

Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины  
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

# **СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Сборник научных трудов

Выпуск 43

## **БУДІВНИЦТВО ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА**

Збірник наукових праць  
Випуск 43

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»  
2012

УДК 69

Збірник наукових праць  
«Будівництво та техногенна безпека»

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

Редакційна колегія:

Ажермачов Г.А., канд. техн. наук, Бекіров Е.А., докт. техн. наук, Боровський Б.І., докт. техн. наук, Бугаєвський Г.М. докт. фіз.-мат. наук, Ветрова Н.М., докт. техн. наук, Дворецкий О.Т., докт. техн. наук, Зайцев О.М., докт. техн. 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, Нагаєва З.С., докт. архітектури, Ніколенко І.В., докт. техн. наук, Пашенцев О.І., докт. екон. наук, Саломатін В.М., докт. геол.-мін. наук, Сапронова З.Д., канд. геол.-мін. наук, Сироджа І.Б., докт. техн. наук, Стоянов В.У., докт. техн. наук, Чемодуров В.Т., докт. техн. наук, Федоркін С.І., докт. техн. наук, (головний редактор), Шаленний В.Т., докт. техн. наук, (зам. головного редактора), Ячменьова В.М., докт. екон. наук

Затверджено до друку згідно протоколу засідання вченої ради НАПКБ № 2 від 27.09.2012 р.

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

©Национальная академия  
природоохранного  
та курортного будівництва,  
2012

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, Ветрова Н.М., докт. техн. наук, Дворецкий А.Т., докт. техн. наук, Зайцев О.Н., докт. техн. 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, Нагаева З.С., докт. архитектуры, Николенко И.В., докт. техн. наук, Пашенцев А.И., докт. техн. наук Саломатин В.Н., докт. геол.-мин. наук, Сапронова З.Д., канд. геол.-мин. наук, Сироджа И.Б., докт. техн. наук, Стоянов В.У., докт. техн. наук, Чемодуров В.Т., докт. техн. наук, Федоркин С.И., докт. техн. наук, (главный редактор), Шаленный В.Т., докт. техн. наук, (зам. главного редактора), Ячменева В.М., докт. екон. наук

Утвержден к печати согласно протокола заседания ученого совета НАПКБ № 2 от 27.09.2012 г.

Адрес редакции: 95006 г. Симферополь, ул. Павленко, 5, НАПКБ, корпус 2, к 410,  
E-mail: rio@napks.edu.ua.

© Национальная академия  
природоохранного  
и курортного строительства,  
2012

## РАЗДЕЛ 1. АРХИТЕКТУРА

Стребіж Н.В. Координації на основі спряжених пучків кіл та їх застосування для формоутворення поверхонь	5
Микиртычева А. О.Михеева Ю. Л. Видеоэкологические аспекты цветовой гармонизации городской среды г. Симферополя	12
Панченко Н.В. Некоторые особенности определения эксплуатационных затрат на социальное и доступное жилище	17

## РАЗДЕЛ 2.

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Волосович О.В., Волосович О.И. Алгоритмизация расчета железобетонной неразрезной балки	21
Жигна В.В., Литовченко С.П. Особенности механизма исчерпания несущей способности трехслойными сборно-монолитными железобетонными элементами стен при внецентренном сжатии	24
Литовченко П.А., Глушаков Н.И. Распределение напряжений в нормальном сечении облегченных трёхслойных сборно-монолитных железобетонных панелей при изгибе	31
Осипов О.Ф., Акімов С.Ф. Выбор рациональных технологических решений при замене перекрытий реконструируемых жилых зданий	36
Чеканович О.М. Результати повнофакторного числового експерименту залізобетонних балок, підсилених новою важільно-стрижневою системою	43

## РАЗДЕЛ 3.

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Кошлак Г.В. Особливості термічного спучення гідросилікатів	49
Павленко А.М., Климов Р.А. Динамические эффекты в неравновесных жидких смесях	53
Свищ И.С. Поликарбонилаты и добавки для бетонов на их основе	59
Селаметов Э.Ш., Саломатин В.Н. Исследования электромагнитного излучения в процессе набора прочности и последующем разрушения бетона класса В 25	64
Федоркин С.И., Макарова Е.С., Елькина И.И. Технология изготовления кирпича на основе отходов горных пород с использованием механоактивированного сырья	69

## РАЗДЕЛ 4.

### ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, МЕХАНИКА И СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ

Солошенко А.В. Определение динамических характеристик здания при помощи вибрационного воздействия генератора	74
--	----

## РАЗДЕЛ 5.

### ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Осипов О.Ф., Тугай Я.Б. Дослідження будівельно-технологічних характеристик будинків перших масових серій	80
--	----

## РАЗДЕЛ 6.

### ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Иваненко Т.А. Инженерно-геологические особенности побережья западного Крыма	85
Пашенцев А. И. Оценка экологического ущерба от применения индивидуальной системы теплоснабжения	92

<b>Штонда Ю.И., Салиев Э.И., Эдимов Р.Р., Зубко А.Л., Штонда И.Ю.</b>	
<b>Повышение эффективности очистки сточных вод от соединений азота на канализационных очистных сооружениях г. Красноперекоска</b>	<b>97</b>
<b>Чабан В.В. Применение биоиндикатора <i>Artemia salina</i> при экологическом изучении соленых озер Крымского полуострова (на примере озер Евпаторийской группы)</b>	<b>102</b>

#### **РАЗДЕЛ 7.**

### **ВОДООБЕСПЕЧЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ, ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИКА**

<b>Анисимов С.Н. Энергосбережение и теоретические предпосылки для формирования критериев эффективности термодинамических процессов</b>	<b>106</b>
<b>Боровский Б.И., Атрощенко С.Ю. Техничко-экономическая оценка использования полиэтиленовых труб при проектировании газовой сети в сельской местности</b>	<b>111</b>
<b>Завалий А.А. Оптимизация профиля отражающей поверхности инфракрасного излучателя</b>	<b>115</b>
<b>Муровский С.П., Кузнецов П.Н. Разработка эффективной системы автономного энергоснабжения удаленных объектов на основе нетрадиционных возобновляемых источников энергии</b>	<b>122</b>
<b>Эпоян С.М., Карагяур А.С., Бабенко С.П. Исследование работы модуля мембранной ультрафильтрации</b>	<b>127</b>
<b>Аннотации на украинском языке</b>	<b>132</b>

## РАЗДЕЛ 1. АРХИТЕКТУРА

*УДК 514.18*

### КООРДИНАЦІЇ НА ОСНОВІ СПРЯЖЕНИХ ПУЧКІВ КІЛ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ ФОРМОУТВОРЕННЯ ПОВЕРХОНЬ

**Стребіж Н.В., аспірант**

*Донецький національний технічний університет, Україна*

Запропоновано спосіб складання рівнянь поверхонь, які несуть на собі сім'ю координатних ліній певної тривимірної системи координат. Інша сім'я ліній на поверхні визначається лінією, через яку повинна пройти поверхня, або внутрішнім рівнянням функцій вводу тривимірної системи координат.

Базування способу виключно на підстановках і спряження отримуваних параметричних рівнянь з вхідними даними програм візуалізації і розрахунків визначають сферу застосування в проектуванні і виготовленні на обладнанні з ЧПК об'єктів криволінійної форми.

**тривимірна система координат, формоутворення поверхонь, лінії кривини.**

#### ВСТУП

Компонентами комп'ютерних технологій проектування об'єктів криволінійної форми є:

- візуалізація поверхні як основа для складання графічної документації ЄСКД і як засіб спостереження при керуванні формоутворенням;
- програми розрахунку на міцність та стійкість щодо оболонок;
- програми керування обробленням на обладнанні з ЧПК.

Названі компоненти передбачають вхідні дані про поверхню у вигляді параметричних рівнянь, бажано віднесених до ліній кривини.

#### АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ

На основі спряжених пучків кіл введені плоскі біполярні і просторові біполярні [2, 3, 4], які в [5, 6] названі бісферичними, а також тороїдальні координати [2, 3, 4, 5, 6].

Якщо на вертикальній осі розташувати центри кіл еліптичного пучка, які перетинають вісь  $Ox$  в двох точках  $(c, 0)$  і  $(-c, 0)$ , то спряжений пучок кіл буде складатись з кіл, центри яких розташовані на горизонтальній осі, він буде гіперболічним. Таке розташування притаманне для плоских біполярних координат

$$x = \frac{a shu}{chu + \cos v}, y = \frac{a \sin v}{chu + \cos v}. \quad (1)$$

Якщо систему (1) обернути навколо горизонтальної осі і сумістити її з віссю  $Oz$  просторової системи, отримаємо просторові біполярні [2, 3], бісферичні координати [5, 6]

$$x = \frac{a \sin v \cos w}{chu + \cos v}, y = \frac{a \sin v \sin w}{chu + \cos v}, z = \frac{a shu}{chu + \cos v}. \quad (2)$$

Якщо систему (1) обернути навколо вертикальної осі, сумістивши її з віссю  $Oz$  просторової системи, отримаємо тороїдальні координати [2, 3, 4, 5, 6]

$$x = \frac{a shu \cos w}{chu + \cos v}, y = \frac{a shu \sin w}{chu + \cos v}, z = \frac{a \sin v}{chu + \cos v}. \quad (3)$$

Функції введення просторових біполярних (2) і тороїдальних координат незручні для формоутворення поверхонь, що несуть на собі сім'ю координатних ліній за наступних причин: радіуси формотворчих кіл плоскої системи кіл (1) не входять до цих функцій у

явному вигляді. Крім того, нерівномірність зміни функцій при рівномірності зростання аргументу набуває на певних інтервалах таких значень, які не забезпечують вимозі метода скінченних елементів щодо наближеної рівності їхніх лінійних розмірів.

В дисертації [7] наведено функції введення плоских біполярних координат в параметризації, відмінної від (1):

$$x = u \frac{u \sqrt{v^2 + c^2} \pm v \sqrt{u^2 - c^2}}{u^2 + v^2}, \quad y = v \frac{v \sqrt{u^2 - c^2} \pm u \sqrt{v^2 + c^2}}{u^2 + v^2} \quad (4)$$

і тороїдальних координат

$$\begin{aligned} x &= u \frac{u \sqrt{v^2 + c^2} \pm v \sqrt{u^2 - c^2}}{u^2 + v^2} \cos w, \\ y &= u \frac{u \sqrt{v^2 + c^2} \pm v \sqrt{u^2 - c^2}}{u^2 + v^2} \sin w, \\ z &= v \frac{v \sqrt{u^2 - c^2} \pm u \sqrt{v^2 + c^2}}{u^2 + v^2}, \end{aligned} \quad (5)$$

де  $u$  – радіус кола еліптичного пучка кіл з центрами на осі  $Oz$ ,  $v$  – радіус кола гіперболічного пучка кіл з центрами на прямій, що є перетином пучка площин з площиною  $xOy$ , за умов, що  $Oz$  є віссю пучка,  $c$  – спільна для обох пучків кіл стала величина – довжина відрізків, які кола еліптичного пучка кіл відтинають на осі  $Ox$  за умов, що початок  $O$  є спільним кінцем цих відрізків.

#### МЕТА ДОСЛІДЖЕНЬ

За мету досліджень поставлено узагальнення функції введення біполярних і тороїдальних координат на випадок їх формоутворення обертанням спряжених пучків кіл навколо однієї з центральних осей.

#### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ АНАЛІЗ

Введемо позначення щодо формотворчих спряжених пучків кіл:  $u$  – змінний радіус кола з центром на осі  $Oz$ ,  $\sqrt{u^2 \pm c^2}$  – змінна апліката кола радіуса  $u$ ,  $v$  – змінний радіус кола з центром на осі  $Ox$  при  $y = 0$ ,  $\sqrt{v^2 \mp c^2}$  – змінна абсциса центра кола радіуса  $v$ ,  $c$  – спільний параметр спряжених пучків.

Рівняння першого пучка кіл [1]

$$S_1 = x^2 + z^2 - 2z\sqrt{u^2 \pm c^2} \pm c^2 = 0. \quad (6)$$

Рівняння спряженого з ним пучка

$$S_2 = x^2 + z^2 - 2x\sqrt{v^2 \mp c^2} \mp c^2 = 0. \quad (7)$$

У рівняннях (6), (7) верхні знаки відповідають випадку, в якому  $S_1 = 0$  гіперболічний пучок, а  $S_2 = 0$  – еліптичний пучок, нижні знаки –  $S_1 = 0$  еліптичний пучок,  $S_2 = 0$  – гіперболічний пучок.

Покажемо, що будь-яке коло одного з пучків (6), (7) ортогональне усім колам іншого (спряженого) пучка.

Умова ортогональності двох кіл радіусів  $r$  та  $r'$  з координатами центрів  $(\alpha, \beta)$ ,  $(\alpha', \beta')$  [1]

$$2\alpha\alpha' + 2\beta\beta' - \gamma - \gamma' = 0. \quad (8)$$

В нашому випадку:  $\alpha = 0, \beta = \sqrt{u^2 \pm c^2}, \alpha' = \sqrt{v^2 \mp c^2}, \beta' = 0,$

$$\gamma = \alpha^2 + \beta^2 - u^2 = u^2 \pm c^2 - u^2 = \pm c^2, \gamma' = \alpha'^2 + \beta'^2 \pm v^2 = v^2 \mp c^2 - v^2 = \mp c^2$$

і умова (8) виконується.

Рівняння радикальної осі будь-якої пари з різних пучків кіл [1]

$$2(\alpha' - \alpha)x + 2(\beta' - \beta)z + \gamma - \gamma' = 0$$

$$2x\sqrt{v^2 \mp c^2} - 2z\sqrt{u^2 \pm c^2} \pm 2c^2 = 0, \quad (9)$$

звідки

$$x = \frac{z\sqrt{u^2 \pm c^2} \mp c^2}{\sqrt{v^2 \mp c^2}} - \quad (10)$$

рівняння пучка прямих, що проходять через точку  $\left(\mp \frac{c^2}{\sqrt{v^2 \mp c^2}}, 0\right)$  при

$v = const.$

З рівняння (9) отримуємо

$$z = \frac{x\sqrt{v^2 \mp c^2} \pm c^2}{\sqrt{u^2 \pm c^2}} - \quad (11)$$

рівняння пучка прямих, що проходять через точку  $\left(0, \pm \frac{c^2}{\sqrt{u^2 \pm c^2}}\right)$  при

$u = const.$

Таким чином, радикальні осі всіляких пар, складених з фіксованого кола одного пучка і кола з множини кіл спряженого пучка, належать пучку з центром на лінії центрів пучка, до якого належить фіксоване коло.

Розв'яжемо рівняння (6), (7) відносно  $u$  і  $v$  відповідно:

$$u = \sqrt{\left(\frac{x^2 + z^2 \pm c^2}{2z}\right)^2 \mp c^2} \quad (12)$$

$$v = \sqrt{\left(\frac{x^2 + z^2 \mp c^2}{2x}\right)^2 \pm c^2} \quad (13)$$

Функції введення плоских координат в параметрах  $u$  і  $v$  можна отримати, розв'язавши систему рівнянь (6), (7) відносно  $x$  і  $z$ .

Оскільки кожне коло пучка (6) ортогональне усім колам пучка (7) і навпаки, радикальні осі всіляких кіл, що належать різним пучкам, перетинають кола в тих же точках, в яких перетинаються кола між собою.

Тому  $x$  знаходимо розв'язанням системи (6), (11), а  $z$  – розв'язанням системи (7), (10). В результаті отримаємо функції введення плоских ортогональних координат у вигляді:

$$x = u \frac{u\sqrt{v^2 \mp c^2} \pm v\sqrt{u^2 \pm c^2}}{u^2 + v^2}, \quad z = v \frac{v\sqrt{u^2 \pm c^2} \pm \sqrt{v^2 \mp c^2}}{u^2 + v^2}. \quad (14)$$

Функціями (14) вводять плоскі координати, які в іншій параметризації називають плоскими біполярними, а з додаванням третьої координати  $y = w$  – біциліндричними [2].

При обертанні навколо осі  $Oz$  пучок кіл (6) утворює лінійну [8] конгруенцію кіл, яка розшаровується на сім'ю сфер з центрами на  $Oz$ , а пучок кіл (7) утворює суцільну [8] конгруенцію кіл, яка розшаровується на сім'ю торів, якщо пучок кіл з центрами на  $Ox$  був гіперболічний, або на сім'ю поверхонь обертання з меридіаном у вигляді дуги кола, якщо цей пучок був еліптичний. Ортогональність кіл різних конгруенцій забезпечується ортогональністю кіл спряжених пучків.

Функції введення просторової координації набувають вигляду:

$$\begin{aligned} x &= u \frac{u \sqrt{v^2 \mp c^2} \pm v \sqrt{u^2 \pm c^2}}{u^2 + v^2} \cos w, \\ y &= u \frac{u \sqrt{v^2 \mp c^2} \pm v \sqrt{u^2 \pm c^2}}{u^2 + v^2} \sin w, \quad (15) \\ z &= v \frac{v \sqrt{u^2 \pm c^2} \pm u \sqrt{v^2 \mp c^2}}{u^2 + v^2}. \end{aligned}$$

Координації  $u, v, w$ , що вводяться узагальненими функціями (15), назвемо циклічними, оскільки усі три координатні лінії таких координацій – кола. Верхнім знакам у підкореневих виразах (15) відповідають дві біполярні системи координат, нижнім – дві тороїдальні системи, які відрізняються одна від іншої обертанням однієї з двох точок, в яких перетинаються ортогональні кола в площинах  $w = const$ . Таким чином, функціями (15) вводять чотири різних координації, дві з яких визначаються обранням верхніх чи нижніх знаків у підкореневих виразах, і дві – обранням верхнього чи нижнього знаку поза радикалами. П'яту координацію отримаємо при  $c = 0$ .

Розв'яжемо рівняння (15) відносно  $u, v, \cos w, \sin w$ . Для цього у виразах (12), (13) достатньо змінити  $x$  на  $\sqrt{x^2 + y^2}$ . В результаті отримаємо

$$\begin{aligned} u &= \sqrt{\left(\frac{x^2 + y^2 + z^2 \pm c^2}{2z}\right)^2 \mp c^2} \\ v &= \sqrt{\frac{(x^2 + y^2 + z^2 \mp c^2) \pm c^2}{4(x^2 + y^2)}} \quad (16) \\ \cos w &= \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}, \sin w = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}}. \end{aligned}$$

Сукупність функцій (15), (16) дозволяє отримувати параметричні рівняння поверхонь, одну сім'ю координатних ліній якої складають координатні лінії системи (15), а друга сім'я визначається лінією, параметричні рівняння якої

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t) \quad (17)$$

Так, параметричні рівняння циклічної поверхні, що несе на собі  $w$ - лінії системи (15) і проходить через лінію (17) у вигляді

$$x = x(t, w), \quad y = y(t, w), \quad z = z(t, w) \quad (18)$$

отримаємо підстановкою до виразів  $u, v$  (16) замість  $x, y, z$  правих частин (17) і наступною підстановкою отриманих виразів  $u$  і  $v$  до (15). Поверхня (18) буде поверхнею обертання.

Параметричні рівняння поверхні з сім'єю координатних  $u$  - ліній координації (15) у вигляді

$$x = x(t, u), y = y(t, u), z = z(t, u), \quad (19)$$

що проходять через лінію (17) одержимо, підставивши до виразів  $v, \cos w, \sin w$  з (16) замість  $x, y, z$  праві частини (17), а потім отримані вирази  $v, \cos w, \sin w$  до (15).

Нарешті, параметричні рівняння поверхні, що проходить через лінію (17) і має координатну сім'ю ліній, яка збігається з координатною сім'єю  $v$ - ліній координації (15) у вигляді

$$x = x(t, v), y = y(t, v), z = z(t, v) \quad (20)$$

одержимо підстановкою до виразів  $u, \cos w, \sin w$  з (16) замість  $x, y, z$  їхніх виразів (17), а потім отримані вирази  $u, \cos w, \sin w$  слід підставити до (15).

Особливої уваги заслуговує випадок, в якому лінія (17) належить одній координатній поверхні координації (15). В цьому разі координатними лініями системи (15), яка не входить до параметризації поверхні інцидентній лінії (17), остання транслюється на решту координатних поверхонь сім'ї (15). Лінію (17), інцидентну координатній поверхні системи (15)  $w = const$ , рекомендовано подавати внутрішніми рівняннями у вигляді

$$v = v(t), u = u(t), \quad (21)$$

інцидентну координатній поверхні  $v = const$  – внутрішніми рівняннями

$$u = u(t), w = w(t), \quad (22)$$

інцидентну координатній поверхні  $u = const$  – внутрішніми рівняннями

$$v = v(t), w = w(t). \quad (23)$$

Параметричні рівняння шуканої поверхні отримаємо відповідно у вигляді (18), чи (19), чи (20).

Ще привабливіше подання лінії на координатній поверхні системи (15) не через посередництво параметра  $t$ , а явним зв'язком між координатними лініями на цій поверхні:

на координатній поверхні  $w = const - v = v(u)$ , або  $u = u(v)$ ;

на координатній поверхні  $u = const - v = v(w)$ , або  $w = w(v)$ ;

на координатній поверхні  $v = const - u = u(w)$ , або  $w = w(u)$ .

Параметричні рівняння шуканої поверхні отримаємо прямою підстановкою внутрішнього рівняння до (15). Наприклад, підстановка внутрішнього рівняння  $v = v(w)$  приводить до параметричних рівнянь у вигляді

$$x = x(u, w), y = y(u, v), z = z(u, w), \quad (24)$$

віднесених до ліній кривини, оскільки координатна поверхня  $u = const$  системи (15) – сфера, а будь-яка лінія на сфері є її лінією кривини.

Наведемо приклади.

