей.

### **Литературные источники:**

1. Горин А.Н., Дорошенко А.В. Альтернативные холодильные системы и системы кондиционирования воздуха. 2-е переработанное и дополненное издание. – Донецк.: Норд-Пресс, 2007. – 362 с.

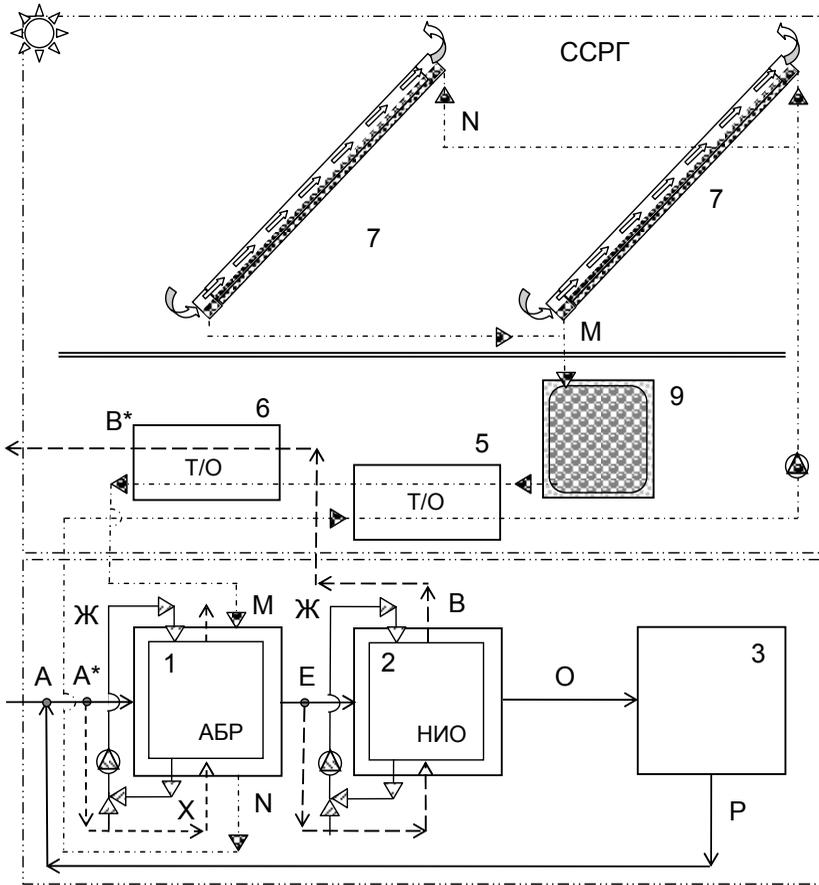
2. Doroshenko. A., Alternative Refrigeration Systems. Humboldt-Kolleg “Energy Challenges off the 21<sup>st</sup> Century: Science, Technology, Economy, Society”, Odessa, August 24-27, 2007/

3. Doroshenko. A., Разработка тепломасообменной аппаратуры для альтернативных солнечных систем. Humboldt-Kolleg “Energy Challenges off the 21<sup>st</sup> Century: Science, Technology, Economy, Society”, Odessa, August 24-27, 2007.

4. Doroshenko. A., The new Generation Solar Collector construction on the basis of LCA method. Humboldt-Kolleg “Actual Science in Ukraine: Humboldt-Clab Ukraine General Assembly”, Kiev, January 11-12, 2008.

5. Дорошенко А.В, Демьяненко Ю.И., Филипцов С.Н., Горин А.Н. Испарительные охладители непрямого и комбинированного типов для СКВ // Холодильная техника и технология. – 2005. - № 2. - С.46–52.

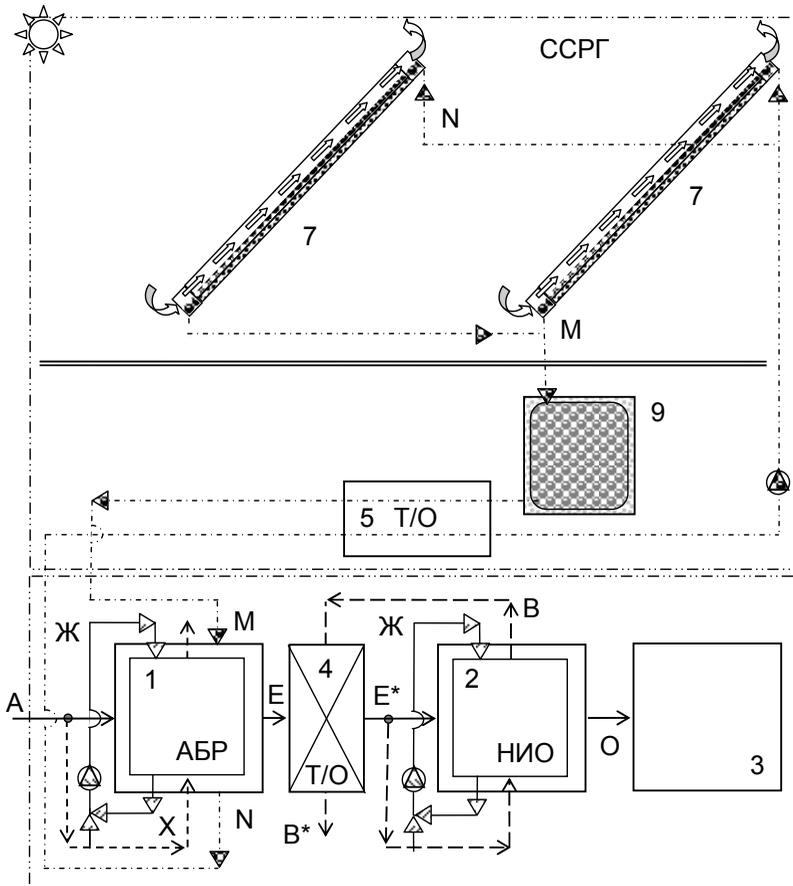
6. Дорошенко А.В., Демьяненко Ю.И., Филипцов С.Н., Горин А.Н. Испарительные охладители комбинированного типа для систем кондиционирования воздуха // АВОК (Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика). – 2005. - №6. - С. 58-63.



**Рис. 1. Принципиальная схема солнечной системы кондиционирования воздуха ССКВ на основе открытого абсорбционного цикла с прямой регенерацией абсорбента. Подача в помещение воздуха, прошедшего термовлажностную обработку.**

1 – абсорбер с внутренним испарительным охлаждением; 2 – испарительный охладитель непрямого типа; 3 – помещение; 4, 5, 6 - теплообменники; 7 – солнечный коллектор - регенератор; 9 – емкость для раствора абсорбента.

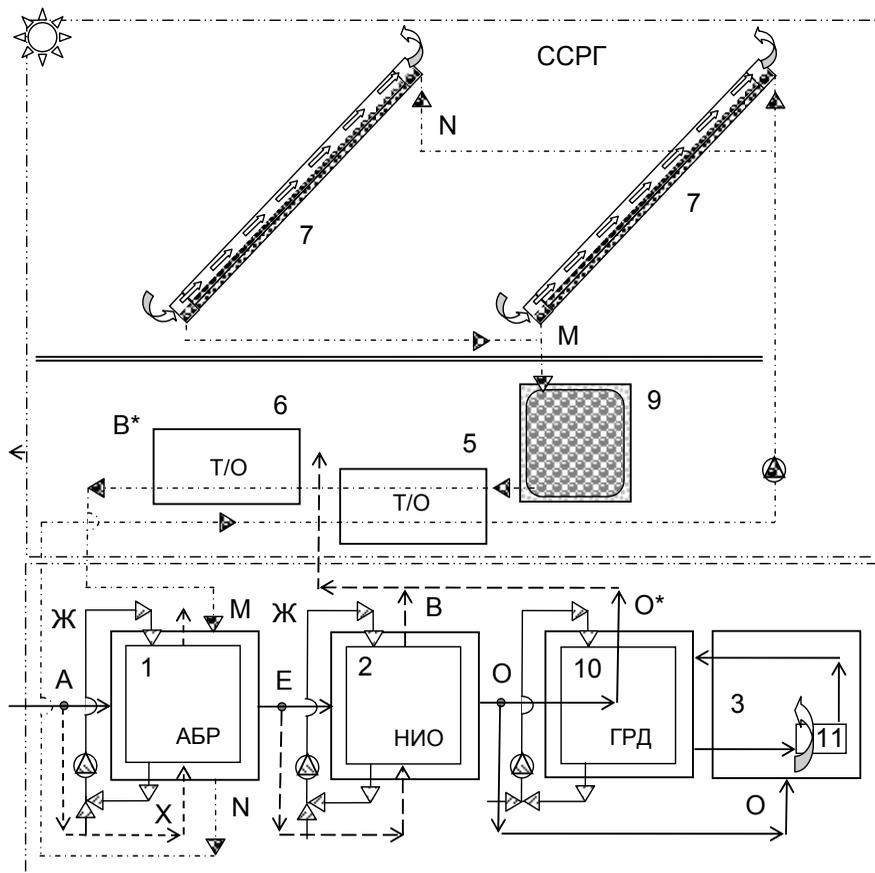
A – наружный воздух; E, - осушенный в абсорбере воздух; O, B – основной и вспомогательный воздушные потоки после НИО; M, N – крепкий и слабый растворы абсорбента; P - воздушный поток из помещения (рециркуляционный воздушный контур).