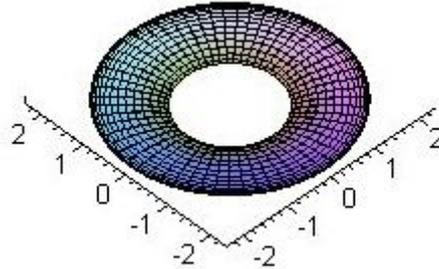
**Приклад 1.** Скласти параметричні рівняння і отримати комп'ютерне зображення поверхні, перша координатна сім'я якої складається з  $w$ - ліній координації (15), а друга визначається астроїдою

$$x = a \sin^3 t, y = a \cos^3 t, z = b, \quad (25)$$

$(a = 2, b = 1)$ , за умов, що система (15) утворена обертанням навколо осі  $Oz$  еліптичного пучка кіл  $(c = 0.8)$ .

**Розв'язання.** Параметричні рівняння поверхні отримаємо підстановкою правих частин (25) до виразів  $u, v$  (16) з наступною підстановкою отриманих виразів  $u, v$  до (15), взявши у рівняннях (15) верхні знаки поза радикалами і нижні в підкоренових виразах.

Комп'ютерне зображення поверхні 1 (рис. 1) одержано за параметричними рівняннями при  $0 \leq t \leq 2\pi, 0 \leq w \leq 2\pi$ .



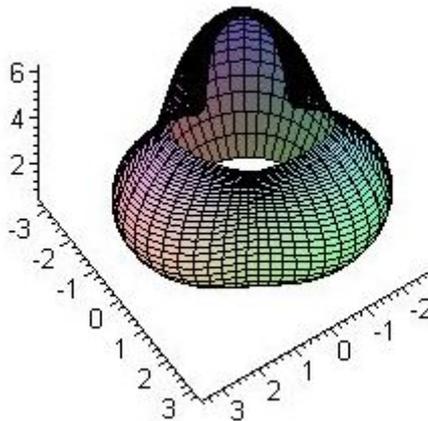
**Рис. 1. Комп'ютерне зображення поверхні 1**

**Приклад 2.** Скласти параметричні рівняння і отримати комп'ютерне зображення поверхні, перша координатна сім'я якої складена з  $v$ - ліній системи (15), а друга визначається внутрішнім рівнянням системи (15)

$$u = k + a \cos(nw), \quad (26)$$

$a = 0.5, k = 3, n = 3$ , за умов, що система (15) утворена обертанням навколо осі  $Oz$  параболічного пучка кіл ( $c = 0$ ).

**Розв'язання.** Параметричні рівняння шуканої поверхні отримаємо підстановкою до (15) замість  $u$  правої частини рівняння (26) при  $c = 0$  і верхніх знаках поза радикалами. Комп'ютерне зображення поверхні 2 (рис. 2) одержано за параметричними рівняннями при  $-1 \leq v \leq 10, 0 \leq w \leq 2\pi$ .



**Рис. 2. Комп'ютерне зображення поверхні 2**

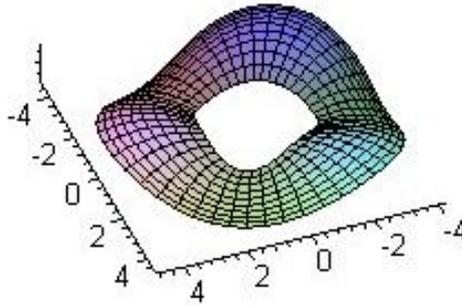
**Приклад 3.** Скласти параметричні рівняння і отримати комп'ютерне зображення поверхні, одна сім'я координатних ліній якої складена з  $u$  - ліній системи (15), а друга визначається внутрішнім рівнянням

$$v = k + a \cos(nw), \quad (27)$$

$$(k = 3, a = 0.5, n = 3).$$

**Розв'язання.** Параметричні рівняння шуканої поверхні 3 отримаємо підстановкою правої частини внутрішнього рівняння до (15), призначивши нижні знаки у підкоренових виразах і верхні знаки поза радикалами. На рис. 3 показано шукану поверхню, побудовану

за параметричними рівняннями при  $c = 0$ ,  $2 \leq u \leq 5$ ,  $0 \leq w \leq 2\pi$ . Координатні лінії поверхні збігаються з лініями кривини.



**Рис. 3 Комп'ютерне зображення поверхні 2**

### ВИСНОВКИ

Одержано узагальнення біполярних і тороїдальних координат, які є ортогональними на основі їх отримання обертанням спряжених пучків кіл і надання радіусам кіл ролі координат.

Наведені способи аналітичного формоутворення поверхонь, що несуть на собі одну сім'ю координатних ліній отриманої координації, а інша сім'я визначається поданням ліній параметричними рівняннями, через яку мусить пройти шукана поверхня.

Якщо лінію розташувати на одній із сфер координатної сім'ї, шукана поверхня отримує представлення в лініях кривини.

Запропонований спосіб формоутворення поверхонь базується виключно на підстановках, що в значній мірі полегшує отримання кінцевих параметричних рівнянь шуканої поверхні.

*Перспектива подальшого дослідження.* Метод складання параметричних рівнянь поверхонь, що несуть на собі сім'ю координатних ліній просторової системи координат, завдяки використанню виключно підстановок і спряженню з програмами розрахунку на міцність і з програмами візуалізації, має перспективу застосування у проектуванні і виготовленні на обладнанні з ЧПК об'єктів складної і криволінійної форми.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Клейн Ф. Высшая геометрия / Ф. Клейн. – М.: ГОНТИ. – 1939. – 399с.
2. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы. – 1973. – 831с.
3. Маделунг Э. Математический аппарат физики / Э. Маделунг. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит-ры., 1961. – 618с.
4. Бермант А.Ф. Отображения. Криволинейные координаты. Преобразования. Формулы Грина. / А.Ф. Бермант. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит-ры. – 1958. – 306с.
5. Spiegel F. Mathematical Handbook of formulas and Tables / F. Spiegel, R. Murray. – New York: McGraw Hill Book Company, 1968. – P.126 – 130.
6. Moon P. Field Theory Handbook, 2<sup>nd</sup>-ed / P. Moon, D.E. Spencer. – Berlin: Springer – Verlag, 1971. – 568с.
7. Лихачова В.В. Формоутворення триортогональних систем поверхонь і відповідних координатних систем: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01 / В.В. Лихачова. – Донецьк, 2010. – 210с.
8. Каган В.Ф. Основы теории поверхностей в тензорном изложении, ч. II / В.Ф. Каган. – М. – Л.: ОГИЗ – ГОСТЕХИЗДАТ., 1948. – 407с.

**УДК 711:72.017.4**

## **ВИДЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЦВЕТОВОЙ ГАРМОНИЗАЦИИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ Г. СИМФЕРОПОЛЯ**

**Микиртычева А. О., Ю. Л. Михеева**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

В данной научно-исследовательской работе поднимается актуальная на сегодняшний день проблема ухудшения визуального состояния городской среды. Рассматриваются факторы, влияющие на организацию городского пространства. Практический результат работы заключается в формировании предложений по возможному созданию гармоничной цветовой среды с учетом принципов и позиций видеоэкологии.

**Городская среда, видеоэкология, визуальная среда, цвет, колористика, колористические решения, цветоносители, агрессивные визуальные поля.**

### **ВВЕДЕНИЕ**

В работе освещается и раскрывается проблема необходимости цветовой гармонизации городской среды, в которой человек постоянно сталкивается с огромным количеством цветоносителей. Это могут быть элементы природного окружения и ландшафта, различные архитектурные формы, объекты городского дизайна и наружной рекламы. А поскольку влияние цвета на психоэмоциональное состояние человека очень велико, а колористическое насыщение городов в 21 веке крайне разнообразное, пестрое, не всегда упорядоченное и отвечающее физиологическим нормам зрения, поэтому необходимо рассмотреть вопрос о цветовой гармонизации с позиции видеоэкологии и учитывая знания в области колористики.

К тому же, Крымский полуостров обладает большим рекреационным потенциалом и имеет достаточно высокий ежегодный наплыв туристов со всего мира. А Симферополь, являясь столицей Крыма, дает представление о Крыме как о регионе в целом.

В связи с этим, при создании среды, благоприятной для жизни человека, необходимо закладывать аспект исследования цвета как одного из факторов формирования городского пространства. Психологически комфортная и функционально удобная городская среда должна иметь грамотные, профессиональные и гармоничные решения по колористике города. Поэтому, поднятая в данной студенческой научной работе тема, очень актуальна на сегодняшний день и должна решаться на законодательном уровне.

### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

Интерес к исследованию состояния визуальной городской среды появился в конце 80-х годов 20 века, когда стала очевидна проблема повсеместной урбанизации городов. Поиск путей гармонизации и упорядочения визуально воспринимаемого городского пространства был проведен академиком Международной академии наук Филиным В.А. Им была издана монография «Видеоэкология. Что для глаза хорошо, а что – плохо». [1] Труд, опубликованный на русском и английском языках, вызвал яркий интерес архитекторов и специалистов в различных областях науки. На основании длительного изучения закономерностей зрительного восприятия были сформулированы позиции и принципы видеоэкологии.

### **ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ**

**Целью** данной работы является анализ городской среды города Симферополя с последующим формированием рекомендаций по гармонизации городской среды, руководствуясь знаниями в областях колористики и видеоэкологии.

**Задачи:**

1. Изучить принципы видеоэкологии;
2. Проанализировать факторы, влияющие на создание комфортной визуальной среды;

3. Сравнить визуальное состояние облика города Симферополя с течением времени;
4. Сделать предложения по гармонизации цветового состояния городской среды Симферополя с учетом аспектов видеоэкологии.

#### **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

В ходе работы над данной темой был осуществлен анализ основных постулатов видеоэкологии. Также было проведено исследование городской среды города Симферополя на предмет выявления цветоносителей и их взаимосвязей. Кроме того, была сделана фотофиксация ряда архитектурных объектов, составляющих историческое ядро застройки города Симферополя.

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ**

В 21 веке проходят непрекращающиеся процессы развития научно – технических достижений, проводятся различные исследования в области строительных технологий и конструкций, совершаются открытия в сфере инженерной мысли, увеличивается интенсивность производства. Динамичный рост, повсеместная урбанизация имеют, к сожалению, и свои отрицательные последствия. Городская среда, которая быстро реагирует на все социальные и технологические изменения, иногда становится психологически и эстетически дисгармоничной для человека. Большое количество прямоугольных форм в архитектуре отрицательно сказывается на физиологическом и состоянии людей. А пестрящее наружной рекламой городское пространство, содержит в себе большое количество неупорядоченных цветовых пятен. И это является актуальной проблемой на сегодняшний день.

Изучением визуального состояния городов занялась видеоэкология – новое научное направление о взаимодействии человека с окружающей средой, исследующее видимую среду как экологический фактор. Родоначалник- академик Международной Академии наук Филин Василий Антонович. Видеоэкология проводит анализ визуальной среды города и дает свои рекомендации по гармонизации различных решений, опираясь на знания в области физиологии.

Проблемы видеоэкологии характерны для городов, в которых преобладает наличие многоэтажных зданий. В лаконичных высотных постройках по всему фасаду расположено большое количество окон. С точки зрения видеоэкологии, зрительно воспринимать подобные объекты трудно, потому как глаз постоянно нуждается в фиксации на каком-то объекте. [2]

Можно выделить ряд причин изменения визуальной среды:

1. Быстрый рост городов и урбанизация.
2. Практическая и утилитарная роль архитектуры в советский период, с применением типовых решений при возведении зданий
3. Отсутствие нормативных документов по формированию визуальной среды.

Для решения проблем, поднимаемых видеоэкологией, выявим факторы создания гармоничной городской среды:

1. Учет физиологических норм зрения человека.
2. Правильная масштабность и уместные пропорции в архитектуре.
3. Согласованность и упорядоченность различных элементов городского дизайна и наружной рекламы с окружающей застройкой.
4. Последовательная концепция колористики города.

Создание визуально комфортной городской среды не случайно включает в себя аспект грамотных колористических решений, ведь цвет - мощнейшее средство воздействия на человека.

Цвет - обязательный элемент градостроительного формообразования, выполняющий свои функции. В современной архитектуре их три: ориентация в пространстве (сигнально-информационная роль); обеспечение психофизиологического комфорта; создание колористического образа (композиционная роль).

По законам колористики, цвета делятся на три группы по их действию на пространство: нейтральные (преимущественно ахроматические); светлые (имеют решающее значение в цветовой композиции); яркие хроматические цвета (используются как акценты). [3]

Законы колористики опираются на знания цветоведения, где первоосновой гармонии считается цветовой круг, или спектр, состоящий из 12 цветов. Цвета в спектре делятся на основные, дополнительные и сложные. [4]

Архитектура не создается вне проблем взаимодействия цветов, поэтому грамотное использование спектра - залог удачных цветовых решений при благоустройстве городской среды.

Колористическое решение строится на однотонной, нюансной или полярной гармонии. Однотонная гармония основывается на сочетании цветов одного и того же тона. Нюансная - создается при наличии примесей одного главного цвета. Полярная - построена на противопоставлении двух цветов, дополнительных или контрастных. Вообще, в современной архитектуре цветовые контрасты получили свое назначение - это распознавание объектов, ориентация в пространстве, выявление конструктивной структуры зданий и ритмов непластичных фасадов. [5]

Создание концепции колористических решений города – очень важный фактор формирования благоприятной среды для человека. Большое количество цветоносителей, окружающее нас в городском пространстве на сегодняшний день, требует согласованности между собой. А чем крупнее город и чем длиннее его история, тем большее количество цветоносителей участвует в формировании облика города.

**Например, среди основных цветоносителей Симферополя можно выделить:**

1. Центральная застройка города. Преобладание пастельных тонов, что обусловлено цветом местного строительного камня - известняка, имеющего, в основном, белый оттенок.
2. Многоэтажные здания типовых серий советской эпохи. Решение в ахроматических тонах.
3. Современная архитектура, имеющая разнообразие цветовой палитры.
4. Объекты наружной рекламы, не имеющие колористической упорядоченности.
5. Элементы природного окружения городской среды, на цветное содержание которых влияют геолого-климатические условия.

Рассмотрим ряд архитектурных объектов исторического ядра города Симферополя, выступающих активными цветоносителями визуальной среды.

Торгово-развлекательный центр «Берг» (Рис 1а, б). [6]



**Рис. 1. Вид торгового центра «Таврида»**

**а) - в 20 веке**

**б) - современный вид здания**

Ранее это был торговый дом «Таврида». Двухэтажное здание было облицовано природным камнем и обладало благородным белым цветом. Визуально этот архитектурный объект, растворяясь на фоне неба, казался легким и ненавязчивым. К тому же, с позиции видеоэкологии, отвечал физиологическим требованиям зрения. Богатое архитектурное убранство здания давало возможность зафиксироваться человеческому глазу на каком-то определенном элементе. Назначение данного объекта менялась с

течением времени. В советскую эпоху, например, на первом этаже располагался магазин женской одежды, а второй этаж был жилым.

Сегодня, с точки зрения видеоэкологии, этот архитектурный объект – источник так называемых агрессивных визуальных полей, которые возникают вследствие того, что большая часть фасада остеклена, а значит, имеет абсолютно гладкую поверхность. Цвет остекления неуместно темный, смотрится достаточно громоздко, монотонно и уныло. С учетом того, что фасад ориентирован на северо-восток, по правилам использования цвета и света в архитектуре, он должен бы обладать теплыми тонами. К сожалению, сейчас это здание не вписывается в природное окружение и дисгармонирует по стилю с рядом находящейся застройкой, а его архитектура сама по себе невыразительна.

Рядом с торгово-развлекательным центром «Берг» находится здание бывшего «Детского Мира». (Рис. 2а, б). [6] Сейчас в нем сосредоточены магазины, а в начале 20 века здесь располагалась швейная фабрика им. Крупской.



**Рис. 2. «Детский Мир»**

**а)- в послевоенный период 60-х годов  
прошлого века**

**б) - облик объекта в 21 веке**

Данный объект интересен с точки зрения архитектуры и хорошо сочетается по цвету с окружающей застройкой. К тому же, после произведенной реконструкции он не потерял своей первоначальной формы. Здание имеет ряд колонн, которые визуально делают его выше.

Однако на фасаде данного объекта размещено большое количество наружной рекламы, которая дисгармонирует по цвету с окружением и дробит его тектонику, закрывает весь объект, что мешает полноценному восприятию архитектурной формы, которая была заложена авторами. А горизонтальный пояс вывески делает форму визуально приземистой.

В историческое ядро города входит и здание универмага «Сельпо». (Рис 3а, б). [6]



**Рис. 3. Универмаг «Сельпо»**

**а) - центральный универмаг в 80-е года**

**б) - современный вид объекта**

Хотя данная архитектура не уникальна в своем роде, однако ранее она смотрелась гармонично. Объект, построенный в 70-х годах 20 века, отвечал требованиям своей эпохи. Здание, располагавшись на пересечении 3 улиц, имело хорошее видовое раскрытие. Круглая в плане форма, перспективное сокращение, игра светотени, выигрышно сказывались на визуальном восприятии архитектуры. Переплет окон выглядел эстетичнее, светлее и воздушнее, оживлял фасад и выявлял архитектуру объекта.

Сегодня главный фасад таковым не воспринимается, нагроможден большим количеством наружной рекламы, которая создает дробность восприятия и дисгармонична по своему цветовому решению. Из-за этого утрачено должное восприятие формы объекта.

Текущая фотофиксация отражает очевидность проблемы, поднятой в данной работе. Ведь то, за что ратует видеоэкология – создание зрительного комфорта при нахождении человека в городской среде – должно является одним из первостепенных факторов при проектировании объектов архитектуры, дизайна и наружной рекламы.

Проанализировав аспекты видеоэкологии и руководствуясь законами колористики, проведя соцопрос среди жителей города, учитывая авторитетные мнения профессионалов в данной области, сделаны следующие рекомендации по гармонизации цветовой среды города Симферополя:

1. При проектировании архитектурных объектов, элементов городской среды и дизайна учитывать физиологические нормы и потребности зрения.
2. При выборе цветового решения обязательно учитывать механизм психологического воздействия цвета на состояние человека и те смысловые нагрузки, которые несет тот или иной цвет.
3. Отказаться от проектирования разностилевых и дисгармоничных по цвету строений, хотя бы в центральном ядре Симферополя, воспользовавшись наработками в области колористики. Например, применять созданные таблицы уместных цветовых сочетаний.
4. При реконструкции учитывать исторически сложившуюся цветовую гамму и натуральные природные оттенки местных строительных материалов.
5. На законодательном уровне решить вопрос о частичном выводе наружной рекламы из центральной части города – пр. Кирова, улиц Гоголя, Горького, Самокиша, Пушкина. Тогда на фасадах проступит исторический цвет города Симферополя.
6. Рассмотреть проблему колористики в контексте с историческими, социально-культурными процессами, которые проходят в городе.
7. Включить план колористических решений в состав документов генерального плана города Симферополя.

### **Выводы**

Человек в течение всей жизни стремится быть счастливым. Это в определенной мере зависит от окружающего его пространства. При создании среды, благоприятной для жизни человека, необходимо учитывать физиологические нормы зрения.

Именно эта актуальная на сегодняшний день проблема была поднята в данной работе. Был рассмотрен вопрос о возможных путях создания цветовой гармонизации городской среды, используя принципы видеоэкологии, колористики и градостроительства. Благоприятная, функционально удобная и психологически комфортная среда должна обязательно включать аспект грамотного и гармоничного цветового решения. Ведь как точно заметил французский художник, дизайнер, теоретик и общественный деятель, Жак Вьено: "Цвет может успокоить и возбудить, создать гармонию и вызвать потрясение. От него можно ждать чудес, но он может вызвать и катастрофу».

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Филин В.А. Видеоэкология. Что для глаза хорошо, а что-плохо. М.: МЦ «Видеоэкология» 1997 (1-е издание), 2001 (2-е издание) – 312 с.
2. Филин В.А. Автоматия саккад. М.: МЦ «Видеоэкология». Московский Университет. 2001. - 263 с.
3. Алексеев С.С., Теплов Б.М, Шеварев П. А. Цвет в архитектуре. - Москва, 1934. - 134 с.
4. Ефимов А.В. Колористика города - Москва, 1990. - 272 с.
5. Кириллова Л.И., Покровский И.А. «Композиция в современной архитектуре». Москва, 1973. – 286 с.
6. О.М. Соболев, А.Б. Делин. Фотоальбом «Симферополь». Искусство, 1984. - 144 с.

УДК 728.14.

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ НА СОЦИАЛЬНОЕ И ДОСТУПНОЕ ЖИЛИЩЕ

Панченко Н.В., к.т.н., доцент

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства,*

В статье проанализирован состав и порядок определения эксплуатационных затрат жилого фонда. Предложено более точно определять технические характеристики жилого здания в значительной степени влияющие на величину эксплуатационных затрат на протяжении всего срока эксплуатации здания и особенность этих затрат для социального и доступного жилья.

**Эксплуатация, жилье, затраты, социальное, доступное**

### ВВЕДЕНИЕ

Функции по содержанию жилых домов и придомовых территорий возложены на жилищно-эксплуатационные организации (ЖЭО). Их цель – эксплуатировать государственный жилищный фонд и обеспечивать его сохранность и рациональное использование, обеспечивать жильцов теплом, электроэнергией, газом, водоснабжением и водоотведением. Как зависят эксплуатационные затраты от конструктивного решения жилого дома? Каковы пути уменьшения эксплуатационных затрат? Это одна из основных проблем местных советов народных депутатов.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

На протяжении последних десятилетий, со времен существования СССР, и по настоящее время эксплуатационные затраты на жилищный фонд формирует ЖЭО. При этом, следует отметить, что ЖЭО, на балансе которых числятся жилые дома, не является их собственником. Отсюда вытекает, что ЖЭО никогда не несет затрат на их приобретение. У ЖЭО (как у коммунального предприятия) не возникает валового дохода на стоимость жилых домов, безвозмездно полученных от государства на свой баланс. В итоге, на жилищный фонд не начисляется амортизация. Отметим, что до 1.07.2000 г., износ на жилые дома ЖЭО начисляла в размере 1,25% за квартал к их первоначальной стоимости. В имеющихся публикациях в основном рассматриваются вопросы величин теплопотерь здания в зависимости от конструкции ограждающих конструкций с различными способами их утепления. Потребление же тепла жильцами в определенном жилом доме полностью зависит от архитектурно-конструктивных и планировочных характеристик жилого здания. В общей величине эксплуатационных затрат, стоимость тепла составляет значительную долю, что еще раз подтверждает важность правильной эксплуатации жилых домов. Исследования размеров и порядка определения затрат по содержанию жилых домов и придомовых территорий практически отсутствуют и соответственно нет технически обоснованных нормативов, позволяющих более точно прогнозировать эксплуатационные расходы по содержанию жилого фонда.

### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Цель статьи – анализ состава эксплуатационных затрат по содержанию жилых домов. Задача анализа содержания эксплуатационных затрат на протяжении всего жизненного цикла жилого здания – определение путей их сокращения за счет применения рациональных конструктивных решений, в наибольшей степени предопределяющих размер затрат по содержанию зданий и прилегающих территорий.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

ЖЭО, занимаясь содержанием жилых домов, обеспечивают их сохранность и пригодность к нормальной эксплуатации, применяя систему планово-предупредительных ремонтов. Под системой планово-предупредительного ремонта жилых зданий понимается совокупность организационных и технических мероприятий по надзору, уходу и всем видам ремонта, проводимых периодически по заранее составленному

плану с целью предупреждения преждевременного износа, предотвращения аварий, а также для поддержания жилых зданий и их инженерного оборудования в постоянной эксплуатационной готовности.

Основными задачами системы планово-предупредительного ремонта являются длительное сохранение жилых зданий в нормальном эксплуатационном состоянии и создание нормальных жилищно-бытовых условий для жильцов. При этом, должно обеспечиваться удлинение срока службы между периодами ремонтов зданий, а также снижение стоимости, трудоемкости и повышение качества ремонтных работ. Эксплуатационные затраты по жилому фонду в общем виде ( $\mathcal{E}$ ) состоять из расходов на содержание и текущий ремонт ( $\mathcal{E}_{cod}$ ) и стоимости энергоресурсов ( $\mathcal{E}_{эр}$ ).

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{cod} + \mathcal{E}_{эр} \quad (1)$$

Расходы на содержание и текущий ремонт в многоквартирном доме ( $\mathcal{E}_{cod}$ ) включают расходы на текущий ремонт конструктивных элементов ( $\mathcal{E}_{рем}$ ), содержание и текущий ремонт внутридомового инженерного оборудования и технических устройств ( $\mathcal{E}_{ин}$ ), благоустройство и обеспечение санитарного состояния многоквартирного дома и придомовой территории ( $\mathcal{E}_{тер}$ ):

$$\mathcal{E}_{cod} = \mathcal{E}_{рем} + \mathcal{E}_{тер} + \mathcal{E}_{ин} \quad (2)$$

Расходы на проведение работ по текущему ремонту конструктивных элементов ( $\mathcal{E}_{рем}$ ) складываются из расходов на проведение следующих видов работ: текущий ремонт фундамента, стен, перекрытий, крыши, кровли, подвальных и чердачных помещений, оконных и дверных проемов, лестниц, внешняя отделка фасадов и иные работы, связанные с ремонтом конструктивных элементов.

$$\mathcal{E}_{рем} = \sum_{n=1}^n \mathcal{E}_n(x_1, x_2, x_3, \dots, x_i), \quad (3)$$

где:  $\mathcal{E}_n$  – стоимость выполняемого вида работ по текущему ремонту;

$n$  – вид выполняемых работ,

$x_i$  – описание вида работ, их объем в зависимости от архитектурно-конструктивного решения здания.

Расходы на благоустройство и обеспечение санитарного состояния жилого дома и придомовой территории ( $\mathcal{E}_{тер}$ ) складываются из расходов на проведение следующих видов работ: уборка лестничных клеток, содержание мусоропроводов, содержание придомовой территории, содержание зеленых насаждений, вывоз бытовых отходов и прочие виды работ, связанных с благоустройством и обеспечением санитарного состояния многоквартирного дома и придомовой территории:

$$\mathcal{E}_{тер} = \sum_{t=1}^t \mathcal{E}_t(y_1, y_2, y_3, \dots, y_i), \quad (4)$$

где:  $\mathcal{E}_t$  – стоимость вида работ по благоустройству, содержанию придомовой территории и обеспечению санитарного состояния жилого дома;

$t$  – вид выполняемых работ;

$y_i$  – описание вида работ, их объем в зависимости от размеров жилого здания, придомовой территории, вида зеленых насаждений.

Расходы на содержание и текущий ремонт внутридомового инженерного оборудования и технических устройств многоквартирного дома ( $\mathcal{E}_{ин}$ ) складываются из расходов на проведение следующих видов работ: техническое обслуживание и текущий ремонт систем холодного водоснабжения, водоотведения, горячего водоснабжения и отопления, электроснабжения, пожарной сигнализации, вентиляционной системы, внутридомового газового оборудования, общедомовых приборов учета, контрольно-измерительных приборов и автоматики, другого оборудования.

$$\mathcal{E}_{uo} = \sum_{s=1}^s \mathcal{E}_s(z_1, z_2, z_3 \dots z_i), \quad (5)$$

где: -  $\mathcal{E}_s$  – стоимость вида работ по содержанию и ремонту инженерных систем жилого дома;

$s$  – вид выполняемых работ;

$z_i$  – описание вида работ, их объем в зависимости применяемых систем отопления, газоснабжения, электроснабжения и контрольно-измерительных приборов, водоснабжения, канализации и другого оборудования.

Стоимость энергоресурсов ( $\mathcal{E}_{ep}$ ), тепло, электроэнергия, газ, вода достигает 75% от величины эксплуатационных затрат. Цены на энергоресурсы устанавливают предприятия- монополисты их производящие (поставляющие). ЖКО формирует свои затраты исходя из цен установленных поставщиками- монополистами. Проектируя жилое здание невозможно влиять на величины этих цен, но можно влиять, например, на количество потребляемой тепловой энергии на протяжении всего жизненного цикла здания. Методом влияния на величину потребляемых энергоресурсов является метод рационального проектирования жилых зданий. Одним из важнейших разделов которого, является определение теплотехнических характеристик ограждающих конструкций. Анализ выражений (3), (5) показывает на наличие в них переменных величин ( $x_i, z_i$ ), зависящих от архитектурно – планировочных и конструктивных решений, принимаемых на стадии проектирования здания.

Создавая социальное и доступное жилье методом рационального проектирования, необходимо учитывать некоторые особенности определения величины эксплуатационных затрат на протяжении жизненного цикла жилого здания. Исходя из социального предназначения указанного типа жилья, предполагающего низкий уровень доходов будущих жильцов, общая величина эксплуатационных затрат может нормироваться государством (или собственником жилого дома). В настоящее время величина «нормируемых эксплуатационных затрат» в различных странах примерно одинакова. Несмотря на то, что американцы за 50 последних лет (1969-2011 гг.) стали богаче в среднем в 2,5 раза, доля расходов на жилищно-коммунальные услуги (ЖКУ), как в сумме их потребительских расходов, так и в располагаемом доходе оставались предельно стабильными, изменяясь в очень узком диапазоне. К такому же выводу приходят и статистики Европы [6]. При разрыве в уровнях доходов между 20% малообеспеченными и 20% наиболее обеспеченными группами населения в европейских странах, составляющем от 5 крат в Дании до 14 крат в Португалии, доля расходов на содержание жилья у семей в разных доходных группах каждой страны примерно стабильна и практически не зависит от уровня доходов.

Можно сделать вывод - доля расходов на ЖКУ примерно стабильна как во времени, так и для отдельных доходных групп населения во всех странах. Важным моментом в этом является то, что *долю расходов на ЖКУ возможно определять по отношению к доходу*. Доля расходов на ЖКУ, аналогичных украинскому показателю, составляла в США на протяжении последних 50 лет только 5,5-6,8%, а в Европейском Союзе - в среднем 5,8% с диапазоном значений от 4,5 до 9,4%. Кстати, эти разбросы для Западной Европы в значительной степени объясняются разницей в структуре собственности жилья и в ценах на энергоресурсы. Самая низкая доля собственного жилья и самые высокие цены в Дании, Германии и Австрии. Именно в этих странах самая высокая доля расходов на ЖКУ. В США и Европе аналог нашим расходам на ЖКУ, их доля составляет 5-10%. Средняя доля платежей за ЖКУ может составлять 7- 10% от семейного дохода. Для снижения нагрузки на бюджеты малообеспеченных семей, например, в США в рамках программы «Помощь на оплату энергоресурсов для семей с низкими доходами» [6] примерно 6% семей, получали субсидии. В рамках только этой программы на компенсацию расходов на топливо и электроэнергию ежегодно расходуется примерно

по 400 долл. в расчете на одну семью в год. В Великобритании существует понятие - «энергетическая бедность» - это семьи, расходы на оплату отопления, электроснабжения и водоснабжения которых превышают 10% от дохода семьи. Государство оказывает им помощь. В эту категорию попадает 3,5 млн. чел, или 15% семей Великобритании. Можно сделать итоговый вывод о том что, пороговое значение расходов на ЖКУ для малообеспеченных семей равно 10%. Практически из такого значения расходов на ЖКУ исходит и порядок предоставления субсидий в Украине, которые выдаются гражданам у которых размер платежей на оплату ЖКУ составляет 15 или 10% [1] от их дохода в зависимости от условий предоставления субсидий.

### **Выводы**

При создании жилого дома, на стадии проектирования возможно предусмотреть меньшие эксплуатационные затраты за счет принятия рациональных архитектурно-планировочных и конструктивных решений.

В составе эксплуатационных затрат значительно большую стоимостную их часть составляют затраты на энергоносители и особенно стоимость тепла, что предопределяет важность технических характеристик ограждающих конструкций, в частности их сопротивление теплопередаче и др., а также необходимость более точной ориентации здания относительно сторон света с целью получения дополнительной тепловой солнечной энергии, или эффективного применения солнцезащиты при перегреве помещений, требующего неоправданного использования энергозатрат на кондиционирование; Рекомендовать заказчикам и проектировщикам применять для доступного и социального жилья жилые дома высотой 4-5 этажей в которых можно не предусматривать лифты, мусоропроводы, что уменьшит как капитальные затраты, так и эксплуатационные затраты на протяжении минимум 100лет (минимальный срок жизненного цикла жилого здания).

Особый интерес представляет вопрос изучения теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций. Примеряя метод рационального проектирования, в решении архитектурно-планировочных и конструктивных решений, изучить максимальные возможности по уменьшению эксплуатационных затрат на социальное и доступное жилье до величины 10% и менее от уровня доходов малообеспеченных групп населения.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Постановление Кабинета Министров Украины от 14.07.2010г., №621.
2. ДБН В.2.2 – 15 – 2005, Жилые здания, К.,2005.
3. Постановление Кабинета Министров Украины от 22.06.1998г., №939.
4. Постановление Кабинета Министров Украины от 27.07.1998г., №1156
5. Положение о проведении планово-предупредительного ремонта жилых и общественных зданий. Утверждено Госстроем СССР 08. 09. 1964 года.
6. Economic Report of the President. Council of EconomicAdvisers. February 2003. Wash. D.C. Tables, b16, b17,b31, b60.

## **РАЗДЕЛ 2. СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ**

**УДК 539.3**

### **АЛГОРИТМИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ НЕРАЗРЕЗНОЙ БАЛКИ**

**Волосович О.В., Волосович О.И.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

В статье изложена схема алгоритма расчета железобетонных неразрезных равнопролетных балок в балочной клетке согласно современным нормам, на основании которого была составлена программа в Microsoft Excell.

**Неразрезная балка, программа, алгоритмизация, оптимизация, перераспределение моментов.**

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Задача по расчету железобетонной неразрезной балки является одной из типичных задач инженера-проектировщика. С недавнего времени для решения подобных задач стало целесообразным применение ЭВМ. Было создано большое количество программ, которые успешно применяются инженерами. Целью каждой программы является оптимизация труда инженера, а качественными характеристиками точность и релевантность результатов, при низком потреблении ресурсов процессора.

#### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

В современном мире присутствует тенденция применения мощных программных комплексов широкого спектра, таких как „Ли́ра”, „ANSYS”, „MSC/NASTRAN”, „ReCon” и т.п. для решения любых задач, что не всегда оправдано[1].

Возможные недостатки использования программных комплексов для решения задач узкой тематики:

В основе подобных программных комплексов лежат некие общие алгоритмы, применяемые для решения всего комплекса программ (например, метод конечных элементов). Следствием общности этих алгоритмов является то, что в большинстве случаев он не оптимален и как следствие требует затраты существенно больших ресурсов процессора.

Для постановки задачи инженеру требуется больше времени, чем в случае применения программ узкой тематики.

Зачастую требуется произвести серию промежуточных вычислений, весь комплекс которых может быть автоматизирован непосредственно в программе узкого профиля.

#### **ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Была поставлена задача создания алгоритма автоматического расчета неразрезной балки на различные сочетания нагрузок. Результатом выполнения программы необходимо было получить совмещенные эпюры поперечных сил и изгибающих моментов от различных сочетаний постоянной и временной нагрузки, на основании которых можно осуществлять подбор арматуры. На критическом участке эпюры изгибающих моментов необходимо было добиться автоматического перераспределения моментов, допустимого в железобетонных балках согласно современным нормам.[2,3]

Целью является автоматизация расчетов инженера при решении описанной задачи, создания максимально простой и быстродействующей программы, оптимальной для обработки большого количества задач данного типа.

#### **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Для решения поставленной задачи возможно использования различных алгоритмов. Ввиду того что минимальное кол-во операций являлось ключевым критерием при выборе пути решения, было решено воспользоваться табличным методом описанным в «Справочнике

проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений» под редакцией А.А. Уманского[4]. Согласно методу для расчета моментов и поперечных сил в критичных участках неразрезной балки используются заранее посчитанные коэффициенты, перемножаемые на длину пролета и величину усилия. А.А. Уманский приводит ряд подобных коэффициентов, достаточных для решения некоторых задач, однако их количество являлось недостаточным (приблизительно 20% от требуемого кол-ва) для решения описанной в статье задачи. С помощью программного комплекса ЭСПРИ 2.1 авторами были подсчитаны все требуемые коэффициенты (в общей сложности 1035) и на их основе созданы таблицы базы данных, из которой программа осуществляет выборку. Далее был написан алгоритм расчета требуемых для построения эпюр усилий, а также механизм их построения. В программу заложены наиболее опасные варианты загрузки пролетов временной нагрузкой, механизм сложения эпюр постоянной с вариациями временной нагрузки. Далее был запрограммирован механизм определения возможности перераспределения моментов и построения результирующей огибающей эпюры.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Программа выполняет расчет главной балки в балочной клетке для 2-5 пролетов и различного числа второстепенных балок. Для расчета задаются длиной балки, количеством второстепенных балок, количеством пролетов, значением постоянной и временной нагрузки. Результатом выполнения программы является набор эпюр моментов и поперечных сил от загрузки постоянной нагрузкой, различных вариантов эпюр от загрузки временной нагрузкой, совмещенной эпюры сочетаний постоянной с различными вариантами временной нагрузки. Программа автоматически определяет возможность перераспределения моментов в критичном участке на опоре и выполняет это перераспределение согласно существующим нормам (что позволяет сэкономить до 30% арматуры). В результате получаем набор эпюр, преобразовываемый в огибающую эпюру, на основании которой производят армирование.

Пример расчета

Исходные данные:

Длина балки = 30 м;

Количество пролетов = 5;

Количество второстепенных балок = 3;

Постоянная нагрузка = 50 кН;

Временная нагрузка = 10 кН;

Результаты расчета представлены на рисунках 1,2,3,4. Они сравнивались с результатами, полученными при решении задачи в других программных комплексах, и отклонение составило не более 0.2%. Время операции, необходимое для получения результата в данной программе было значительно меньше, чем в аналогах.

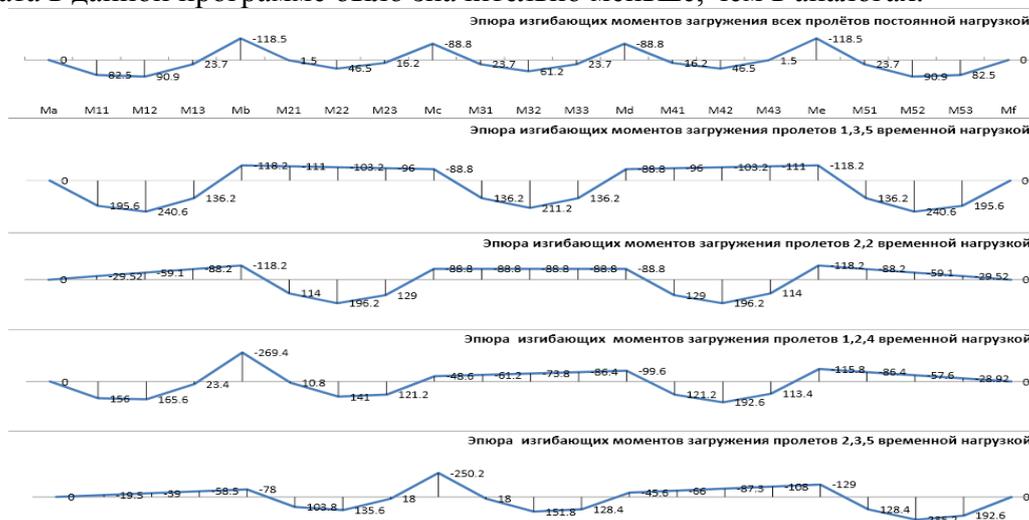


Рис. 1. Эпюры изгибающих моментов от различных вариантов загрузений

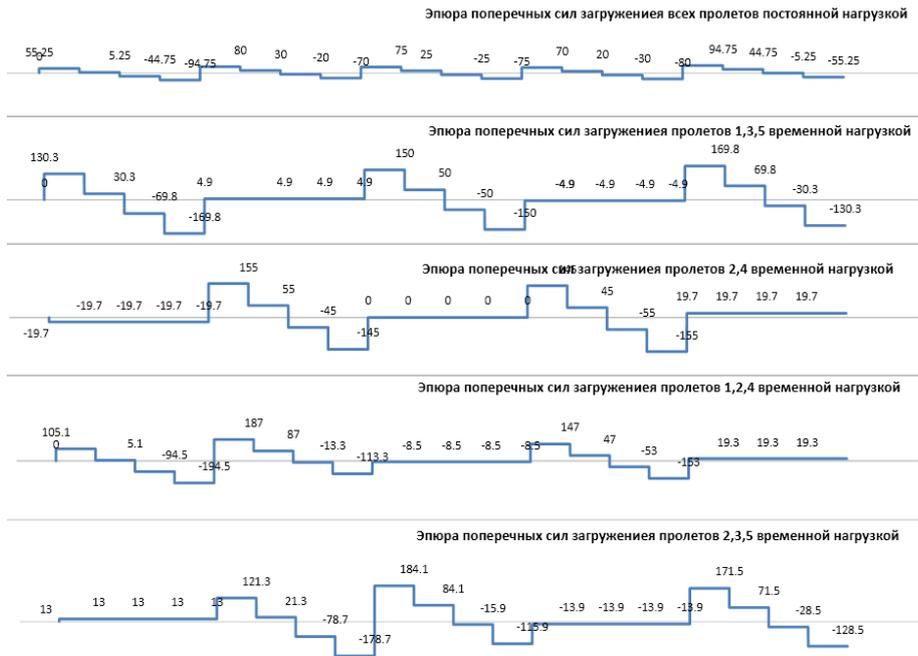


Рис. 2. Эпюры поперечных сил от различных вариантов загрузений



Рис. 3. Эпюры поперечных сил от различных сочетаний нагрузок

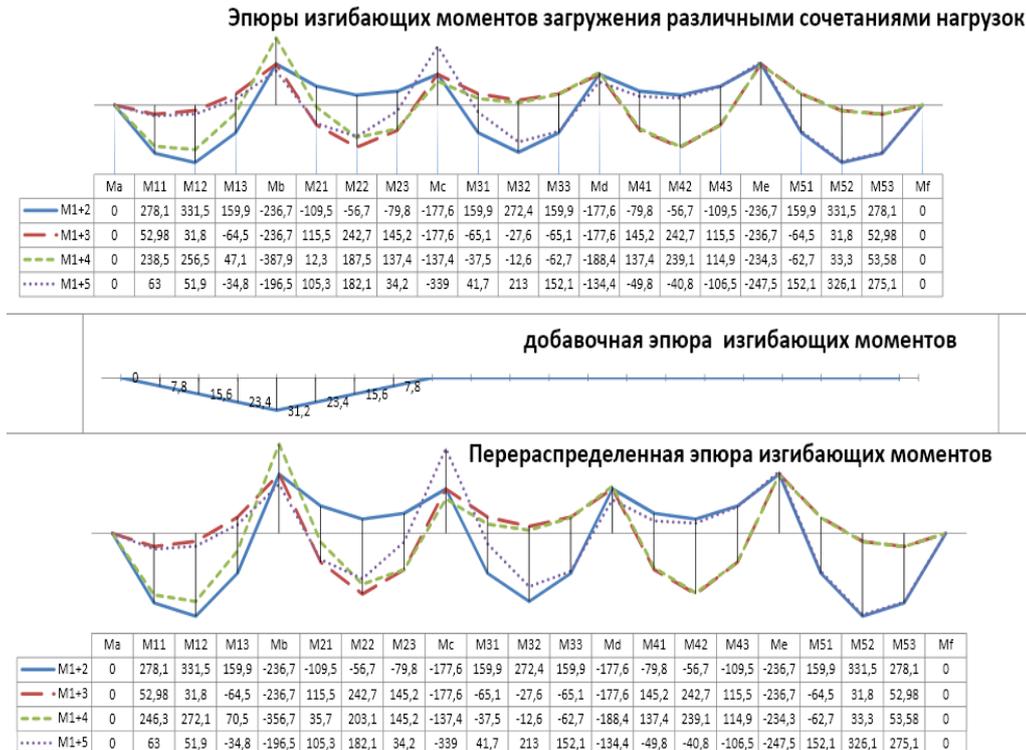


Рис. 4. Результат перераспределения моментов

### **Выводы**

В результате проделанной работы было создано приложение, по функционалу не имеющее аналогов в области решения подобной локальной задачи.