**Рис. 2. Принципиальная схема солнечной системы кондиционирования воздуха ССКВ на основе открытого абсорбционного цикла с прямой регенерацией абсорбента.**

1 – абсорбер с внутренним испарительным охлаждением; 2 – испарительный охладитель непрямого типа; 3 – помещение; 4, 5 – теплообменники; 7 – солнечный коллектор – регенератор; 9 – емкость для раствора абсорбента.

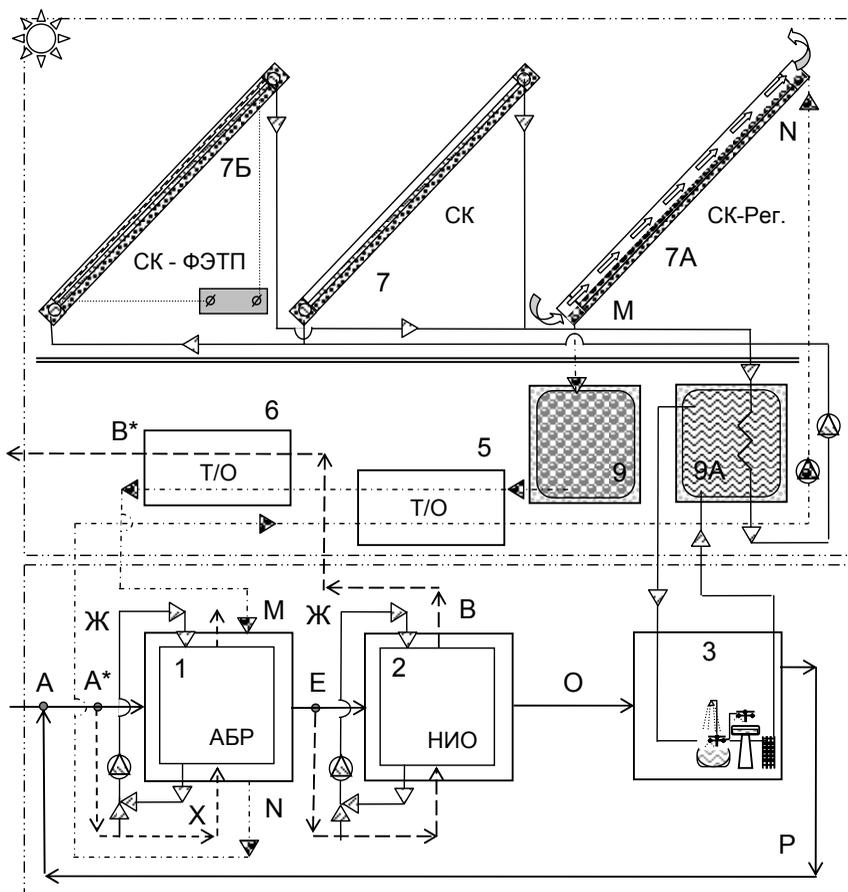
A – наружный воздух; E, E\* – осушенный в абсорбере воздух; O, B – основной и вспомогательный воздушные потоки; M, N – крепкий и слабый растворы абсорбента.



**Рис. 3. Принципиальная схема солнечной системы кондиционирования воздуха ССКВ на основе открытого абсорбционного цикла с прямой регенерацией абсорбента. Подача в помещение охлажденной воды и обработанного воздуха.**

1 – абсорбер с внутренним испарительным охлаждением; 2 – испарительный охладитель непрямого типа; 3 – помещение; 5, 6 - теплообменники; 7 – солнечный коллектор - регенератор; 9 – емкость для раствора абсорбента; 10 – испарительный охладитель воды (двухконтурная градирня); 11 – водо-воздушный теплообменник.

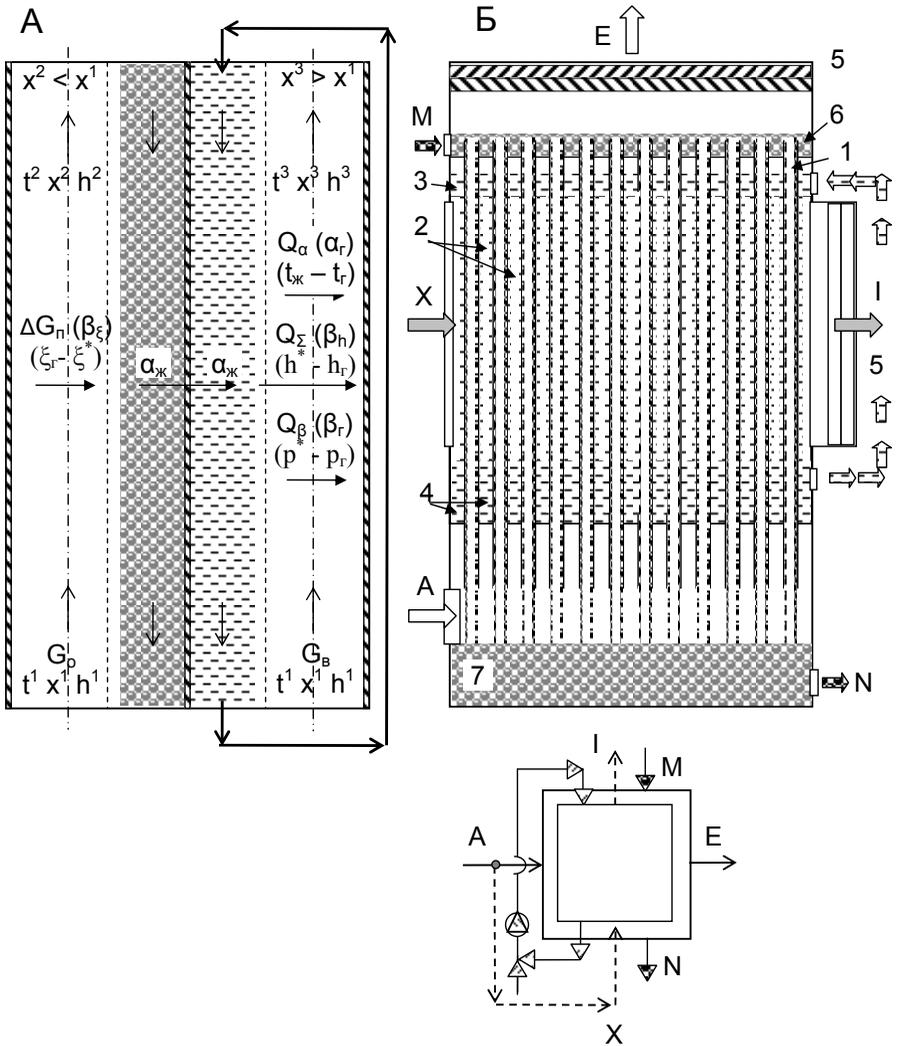
А – наружный воздух; Е, Е\* - осушенный в абсорбере воздух; О, В – основной и вспомогательный воздушные потоки после НИО; М, N – крепкий и слабый растворы абсорбента.



**Рис. 4. Принципиальная схема солнечной системы кондиционирования воздуха ССКВ на основе открытого абсорбционного цикла с прямой регенерацией абсорбента. Подача в помещение воздуха, прошедшего термовлажностную обработку.**

1 – абсорбер с внутренним испарительным охлаждением; 2 – испарительный охладитель непрямого типа; 3 – помещение; 4, 5, 6 – теплообменники; 7 – солнечный коллектор; 7А – солнечный коллектор-регенератор; 7Б – коллектор прямого преобразования солнечной энергии в электрическую ФЭТП; 9, 9А – емкость для раствора абсорбента, для горячей воды (бак-теплоаккумулятор); 12 – санузел и радиатор отопления.