Выбранный алгоритм для решения задачи является экономичным и требует крайне мало ресурсов процессора.

Решение задачи происходит в 1 действие. При использовании других программ и программных комплексов, для достижения подобного результата необходимо предпринять множество действий, что существенно увеличивает трудоемкость. Так же отсутствует возможность получения результата в подобной форме.

Присутствует возможность усовершенствования алгоритма. В частности, планируется увеличения потенциального числа пролетов, возможность расчета на воздействие распределенных нагрузок (что позволит модифицировать алгоритм для расчета второстепенных балок), а также использование пролетов различной длины.

Возможно программное заикливание алгоритма с помощью макроса, что позволяет подсчитать массив задач за короткое время.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Оробей В.Ф. Статический расчет неразрезной балки методами конечных и граничных элементов. – Одесский политехнический университет, 2004 – 3с.
2. ДБН В.1.2-2:2006 Нагрузки и воздействия -ИСС «Зодчий», 2006- 78с.
3. ДБН Д.2.2-7-99 Бетонные и железобетонные конструкции - Минрегионбуд Украины, 2011 – 71с.
4. Уманский А.А. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений расчетно-теоретический -2-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательство литературы по строительству – Кн.1 -601с.

*УДК 624.012.45; 624.073.6*

## **ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМА ИСЧЕРПАНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТРЕХСЛОЙНЫМИ СБОРНО-МОНОЛИТНЫМИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ СТЕН ПРИ ВНЕЦЕНТРЕННОМ СЖАТИИ**

**Жигна В.В., Литовченко С.П.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Проведен анализ влияния различных параметров на несущую способность трехслойных сборно-монолитных железобетонных элементов стен при внецентренном сжатии.

**Трехслойные элементы стен, несущая способность, внецентренное сжатие.**

### **ВВЕДЕНИЕ.**

Стены являются одним из основных конструктивных элементов практически любого здания или сооружения. Они не только подвергаются сложному комплексу внутренних и внешних силовых воздействий, но и изолируют помещения от внешней среды. Поэтому современные стеновые конструкции должны обладать необходимой прочностью, стойкостью против атмосферных воздействий, иметь требуемые тепло-, воздухо- и звукоизоляционные параметры, быть достаточно долговечными и огнестойкими, обеспечивать индустриальность и экономическую эффективность строительства. Выбор конструкции стен является одним из основных вопросов проектирования, так как их стоимость составляет значительную часть стоимости всего здания.

Как показывает анализ развития конструктивных элементов, которые одновременно выполняют функции несущих и ограждающих конструкций, их максимальная эффективность достигается в том случае, когда конструкции выполнены многослойными. Применительно к элементам стен объектов недвижимости можно сказать, что наиболее эффективными являются трехслойные конструктивные решения. Различают два вида таких решений: в первом случае

несущий слой расположен внутри изолирующих слоев [1]; во втором – изолирующий слой находится внутри несущих слоев [2]. Первое решение, на наш взгляд, проще в изготовлении, однако, менее эффективно, так как требует дополнительных затрат на защиту изолирующих слоев от различного рода воздействий, в том числе механических повреждений.

Важным элементом конструктивных решений второго типа является способ объединения несущих слоев в единую конструкцию для обеспечения их совместной работы под нагрузкой, который в значительной степени определяет напряженно-деформированное состояние элемента. В практике строительства выделяют трехслойные конструкции с монолитным (когда в качестве изолирующего слоя применены пористые материалы, имеющие надежное сцепление с материалом несущих слоев по всей поверхности их соприкосновения и способные воспринимать сдвигающие усилия) и дискретным соединением слоев (когда материал изолирующего слоя не способен сопротивляться сдвигающим усилиям). Для дискретного способа соединения характерным являются три конструктивных типа: панели с жесткими контурными ребрами; панели с жесткими шпонками; панели с использованием гибких связей, воспринимающих в основном растягивающие усилия.

#### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ.**

Рассматриваемое в работе конструктивное решение трехслойных сборно-монолитных элементов стен относится к конструкциям с наружными несущими слоями, объединенными дискретными связями. Не смотря на более чем сорокалетний опыт применения таких решений в мировой практике строительства и все более широкое их применение в нашей стране [3,4], в настоящее время поведение таких конструкций под нагрузкой изучено еще не достаточно. Анализ найденных публикаций [5,6,7] показал, что проведенные исследования были в основном направлены на определение предельных усилий, которые способны воспринять конструкции при центральной сжатии. В реальных же конструкциях стен помимо вертикальных усилий действуют и изгибающие моменты. А это накладывает определенные особенности на напряженно-деформированное состояние и механизм исчерпания несущей способности трехслойными конструкциями, так как при изгибе между наружными несущими слоями возникают сдвигающие усилия, которые должны быть восприняты дискретными связями.

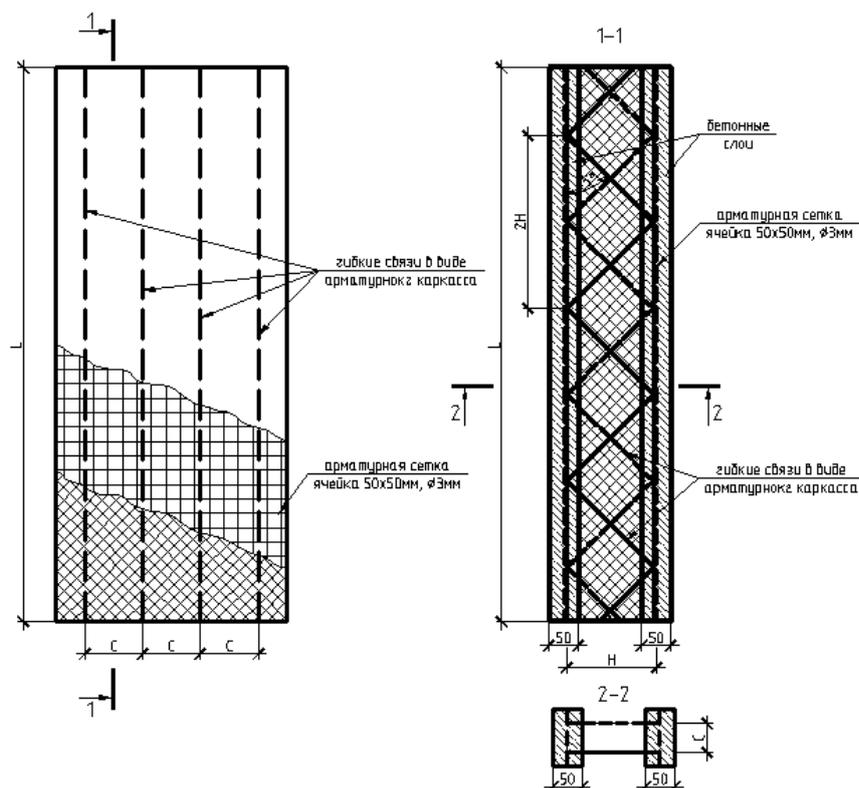
#### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ.**

Выявить наиболее существенные факторы, которые оказывают влияние на напряженно-деформированное состояние и механизм исчерпания несущей способности трехслойными сборно-монолитными железобетонными элементами стен при внецентренном сжатии.

#### **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.**

Изучение напряженно-деформированного состояния и механизма исчерпания несущей способности трехслойными сборно-монолитными железобетонными элементами стен при внецентренном сжатии проведено методом численного моделирования. Рассмотрен трёхслойный сборно-монолитный железобетонный фрагмент стены высотой 3,0 м, состоящий из двух несущих железобетонных слоев толщиной 50 мм, соединенных между собой гибкими связями, входящими в состав арматурного каркаса (рис.1). Железобетонные слои приняты из мелкозернистого бетона, их армирование принято сетками с ячейкой 50x50 мм из арматурной проволоки  $\varnothing 3$  Вр-I. Каркасы также приняты из арматурной проволоки класса Вр-I. Поперечная арматура в каркасах, выполняющая роль гибких связей между несущими слоями элемента стены, установлена наклонно под углом  $45^{\circ}$ . Соседние каркасы смещены по высоте конструкции на половину шага наклонных стержней. Таким образом, в нормальном сечении встречаются одновременно восходящие и нисходящие связи.

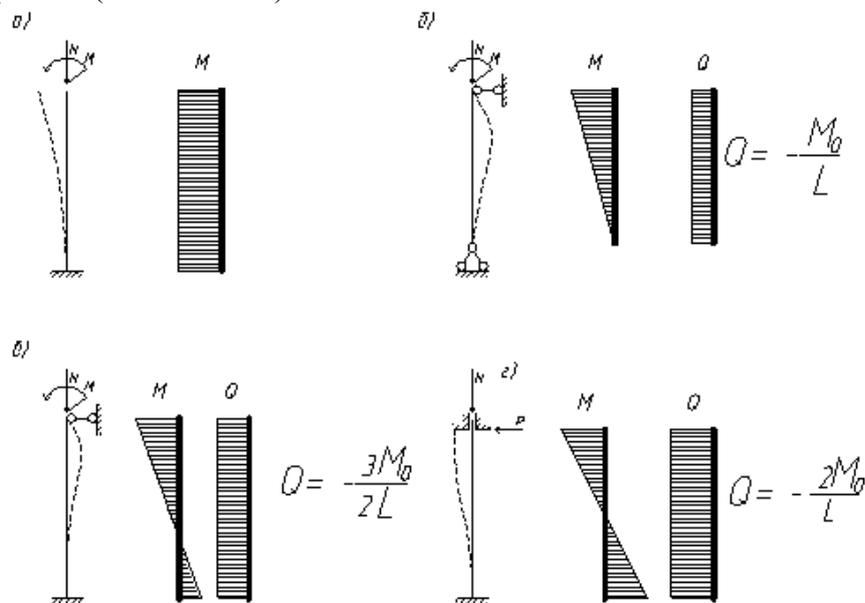
Численную модель конструкции строили в ПК «Лира», рассматривая фрагмент стены шириной, равной удвоенному шагу каркасов. При моделировании бетонные слои разбивали на квадратные пластины размером  $1 \times 1$  см, армирование несущих слоев и гибкие связи моделировали стержневыми элементами. Пластинам назначили КЭ-221, арматуре бетонных элементов – КЭ-210, гибким связям – КЭ-410. Таким образом, поведение несущих железобетонных слоев под нагрузкой моделировали с учетом физической нелинейности, а гибких связей – с учетом физической и геометрической нелинейности.



**Рис. 1. Конструктивная схема трехслойного сборно-монолитного железобетонного элемента стены.**

Нагрузку к модели прикладывали ступенями в два этапа: на первом этапе прикладывали продольное усилие (N), на втором – изгибающий момент (M). Для выявления влияния всех силовых факторов (N, M, Q), рассмотрены фрагменты стен с различными условиями закрепления по торцам (рис.2). Это позволило выявить характер разрушения модели не только при различных соотношениях M и N, но и в диапазоне изменении отношения  $Q/M$  от 0 до  $2/L$  (L-высота элемента).

Численное моделирование фрагментов стен проведено с варьированием различных параметров: толщина среднего слоя (60, 110, 200 мм), диаметр гибких связей (4 и 5 мм) и шаг связевых каркасов (100 и 200мм).



**Рис.2. Виды закрепления торцов стен:**  
**а – консоль; б – два шарнира; в – шарнир и жесткое защемление; г – два жестких защемления.**

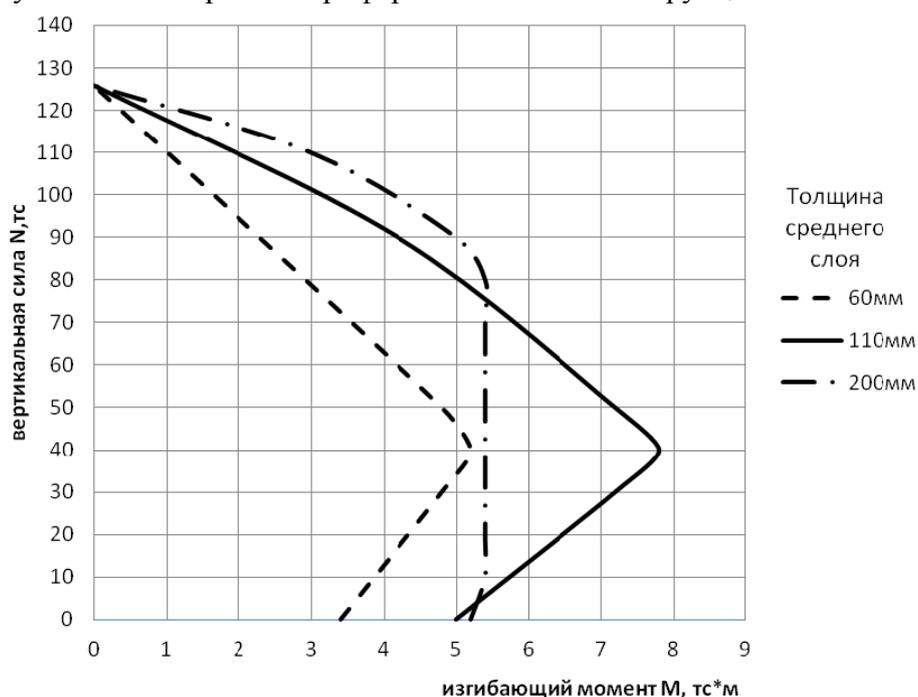
### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ.

В результате расчета численной модели были получены все компоненты напряженно-деформированного состояния фрагмента стены, определена их несущая способность для различных сочетаний продольной силы и изгибающего момента, а анализ документа «состояние материала» в ПК «Лира» позволил проследить механизм исчерпания несущей способности моделью. Для анализа были построены графики предельной несущей способности фрагментов стены при различных параметрах.

При анализе полученных результатов было выявлено влияние толщины среднего утепляющего слоя фрагментов, шага связевых каркасов между несущими слоями, диаметра гибких связей и условий закрепления фрагментов стен по торцам на их напряженно-деформированное состояние, предельную несущую способность и механизм исчерпания несущей способности при внецентренном сжатии.

Влияние толщины среднего слоя на предельную несущую способность элементов стены данного конструктивного типа рассмотрим на примере фрагмента стены высотой 3 м при шаге связевых каркасов 100 мм и диаметре связей 5 мм. Графики несущей способности модели фрагмента стены при условии закрепления торцов по схеме рис.3б приведены на рис.3.

Из графиков видно, что увеличение толщины среднего слоя увеличивает предельную несущую способность фрагмента стены. Это объясняется увеличением плеча внутренней пары сил в поперечном сечении элемента и, следовательно, увеличению момента внутренних сил при одинаковом значении сжимающего усилия. Однако это увеличение наблюдается не на всех участках графика. При определенной величине изгибающего момента для стены с толщиной слоя утеплителя 200 мм не наблюдали повышения несущей способности фрагмента, она практически оставалась постоянной (по моменту). Тогда как в остальных моделях (толщина слоя утеплителя 60 и 110 мм) такого эффекта выявлено не было. Анализ документа «состояние материала» показал, что для данной модели на участке комбинации усилий  $M$  и  $N$ , где график несущей способности сечения вырождается в вертикальную линию, разрушение модели происходит в результате потери устойчивости сжатыми элементами связей между несущими слоями, тогда как в остальных случаях разрушение моделей происходило в результате достижения предельных усилий в материале периферийных слоев конструкции.



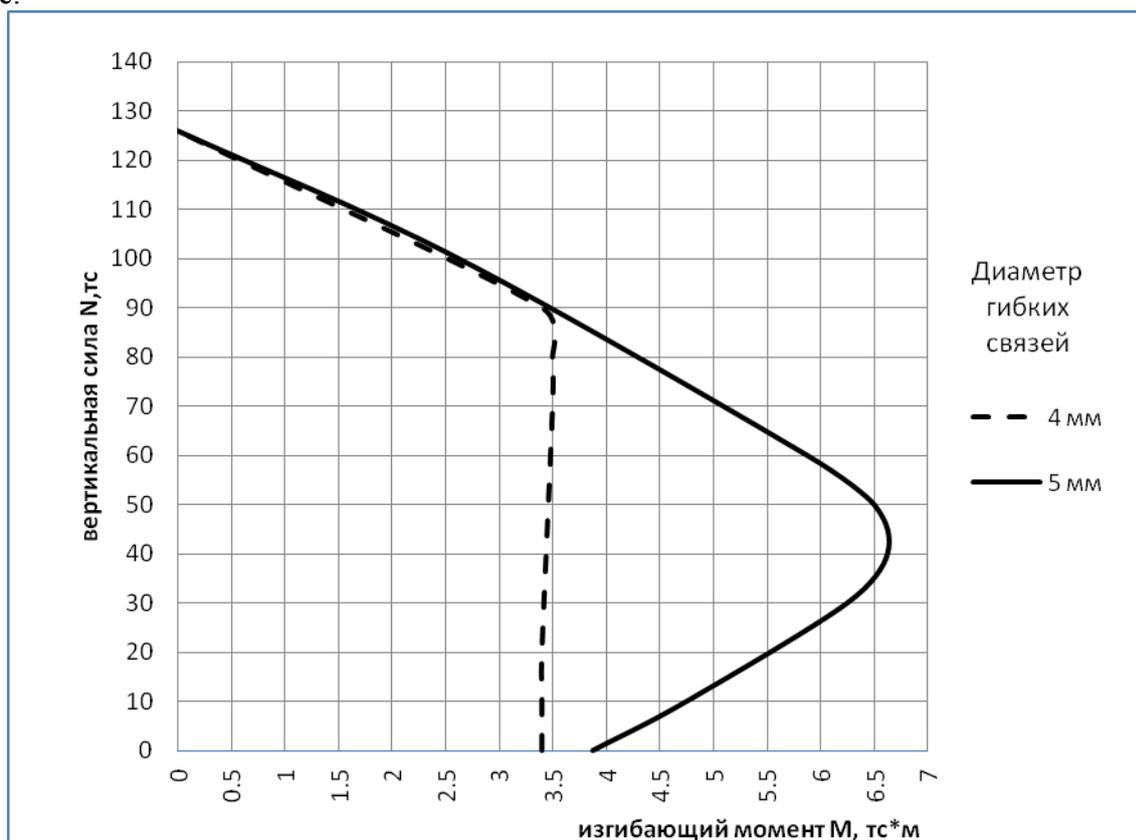
**Рис.3. График несущая способность элемента стены с различной толщиной среднего слоя**

Анализируя влияние диаметра гибких связей на предельную несущую способность на примере фрагмента стены высотой 3 м при толщине среднего слоя 110 мм и шаге связевых каркасов 200 мм (рис.4) для связей диаметром 4 мм получен аналогичный эффект, что и для фрагмента с толщиной слоя 200 мм из предыдущего анализа. При определенном значении изгибающего момента график несущей способности вырождается в вертикальную линию. Исчерпание несущей способности фрагментом стены на этом участке обусловлено потерей устойчивости сжатых элементов гибких связей. При остальных комбинациях  $M$  и  $N$  диаметр гибких связей не оказывает влияние на несущую способность сечения.

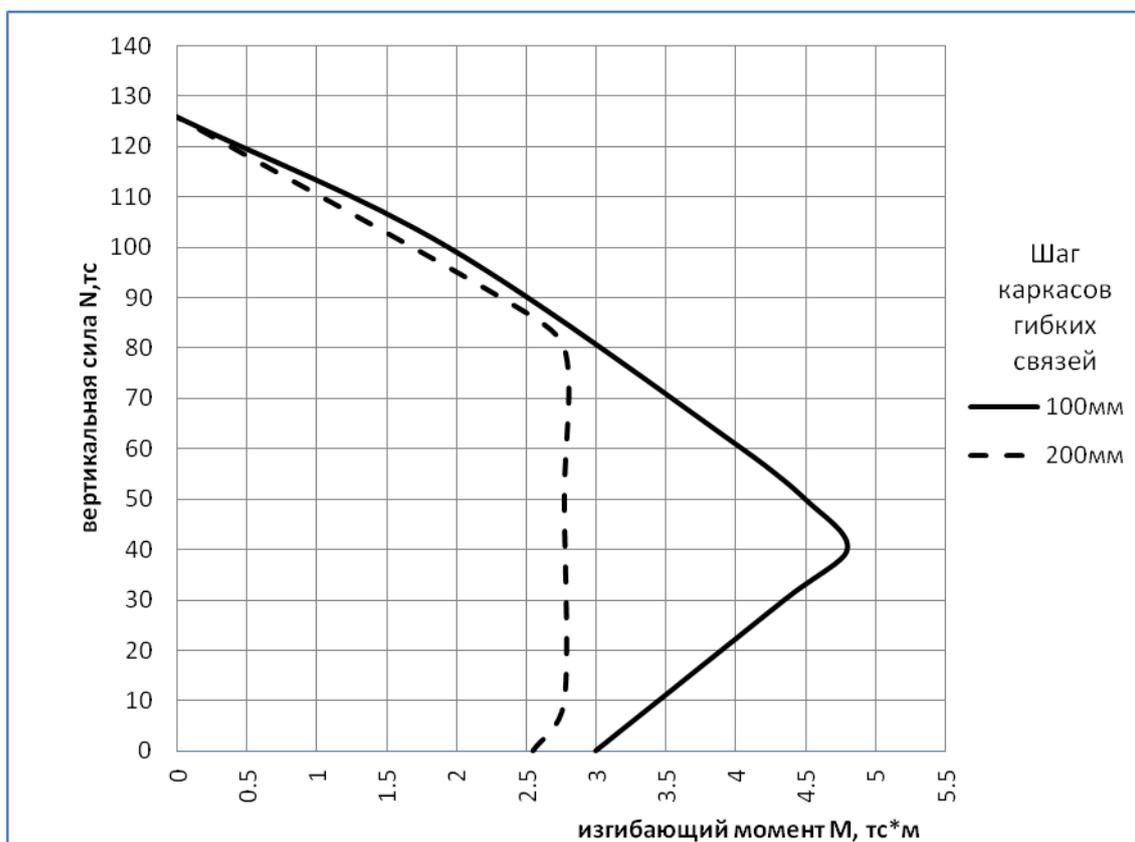
Подобные результаты получены при изменении шага связевых каркасов (рис.5) для остальных одинаковых параметров конструкции.

Рассмотрим подробнее влияние закрепления торцов фрагмента стены при одинаковых геометрических параметрах на НДС и предельную несущую способность моделей. Как отмечалось ранее, изменение условий закрепления торцов стенового элемента позволило изменить соотношение поперечной силы  $Q$  и изгибающего момента  $M$  в диапазоне от 0 до  $2/L$ , где  $L$  — высота элемента. Графики предельной несущей способности сечения построили в осях  $M$ — $N$  (рис.6) и  $Q$ — $N$  (рис.7).

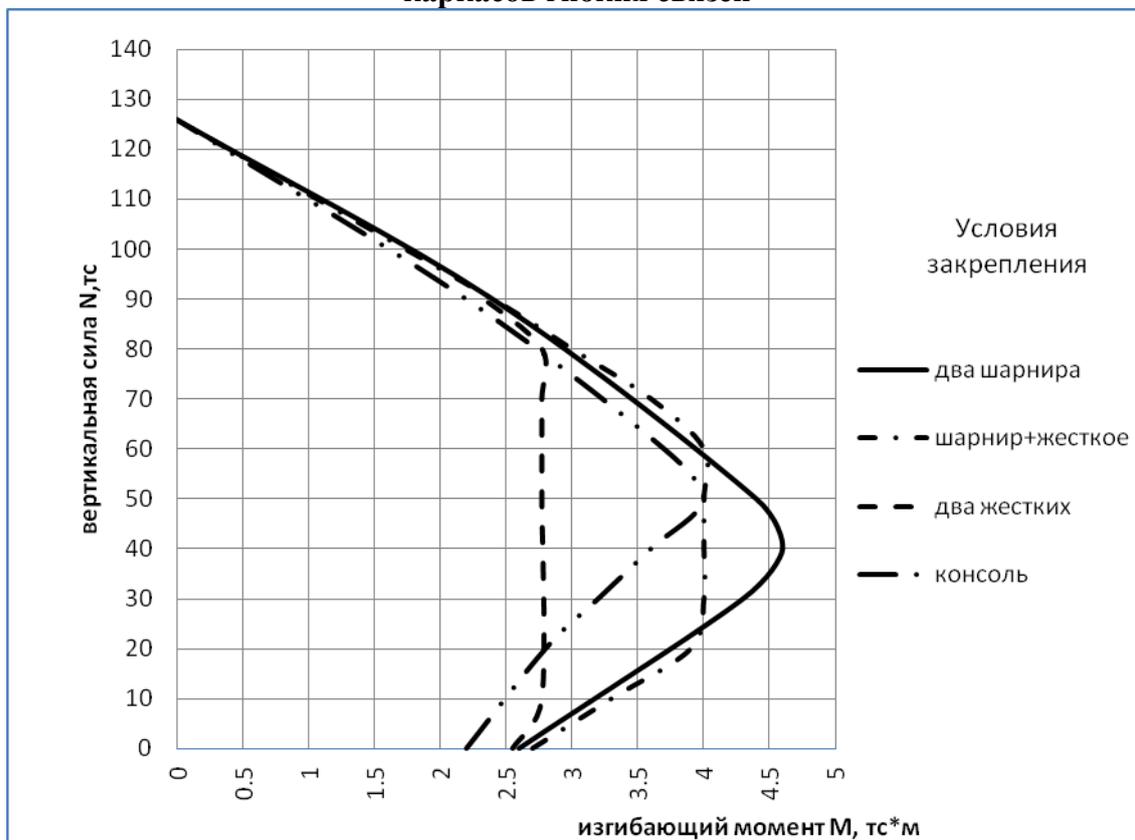
В некоторых случаях на графиках предельной несущей способности наблюдалась вертикальная прямая, которая характеризуется разрушением элементов гибких связей. Из анализа графика предельной поперечной силы от продольной (рис.7) было получено, что разрушение гибких связей происходит при определенной величине поперечной силы  $Q$ . Эта величина характеризует несущую способность стенового элемента по поперечной силе.



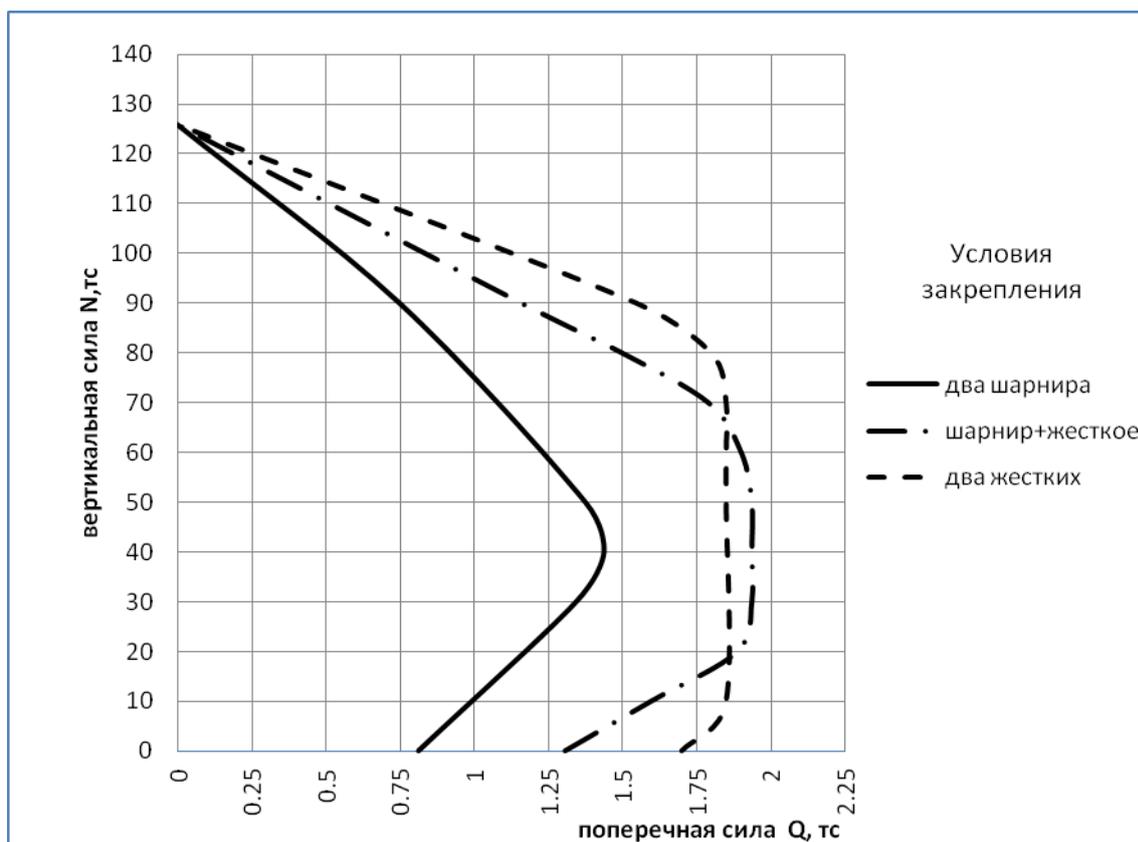
**Рис.4. График несущая способность элемента стены с различными диаметрами гибких связей**



**Рис.5. График несущая способность элемента стены с различным шагом каркасов гибких связей**



**Рис.6. График несущая способность элемента стены различными условиями закрепления торцов**



**Рис.7. График несущая способность элемента стены различными условиями закрепления торцов**

Общий анализ графиков предельной несущей способности элементов стены при различных параметрах показывает, что для рассматриваемых трехслойных элементов при внецентренном сжатии существует два случая их поведения под нагрузкой:

1. Гибкие связи между наружными несущими слоями элемента способны обеспечивать совместную работу слоев при любой комбинации продольной силы и изгибающего момента. При этом условии график несущей способности трехслойного элемента аналогичен графику сплошной конструкции. Разрушение конструкции происходит по бетону сжатой зоны или по растянутой арматуре и для оценки предельной несущей способности можно пользоваться методикой расчета внецентренно сжатых элементов.

2. Гибкие связи обеспечивают совместную работу периферийных несущих слоев элемента до величины, меньшей максимально возможных значений. В этом случае на графиках несущей способности внецентренно сжатого элемента появляются участки, где кривая вырождается в практически вертикальную линию.

Из этого следует, что на напряженно-деформированное состояние и предельную несущую способность элементов стены при внецентренном сжатии большую роль оказывают жесткостные характеристики гибких связей (диаметр, шаг установки, длина), обеспечивающих совместную работу крайних железобетонных слоев.

#### Выводы

Предельная несущая способность трехслойных железобетонных стен с гибкими связями при внецентренном сжатии характеризуется двумя случаями: разрушение сжатого бетона или растянутой арматуры; потеря устойчивости сжатых элементов гибких связей.

Гибкие связи обеспечивают совместную работу двух крайних железобетонных слоев.

Жесткостные параметры гибких связей оказывают большое влияние на НДС трехслойных стен.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ДБН В.2.6-6-95. Проектування, будівництво та експлуатація будинків системи «ПЛАСТБАУ»: – К.: Держкоммістобудування, 1997. -88с.
2. П.А.Литовченко, Н.И.Глушаков, Khachik Khachikian // Сб. научн. трудов. Строительство, материаловедение, машиностроение. №43. "Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения" – Днепропетровск: ПГАСА, 2007, - С.261-266.
3. Баженов Ю.М., Ерофеев В.Т., Митина Е.А. и др.. Ограждающие конструкции на основе каркасного керамзитобетона для производственных зданий: Учебное пособие. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005. – 200с.
4. Король Е.А. Трехслойные ограждающие железобетонные конструкции из легких бетонов и особенности их расчета: Монография. /М.: Издательство АСВ, 2001. – 256с.
5. Мишутин А.В., Петраш С.В., Шеховцев И.В. // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво) / Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. - Київ, ДП НДІБК,2011– Вип.74: В 2-х кн.: Книга 1, - С.683-690.
6. Кархут І.І., Іленков Ю.А. Експериментально-теоретичні дослідження тришарових стінових панелей з склопластиковою та металевією арматурою. // Вісник НУ "Львівська політехніка" "Теорія і практика будівництва". – 2011.
7. [http://www.nbu.gov.ua/portal/Natural/VDnabia/2011\\_4/01-90.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/Natural/VDnabia/2011_4/01-90.pdf)
8. Кархут І.І., Іленков Ю.А. Експериментальні дослідження міцності і деформативності тришарових енергоефективних стінових панелей і плит перекриття. // Вісник НУ "Львівська політехніка" "Теорія і практика будівництва". - 2009.
9. [http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Vnulp/Bydivelnyk/2009\\_655/22.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Vnulp/Bydivelnyk/2009_655/22.pdf)

**УДК 652;69.1.**

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В НОРМАЛЬНОМ СЕЧЕНИИ ОБЛЕГЧЁННЫХ ТРЁХСЛОЙНЫХ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПАНЕЛЕЙ ПРИ ИЗГИБЕ

**Литовченко П.А., Глушаков Н.И.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Изучено распределение напряжений в нормальном сечении панелей, при изгибе. Выявлено, что распределение напряжений в нормальных сечениях по ширине панели равномерное.

**Многослойные конструкции, распределение напряжений, трёхслойные железобетонные панели, несущая способность.**

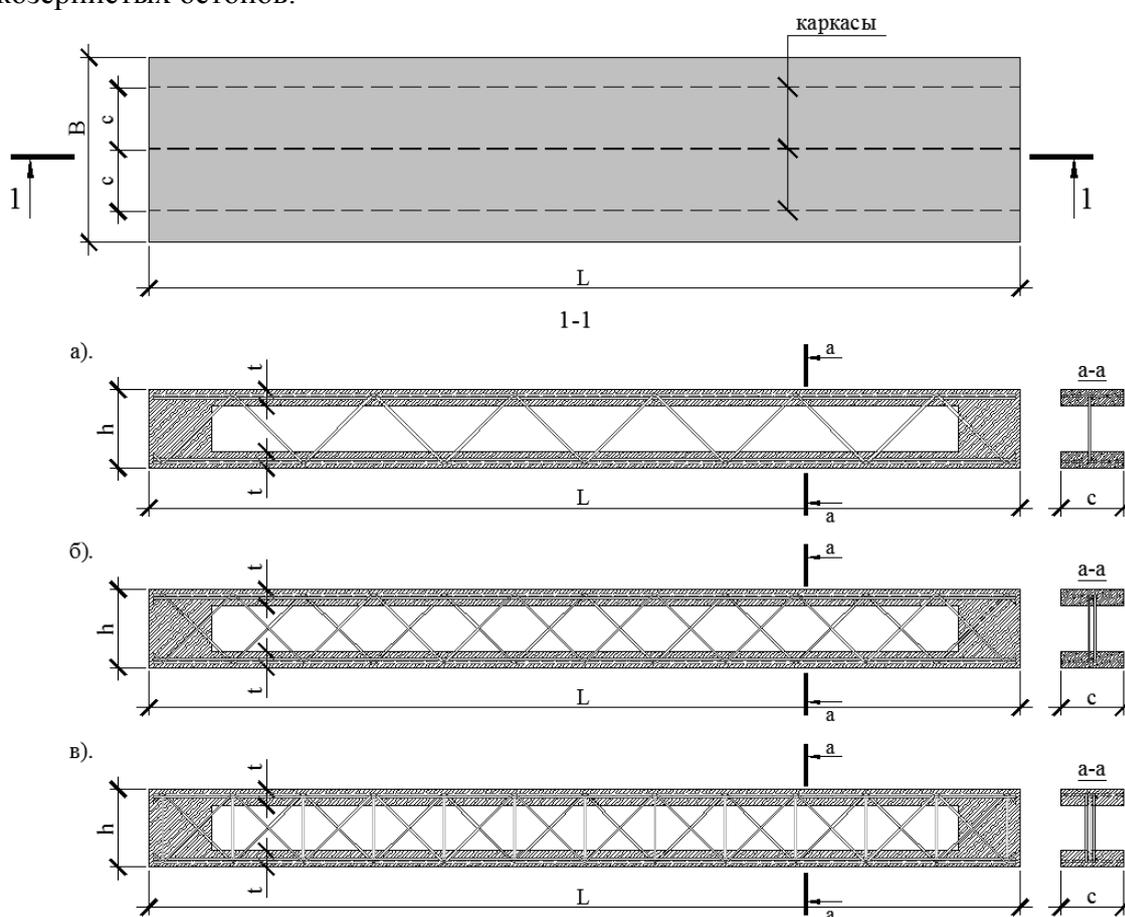
#### ВВЕДЕНИЕ

Все возрастающие требования по экономии энергоресурсов на стадии эксплуатации зданий привели к широкому распространению в сфере строительства многослойных конструкций. Указанный тип конструкций, благодаря распределению материалов с различными физико-механическими свойствами по слоям, эффективно сочетают в себе несущие функции с необходимыми тепло- и звукоизоляционными параметрами. Материалы, из которых выполняют многослойные конструкции, достаточно разнообразны. Из железобетона в основном выполняют трёхслойные конструкции. Для изготовления внешних несущих слоев применяют железобетон, а средний слой выполняют из различного рода тепло- звукоизоляционных материалов. По способу объединения внешних слоёв в единый конструктивный элемент трёхслойные железобетонные конструкции могут быть со сплошной связью (когда связь осуществляется за счёт

среднего слоя) и с дискретной связью (когда связь слоёв осуществляется за счёт шпонок или металлических элементов).

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В настоящее время широко внедряются в практику строительства, особенно частных малоэтажных строений, трёхслойные сборно-монолитные панели, представляющие собой конструктивный элемент, состоящий из наружных несущих слоёв, выполненных из мелкозернистой бетонной смеси и среднего слоя утеплителя. Совместная работа наружных несущих слоёв обеспечивается стальными каркасами, в виде ферм с параллельными поясами, выполненными из арматурной проволоки [4]. Сборным элементом, поставляемым на строительную площадку, таких панелей является слой утеплителя, с закрепленными в нем арматурными каркасами. Количество рядом установленных каркасов может быть 1, 2 и 3 (рис.1). Для удобства изготовления и транспортировки продольные стержни каркасов скрепляют в единый конструктивный элемент требуемой длины и ширины дополнительными сетками. Бетонные слои конструктивных элементов выполняют непосредственно на строительной площадке из мелкозернистых бетонов.



**Рис.1. Конструктивная схема панели:  
а – с одиночными каркасами, б – с двойными каркасами,  
в – с тройными каркасами.**

В большей степени изучено напряженно-деформированное состояние под нагрузкой изгибаемых трёхслойных железобетонных конструкций со сплошной связью слоёв, в которых в качестве среднего слоя используют лёгкие бетоны [1,2,3]. Оценку их несущей способности предложено выполнять по приведенным прочностным характеристикам сечения. Что касается трёхслойных изгибаемых конструкций с дискретными связями, к которым относятся рассматриваемые сборно-монолитные панели, то их поведению под нагрузкой посвящено относительно мало работ [4]. Отсутствуют данные о характере распределения напряжений и деформированной схеме сечений при приложении нагрузки

к конструкциям данного типа, что затрудняет разработку аналитического аппарата оценки несущей способности конструктивных элементов. Поэтому применение трёхслойных сборно-монолитных панелей в практике строительства основано на экспериментальных данных, полученных в результате испытаний панелей до разрушения для каждого конкретного объекта.

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Выявить характер распределения напряжений по ширине и толщине сечений внешних слоёв трёхслойных сборно-монолитных панелей при изгибе и закономерности его изменения в зависимости от уровня внешней нагрузки.

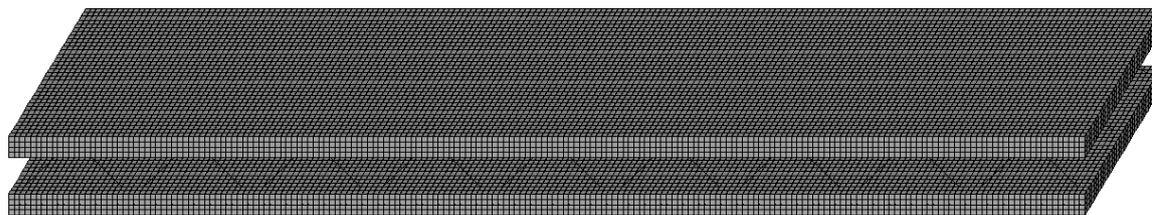
### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Определение характера распределения напряжений по ширине и толщине сечений внешних слоёв трёхслойных сборно-монолитных панелей при изгибе проводили путем численного моделирования с использованием ПК ЛИРА[10]. Для этого в программном комплексе была построена объемная модель (рис.2), представляющая собой фрагмент панели пролетом 2 м., шириной 0,34 м. Толщина верхнего и нижнего слоев железобетона принята 40 мм., число вертикальных каркасов – 3 шт., шаг каркасов – 0,15 м. Каркасы приняты из арматурной проволоки  $\varnothing 5\text{ВрI}$  с углом наклона поперечных стержней  $45^\circ$ . Дополнительные сетки приняты из арматурной проволоки  $\varnothing 3\text{ВрI}$  размером ячейки 50x50 мм.

Внешние слои панели моделировали объёмными конечными элементами (тип 231), с учётом физической нелинейности. Арматуру каркасов и плоских сеток моделировали стержневыми конечными элементами (тип 210, 410), с учётом физической и геометрической нелинейности. Численные модели были верифицированы по результатам двух физических экспериментов [5]. Прочностные и деформативные характеристики элементов численной модели, приняли по данным [5], где они были определены путём испытаний вспомогательных образцов на сжатие (бетонные кубы, призмы) и растяжение (куски арматурной проволоки), согласно действующим стандартам.

Численная модель имела жёсткое закрепление на опорах, что соответствует ее реальному сопряжению с вертикальными конструкциями здания.