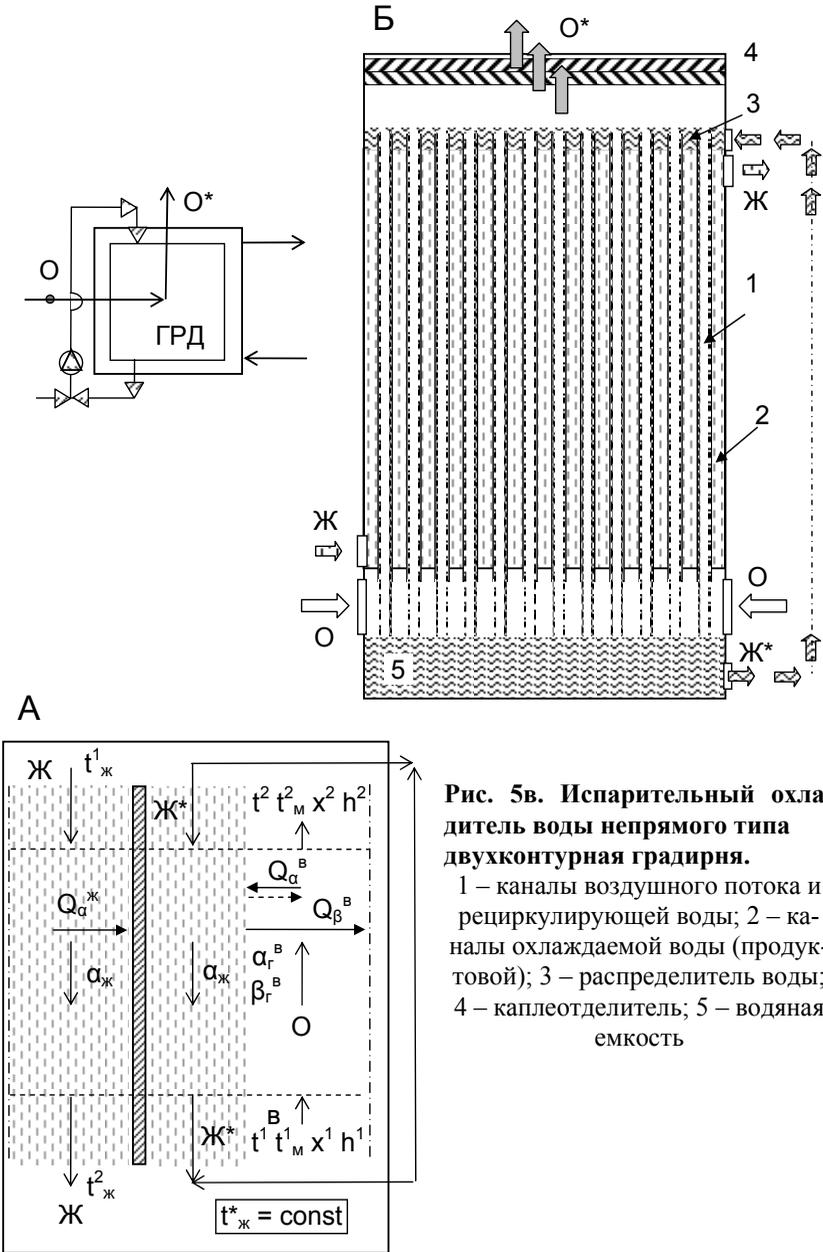
А – наружный воздух; Е, Е\* – осушенный в абсорбере воздух; О, В – основной и вспомогательный воздушные потоки после НИО; М, N – крепкий и слабый растворы абсорбента.



**Рис. 5а.** Абсорбер с внутренним испарительным охлаждением (патент Украины № 74526).

1, 2 – воздушные каналы для основного (осушаемого) и вспомогательного воздушных потоков; 3 – распределитель воды; 4 – емкость для воды; 5 – каплеотделитель; 6 – распределитель абсорбента; 7 - емкость для абсорбента.





**Рис. 5в. Испарительный охладитель воды непрямого типа двухконтурная градирня.**

1 – каналы воздушного потока и рециркулирующей воды; 2 – каналы охлаждаемой воды (продуктовой); 3 – распределитель воды; 4 – каплеотделитель; 5 – водяная емкость

**УДК 658.26: 621.3 (477.75)**

**Кибовский С.А. к.т.н.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

## **Основные положения и приоритетные направления реализации энергосберегающей модели развития экономики Автономной Республики Крым**

*Рассматриваются основные положения и приоритетные направления реализации энергосберегающей модели развития экономики Автономной Республики Крым.*

*Дается анализ результатов реализации мероприятий и заданий, предусмотренных Комплексной программой энергосбережения в Автономной Республике Крым за период с 2004 по 2008 годы. Предлагаются меры по решению проблемных вопросов в сфере энергосбережения.*

### **Энергосбережение, энергоэффективность общественного производства, программы.**

Современный общемировой кризис ставит перед экономикой Крыма очень сложные задачи по снижению себестоимости и повышению конкурентно-способности продукции, производимой на отечественных предприятиях, при постоянном повышении стоимости потребляемых природных топливно-энергетических ресурсов.

Как известно [1], развитие основных видов экономической деятельности в Автономной Республике Крым (АРК) основывается на всё более увеличивающейся добыче и потреблении традиционных природных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР): природного газа, нефти и угля. При этом использование большей части потребляемых энергоресурсов происходит за счет прямого сжигания в различных энергетических и технологических установках, что приводит к постоянному уменьшению природных запасов ТЭР и увеличению загрязнения окружающей среды продуктами их сгорания.

Программой социально-экономического развития Автономной Республики Крым на ближайший период намечается дальнейший рост промышленного и сельскохозяйственного производства, что потребует значительного роста объёмов потребления ТЭР. Так к концу 2015 года прогнозируется увеличение годового потребления ко-

тельно-печного топлива на 89%, электрической энергии - на 42%, тепловой энергии на - 60%, по сравнению с базовым 2004 годом [2]

Однако для увеличения роста общественного производства Крыма необходимо обеспечить достаточность и надёжность энергообеспечения потребителей, а также повысить эффективность использования энергоресурсов, за счёт снижения их сверхнормативных потерь на всех этапах - от производства до потребления.

По мнению специалистов [2], одним из индикаторов отношений между спросом на энергоресурсы и стабильным экономическим развитием региона является энергоёмкость промышленного производства. Постоянное снижение этого показателя является определяющим условием устойчивого социально-экономического развития в Крыму. Для реализации этого условия необходимо чтобы объём промышленного производства ежегодно увеличивался на 5-6%, при снижении его энергоёмкости - на 3-4%.

В нынешних условиях решение вопросов снижения энергоёмкости и повышения надёжности энергообеспечения потребителей возможно только за счёт реализации государственной политики в сфере энергосбережения. Важнейшие направления этой политики определены Законом Украины «Об энергосбережении» и отражены в Комплексной государственной программе энергосбережения Украины до 2010 года, утверждённой постановлением Кабинета Министров Украины от 05.07.97г. № 148.

На основании этих документов группой учёных и специалистов Крымской академии наук в 1998 году была разработана долгосрочная (до 2010 года) Комплексная программа энергосбережения в Автономной Республике Крым, одобренная Советом министров Автономной Республики Крым (постановление от 04.05.98г. № 122). Программой была определена основная стратегическая цель в сфере энергосбережения - стабилизация экономики Крыма и повышение конкурентоспособности продукции отечественных товаропроизводителей за счёт снижения энергоёмкости производимой продукции [4].

Основными направлениями реализации потенциала энергосбережения на отечественных предприятиях, организациях и учреждениях Крыма являются:

- разработка и внедрение первоочередных организационно-технических мероприятий по экономии ТЭР;

- разработка и внедрение инвестиционных и инновационных проектов с использованием новых энергосберегающих технологий, применением современных материалов и оборудования;

- максимально возможное использование возобновляемых источников энергии и вторичных энергоресурсов для дополнительной выработки тепловой и электрической энергии;

За счёт реализации энергосберегающих мероприятий, предусмотренных программой, экономия ТЭР к 2015 году должна достичь 12,5-13,2% от общего годового энергопотребления.

В результате внедрения новых энергоэффективных технологий и энергосберегающих мероприятий на предприятиях Крыма уже в 2003 году общая годовая экономия ТЭР составила 9,2 % от годового потребления, что явилось одним из лучших показателей по Украине. В 2004 году общее снижение расхода ТЭР составило 238,4 тысяч тонн условного топлива (т.у.т). Было сэкономлено 4,7 млн. куб. м. природного газа, 84,0 тыс. тонн нефтепродуктов, 90,6 тыс. тонн угля, 66,1 млн. кВт.ч. электроэнергии. На 1 гривну финансовых средств, вложенных в энергосберегающие мероприятия, было получено снижение затрат за потребляемые энергоресурсы на сумму 2,1 гривны [5]. Это говорит о высокой энергетической эффективности и экономической целесообразности реализации данных энергосберегающих мероприятий.

Положительная тенденция по снижению затрат потребляемых природных топливно-энергетических ресурсов в общественном производстве автономии наблюдается и на завершающем этапе выполнения данной программы. Так, согласно отчётным данным Министерства промышленной политики, транспорта, связи и топливно-энергетического комплекса Автономной Республики Крым, только в течение 1-го полугодия текущего года за счёт реализации энергосберегающих мероприятий и заданий, предусмотренных программой по энергосбережению, общее снижение расхода ТЭР в общественном производстве АРК составило 77,1 тыс. т.у.т., в том числе, экономия природного газа составила 1,77 млн. м<sup>3</sup>, нефтепродуктов - 24,1 тыс. тонн, угля - 25,9 тыс. тонн, электроэнергии - 39,5 млн. кВт.ч, тепловой энергии - 46,9 тыс. Гкал.

При этом, общий объём финансирования энергосберегающих мероприятий за 6 месяцев 2008 года составил 25,3 млн. грн., в том числе: за счёт собственных средств предприятий - 23,2 млн. грн., за счёт дру-

гих источников – 2,1 млн. грн. Общая сумма сэкономленных средств за потребляемые энергоресурсы составила 42 млн. 375 тыс. грн.

В то же время, анализ энергопотребления в АРК за период с 2000 по 2004 годы [2] показал, что в отдельных отраслях экономики и на некоторых отечественных предприятиях потребляемые энергоресурсы использовались не достаточно эффективно, что отразилось в повышении энергоёмкости выпускаемой продукции, Основными причинами этого роста явились:

- приоритетное развитие энергоёмкого промышленного производства;
- использование низкоэффективных и энергозатратных технологий;
- отсутствие мотивации энергосбережения как на отраслевом уровне, так и непосредственно на предприятиях;
- недостаточная подготовка руководителей и специалистов предприятий и хозяйств в вопросах энергосбережения;

Общая причина увеличения энергоёмкости выпускаемой продукции в настоящее время состоит в неэффективном и неполном использовании существующих производственных мощностей, обусловленном мировым экономическим кризисом. Многие предприятия вынуждены сегодня работать с нагрузкой 20-30% от номинальной, тем самым снижая коэффициент полезного использования оборудования и увеличивая долю непроизводственных затрат ТЭР.