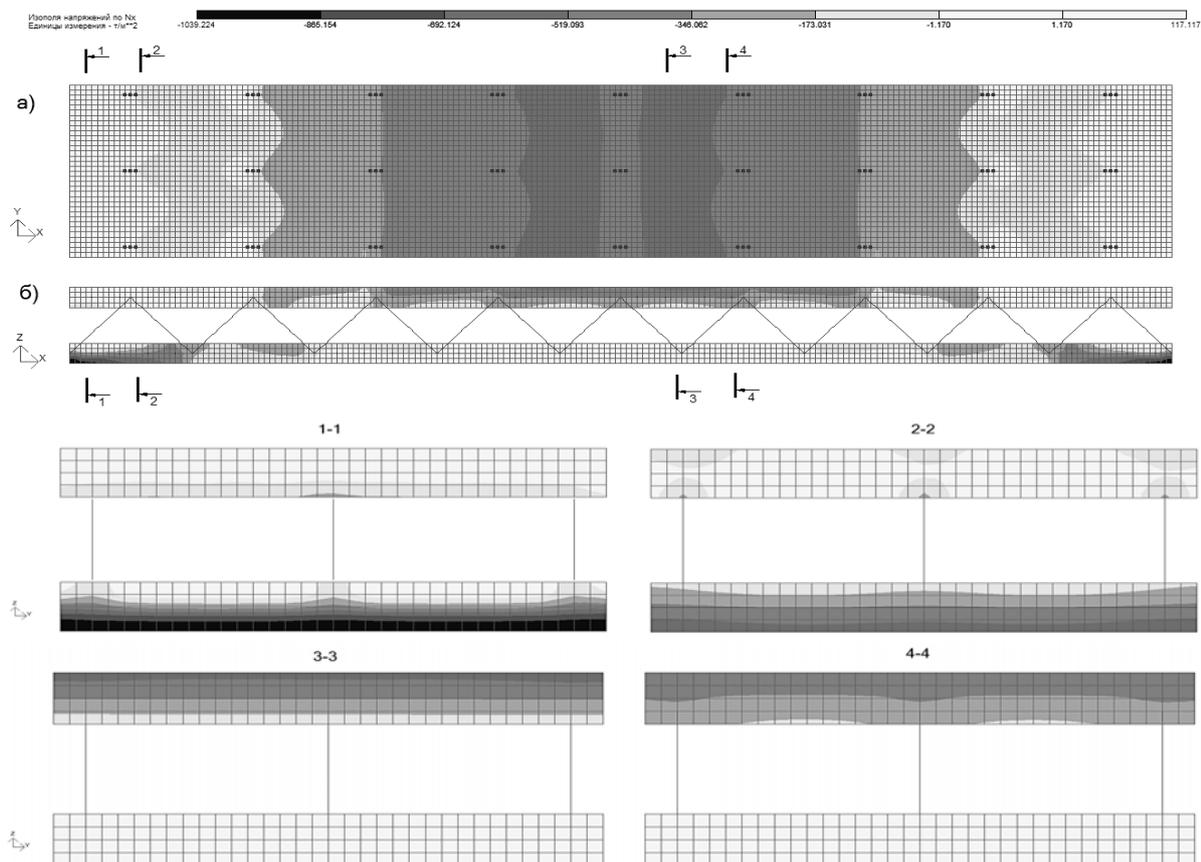
Нагрузку к модели прикладывали к наружной грани верхнего слоя, равномерно распределённую в пределах всей панели, с учётом собственного веса конструкции. Приложение нагрузки осуществляли ступенями, размер ступени приняли 10% от предельной разрушающей нагрузки.



**Рис.2. Объёмная численная модель панели**

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Как показали результаты численного моделирования, между распределением напряжений как по ширине панели, так по высоте железобетонных слоев, для опорных сечений и сечений в пролете конструкции наблюдаются различия. Если в средней части конструкции напряжения в железобетонных слоях по ширине панели распределяются практически равномерно при незначительных увеличениях (5-7%) возле узлов сопряжения продольной и наклонной арматуры (рис.3), то возле опорных участков отклонения напряжений в указанных зонах весьма существенны вплоть до изменения знака.



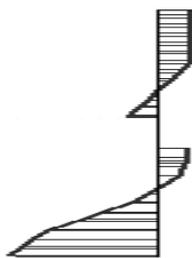
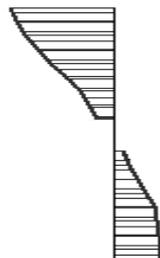
**Рис. 3. Распределение продольных напряжений в слоях панели:**  
**а – вид сверху, б – вид сбоку, 1-1, 2-2, 3-3, 4-4 - сечения**

По высоте сечения железобетонных слоев отличия имеют принципиальный характер. Если в средней части пролета конструкции эпюры напряжений по высоте верхнего и нижнего слоя однозначны (табл.1) на всех этапах нагружения конструкции, то для опорных сечений в каждом из железобетонных слоев проявляется двухзначная эпюра напряжений, начиная с момента приложения нагрузки и вплоть до разрушения.

**Таблица 1**

**Распределение напряжений по высоте слоёв**

№ п/п	Величина нагрузки	Эпюры напряжений, т/м.кв.		Примечания
		сечение на опоре	сечение в пролёте	
1	<b>0, 2q</b>			В верхнем слое в опорном сечении появились трещины.
2	<b>0, 5q</b>			В нижнем слое в пролётном сечении появились трещины.

№ п/п	Величина нагрузки	Эпюры напряжений, т/м.кв.		Примечания
		сечение на опоре	сечение в пролёте	
3	разрушающая нагрузка			Разрушение панели.

Появление двузначных эпюр напряжений в каждом железобетонном слое в опорных сечениях конструкции объясняется незначительной жёсткостью внешних слоёв и податливостью наклонных связей, обеспечивающих их совместное деформирование при общем изгибе, приводит к проявлению местного изгиба каждого слоя.

Отмеченные отличия определили последовательность трещинообразования и механизм разрушения численных моделей. Первые трещины в бетонных слоях появились на опорных участках конструкции при нагрузках примерно 20% от разрушающей нагрузки. Интервал между появлением трещин на опоре и в пролёте зависит от толщины железобетонных слоев и содержания продольной арматуры. Исчерпание несущей способности конструкции, если не происходит потеря устойчивости сжатых наклонных стержней, всегда начинается с разрушения сжатых участков бетона в опорных сечениях.

### Выводы

Распределение напряжений по ширине наружных слоёв панели, равномерное на участках между узлами каркаса и неравномерное в местах сопряжения продольных и наклонных стержней каркаса. На опорных участках по ширине конструкции может быть реализована двухзначная эпюра напряжений.

Распределение напряжений по высоте сечения наружных слоёв неравномерно. В средней части пролета конструкции эпюры напряжений в каждом железобетонном слое однозначные, в опорном сечении – двухзначные. Это объясняется влиянием местного изгиба железобетонных слоев на опорных участках конструкции.

При разработке математического аппарата для оценки несущей способности облегчённых трёхслойных сборно-монолитных железобетонных панелей при изгибе необходимо учесть влияние местного изгиба железобетонных слоев на опорных участках конструкции.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Король Е.А. Трёхслойные ограждающие железобетонные конструкции из лёгких бетонов и особенности их расчёта. – М.: АСВ, 2001г. – 255с.
2. Штамм К. Многослойные конструкции. / Витте Х. – М.: Стройиздат, 1983г. – 296с.
3. Майборода В.Ф. Трёхслойные железобетонные конструкции / В.Ф. Майборода, В.М. Карпюк. – К.: Будивельник, 1990. – 144с.
4. Литовченко П.А., Глушаков Н.И., Веселева Е.С. Анализ напряженно-деформированного состояния трехслойных облегченных железобетонных панелей для жилищного строительства. Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. научн. трудов. Вып. 43, - Дн-вск, ПГАСА, 2007. – 254с.
5. Литовченко П.А., Глушаков Н.И. Создание численной модели трёхслойных сборно-монолитных железобетонных панелей в ПК Лира и её характеристики. Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. научн. трудов. Вып. 45, - Дн-вск, ПГАСА, 2009.
6. Ограждающие конструкции на основе каркасного керамзитобетона для производственных зданий (структурообразование, технология, расчёт и конструирование): Учеб. пособие / Ю.М. Баженов, В.Т. Ерофеев, Е.А. Митина и др. – М.: Издательство АСВ, 2005. – 200с.

**УДК 69.059.7:693.55**

## **ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ЗАМЕНЕ ПЕРЕКРЫТИЙ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ**

**Осипов О.Ф.**

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры*

**Акімов С.Ф.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Разработаны основные положения методики выбора рациональных технологических решений при замене перекрытий реконструируемых жилых зданий, базирующиеся на принципах системного подхода, предусматривающие всесторонний учет влияющих факторов и условий реконструкции, целенаправленного синтеза возможных технологических решений, формирование целей, системы критериев и принятие решений на отдельных процедурно-иерархических этапах технологического проектирования, а также использование типовых технологических решений и методов замены перекрытий, позволяющие существенно уменьшить размерность задачи выбора до обоснованной величины и повысить общий уровень технологии.

### **Реконструкция, жилые здания, замена перекрытий**

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Основным комплексом работ при реконструкции жилых зданий старой застройки являются работы по замене старых перекрытий на новые железобетонные. Применение других материалов, таких как стальные и деревянные балки, сборный железобетон, не представляется возможным по ряду причин: огромная вариация в пролетах в пределах одного здания; существенный износ стен здания, демонтаж перекрытий на всю высоту здания в большинстве случаев не представляется возможным; новые стальные и деревянные перекрытия не проходят по пожарным требованиям, а также вероятность того, что будут нарушены требования по эксплуатации, очень высока, что впоследствии может привести к коррозии и гниению; не всегда представляется возможным применение соответствующей грузоподъемной техники в стесненных городских условиях. Только применение монолитного железобетона при замене старых перекрытий в большинстве случаев бывает единственно возможным.

#### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

В ранее выполненных исследованиях была проанализирована социальная и технико-экономическая ситуация реконструкции зданий старой застройки [1], исследованы объемно-планировочные и конструктивные характеристики реконструируемых зданий [2], исследованы факторы, влияющие на выбор рациональных методов замены перекрытий, а также исследованы и разработаны рациональные методы замены перекрытий [3-9]. Анализ выполненных работ позволяет сделать вывод, что, несмотря на широкий круг выполненных исследований, для решения вопроса по замене перекрытий в зданиях старой постройки, необходимо разработать методику выбора рациональных технологических решений при замене перекрытий реконструируемых жилых зданий.

#### **ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Повышение эффективности реконструкции жилых зданий старой застройки крупных и средних городов Украины за счет применения научно обоснованных рациональных организационно-технологических методов замены старых перекрытий на новые монолитные железобетонные перекрытия. При одновременном обеспечении общей пространственной жесткости и устойчивости здания, исторической ценности его экстерьеров, а также обеспечения безопасности работ в процессе постановки здания на реконструкцию, его реконструкции, сдачи и последующей эксплуатации.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для разработки методики выбора рациональных технологических решений выполнено организационно-технологическое моделирование.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Исследование условий реконструкции и строительно-технологических параметров зданий позволило установить основную группу влияющих факторов, которую можно рассматривать как доминирующую при выборе и обосновании возможных методов замены перекрытий при реконструкции жилых зданий старой застройки. Основными группами влияющих факторов являются: объемно-планировочные решения реконструируемых зданий; конструктивные решения; техническое состояние основных и ограждающих конструкций и здания в целом; технологические параметры фронта работ (высота и глубина подачи, количество участков, ярусов, захваток, объемы работ на объекте и по отдельным комплексам работ, суточные и сменные объемы работ и другие параметры).

Исследования основных объемно-планировочных и конструктивных решений реконструируемых жилых зданий, выполненные ранее [2], подтвердили утверждения о том, что жилые здания старой застройки крупных и средних городов нашей страны, несмотря на их разнообразие по годам строительства и особенностями эксплуатации (жизненного цикла), включая имевшими место неоднократные модернизации, в целом характеризуются подобными объемно-планировочными и конструктивными решениями.

Жилые здания старой городской застройки преимущественно характеризуются как:

*a.* Массивные многоэтажные каменные сооружения (*A*):

жесткой (*a*<sub>1</sub>);

условно жесткой конструктивной схемы (*a*<sub>2</sub>);

*b.* Двух-, трехпролетные сооружения, конструктивной системы (*B*):

*с несущими стенами:*

продольными (*b*<sub>1</sub>);

поперечными (*b*<sub>2</sub>);

продольными и поперечными (*b*<sub>3</sub>);

*с неполным каркасом:*

наружные несущие стены и внутренний каркас с кирпичными столбами (*b*<sub>4</sub>);

*с.* Сооружения с дисками перекрытий (*C*):

*жесткими из:*

деревянных конструкций (*c*<sub>1</sub>);

деревометаллических конструкций (*c*<sub>2</sub>);

металлических балок с железобетонными монолитными настилами (*c*<sub>3</sub>);

*условно жесткими из:*

деревянных конструкций без настила или наката (*c*<sub>4</sub>).

Комбинация факторов  $A=\{a_1, a_2\}$ ;  $B=\{b_1, b_2, b_3, b_4\}$  и  $C=\{c_1, c_2, c_3, c_4\}$  устанавливает категорию общей пространственной жесткости и устойчивости остова здания:

**I категория.** Жесткое и устойчивое – фактор *c*<sub>4</sub> исключен при любой комбинации других факторов  $A=\{a_1, a_2\}$ ,  $B=\{b_1, b_2, b_3, b_4\}$  и  $C=\{c_1, c_2, c_3\}$ ;

**II категория.** Недостаточно жесткое и устойчивое – фактор *c*<sub>4</sub> при любой комбинации факторов  $A=\{a_1, a_2\}$ ;  $B=\{b_1, b_2, b_3, b_4\}$ ;  $C=\{c_4\}$ .

Исследования технического состояния жилых зданий и характерных повреждений несущих конструкций, показали, что основными причинами, определяющими характер и уровень снижения общей пространственной жесткости и устойчивости здания, являются:

*d.* Степень снижения пространственной жесткости остова здания (*D*):

отсутствуют повреждения (*d*<sub>1</sub>);

отдельные повреждения несистематического характера (*d*<sub>2</sub>);

систематические повреждения (*d*<sub>3</sub>);

*e.* Техническое состояние здания (*E*):

- хорошее ( $e_1$ );
- удовлетворительное ( $e_2$ );
- неудовлетворительное и ветхое ( $e_3$ );
- f. Степень повреждения несущих конструкций ( $F$ ):
- слабое ( $f_1$ );
- среднее ( $f_2$ );
- сильное ( $f_3$ ).

Комбинация факторов  $D = \{d_1, d_2, d_3\}$ ;  $E = \{e_1, e_2, e_3\}$  и  $F = \{f_1, f_2, f_3\}$  устанавливает степень снижения исходной категории общей пространственной жесткости и устойчивости здания.

Категорию общей пространственной жесткости и устойчивости здания следует устанавливать на основе совместного анализа конструктивной схемы здания (категория здания), степени ослабления пространственной жесткости и устойчивости остова здания (D-факторы), степени повреждения несущих каменных конструкций (F-факторы), а также общего технического состояния здания в целом (E-факторы).

Классификация массивных кирпичных зданий по категориям общей пространственной жесткости и устойчивости здания, полученная на основе систематизации классификационных признаков и критериев, представлена в табл. 1.

Положения методики распространяются на обоснование и выбор рациональных технологических решений при замене старых перекрытий на новые перекрытия из монолитного железобетона в условиях реконструкции жилых зданий старой городской застройки.

В основе методики выбора рациональных технологических решений при замене перекрытий реконструируемых жилых зданий положены:

- системный подход при оценке строительно-технологических характеристик здания и условий реконструкции;
- целенаправленный синтез возможных технологических решений, реализуемый как поэтапная процедура технологического проектирования;
- использование типовых технологических решений и методов замены перекрытий, имеющих научное и технико-экономическое обоснование.

**Таблица 1**

**Классификация массивных многоэтажных кирпичных зданий по степени общей пространственной жесткости и устойчивости**

Категория общей пространственной жесткости и устойчивости здания	Степень ослабления пространственной жесткости остова здания	Критерий ↓	Техническое состояние здания	Критерий ↓	Степень повреждения несущих конструкций	Критерий ↓
		Качественный признак		Количественный показатель		Количественный показатель
		Наличие и характер повреждения вертикальных и горизонтальных связей		Физический износ, %		Процент снижения несущей способности, %
1. Жесткое и устойчивое	Незначительная	Отсутствуют повреждения	Хорошее	до 20	Слабое	до 15
2. Недостаточно жесткое и устойчивое	Средняя	Отдельные повреждения несистематического характера	Удовлетворительное	до 40	Среднее	до 25
3. Нежесткое и неустойчивое	Существенная	Систематические повреждения	Неудовлетворительное и ветхое	свыше 41	Сильное	до 50

*Системный подход* предусматривает всесторонний учет влияющих факторов и условий реконструкции и реализуется процедурами строительно-технологического анализа объекта реконструкции и условий производства работ с последующей систематизацией строительно-технологических характеристик по предложенным признакам: конструктивная схема (факторы  $A=\{a_1, a_2\}$ ); конструктивная система (факторы  $B=\{b_1, b_2, b_3, b_4\}$ ) и конструктивная схема перекрытий (факторы  $C=\{c_1, c_2, c_3, c_4\}$ ), определяющие категорию общей пространственной жесткости и устойчивости здания, а также признаков, устанавливающих степень снижения исходной категории общей пространственной жесткости и устойчивости здания – степень снижения пространственной жесткости остова здания (факторы  $D=\{d_1, d_2, d_3\}$ ), техническое состояние здания (факторы  $E=\{e_1, e_2, e_3\}$ ) и степень повреждения несущих конструкций (факторы  $F=\{f_1, f_2, f_3\}$ ).

*Целенаправленный синтез* технологических решений предусматривает формирование целей, системы критериев и принятие решений на отдельных процедурно-иерархических этапах технологического проектирования:

1-й этап – выбор метода замены перекрытий;

2-й этап – выбор методов производства работ: разбивка здания на элементы фронта работ (ярусы, участки и захватки), определение направления и последовательности замены перекрытий; выбор способов механизации строительных процессов, формирование комплектов машин и бригад рабочих; организационно-технологическое моделирование процесса замены перекрытий и выбор окончательного решения;

3-й этап – разработка календарного плана производства работ, расчет материально-технических ресурсов и технико-экономических показателей.

*Использование типовых методов* замены перекрытий и типовых технологических решений производства работ позволяет существенно уменьшить размерность задачи выбора до обоснованной величины и повысить общий уровень технологии – обоснование и выбор осуществляется из совокупности рациональных научно-обоснованных и апробированных технологических решений и методов [7].

Разработаны рациональные методы замены перекрытий, в составе которых: *I* полный демонтаж перекрытий и устройство новых монолитных; *II* поярусная замена перекрытий; *III* комбинированная замена перекрытий. Они имеют научное обоснование и сформированы исходя из принципа гарантированного обеспечения пространственной устойчивости и жесткости здания и отдельных конструкций в процессе его реконструкции, сдачи и последующей эксплуатации. Область применения каждого из методов определяется технико-экономической эффективностью. Установлены рациональные организационно-технологические модели замены перекрытий, структура и режимы выполнения строительных процессов, позволяющие правильно организовать выполнение строительных процессов в зависимости от конкретных условий реконструкции и особенностей объемно-планировочного и конструктивного решения здания, категории общей пространственной жесткости и устойчивости здания на момент его реконструкции [7].

Общая схема методики, представленная на рис. 1, включает следующие четыре этапа (блока):

- I. Формирование и систематизация исходных данных по объекту реконструкции;
- II. Обоснование и выбор метода замены перекрытий;
- III. Выбор методов производства строительно-монтажных работ, в том числе работ по демонтажу и разборке конструкций;
- IV. Разработка проектной технологической документации.

**На первом этапе** (блоки 1-4) выполняется систематизация и преобразование исходных данных с целью формирования достаточной совокупности строительно-технологических характеристик по зданию и условиям реконструкции.

Формирование и систематизация исходных данных по объекту реконструкции осуществляется посредством анализа проектно-сметной документации и материалов обследования реконструируемого объекта, по результатам которого определяются:

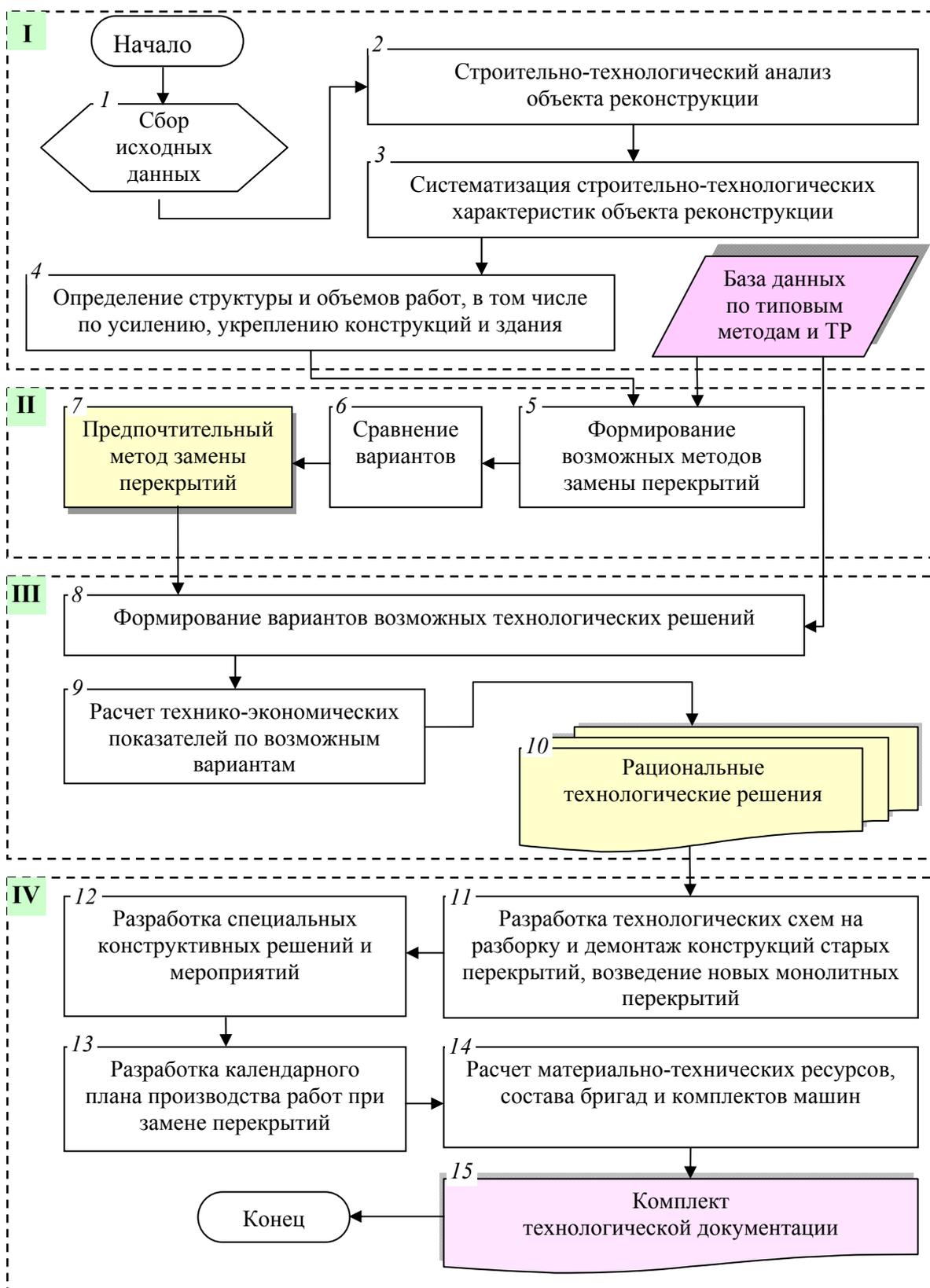
- характер расположения объекта и плотность застройки территории;
- объемно-планировочные и конструктивные характеристики здания;
- тип и параметры старых перекрытий;
- исходная (на момент строительства) категория общей пространственной жесткости и устойчивости здания;
- характер и степень ослабления пространственной жесткости остова здания;
- техническое состояние несущих и ограждающих конструкций и всего здания в целом;
- степень повреждения несущих конструкций (несущих стен, колонн, столбов, фундаментов и т.п.);
- степень снижения исходной категории общей пространственной жесткости и устойчивости здания (на момент реконструкции);
- вид, расчетная схема и геометрические параметры вновь возводимых монолитных перекрытий;
- перечень и объемы необходимых работ, специальных мероприятий по обеспечению общей пространственной жесткости и устойчивости здания и отдельных конструкций в процессе реконструкции здания (постановка поясов, устройство охранного усиления, временное и проектное усиление конструкций и фундаментов и т.п.);
- структура и объемы работ по разборке и демонтажу конструктивных элементов перекрытий, арматурных, опалубочных и бетоноукладочных работ по объекту и отдельным конструкциям;
- тип и параметры стесненности зон транспортирования, складирования, укрупнительной сборки, производства работ и рабочих мест рабочих;
- ограничения, накладываемые на организацию и методы производства работ специфическими условиями реконструкции жилого здания (временной режим производства работ, недопустимость запыленности, загазованности, образования шума свыше допустимых санитарных норм и т.п.).

**На втором этапе** (блоки 5-7) выполняется обоснование и выбор метода замены перекрытий. Сначала формируются возможные методы замены перекрытий (блок 5) *исходя из принципа гарантированного обеспечения пространственной устойчивости и жесткости здания и отдельных конструкций в процессе его реконструкции* [7].

Для повышения эффективности процедур выбора используются материалы базы данных по типовым методам и технологическим решениям.

Для сформированной группы возможных методов выполняются расчеты стоимости конструктивно-технологических мероприятий (блок 6) по усилению и укреплению здания или его отдельных частей и конструкций, стоимость работ по разборке и демонтажу конструкций старых перекрытий, стоимость устройства новых монолитных железобетонных перекрытий с оценкой экономической целесообразности (предпочтительности) применения определенной группы методов замены перекрытий [7].

По результатам сравнения устанавливается предпочтительный метод замены перекрытий (блок 7).



**Рис. 1. Укрупненная блок-схема методики выбора рациональных технологических решений (ТР) при замене перекрытий реконструируемых жилых зданий**

**На третьем этапе** (блоки 8-10) выполняется выбор методов производства строительно-монтажных работ, в том числе работ по демонтажу и разборке конструкций.

Обоснование и выбор возможных методов производства работ осуществляется *по техническим параметрам, а также обеспеченности безопасности работ и реконструкции здания* (блок 8).

Для повышения эффективности процедур выбора используются разработанные типовые технологические решения.

Выбор выполняется в последовательности:

- разбивка здания на элементы фронта работ (ярусы, участки и захватки);
- определение направления и последовательности замены перекрытий;
- выбор способов механизации строительных процессов, формирование комплектов машин и бригад рабочих;
- организационно-технологическое моделирование процесса замены перекрытий с установлением структуры специализированных потоков, организуемых на однородных участках реконструируемого объекта;
- определение суточной и сменной интенсивности частных потоков по каждому участку с учетом сроков начала-окончания работ на объекте и по отдельным участкам.

Для каждого участка определяются средневзвешенные и минимальные размеры зон производства работ и рабочих мест.

Окончательный выбор (блок 9) рациональных технологических решений (по разборке конструктивных слоев старых перекрытий, демонтажу балок, установке опалубки, вязке арматуры, транспортированию, подаче и укладке бетонной смеси и уходу за бетоном) осуществляется *на основе сопоставления технико-экономических показателей* альтернатив.

**На четвертом этапе** (блок 11-15) выполняется разработка проектной технологической документации в составе:

- технологических схем (блок 11) на основные виды работ – разборка и демонтаж конструктивных элементов старых перекрытий, установка и разборка опалубки, установка арматуры, бетонирование конструкции перекрытий, усиление простенков и фундаментов, закрепление грунтов основания и другие работы;
- специальных конструктивных решений (блок 12) на усиление, укрепление конструкций и остова здания;
- календарного плана производства работ (блок 13);
- ведомостей потребности в материально-технических ресурсах, составе бригад и комплектов машин (блок 14).

### **Выводы**

На основании установленных особенностей и условий реконструкции жилых зданий старой застройки, их строительно-технологических характеристик разработаны основные положения методики выбора рациональных технологических решений при замене перекрытий реконструируемых жилых зданий, которые базируются на принципах системного подхода, целенаправленного синтеза возможных технологических решений и использовании типовых технологических решений и методов замены перекрытий. Системный подход предусматривает всесторонний учет влияющих факторов и условий реконструкции и реализуется процедурами строительно-технологического анализа объекта реконструкции и условий производства работ с последующей систематизацией строительно-технологических характеристик по предложенным признакам. Целенаправленный синтез технологических решений предусматривает формирование целей, системы критериев и принятие решений на отдельных процедурно-иерархических этапах технологического проектирования: 1-й этап – выбор метода замены перекрытий; 2-й этап – выбор методов производства работ; 3-й этап – разработка технологической документации. Использование типовых методов замены перекрытий и типовых технологических решений производства работ позволяет существенно уменьшить размерность

задачи выбора до обоснованной величины и повысить общий уровень технологии реконструкции.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Акимов С. Ф. Современное состояние и проблемы развития технологии монолитного железобетона в условиях реконструкции / С. Ф. Акимов // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2001. – Вип. 9. – С. 20–25.
2. Осипов А. Ф. Особенности объемно-планировочных и конструктивных характеристик реконструируемых жилых зданий г. Киева / А. Ф. Осипов, С. Ф. Акимов // Строительство и техногенная безопасность. – 2002. – Вып. 6. – С. 260–265.
3. Осипов А. Ф. Исследование и обоснование рациональных методов реконструкции жилых зданий / А. Ф. Осипов, С. Ф. Акимов // Строительство и техногенная безопасность. – 2003. – Вып. 8. – С. 37–40.
4. Осипов А. Ф. Методы возведения монолитных перекрытий при реконструкции жилых зданий / А. Ф. Осипов, С. Ф. Акимов // Містобудування та територіальне планування. – 2004. – Вип. 19. – С. 15–22.
5. Осипов А. Ф. Возведение монолитных перекрытий при реконструкции жилых зданий / А. Ф. Осипов, С. Ф. Акимов // Нові технології в будівництві. – 2005. – Вип. 1 (9). – С. 46–52.
6. Осипов А. Ф. Реконструкции жилых зданий. Методы возведения монолитных перекрытий / А. Ф. Осипов, С. Ф. Акимов // Новини науки Придніпров'я. – 2006. – Вип. № 3. – С. 9–15.
7. Осипов А. Ф. Разработка организационно-технологических моделей замены перекрытий в зданиях исторической застройки / А. Ф. Осипов, С. Ф. Акимов // Строительство и техногенная безопасность. – 2009. – Вып. № 29. – С. 101–108.
8. Осипов А. Ф. Исследование и обоснование рациональной области применения средств механизации демонтажа и подачи бетонной смеси при реконструкции жилых зданий старой застройки / А. Ф. Осипов, С. Ф. Акимов // Строительство и техногенная безопасность. – 2011. – Вып. № 36. – С. 49–59.
9. Осипов А. Ф. Обоснование рационального размера яруса при поярусной замене перекрытий жилых зданий исторической городской застройки / А. Ф. Осипов, С. Ф. Акимов // Містобудування та територіальне планування. – 2011. – Вип. 41. – С. 307–312.

**УДК 624.01**

#### **РЕЗУЛЬТАТИ ПОВНОФАКТОРНОГО ЧИСЛОВОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК, ПІДСИЛЕНИХ НОВОЮ ВАЖІЛЬНО- СТРИЖНЕВОЮ СИСТЕМОЮ**

**Чеканович О.М.**

*Національна академія природоохоронного і курортного будівництва*

У статті наведені результати повнофакторного числового експерименту на 150 залізобетонних балках, підсилених новою важільно-стрижневою системою (ВСС), з різними комбінаціями довжини розтяжок, місць прикладання повздовжнього зусилля обтиску та проценту армування, отримані найбільш ефективні їх співвідношення. Проведений кореляційно-регресійний аналіз і отримані рівняння двохфакторної нелінійної регресії, а також їх трьохвимірні представлення та лінії рівнів залежності несучої здатності і деформативності від наведених вище вхідних параметрів, які зручні для практичного застосування.

## **Залізобетонна балка, підсилення, важільно-стрижнева система, кореляційно-регресійний аналіз, тривимірні зображення, лінії рівнів**

### **Вступ**

Значна частина будівель і споруд України виробничого та цивільного призначення має ознаки фізичного і морального зносу. Фізичний знос спричиняє зменшення несучої здатності конструкцій, виникнення недопустимих за розмірами тріщин, деформацій. Зведення нових будівельних комплексів вимагає суттєвих матеріальних витрат, а також вирішення проблеми виділення землі під будівництво. У багатьох випадках відновлення будівель, підвищення їх функціональної і технологічної ефективності можливе за умови реконструкції. Тому постає актуальна проблема проведення підсилення та планового капітального ремонту будівель і споруд.

Значне місце серед зношених і пошкоджених несучих конструкцій займають залізобетонні згинальні елементи покриття та перекриття. Для відновлення нормальної експлуатації, підвищення їх несучої здатності традиційно застосовується підсилення зовнішньою арматурою у вигляді горизонтальних та шпренгельних затяжок. Проте ефект початкового напруження обмежений і може негативно вплинути на роботу елемента – спричинити появу тріщин у верхній зоні балкової конструкції. При навантаженні можливе руйнування такого згинального елемента по стисненій зоні бетону. Тому вибір ефективного способу підсилення залізобетонних балкових елементів становить важливу наукову проблему для будівельного комплексу України.

Проведені автором дисертації дослідження довели можливість створення підсилених залізобетонних згинальних елементів зі значно збільшеними показниками міцності, жорсткості та тріщиностійкості за рахунок раціонального перерозподілу діючих напружень між їх стисненою і розтягнутою зонами під навантаженням. Створення системи регулювання напружено-деформованого стану (НДС) конструкції обумовило необхідність проведення комплексу теоретичних і експериментальних досліджень, спрямованих на уточнення конструктивних параметрів системи підсилення та вивчення дії цих силових факторів на НДС та несучу здатність залізобетонних згинальних елементів, а також розробки пропозицій щодо їх розрахунку та практичної реалізації.

### **АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ**

Питанню підсилення залізобетонних згинальних елементів зовнішньою арматурою присвячені роботи: Абовського М.П., Ахмеднабієва Р.М., Воблих В.О., Гамбарова Г.А., Гитлевича М.Б., Голишева А.Б., Гриневича Є.О., Губія М.М., Динельта Ю.Б., Домбасва І.А., Зубарева А.Н., Ізбаша М.Ю., Калініна А.А., Клименка Є.В., Клименка Ф.Е., Клименка В.З., Крижанівського В.Н., Ф. Леонгарда, Онуфрієва М.М., Перельмутера А.В., Сальникова В.І., Салії Г.Ш., Салія М.А., Семірненка Ю.І., Ткаченко І.Н., Фейгіна Е.М., Фомиці Л.Н., Е. Фрейсіне, Шагіна О.Л. та ін. [1-3].

Як впливає з досліджень, використання традиційних горизонтальних затяжок у нижній розтягнутій зоні балкової конструкції підвищує її міцність та жорсткість шляхом створення поздовжнього зусилля обтиску. Затяжки сповільнено реагують на зростання зовнішнього навантаження. Для включення їх у роботу необхідне значне попереднє напруження, яке мало впливає на властивості опору стисненої зони бетону перерізів. Тут неможливий штучний перерозподіл зусиль між обтиском нижнього пояса та розвантаженням верхнього пояса залізобетонного згинального елемента відповідно до величини зовнішнього навантаження. Шпренгельні затяжки, в тому числі і комбіновані, мають ті ж недоліки, що й горизонтальні, а щодо стисненої зони бетону, то вони не підсилюють, а довантажують її. Негативним наслідком може стати передчасна поява горизонтальних тріщин у зоні верхньої фібри балкової конструкції.

Відсутні детальні дослідження, які розглядають підсилення залізобетонних згинальних елементів шляхом створення зусиль розтягу у верхній стисненій зоні, пов'язаного з обтиском нижньої розтягнутої фібри балкової конструкції. Використовуючи аналіз літературних джерел, сформульовано мету і задачі досліджень.

### МЕТА І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Метою експерименту було визначити оптимальні співвідношення параметрів елементів конструкції підсилення та в цілому оцінити вплив системи підсилення на несучу здатність та НДС балки.

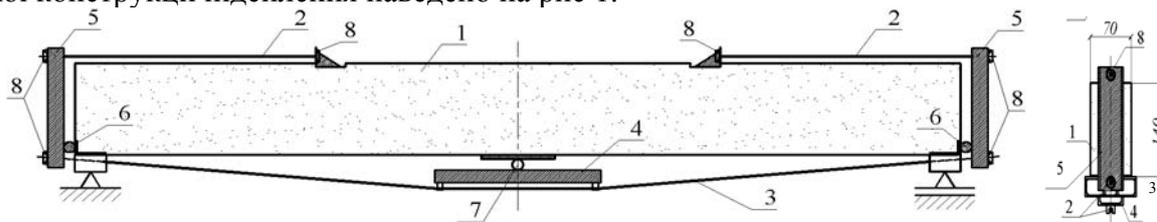
Для досягнення вказаної мети поставлені такі задачі дослідження:

Запропонувати нову систему підсилення залізобетонних згинальних елементів, що дозволяє раціонально перерозподіляти діючі напруження між стисненою і розтягнутою зонами балкової конструкції та керувати її НДС у залежності від умов експлуатації.

На основі розробленої методики і числового експерименту теоретично дослідити вплив параметрів системи підсилення на несучу здатність і деформативність залізобетонних балок.

### РЕЗУЛЬТАТИ І ЇХ АНАЛІЗ

Як відомо, негативним наслідком дії згинального моменту на балку є не тільки утворення тріщин у розтягненій нижній зоні, а й надмірний стиск верхньої фібри балки. Це викликає передчасну появу тріщин та виколи бетону стисненої зони. Підсилення стисненої зони збільшенням поперечного перерізу, введенням додаткової стисненої арматури, обмеженням поперечних деформацій конструкції, що підсилюється, викликає значні матеріальні витрати і збільшення габаритів елемента, а втрата стійкості верхньої арматури прискорює досягнення моменту руйнування стисненої зони. Для попередження такого явища пропонується підсилення згинального елемента за рахунок дії розтяжок у верхній стисненій та зтяжки в нижній розтягнутій зонах балки [4]. Загальний вигляд такої конструкції підсилення наведено на рис 1.



**Рис. 1. Загальний вигляд дослідного зразка балки, підсиленої ВСС, збоку та з торця**  
**1 – залізобетонна балка; 2 – розтяжка; 3 – зтяжка; 4 – траверса; 5 – двоплечові важелі; 6, 7 – котки; 8 – комплект кріплень зі сферичними шайбами.**

Під навантаженням балка деформується, і в результаті прогину балки траверса опускається, відхиляючи арматуру зтяжки донизу на величину максимального центрального прогину одразу в двох точках контакту. Відбувається значне видовження арматури. На торцях балки, в місцях розташування котків, виникає розпір, що створює повздовжній обтиск балки. Обернено пропорційно до величин плечей важелів в арматурі розтяжок і зтяжки виникають зусилля розтягу, що призводить до розвантаження верхньої стиснутої фібри балки з одночасним обтиском розтягнутої фібри. При знятті зовнішнього навантаження напруження від ВСС практично зникає. Таким чином, запропонована конструкція підсилення дозволяє перерозподіляти зусилля в балці з інтенсивним натягом арматури зтяжки та розтяжок під дією зовнішнього навантаження, підвищити несучу здатність, тріщиностійкість та зменшити прогин залізобетонної балки. Особливістю ВСС є те, що немає необхідності її значного попереднього напруження, достатньо, аби конструкція не провисала і включилася в роботу з початку навантаження згинального елемента.

Система зовнішнього підсилення згинальних залізобетонних елементів у вигляді взаємопов'язаних двоплечевими важелями розтяжок і зтяжки та траверси включається у роботу завдяки деформаціям, що передаються їй від балкової конструкції. Закріплення ВСС на згинальному елементі виконано в місцях, близьких до найбільших деформацій, що виникають під навантаженням: по центру на нижній грані балкової конструкції, де прогин, як правило, максимальний; на торці балки на відстані, близькій до її нижньої

фібри та на верхній стисненій грані, де відбуваються значні переміщення балки (по горизонталі та вертикалі)

Для розрахунку було прийнято однопрольотну шарнірно обперту балку з пропорціями ширини, висоти і довжини: 0,5:1:10,7. У числовому експерименті варіювалися три найбільш важливих параметри з раціональним непарним числом рівнів, які дорівнювали п'яти.

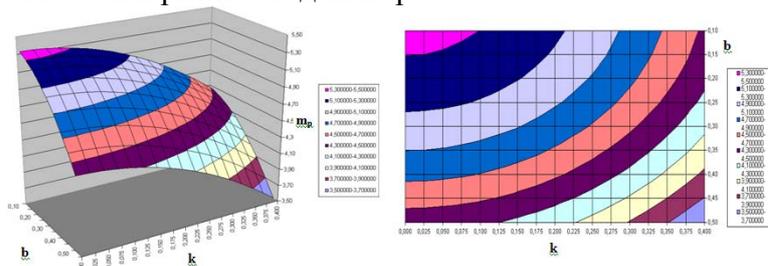
- 1) процент армування:
  - 1,14%;
  - 1,304%;
  - 1,794%;
  - 2,354%;
  - 2,61%.
- 2) місце передачі зусиль від розтяжок:
  - 0;
  - 0,066  $L_0$ ;
  - 0,133  $L_0$ ;
  - 0,199  $L_0$ ;
  - 0,266  $L_0$ ;
  - додатково - 0,398  $L_0$ .
- 3) рівень прикладання зусилля обтиску відносно нижньої грані балки:
  - 0,107H;
  - 0,205H; 0,304H;
  - 0,402H;
  - 0,5H.

Для отримання екстремумів на графіках ефектів було прийнято додаткове місце закріплення розтяжки на відстані 557,2 мм від опор або 0,398 від розрахункового прольоту  $L_0$ . Попередньо розглядалися декілька варіантів довжини горизонтальної траверси і положення її по вертикалі. Виходячи з того, що значна довжина траверси потребує невиправданих витрат сталі для забезпечення жорсткості, а віднесення її положення вниз зменшує вільний простір під балкою і відповідно збільшує робочу висоту перерізу, дійшли висновку, що раціональним у дослідженні буде прийняти довжину траверси – 300 мм, а віднесення її відносно нижньої грані балки – 88 мм.

Результати повнофакторного числового експерименту представлено у вигляді одно-, двохфакторних моделей. Найбільший ефект підвищення несучої здатності та зниження прогинів залізобетонної балки, підсиленої запропонованою ВСС, порівняно зі звичайною балкою, горизонтальною та шпренгельною затяжкою одержано при мінімальному проценті армування – 1,14%, найнижчому розташуванні котку на торці балки  $b=0,107H$  і при довжині розтяжки  $k=0,199L_0$ . Зміна значень несучої здатності у межах довжин розтяжки  $k$  від 0 до 0,199 $L_0$  незначна, до 0,57%, тому цей діапазон фактору  $k$  можна вважати ефективним. Треба також відзначити, що при положенні котку  $b=0,205H$  і зазначеному вище діапазоні довжин розтяжки зниження несучої здатності також несуттєве – до 1,46%, тому розташування котку двоплечового важеля в межах від  $(0,107 \div 0,205)H$  також може вважатись прийнятним в умовах виробництва.