Для преодоления кризисных явлений в экономике предприятий необходима срочная разработка и внедрение первоочередных организационно-технических и малозатратных энергосберегающих мероприятий. Такими мероприятиями на ближайший период должны стать:

- установка приборов учета и регулирования потребления энергоресурсов;
- проведение энергетического обследования предприятий и разработка мероприятий по снижению на них потребления ТЭР;
- разработка норм удельных затрат ТЭР на единицу выпускаемой продукции или оказываемых услуг;
- внедрение автоматизированных систем учета, контроля и управления потреблением электроэнергии;
- внедрение эффективных систем энергообеспечения зданий и сооружений;
- внедрение технологий и установок по утилизации сбросного тепла и использованию вторичных энергоресурсов;

Важным направлением по снижению потребления традиционных топливно-энергетических ресурсов на ближайшее десятилетие в Крыму должно стать широкое внедрение новых технологий, систем и установок по использованию альтернативных возобновляемых экологически чистых источников энергии. Среди всех регионов Украины именно крымский регион обладает не только огромным потенциалом солнечной, ветровой и геотермальной энергии, но и большим опытом эксплуатации установок по их использованию.

В настоящее время проведено предварительное обследование одиннадцати геотермальных циркуляционных систем на предмет их использования в качестве источников теплоснабжения в населённых пунктах степного Крыма. Общая тепловая мощность этих источников может составить 19 МВт. В настоящее время завершаются работы по вводу в промышленную эксплуатацию опытной геотермальной установки мощностью 0,8 МВт. в с. Медведевка Джанкойского района, для обеспечения теплом объектов бюджетной сферы (школа, административные здания и др.).

Продолжается строительство установок по использования солнечной энергии для нагрева горячей воды в летнее время на объектах санаторно-курортного и туристического комплекса Крыма. В настоящее время на этих объектах установлены солнечные коллектора общей площадью 18 тыс. квадратных метров. Начата разработка технико-экономических обоснований строительства в Крыму объектов в сфере малой гидроэнергетики и использования биотоплива.

Согласно плану энергосберегающих мероприятий, предусмотренных Комплексной региональной программой энергосбережения, в том числе и за счёт использования альтернативных возобновляемых источников энергии, годовая экономия котельно-печного топлива к 2010 году должна составить до 8% от общего годового энергопотребления [5].

Фактически за последние десять лет общая экономия топливно-энергетических ресурсов от внедрения всех установок по использованию альтернативных возобновляемых источников энергии составила 68 тыс. т.у.т., в том числе в 2005 году 13,7 тыс. т.у.т или 0,5% от общего годового энергопотребления [2].

Основными проблемными вопросами в сфере энергосбережения АРК в настоящее время являются:

- отсутствие действенных механизмов экономического стимулирования энергосбережения и самофинансирования энергосберегающих мероприятий в коммунальной и бюджетной сферах;

- недостаточное бюджетное финансирование и неэффективное использование бюджетных средств, направляемых на реализацию заданий и положений программ энергосбережения;

- недостаточное оснащение потребителей приборами учёта и регулирования потребления энергоресурсов, в первую очередь на объектах бюджетной сферы и зданиях существующего жилого фонда АРК;

- низкий уровень использования энергии от альтернативных возобновляемых экологически чистых источников энергии;

- низкий уровень утилизации сбросной низкотемпературной энергии на промышленных предприятиях и в хозяйствах автономии;

Для их решения необходимо:

- принять на государственном уровне механизм экономического стимулирования рационального использования топливно-энергетических ресурсов и самофинансирования энергосберегающих мероприятий на объектах коммунальной и бюджетной сфер;

- разработать новую редакцию Комплексной региональной программы энергосбережения и определить прогнозные показатели энергоэффективности общественного производства АРК до 2017 года;

- ежегодно предусматривать в проекте бюджета Автономной Республики Крым по разделу "Научно-исследовательские работы" средства на научно-техническую и экономическую проработку приоритетных региональных научно-технических программ и предложений в области энергосбережения

- проводить на конкурсной основе отбор научных разработок и предложений в области энергосбережения, в том числе использования альтернативных возобновляемых источников энергии;

- ежегодно в проектах местных бюджетов предусматривать средства на финансирование первоочередных энергосберегающих мероприятий;

- содействовать принятию нормативно правовых актов, стимулирующих инновационную и инвестиционную деятельность в сфере энергосбережения;

- оказывать содействие созданию сети инновационных структур по разработке и внедрению мероприятий по энергосбережению;

- разработать на предприятиях механизмы материального стимулирования коллективов и отдельных работников предприятий, учреждений и бюджетных организаций за достигнутую экономию ТЭР и снижение энергопотребления за счёт реализации энергосберегающих мероприятий;

- организовать плановое обучение специалистов, ответственных за энергообеспечение на предприятиях и в хозяйствах Крыма, по специальности "энергосбережение и энергетический менеджмент»;

- создать в Крыму местные энергосервисные компании для реализации организационно-технических мероприятий по экономии ТЭР, в первую очередь на предприятиях коммунального хозяйства и объектах бюджетной сферы;

- усилить рекламно-пропагандистскую деятельность в сфере энерго-сбережения, проводить ежегодно на территории АРК общенациональную акцию «Неделя энергосбережения», содействовать созданию регионального центра по оказанию методической и консультационной помощи населению по вопросам рационального использования ТЭР.

Таким образом, дальнейшее формирование региональной политики в сфере энергосбережения на ближайшее десятилетие должно осуществляться за счёт:

- чёткого исполнения законодательных и нормативно-правовых актов в сфере энергосбережения;

- выполнения заданий и показателей по экономии топливно-энергетических ресурсов, предусмотренных государственными и региональными программами по энергосбережению;

- разработки на предприятиях, в организациях и бюджетных учреждениях Крыма краткосрочных (на ближайшие два-три года) и долгосрочных до 2015 года планов реализации первоочередных организационно-технических энергосберегающих мероприятий по снижению потребления топлива, тепловой и электрической энергии

Реализация энергосберегающих мероприятий, в первую очередь, должна осуществляться в наиболее энергоёмких видах экономической деятельности АРК: промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, а также на объектах бюджетной и жилищно-коммунальной сфер.

### **Выводы**

Реализация государственной политики в сфере энергосбережения должна стать основой стратегии социально-экономического развития Автономной Республики Крым на ближайшее десятилетие.

Для решения проблемных вопросов в сфере энергосбережения предлагается принятие первоочередных мер организационного и правового характера как на региональном, так и на государственном уровне.

### **Литературы**

1. Бабенко Г. А., Кибовский С. А. Проблемы энергообеспечения и пути их решения в Автономной Республике Крым / Научный сборник «Проблеми загальної енергетики», № 7/2002, - Киев, 2002. – с. 12-17

2. Кибовский С.А. Энергосбережение в системах теплоснабжения и вентиляции / Учебное пособие, - Симферополь, НАПКС, 2007, - 193 с.

3. Кибовский С.А., Ефимов С.А., С.К. Петрук С.К. и др. Энергосбережение в Крыму. Приложение к научно-практическому дискуссионно-аналитическому сборнику «Вопросы развития Крыма», Симферополь: Таврия-Плюс, 2001. - 208 с.

4. Кибовский С.А., Петрук С.К., Сафонов В.А., Слепокуров А.С. Комплексная программа энергосбережение в Автономной Республике Крым до 2010 года / Приложение к научно-практическому дискуссионно-аналитическому сборнику «Вопросы развития Крыма», Симферополь: Таврия, 1998. - 164 с.

5. Кибовский С.А., Петрук С.К., Сафонов В.А., Слепокуров А.С. Комплексная программа энергосбережение в Крыму. Анализ выполнения и дополнительные меры по реализации / Приложение к научно-практическому дискуссионно-аналитическому сборнику «Вопросы развития Крыма», Симферополь: Таврия-Плюс, 2001. - 94 с.

Лапина Е. А., аспирант

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

## **Предотвращение техногенных аварий на системах газоснабжения**

*Проведена статистика техногенных аварий на системах газоснабжения Украины с человеческими жертвами. Предложено, дополнительно к существующим мерам безопасности, предусмотреть в квартирах установку приборов контроля концентрации природного и угарного газов, отключающих отсекателем подачу природного газа в квартиру.*

### **Природный газ, техногенная авария, человеческие жертвы, мероприятия по безопасности**

Природный газ является энергоемким топливом, состоящим, в основном, из метана. Взрывное самовоспламенение метана происходит при его концентрации в воздухе от 5 до 15% по объему. Природный газ не имеет запаха, поэтому ему перед поступлением в газотранспортную систему придают резкий запах, который ощущается уже при концентрации газа, не превышающей 1/5 от нижнего предела взрываемости, т.е. при концентрации газа в воздухе 1%. Ряд нормативных документов направлен на обеспечение безопасности эксплуатации газовых сетей. Однако, несмотря на это, на газовых системах возникают аварии, в том числе с человеческими жертвами. В таблице приведена статистика техногенных аварий в 2007 – 2008 г.г., приведших к человеческим жертвам[1-4].

Из табл. следует, что наиболее трагичной была авария в жилом доме в г. Днепропетровске в ноябре 2007г., когда погибло 23 чел. и пострадало 413 чел. Причинен многомиллионный ущерб, нанесено моральное травмирование всему населению Украины. Взрыв газа в жилом доме с меньшими жертвами произошел в г. Львове (в феврале 2008г.). В марте 2008г., в АРК (п.г.т. Гвардейское) от угарного газа пострадало 4 чел., а малолетняя девочка умерла. Помимо этого, к человеческим жертвам привели аварии на внешних газопроводах в г. Донецке (июнь 2007г.) и в г.Запорожье (февраль 2008 г.).

Таблица

**Техногенные аварии в Украине в 2007-2008гг., приведшие к человеческим жертвам.**

Дата	Населенный пункт	Вид аварии	Погибшие и пострадавшие	Официальные причины
Июнь 2007г.	г. Донецк	Взрыв газа на газопроводе	Ожоги I и II степени работника газовой службы	Случайное повреждение электрокабеля напряжением 6кВ
Ноябрь 2007г.	г. Днепропетровск	Взрыв газа в жилом здании	Погибло 23 чел. Пострадало 413 чел.	Отказ регуляторной установки
Февраль 2008г.	г. Запорожье, завод «Ферросплав»	Взрыв газа на газопроводе	Попали в реанимацию 4 чел.	Негерметичность газопровода
Февраль 2008г.	г. Львов	Взрыв газа в жилом здании	Погибло 2 чел., пострададо около 40 чел.	Негерметичность газопровода
Март 2008г.	П.г.т. Гвардейское, АРК, жилой дом военного гарнизона	Выделение угарного газа	Один человек скончался, отравились угарным газом 4 чел.	Неисправность дымовентиляционной системы

Без человеческих жертв, но со значительными материальными потерями, произошел ряд техногенных аварий на газопроводах. Так в мае 2007 г. в Ильичевском районе Черниговской области произошло разрушение газопровода, приведшее к нарушению газоснабжения 31 населенного пункта. Ущерб составил 850 тыс. грн.

Ликвидировать аварийную ситуацию на газопроводах можно только неукоснительным, постоянным и четким выполнением требований нормативных документов по эксплуатации и ремонту газовых систем. В Украине действует ряд нормативных документов, достаточных для обеспечения надежной эксплуатации газового хозяйства.

Нарушение требований этих документов вызваны человеческими факторами. Эти факторы наиболее существенны при эксплуатации

внутридомовых газовых систем, т.к. количество людей, эксплуатирующих газовые системы, значительно возрастает по мере увеличения количества квартир в домах.

Для повышения безопасности эксплуатации газовых систем жилых домов предлагается установить в квартирах клапаны-отсекатели, срабатывающие при превышении однопроцентной концентрации газа в воздухе.

Помимо этого, для предотвращения отравления людей угарным газом, возникающим при неполном сгорании природного газа, следует устанавливать клапаны-отсекатели, отключающие подачу природного газа при повышении концентрации угарного газа.

В качестве сигнализаторов превышения концентрации природного газа и окиси углерода в воздухе помещения могут быть использованы сигнализаторы СГБ-1-7 и СГБ-1-7Б производства ЗАО «Харьковского ОКБА «Химвтоматика». В качестве клапанов-отсекателей возможно использование электромагнитных клапанов серий VML, VMA и EVRM-NC производства итальянской фирмы Elettromeccanica Delta S.p.A. (распространитель ОАО «РОСС», г. Симферополь).

### **Выводы**

1. На системах газоснабжения Украины происходят техногенные аварии, в том числе и с человеческими жертвами.
2. Аварийные ситуации на внешних газопроводах можно предотвратить только неукоснительным соблюдением требований нормативной документации по эксплуатации и ремонту газовых систем.
3. С целью повышения безопасности эксплуатации внутренних газовых систем жилых домов предлагается устанавливать в квартирах клапаны-отсекатели, отключающие подачу природного газа при повышении концентраций природного газа и угарного газа в помещении.

Возможно использование существующих сигнализаторов превышения концентрации и клапанов-отсекателей.

### **Литературы**

1. <http://www.dengi-info.com/?nid=39067>
2. <http://www.rkm.kiev.ua/newsarchive/7544.html>
3. <http://www.podrobnosti.ua/accidents/casua/ties/2006/04/27/308586.html>
4. <http://www.podrobnosti.ua/accidents/casua/ties/2007/12/06/480048.html>

Любомирский Н.В., к.т.н., доцент, Зайцев О. Н., д.т.н., профессор  
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

### **Влияние степени крутки на устойчивость структуры вращающегося потока**

*Приведены результаты теоретических исследований закрученного потока с развитой зоной обратных токов и прецессирующим вихревым ядром, получены зависимости, позволяющие определить устойчивость структуры сильнозакрученного потока.*

#### **Закрученный поток, прецессия, вихревое ядро.**

При разработке новых энергосберегающих способов и конструктивных решений для снижения расходов топлива в децентрализованных системах теплоснабжения, локализации тепловых источников малой мощности и рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе часто используется закрутка потока. Так, одним из методов повышения эффективности сжигания газа в теплогенерирующих установках является использование эффекта взаимодействия закрученных потоков [1, 3], который позволяет при минимальных затратах регулировать температуру теплоносителя в значительном диапазоне, изменяя положение максимума температур в пространстве топки. Однако, использование этого метода требует устойчивости как самой структуры вихря, так и исключения срыва пламени при взаимодействии факелов. Кроме того, положение максимума температур будет зависеть от глубины проникновения закрученных потоков, взаимодействия с зоной обратных токов основной части струи, расстояния между струями и степенью их крутки, частоты колебаний вихревых ядер в струях, то есть процессов не достаточно изученных в настоящее время [1].

Проведенный анализ теоретических данных и исследование факторов, влияющих на устойчивость вихревых структур, показали, что по мере развития движения закрученного потока происходит увеличение размеров вихревого ядра и дальнейшее его разрушение [3]. В тоже время известно, что минимальная угловая скорость собственного вращения твердого тела, необходимая для устойчивого его движения, определяется равенством [1]:

$$\omega_{\min} = \frac{2}{I} \cdot \sqrt{P \cdot a \cdot A}, \text{ с}^{-1} \quad (1)$$

где  $P$  — сила Кареолиса, Н;

$a$  — расстояние от точки опоры вращающегося тела до центра вращения, м;

$A$  — момент инерции относительно оси, перпендикулярной оси собственного вращения,  $\text{кг}\cdot\text{м}^2$ ;

$I$  — полярный момент инерции относительно центральной оси,  $\text{кг}\cdot\text{м}^2$ .

Учитывая, что вращение вихревого ядра описывается как вращение твердого тела а основные параметры прецессирующего вихревого ядра (ПВЯ) определены в [1] и содержат безразмерный параметр  $S$ , характеризующий степень крутки газового потока, поток момента количества движения  $G_0$ , ( $\text{кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}^2$ ), объемный расход газа  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ), связанные с частотой колебаний вихревого ядра  $f$ , (Гц), можно получить зависимость безразмерного параметра  $S$ , характеризующего степень крутки потока, от расхода, конструктивных параметров и частоты колебаний ПВЯ при условии устойчивости самого закрученного потока. Так, принимая точку опоры за центр струи, определяя момент инерции как момент инерции ПВЯ относительно оси перпендикулярной оси его вращения и подставляя значения  $P$ ,  $a$ ,  $A$ ,  $I$  в уравнение (1) с учетом выражений для основных параметров ПВЯ [1], получим:

$$V_{\min} = \frac{2 \cdot a^2 \cdot f}{\sqrt{R \cdot L}}, \text{ м/с} \quad (2)$$

где  $R$  - расстояние по радиусу до центра ПВЯ, м;

$a$  - расстояние от центра струи до рассматриваемого сечения ПВЯ, м;

$L$  - расстояние от центра истечения струи до ПВЯ в рассматриваемом сечении, м;

$f$  - частота колебаний вихревого ядра, Гц.

Поток момента количества движения газа в закрученном потоке определяется выражением, приведенным в [2]:

$$G_0 = \frac{\pi}{2} \cdot \rho \cdot u_{mo} \cdot \omega_{mo} \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^3, \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}^2 \quad (3)$$

где  $\rho$  — плотность,  $\text{м}^3/\text{кг}$ ;

$u_{mo}$  - максимальная осевая скорость потока, м/с;

$\omega_{mo}$  - максимальная тангенциальная скорость потока, м/с;

$d$  - эквивалентный диаметр сопла, м.

Степень крутки, характеризуемая безразмерным параметром  $S$ , представляет собой отношение потока момента количества движения к потоку осевого импульса, умноженному на эквивалентный диаметр сопла. Так, безразмерный параметр  $S$  определяется следующим образом, согласно [1]:

$$S = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{G_0 \cdot d}{\rho \cdot Q^2} \quad (4)$$

где  $Q$  - объемный расход газа, м<sup>3</sup>/с.

Тогда, приравнявая (2) к  $\omega_{mo}$  в (3) и подставляя в выражение (4) получим следующую зависимость степени крутки потока от массового расхода и частоты прецессии вихревого ядра в области устойчивого равновесия закрученной струи:

$$S = \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{d^5 \cdot f \cdot u_{mo}}{2 \cdot Q^2} \cdot \sqrt{\left(\frac{a}{R}\right)^3} \quad (5)$$

где  $u_{mo}$  - максимальная осевая скорость потока, м/с;

$f$  - частота прецессии ПВЯ, Гц;

$d$  - эквивалентный диаметр сопла, м;

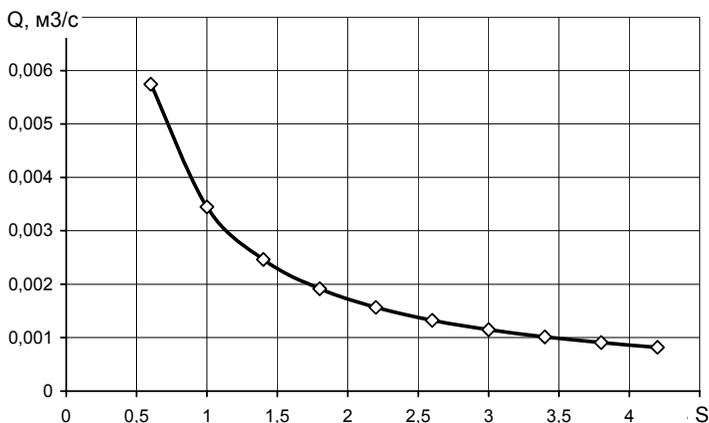
$a$  - расстояние от центра струи до рассматриваемого сечения ПВЯ, м;

$R$  - расстояние по радиусу до центра ПВЯ, м;

$Q$  - объемный расход газа, м<sup>3</sup>/с.

Анализ полученной зависимости показал, что степень крутки потока прямо пропорциональна частоте колебаний прецессирующего вихревого ядра и обратно пропорциональна квадрату массового расхода газа, то есть обеспечение устойчивости закрученного потока при варьировании расхода требует соответствующего изменения степени крутки (рис.1) или воздействия на частоту колебаний ПВЯ [1-3].

Таким образом, в результате проведенных исследований получены условия равновесия закрученного потока в области существования развитой зоны обратных токов и прецессирующего вихревого ядра, что позволяет определить наиболее рациональные параметры работы оборудования при варьировании его производительности и способ стабилизации закрученного потока.



**Рис.1. Зависимость объемного расхода газа от степени крутки потока  $S$ .**

### Выводы

В результате выполненных теоретических исследований закрученного потока с развитой зоной обратных токов и прецессирующим вихревым ядром получены следующие результаты:

1. В результате сравнительного анализа процессов устойчивости в закрученных потоках и вращающихся твердых телах получена зависимость степени крутки потока от расхода газа, частоты колебаний вихревого ядра и конструктивных параметров в условиях устойчивости самого закрученного потока.

2. Выявлено, что степень крутки потока прямо пропорциональна частоте колебаний прецессирующего вихревого ядра и обратно пропорциональна квадрату массового расхода газа, то есть обеспечение устойчивости закрученного потока при варьировании расхода требует соответствующего изменения степени крутки или воздействия на частоту колебаний прецессирующего вихревого ядра.

### Литература:

1. Закрученные потоки: Пер. с англ. / А. Гупта, Д.Лилли, Н.Сайред,-М.: Мир, 1987,—588с.
2. Штихлинг Г. Теория пограничного слоя.-М.: Наука, 1974,—711 с.
3. Зайцев О.Н. Управление аэродинамической обстановкой в рабочем объеме теплогенерирующих установок.// Вісник ОДАБА №7, 2002, с. 60—64.

**Стоянов В. У., д.т.н. профессор; Ревякина Ю. Н., аспирант**  
*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

### **Системы регенерации воздуха защитных сооружений: перспективные направления развития**

*Проанализированы существующие способы регенерации воздуха в режиме полной изоляции защитных сооружений, указаны их основные недостатки. Выделены перспективные направления развития и создания регенеративных систем нового поколения.*

**Защитные сооружения, регенерационные установки, регенеративные продукты, коэффициент регенерации, теплоаккумулирующие соединения, регенеративные продукты на матрице, сбалансированная регенерация.**

В целях защиты населения в условиях чрезвычайных ситуаций используют различные способы и средства. Среди них укрытию населения в защитных сооружениях всегда придавалось важное значение [1]. Актуальность данной проблемы резко возрастает в связи с трудностью и даже в ряде случаев невозможностью полной эвакуации населения из больших городов: внезапность возникновения ЧС; масштабность аварии; ограниченный срок действия индивидуальных средств защиты; разрушение транспортных эвакуационных путей; наличие служащих и населения, которые не могут покинуть зону заражения (ликвидаторы аварий и их последствий, ответственный персонал стратегически важных объектов и др.); значительные материальные и экономические затраты на организацию мероприятия эвакуации. Кроме того, как указано в ДБНБ.1.1-5:2007 [2, с. 7, пункт 5.2] на территории Автономной республики Крым невозможно обеспечить размещение эвакуированного населения. Часть населения Крыма должна быть размещена в других областях Украины, а это ведет к дополнительным затратам на перевозку и обеспечение условий проживания эвакуированных.

Основной проблемой при укрытии людей в защитных сооружениях является поддержание требуемых параметров микроклимата и обеспечение эффективной работы соответствующих технических систем, основной из которых является система воздухообеспечения,

которая должна обеспечивать людей в убежище необходимым количеством воздуха соответствующей температуры, влажности и газового состава.

При заражении наружного воздуха продуктами горения и опасными химическими веществами (например, при пожаре на нефтеперерабатывающем или химическом заводе) или при выходе из строя фильтровентиляционного агрегата, в этом случае убежище переходит на режим полной изоляции (режим 3), при котором атмосферный воздух не подается, а внутренний - регенерируется специальными устройствами.

Для регенерации воздуха в существующих убежищах применяют два способа:

- 1) использование регенеративных установок РУ-150/6 или
- 2) регенеративных патронов РП-100 (поглощающих углекислоту) в сочетании с кислородным (воздушным) баллоном.

Регенеративная установка РУ-150/6 предназначена для одновременной очистки внутреннего воздуха от углекислого газа и обогащения его кислородом в III режиме вентиляции.

Очищенный воздух нагнетается в отсеки убежища, что обеспечивает его регенерацию и рециркуляцию. [3]

К недостаткам первого способа регенерации можно отнести:

- небольшое время защитного действия;
- неэффективное использование регенеративного продукта вследствие его спекания, в результате лишь треть защитного ресурса регенеративного патрона используется в течение гарантированного срока, что значительно сокращает время защитного действия и понижает КПД установки; [4]
- нерегулируемый процесс регенерации сопровождается избыточным выделением кислорода, в результате полезное использование регенеративного продукта снижается до 50...70%; [5]
- регенерирующее вещество обладает высокой пожароопасностью;
- отработанный продукт содержит щелочи, карбонаты натрия и калия, что приводит к экологической проблеме их утилизации;
- повышение температуры воздуха в убежище, связанное с протекающими экзотермическими реакциями между очищаемым воздухом и наполнителем патрона;
- значительные энергозатраты для рециркуляции и охлаждения регенерируемого воздуха.

Второй способом регенерации внутреннего воздуха некоторых убежищ основан на использовании регенеративных патронов РП-100 с химическим известковым поглотителем, которые монтируются в отдельную установку. В этом случае в воздухе, прошедшем через поглотительный патрон, нормальное содержание кислорода обеспечивается подачей его из баллонов высокого давления. При этом на одного человека требуется в 1 час поглотить 20 л углекислоты и подать 25 л кислорода. [3]

Недостатками этого способа регенерации являются:

- использование кислородных баллонов требует специальных условий для их безопасного хранения и эксплуатации;
- необходимо оборудование отдельных вентилируемых помещений;
- с ростом количества укрываемых и времени укрытия значительно увеличивается число хранимых баллонов (для укрытия 100 человек в течение одного часа требуется 80 баллонов с кислородом).

В связи с перечисленными недостатками обоих способов поддержания параметров газо-воздушной среды в условиях герметизации возникает необходимость в поиске новых различных направлений в создании систем регенерации воздуха.

Разработкой систем регенерации воздуха и связанных с ними регенеративными составами занимаются такие ведущие страны мира, как США, Китай, Россия, Германия, Франция. В Украине имеются разработки только по химическим соединениям, способных к регенерации воздуха и изолирующим дыхательным аппаратам.

Анализ литературных источников в данной области показал, что наиболее перспективным способом поддержания параметров микроклимата герметизированных помещений является использование в этих целях специальных химических веществ, способных к выделению кислорода и одновременному поглощению углекислого газа и паров воды.

Использование традиционных надпероксидных соединений щелочных металлов калия и натрия ( $\text{KO}_2$  и  $\text{NaO}_2$ ) связано с рядом проблем, поэтому необходим поиск новых веществ для регенерации воздуха в изолированных объемах, по своим хемосорбционным свойствам не уступающих популярным соединениям, а по сумме различных технических показателей и превосходящих их.

Синтезируемые регенеративные продукты должны отвечать ряду требований:

- стабильность в окружающей среде;

- большая емкость по выделяемому кислороду и поглощаемому углекислому газу на единицу веса;
- высокая реакционная способность к углекислому газу и парам воды;
- работа в широком температурном интервале;
- разложение должно происходить без плавления и спекания продукта;
- пониженная пожароопасность;
- конечные продукты реакции должны быть экологически безопасны;
- производство регенеративного вещества должно быть экономически целесообразным;
- равномерный коэффициент регенерации ( $K_p$ ), равный:

$$K_p = V(O_2)/V(CO_2) = 1 \div 1,5,$$

где  $V(O_2)$  – объем выделившегося кислорода,  $V(CO_2)$  – объем поглощенного углекислого газа, указанные границы  $K_p$  являются наиболее оптимальными для эффективного использования регенерирующего состава.

Основные классы химических соединений, которые могут являться компонентами регенеративного продукта, представлены в табл. 1.

Существенным недостатком всех рассмотренных соединений является то, что протекающие с их участием реакции являются экзотермическими, и при отработке регенеративного патрона в зоне реакции развивается высокая температура (до 300 °С). В связи с этим возникает необходимость снижения температуры до приемлемых температурно-влажностных параметров. Особенно актуальной эта задача становится в свете разработки регенеративных установок нового поколения из полимерных материалов, так как в этом случае возникает возможность нарушения целостности регенеративного патрона и как следствие отказ РУ.

Таблица 1

**Компоненты химических регенеративных продуктов**

Тип химического соединения	Состав регенеративного продукта	Примечание
Пероксиды	$M_2O_2$ , где $M = H, Li, K, Na$ $MO_2$ , где $M = Ca, Mg, Ba$	Условие – наличие влаги
Надпероксиды	$MO_2$ , где $M = K, Na$ , $M(O_2)_2$ и $M(OH)O_2$ , где $M = Ca$ .	Условие – наличие влаги
Надпероксидно-хлоратные системы	$NaClO_3 - NaO_2$	
Надпероксидно-перхлоратные системы	$M(ClO_4)_2 - NaO_2$ , где $M = Ca, Mg$ $MClO_4 - NaO_2$ , где $M = Li, Na$ $Mg(ClO_4)_2 - NaO_2 - MClO_4$ , где $M=Li, Na$	Инертные присадки – $Si, SiO_2$ . Катализатор – $CoCl_2$
Надпероксидные системы	$Ca(OH)O_2 - KO_2, KO_2 - NaO_2 = 3:1$ , $KO_2 - MO_2 - KCl - MCl_2$ , где $M = Ca, Mg, Ba$	
Оксидно-надпероксидные системы	$KO_2 - CaO$	Асбест в качестве связующего компонента

Проблема уменьшения теплового эффекта протекающих реакций и снижения температуры воздуха внутри помещения может быть решена тремя способами:

- 1) созданием регенеративных продуктов, реагирующих с меньшим выделением тепла;
- 2) изменением конструкции РУ для поглощения избыточного тепла, выделяемого РУ;
- 3) применением специальных теплоаккумулирующих составов. [6]

Первый способ основан на применении изделий, характеризующихся значительной площадью теплоотдачи и в конечном итоге требует дополнительных устройств для утилизации накопленного тепла.

Второй способ более приемлем и предусматривает подбор специальных теплоаккумулирующих соединений, которые должны быть:

- нетоксичными и коррозионно-неактивными по отношению к металлическим материалам установки;
- химически стойкими длительное время (в соответствии со сроком хранения), не изменять своих свойств и не образовывать нерастворимых осадков, которые могут привести к загрязнению фильтров и щелевых зазоров устройства;
- должен иметь удовлетворительные физико-химические и теплофизические свойства (температуру плавления от 40 до 100°C, высокую теплоемкость не менее 40 кДж/моль).

Новым направлением в создании регенеративных продуктов является синтез регенеративного вещества на матрице [5,7]. Для улучшения эксплуатационных характеристик регенеративного продукта, таких как повышение активности к диоксиду углерода, равномерное выделение активного кислорода, снижение плавкости продукта, регулируемые массогабаритные характеристики изделия и т. д., в настоящее время разрабатывается принципиально иной подход в получении регенеративного продукта, а именно, выделение его не в свободном состоянии в виде порошка, а на поверхности и в порах специальной матрицы.

Основным затруднением для широкого внедрения данного способа является сложность выбора полимерной матрицы, которая должна удовлетворять следующим требованиям:

- химическая стойкость к исходным компонентам регенеративного продукта;
- высокая пористость, гигроскопичность;
- термостойкость;
- негорючесть.

Анализ литературных источников по свойствам полимерных материалов показал, что основная часть современных полимеров для конкретно решаемой задачи не может быть использована.

В работе [5] авторы из целого ряда полимеров экспериментально определили, что наиболее целесообразно применять неорганические полимерные материалы на основе стеклянного волокна, хотя в силу своих структурных особенностей это вещество удовлетворяет не всем потребительским требованиям регенеративного продукта. В частности, рассматриваемые волокна обладают большой хрупкостью, плохой ударной прочностью на изгиб, высокой плотностью. Поиск альтернативы стекловолкнистым материал для матрицы при использовании данного способа регенерации на сегодня продолжается.

Таким образом, перечисленные способы химической регенерации с применением регенеративных установок, поглотительных известковых патронов в сочетании с кислородными баллонами и других новых направлений в этой сфере не решают проблемы длительного пребывания людей в герметизированных отсеках защитных сооружений.

Конструирование новых устройств технических систем воздухоподготовки для защитных сооружений позволит создать регенеративные установки со сбалансированной регенерацией, т. е. с управляемой скоростью выделения кислорода и поглощения углекислого газа.

### **Выводы**

Проведенный анализ используемых в настоящее время систем для регенерации воздуха в герметизированных помещениях показал, что данные установки имеют ряд существенных недостатков: являются морально и технически устаревшими, энергоемкими, экономически нецелесообразными и небезопасными с точки зрения риска.

В связи с этим предлагается:

- подобрать новый регенеративный продукт на химически связанном кислороде, обладающий меньшей теплотой разложения;
- внести изменения в конструкционные особенности РУ для регулирования скорости регенерации;
- создать специальные устройства для отвода образующегося тепла внутри регенерационной установки и из внутреннего воздуха помещения;

### **Литература**

1. Закон України Про правові засади цивільного захисту № 1859-IV від 24.06.04.
2. ДБН Б. 1.1-5:2007. Друга частина. Склад, зміст, порядок розроблення, погодження та затвердження розділу інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони) на мирний час у містобудівній документації.
3. Приказ МЧС Украины «Про затвердження Інструкції щодо утримання захисних споруд цивільної оборони у мирний час» № 653 от 09.10.2006.
4. Пак В. В., Ехилевский С. Г. Эффективное использование химически связанного кислорода для защиты дыхания шахтеров и горноспасателей// Научно-практична конференція «Донбас 2020: наука і техніка - виробництву», 5-6 лютого 2002 р., Донецьк – с.549-553.

5. Регенеративные продукты нового поколения: технология и аппаратурное оформление: монография/ Н. Ф. Гладышев, Т. В. Гладышева, С. И. Дворецкий, С. Б. Путин, М. А. Ульянова, Ю. А. Ферапонтов. – М.: «Издательство Машиностроение-1», 2007. – 156 с.

6. Гладышева Т.В., Ермаков А.А., Архипова М.П. Термоаккумулирующие составы в системах изолирующих дыхательных аппаратов// Труды ТГТУ, Выпуск № 19/ Тамбов. Издательство ТГТУ/ 2006.

7. Гладышев Н.Ф., Дворецкий С.И., Дорохов Р.В., Гладышева Т.В. Инновационная технология производства регенеративных продуктов нового поколения// XI научная конференция ТГТУ «Фундаментальные и прикладные исследования, инновационные технологии, профессиональное образование»/ Сборник трудов/ Тамбов. Издательство ТГТУ/ 2006.

## **АНОТАЦІЇ** (на українській мові)

### **Лінченко Ю.П., Горусов А.А. Метод інтегральних кінцевих елементів в моделюванні пальової основи**

Викладені визначення і теоретичні принципи методу інтегральних кінцевих елементів ІКЕ. Показана практична методика розробки структури і параметрів ІКЕ пальової основи. В результаті одержана двоелементна модель палі, напружено-деформований стан якої відповідає результатам розрахунку по нормах проектування.

### **Попов А.В., Тельніх Н.Н., Цаплін Е.Г., Коротков А.Н., Літовченко П.А. Застосування ін'єкційних технологій в пристрої підстав будівель за різних геологічних умов Криму**

Дано теоретичне обґрунтування і приведені приклади успішного застосування ін'єкційного армування ґрунтів основи різних споруд для поліпшення їх однорідності і підвищення несучої здатності.

### **Сафонов А.А. Суспільно-економічні формації, житлове середовище і типологія житла**

Виявлені особливості діяльності людини при різних суспільно-економічних формаціях, показаний їх вплив на формування вимог до житла, житлового середовища і зв'язків з природним оточенням. Названі основні типологічні групи житлових будинків, сучасні системи життєзабезпечення житла і напрямку їх перспективного вдосконалення.

### **Сафонов А. А. Типологія житла (вчора, сьогодні, завтра)**

Виявлені фактичні і уявні причини затребуваності типологічних різновидів житлового будинку. Вказані деякі напрями сфер діяльності населення і особливості побуту сімей, які роблять вплив на вибір типа будинку і його місцеположення.

**Сафонов А.А., Сафонов Д. А. Еволюція формоутворення садибного сімейного житлового будинку**

Розроблена принципова схема виникнення і подальшого вдосконалення садибного будинку. Показані регіональні особливості даного типу будинку, емпірично знайдені народними архітекторами. Вказані причини, по яких дані напрацювання не використовуються в практиці сучасного садибного будівництва.

**Родин С.В., Чеботарева Е.Г. Облік напружено-деформованого стану системи «підстава - фундамент - надфундаментна будова» при проектуванні фундаментів під колони каркасних будинків.**

Наведено розрахунок фундаменту по нормальних перетинах при рівномірному, трапецеидальному і параболічному розподілі контактних тисків по підшві фундаменту, виконаний аналіз отриманих результатів.

**Свищ И.С. Актуальність використання бетонів на основі відходів металургійного виробництва в сучасних умовах будівельної індустрії**

Показано актуальність використання відходів виробництва з використанням природних ресурсів, тому що останні є непоправними в найкоротші тимчасові періоди

**Корохов В.Г., Бурова І.В., Лаврінюв П.Г. Розрахунок техніко-експлуатаційних показників подрібнень і формуючого устаткування для будівельних матеріалів**

Приводяться одержані залежності для розрахунку продуктивності і споживаної потужності подрібнень, а також конструктивних параметрів робочих органів преса для безперервного формування погонажних виробів. Одержані залежності застосовні для використання їх в проектних і перевірочних розрахунках вказаного устаткування.

**Хабрат Н.І. Питання теорії передачі навантаження роликвою обгінною муфтою**

Приведений аналіз сил, що впливають на ролик обгінної муфти в його рівноважному положенні при різних кутах заклинювання і рекомендації по обгрунтуванню його діаметрального розміру.

**Беляєва Л.С., Жваво Н.Н., Орлікова В.П., Жадан О.А. Методи оцінки дії шкідливих речовин при пожежах у вугільних шахтах**

У роботі розкривається доцільність застосування аналітичного методу визначення концентрацій шкідливих речовин в гірничому виробленні як достовірна характеристика токсичної небезпеки матеріалу конвейерних стрічок для організму людини в аварійних умовах.

**Беляєва Л.С., Орлікова В.П. Моніторинг процесів поглинання органічних речовин гірськими породами**

Представлене експериментальне визначення характеристик поглинання органічних речовин компонентами вуглепородного масиву для визначення параметрів масопереносу (?), які будуть використані при розрахунку розповсюдження шкідливих речовин в шахтному середовищі.

**Козловська О.Н., Ігнат'єва О.Г., Коновалов С.К. Багаторічні зміни стану карбонатної системи зони аероба глибоководної частини Чорного моря**

Представлена оцінка багаторічних змін стану карбонатної системи зони аероба глибоководної частини Чорного моря. Розглянуті зміни вмісту всіх компонентів карбонатної системи, зокрема водневого показника і значення рівноважного парціального тиску вуглекислого газу вод зони аероба Чорного моря. Встановлено зниження величини рН з 8,17 по 7,79 і збільшення рСО<sub>2</sub> з 240 мкатм до 300 мкатм, що привело до зниження здатності Чорного моря поглинати вуглекислий газ у 2 рази.

**Стоянов В.У., Котков А.А., Фрідман А.В. Проблеми екологічної безпеки при перевезенні вантажів водним транспортом в прибережній зоні АР Крим**

У статті досліджуються проблема оцінки небезпеки забруднення важкими нафтопродуктами донної і берегової частини акваторії Кримського півострова в результаті перевезення потенційно небезпечних і хімічно небезпечних вантажів.

**Афтанюк В.В., Мазуренко А.С. Вдосконалення технології проектування енергозберігаючих систем опалювання**

Виконаний аналіз сучасних методів проектування систем опалювання будівель із застосуванням традиційних способів і сучасних програмних комплексів провідних виробників опалювального устаткування.

Розроблена раціональна структура автоматизованого процесу проектування енергозберігаючих систем опалювання.

**Бекіров Э. А. д.т.н. Швечкова Ю.О. Основні вимоги для сертифікації геліоколекторів в Україні**

Останнім часом в Україні випускається достатньо велика кількість геліоколекторів що не пройшли сертифікацію продукції, яка є обов'язковою. У роботі приводяться основні вимоги до сертифікації геліоколекторів, використовуваних для гарячого водопостачання і тепlopостачання будівель і споруд.

**Дорошенко А.В., Денісова А.Е., Джамаль Камаль Хуссін. Сонячні системи кондиціонування повітря з фото-електро-термічними перетворювачами сонячної енергії**

Приведені існуючі напрями в розробці сонячних (альтернативних) систем кондиціонування повітря. Розроблені схемні рішення для альтернативних систем кондиціонування повітря, засновані на відкритому циклі абсорбції з прямою регенерацією абсорбенту.

**Кібовський С.А. Основні положення і пріоритетні напрями реалізації енергозберігаючої моделі розвитку економіки Автономної Республіки Крим**

Розглядаються основні положення і пріоритетні напрями реалізації енергозберігаючої моделі розвитку економіки Автономної Республіки Крим. Дається аналіз результатів реалізації заходів і завдань, передбачених Комплексною програмою енергозбереження в Автономній Республіці Крим за період з 2004 по 2008 роки. Пропонуються заходи за рішенням проблемних питань у сфері енергозбереження.

**Лапіна О.А. Запобігання техногенним аваріям на системах газопостачання**

Проведена статистика техногенних аварій на системах газопостачання України з людськими жертвами. Запропоновано, додатково до існуючих заходів безпеки, передбачити в квартирах установку приладів контролю концентрації природного і чадного газів, що відключають відсікачем подачу природного газу в квартиру.

**Любомирський Н.В., Зайцев О. Н. Вплив ступеня крутки на стійкість структури потоку, що обертається**

Приведені результати теоретичних досліджень закрученого потоку з розвиненою зоною зворотних струмів і прецесуючим вихровим яд-

ром, одержані залежності, що дозволяють визначити стійкість структури сильнозакрученого потоку.

**Стоянов В. У., Ревякина Ю. Н.**

**Системи регенерації повітря захисних споруд: перспективні напрями розвитку**

Проаналізовані існуючі способи регенерації повітря в режимі повної ізоляції захисних споруд, вказані їх основні недоліки. Виділені перспективні напрями розвитку і створення регенеративних систем нового покоління.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Раздел 1. СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ</b> .....	3
Линченко Ю.П., Горусов А.А. Метод интегральных конечных элементов в моделировании свайного основания.....	3
Попов А.В., Тельних Н.Н., Цаплин Е.Г., Коротков А.Н. Литовченко П.А. Применение инъекционных технологий в устройстве оснований зданий при различных геологических условиях Крыма.....	10
Сафонов А. А. Общественно-экономические формации. Жилая среда и типология жилища.....	21
Сафонов А. А., Типология жилища (вчера, сегодня, завтра).....	26
Сафонов А.А., Сафонов К. А. Эволюция формообразования усадебного семейного жилого дома.....	33
<b>Раздел 2. ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, МЕХАНИКА И СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ</b> .....	37
Родин С.В., Чеботарева Е.Г. Учет напряженно-деформированного состояния системы «основание – фундамент - надфундаментное строение» при проектировании фундаментов под колонны каркасных зданий.....	37
<b>Раздел 3. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ</b> .....	48
Свищ И.С. «Актуальность использования бетонов на основе отходов металлургического производства в современных условиях строительной индустрии».....	48
<b>Раздел 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА</b> .....	55
Корохов В.Г., Бурова И.В., Лавринев П.Г. Расчет технико-эксплуатационных показателей измельчителей и формующего оборудования для строительных материалов.....	55
Хабрат Н.И. Вопросы теории передачи нагрузки роликковой обгонной муфтой.....	63

<b>Раздел 5. ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....</b>	<b>76</b>
Беляева Л.С., Бойко Н.Н., Орликова В.П., Жадан О.А. Методы оценки воздействия вредных веществ при пожарах в угольных шахтах.....	76
Беляева Л.С., Орликова В.П., Мониторинг процессов поглощения органических веществ горными породами.....	80
Козловская О.Н., Игнатъева О.Г., Коновалов С.К. Многолетние изменения состояния карбонатной системы аэробной зоны глубоководной части Чёрного моря.....	86
Стоянов В.У., Котков А.А., Фридман А.В. Проблемы экологической безопасности при перевозке грузов водным транспортом в прибрежной зоне АР Крым.....	91
<b>Раздел 6. ВОДОБЕСПЕЧЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ, ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИКА.....</b>	<b>96</b>
Афтанюк В.В. Современные энергосберегающие технологии в системах отопления зданий.....	96
Дорошенко А.В., Денисова А.Е., Джамаль Камаль Хусеин Солнечные системы кондиционирования воздуха с фото- электро-термическими преобразователями солнечной энергии.....	102
Кибовский С.А. Основные положения и приоритетные направления реализации энергосберегающей модели развития экономики Автономной Республики Крым.....	120
Лапина Е. А. Предотвращение техногенных аварий на системах газоснабжения.....	128
Любомирский Н.В., Зайцев О. Н. Влияние степени крутки на устойчивость структуры вращающегося потока.....	131
Стоянов В. У., Ревякина Ю. Н. Системы регенерации воздуха защитных сооружений: перспективные направления развития.....	135
<b>АННОТАЦИИ.....</b>	<b>143</b>

Збірник наукових праць  
«Будівництво та техногенна безпека»  
28/2009

Сборник научных трудов  
«Строительство и техногенная безопасность»  
28/2009

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

Компьютерная верстка К.А.Янушковский В.А.Белавский  
Компьютерный набор авторский

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

Подписано к печати 30.04.2009.  
Формат 60x84 1/16. Гарнитура Times New Roman  
Усл. п. л. 7.9 . Тираж 350 экз.

Отпечатано с оригинал-макетов заказчика  
в типографии ФЛП Бражниковой Н.А.  
г. Симферополь, ул. Декабристов, 21, оф 105  
Тел. (0652) 70-63-31, 050-648-89-34  
e-mail: braznikov@mail.ru