За даними числового експерименту проведено кореляційно-регресійний аналіз, отримано рівняння двохфакторних нелінійних регресій та їх тривимірні зображення, лінії рівнів. Ці моделі відображають залежність вихідних характеристик: несучої здатності  $m_p$ , відносних прогинів при досягненні несучої здатності  $w$  та прогинів при проміжному значенні навантаження  $w'$  від вхідних факторів: довжини розтяжки  $k$ , місця прикладання поздовжнього зусилля обтиску  $b$ , проценту армування перерізу  $\mu$ . Запропоновані моделі мають високі показники детермінації, які складають 0,93-0,99. Це свідчить про їх адекватність і можливість практичного застосування.

Двохфакторні регресійні моделі представлені для змінних параметрів  $k$  і  $b$  та фіксованого значення проценту армування  $\mu$ . Наприклад, для проценту армування  $\mu=1,14\%$ , а відповідні тривимірні зображення та лінії рівнів наведені на рис. 4-6.



**Рис. 4. Тривимірне зображення та лінії рівнів двофакторної моделі залежності  $m_p$  від  $k$  і  $b$  для проценту армування 1,14%**

Відповідне рівняння регресії має вигляд:

$$m_p = 5,394 - 5,545k^2 - 4,021b^2 \quad (1)$$

Для інших розглянутих у числовому експерименті процентів армування побудовано аналогічні тривимірні зображення і лінії рівнів, їх рівняння двофакторних нелінійних регресій мають вигляд:

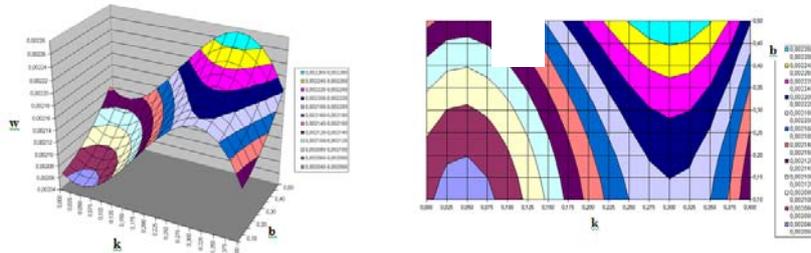
при  $\mu=1,304\%$  :  $m_p = 5,760 - 6,012k^2 - 4,218b^2$  (2)

при  $\mu=1,794\%$  :  $m_p = 6,831 - 7,690k^2 - 4,301b^2$  (3)

при  $\mu=2,354\%$  :  $m_p = 7,712 - 8,833k^2 - 4,144b^2$  (4)

при  $\mu=2,61\%$  :  $m_p = 8,086 - 9,232k^2 - 4,064b^2$  (5)

Двохфакторні регресійні моделі та лінії рівнів були побудовані і для відносного прогину посередині прольоту балки при досягненні несучої здатності  $w$ .



**Рис. 5. Тривимірне зображення та лінії рівнів двофакторної моделі залежності  $w$  від  $k$  і  $b$  для проценту армування 1,14%**

$$w = 0,00206 - 0,00067k + 0,00871k^2 - 0,01671k^3 + 0,00034b^2 \quad (6)$$

Рівняння двофакторних нелінійних регресій залежності  $w$  від  $k, b$  для інших  $\mu$ :

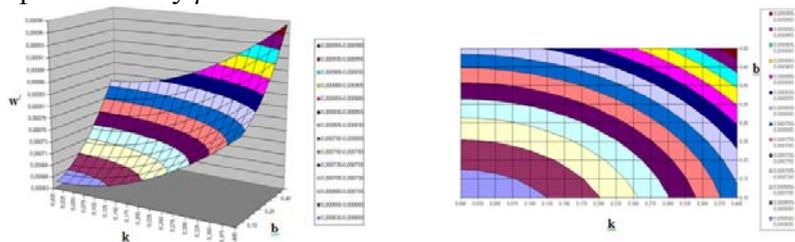
при  $\mu=1,304\%$  :  $w = 0,00220 - 0,000612k + 0,00859k^2 - 0,01678k^3 + 0,000365b^2$  (7)

при  $\mu=1,794\%$  :  $w = 0,00253 - 0,000798k + 0,01065k^2 - 0,02195k^3 + 0,000411b^2$  (8)

при  $\mu=2,354\%$  :  $w = 0,00286 - 0,000984k + 0,01272k^2 - 0,02712k^3 + 0,000457b^2$  (9)

при  $\mu=2,61\%$  :  $w = 0,00311 - 0,00109k + 0,012849k^2 - 0,02615k^3 + 0,000187b^2$  (10)

Залежність відносного прогину посередині прольоту балки, підсиленої запропонованою ВСС, при проміжному значенні зовнішнього приведенного моменту 1,75 МПа від  $k$  і  $b$  при фіксованому  $\mu$ .



**Рис. 6. Тривимірне зображення та лінії рівнів двофакторної моделі залежності  $w$  від  $k$  і  $b$  для  $\mu=1,14\%$**

$$\text{при } \mu=1,14\% : \quad \frac{w^{\square}}{= 0,000632} + 0,000992k^2 + 0,000735b^2 \quad (11)$$

$$\text{при } \mu=1,304\% : \quad \frac{w^{\square}}{= 0,00063} + 0,000955k^2 + 0,000637b^2 \quad (12)$$

$$\text{при } \mu=1,794\% : \quad \frac{w^{\square}}{= 0,00058} + 0,00098k^2 + 0,00067b^2 \quad (13)$$

$$\text{при } \mu=2,354\% : \quad \frac{w^{\square}}{= 0,00056} + 0,000871k^2 + 0,000583b^2 \quad (14)$$

$$\text{при } \mu=2,61\% : \quad \frac{w^{\square}}{= 0,00053} + 0,000874k^2 + 0,000586b^2 \quad (15)$$

Отримані рівняння носять квадратичний та кубічний характер. Наведені лінії рівнів дають широкі можливості для оцінки меж значень несучої здатності  $m_p$  і деформативності  $w$ ,  $w'$  балок, підсилених ВСС.

### ВИСНОВКИ

1. Запропонована нова конструкція підсилення залізобетонних балок важільно-стрижневою системою.

2. Проведений повнофакторний числовий експеримент на 150 підсилених залізобетонних балках з різними комбінаціями параметрів ВСС, виявлено раціональні співвідношення елементів підсилення та досліджено їх вплив на несучу здатність і прогини балок. Отримані рівняння двохфакторної нелінійної регресії, за якими побудовані тривимірні зображення і лінії рівнів, які зручні для практичного застосування.

### СПИСОК ВИКОРИСТАННЯ ДЖЕРЕЛ

1. Онуфриев Н. М. Усиление железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений/ Н. М. Онуфриев.- Ленинград, 1965. - 342 с.
2. Гольшев А.Б. Проектирование усиленных несущих железобетонных конструкций производственных зданий и сооружений/ А.Б. Гольшев, И.Н. Ткаченко. - К.: Логос, 2001. - 172 с.
3. Шагин А.Л. Обжатие конструкций шпренгельным подкреплением с горизонтальными участками/ А.Л. Шагин, И.А. Домбаев// Коммунальное хозяйство городов. – К.: Техника, 1997. - № 8. - С.33-36.
4. Пат. 87047 Україна, МПК E04C 3/00. Регульованообтиснена залізобетонна балка/ Чеканович О.М.; заявник і патентовласник: Чеканович О.М. - №а 200710856; заявл. 10.04.2009; опубл. 10.06.2009, Бюл.№11.

### РАЗДЕЛ 3. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 532.5.072.15

#### ОСОБЛИВОСТІ ТЕРМІЧНОГО СПУЧЕННЯ ГІДРОСИЛКАТІВ

Кошлак Г.В

*Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка*

У статті приведено математичну модель спучення сировинної суміші з метою отримання пористого теплоізоляційного матеріалу на основі розчинного гідросилкату. Математична модель та її дають можливість прогнозувати основні технологічні показники процесу гідротермічного спучення гідросилкатів з урахуванням формування необхідної структури пористого матеріалу. Від структури матеріалу залежать всі теплофізичні властивості теплоізолятора.

**Спучення, тепломасообмін, пористі теплоізоляційні матеріали.**

#### АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ.

Розповсюдженість природних покладів кремнеземистих порід в багатьох регіонах України, дешева та екологічно чиста сировина є вагомим аргументом для подальших досліджень, розробки і впровадження нових технологій виробництва теплоізоляційних пористих матеріалів на основі гідросилкатів. Дослідження в області отримання таких матеріалів націлені на покращення їх теплофізичних і конструктивних властивостей.

Для теплоізоляційних матеріалів, в залежності від внутрішньої геометричної будови та температури застосування, існують оптимальні значення пористості і питомої кількості пор, при яких досягається найбільший ефект зниження інтенсивності передачі теплоти. В свою чергу, його структура функціонально пов'язана з методами спучення та технологічними режимами.

Механізм спучення гідросилкатних матеріалів вивчався детально в роботах [1,2]. При нагріванні гідросилкату високотемпературним теплоносієм утворюються первинні газові пухирці (пори). Грузькість рідини з часом зменшується, одночасно збільшується об'єм газової фази з відповідним підвищенням її тиску. Коли тиск газової фази (водяної пари) перебільшує сили в'язкого опору та поверхневого натягу, здійснюється спучення розчину. Оптимальними умовами спучення є керована грузькість середовища, за рахунок утворення низькотемпературних евтектичних розчинів, та знижений поверхневий натяг, які залежать від хімічного складу і температури, тобто останні параметри дають змогу створення оптимальної структури матеріалу з бажаними теплофізичними властивостями.

#### МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.

Виконані лабораторні дослідження [2] дозволяють підібрати необхідні температурні режими обробки. Завданнями подальших досліджень є вибір методу організації ефективного тепломасообміну, моделювання цих процесів, експериментальна апробація отриманих даних і створення методики визначення основних технологічних параметрів технології отримання нового матеріалу.

#### МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.

Як встановлено експериментально, істотними чинниками керованої дії на кінетику газоутворення і формування пористої структури є температура і склад компонентів середовища. Процес спучення на стадії оптимальних пластично-в'язких властивостей суміші у поєднанні з пропонованими газоутворювачами інтенсифікує процес газовиділення, який протікає рівномірно у всьому об'ємі сировинного матеріалу, забезпечуючи утворення замкнутих пор.

Спучення газоутворенням припускає, що газ, який виділяється в процесі газоутворення, залишається в гелевидній пластичній газонепроникній фазі. Суміш

кристалізується при температурі 100-120 °С з утворенням комірчастої структури матеріалу.

При попередній підсушці гранул температурою повітря 100-120 °С спостерігається активне газоутворення, якому сприяє наявність в початковій суміші гідратної води, бікарбонату натрію і глини. При цьому в'язкість матеріалу підвищується, врівноважуючи тиск газу в бульбашках. Інтенсивність цього процесу регулюється температурою і часом дії теплоносія, які підбираються так, щоб газові осередки, збільшуючись до певного заданого розміру, не зливалися і зберігали свою форму. В цьому випадку внутрішні поверхні газових осередків стабілізуються поверхневими силами і тиском усередині пори, а зовнішні поверхні гранул - покриваються суцільною плівкою. Час температурної дії визначає як структурні характеристики (пористість і розмір пор) так і міцнісні властивості матеріалу і його термостійкість. Із збільшенням тривалості і інтенсивності температурної дії погіршуються міцнісні характеристики матеріалу, збільшується пористість, але в той же час зменшується теплопровідність. Отже, для отримання матеріалу з необхідними міцнісними характеристиками і необхідною теплопровідністю, потрібно підібрати оптимальний технологічний режим обробки пористого теплоізоляційного матеріалу.

Розглянемо модель зростання парової фази скипаючої краплі води в гелевидній багатокомпонентній суміші з урахуванням підведення теплоти в частинку сировинної суміші.

Для розрахункової моделі приймаємо, що сировинна маса насичена водою, при випаровуванні якої утворюються парові бульбашки радіусом  $R$ , які оточені рідиною. У початковий момент часу ця система знаходиться під яким-небудь тиском  $p_0$  (наприклад  $p_0 > p_a$ ) і при температурі  $T_0$ . Зростання парового об'єму і випаровування води відбуватимуться через те, що сировинна суміш нагрівається зовнішнім джерелом з температурою 500 °С. Рух межі розділу рідина-пара відбуватиметься під дією різниці тиску усередині парового об'єму  $p_n$  і тиску середовища  $p_c$  [3,4].

Більшість методик розрахунку радіального руху рідини на межі з сферичною порожниною використовують рівняння Релея [2]

$$\frac{d^2R}{d\tau^2} = \frac{p - p_c - \frac{3}{2}\rho \left(\frac{dR}{d\tau}\right)^2}{\rho R}, \quad (1)$$

де:  $R$  – радіус парового пухирця;  $\tau$  – час;  $p$  – тиск в рідині;  $p_c$  – тиск пари;  $\rho$  – густина сировини.

Це рівняння виражає закон збереження механічної енергії в рідині при релаксації системи в термодинамічно рівноважний стан.

Прийнято, що паровий прошарок вже існує і початковий тиск в ньому постійний, так само, як і тиск, що діє на об'єм рідини. Оскільки рівняння Релея описує зміну прискорення руху рідини на сферичній межі розділу газ-рідина, то воно може бути використане для опису процесів зростання парових прошарків, які знаходяться безпосередньо на сферичному об'ємі, який протягом часу матиме такий же тиск, як і паровий прошарок. Така модель припускає розгляд руху межі розділу парової бульбашки, в якій знаходиться певний об'єм води, з рідиною, що оточує його.

Тиск в рідині на межі з бульбашкою врівноважується тиском середовища, яке знаходиться усередині бульбашки. Якщо середовищем буде парогазова суміш, тобто окрім водяної пари є ще який-небудь газ, то загальний тиск суміші визначається законом Дальтона

$$P_{\Sigma} = P_n + P_g, \quad (2)$$

де  $P_n, P_g$  – парціальний тиск пари і газу, відповідно.

Тиск  $p$  завжди менше  $p_{\Sigma}$  на величину капілярного тиску, а також тиск дотичної напруги, яка виникає безпосередньо на сферичній міжфазній поверхні унаслідок руху прилеглих шарів рідини

$$p_{\Sigma} = p + \frac{2\sigma}{R} + \frac{4\mu_l \cdot w}{R}, \quad (3)$$

де  $\sigma$  – поверхневий натяг,  $\mu$  – в'язкість;  $w$  – швидкість руху межі поділу рідина – пара.

Приймаємо відсутність якого-небудь газу в паровому об'ємі, тобто даний об'єм складається тільки з пари.

Для визначення температури усередині парового об'єму можна скористатися першим законом термодинаміки, який можна записати у вигляді [5]

$$\frac{dU}{d\tau} = Q - p_n \frac{dV_n}{d\tau}. \quad (4)$$

Виконуючи операцію диференціювання, остаточно отримаємо

$$\frac{dT_n}{d\tau} = \frac{1}{c_n m_n} \left[ Q - c_n T_n j S_m - p_n \frac{dV_n}{d\tau} \right] \quad (5)$$

де  $S_m = 4\pi R^2$ .

Розглядаючи тепло- і масоперенос через міжфазну межу розділу вода-пара, можна записати рівняння

$$Q_e = Q_n + Q_m, \quad (6)$$

де  $Q_e$  – кількість теплоти, яка поступає від води;

$Q_n = \alpha_n \cdot \Delta T \cdot S_3$  – кількість теплоти, що йде на нагрів пари;

$Q_m = j \cdot L \cdot S_3$  – кількість теплоти, яку несе в собі масовий потік;

$\Delta T$  – перепад температур між паром і поверхнею розділу вода-пара.

Вважатимемо, що температура парового об'єму  $T_n$  не дорівнює температурі поверхні розділу вода-пара  $T_m$ , тобто процес відбуватиметься за наявності деякого стрибка температури на межі розділу, а не квазірівноважно. При цьому вважаємо, що температура усередині парового об'єму буде однорідною.

У даній моделі використовуються допущення однорідності тиску газу в паровому прошарку і об'ємі краплі води, і однорідність температури пари, які істотно спрощують розгляд динаміки зростання парових прошарків.

Перше припущення може не виконуватися лише на останніх стадіях руйнування парового об'єму, коли швидкість радіального руху рідини на межі розділу рідина-пара вище за швидкість звуку в газі, а час зміни швидкості руху межі розділу істотно перевищує час проходження звукового імпульсу від поверхні до центру бульбашки. Але дані стадії достатньо короткочасні навіть в порівнянні з періодами осциляцій бульбашки, що схлопується.

У разі чистої парової бульбашки, домінуючу роль грає зовнішнє завдання теплопровідності, і неоднорідністю температури усередині бульбашки можна знехтувати.

Як наслідок, густина парової фази в паровому об'ємі  $\rho_n$  також є однорідною, тобто

$$\frac{d\rho_n}{dR_n} = 0, \text{ функцію зміни густини пари в часі можна представити у вигляді}$$

$$\frac{d\rho_n}{d\tau} = \frac{1}{V_n} \left( \frac{dm_n}{d\tau} - \rho_n \frac{dV_n}{d\tau} \right). \quad (7)$$

Для наведених вище умов рівняння Релея (1) прийме вигляд

$$\frac{dw}{d\tau} = \frac{p_n - p_c - 1.5\rho w^2 - \frac{2\sigma}{R} - \frac{4\mu w}{R}}{\rho R} \quad (8)$$

Для вирішення математичної моделі процесу зростання парової фази використовуємо метод сіток.

Кінцевий результат розв'язання дається рівнянням, по якому значення „наступної” температури в даній точці (вузлі) є функцією часу, її „поточної” температури і „поточної” температури суміжних вузлових точок.

Вирішення системи диференціальних рівнянь будемо шукати по явній схемі, в якій шуканий радіус  $R_i^{n+1}$  явно виражений через значення радіусів в цій же точці на попередніх моментах часу.

Особливістю процесів спучення є те, що процеси формування, зростання парових бульбашок відбуваються одночасно з кристалізацією каркасу матеріалу, тому реологічні властивості матеріалу (в'язкість, поверхневий натяг, густина) є змінними в часі.

На основі експериментальних даних були отримані рівняння залежностей в'язкості, поверхневого натягу та густини від часу в програмі MathCad за допомогою регресійних статичних функцій. Отримані наступні залежності:

$$\begin{aligned} \sigma &= 0.453 - 4.066 \cdot 10^{-4} \cdot \tau + 9.673 \cdot 10^{-5} \cdot \tau^2 - 2.432 \cdot 10^{-6} \cdot \tau^3 + 2.12 \cdot 10^{-8} \cdot \tau^4; \\ \mu &= 1992 + 10.84 \cdot \tau - 0.718 \cdot \tau^2 + 0.022 \cdot \tau^3 - 2.746 \cdot 10^{-4} \cdot \tau^4 + 1.242 \cdot 10^{-6} \cdot \tau^5; \\ \rho &= 800 - 2.5 \cdot \tau. \end{aligned} \quad (9)$$

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ АНАЛІЗ.

Приймаємо, що в початковий момент часу існує паровий прошарок радіусом 1 мкм, оточений рідиною в безперервному необмеженому середовищі сировини. Вся система знаходиться при початковому тиску 101325 Па (1 атм) та відповідній температурі насичення 100 °С. Зростання парового об'єму і випаровування води відбуватимуться через те, що сировинна суміш нагрівається зовнішнім джерелом з температурою 500 °С.

Розрахунки проведені методом кінцевих різниць для різних значень теплового потоку, що подається до сировинної суміші зовні. Результати представлені на рисунках 1, 2.

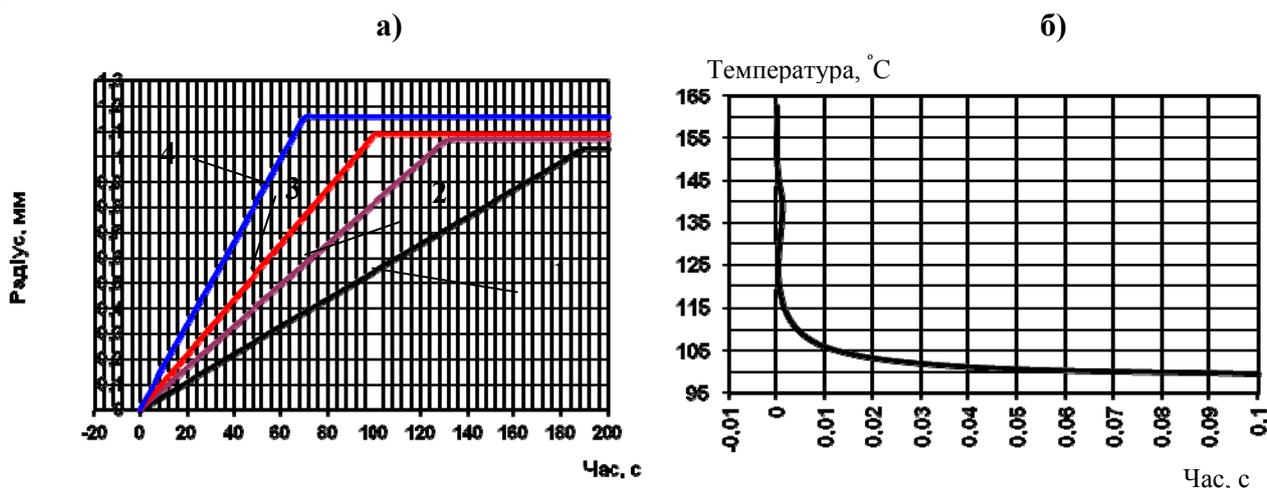


Рис.1. Зміна радіусу (а) межі поділу пара-вода та температури (б) у часі для значень теплового потоку  $q_3$ : 1 – 10000 Вт/м<sup>2</sup>; 2 – 15000 Вт/м<sup>2</sup>; 3 – 20000 Вт/м<sup>2</sup>; 4 – 30000 Вт/м<sup>2</sup>

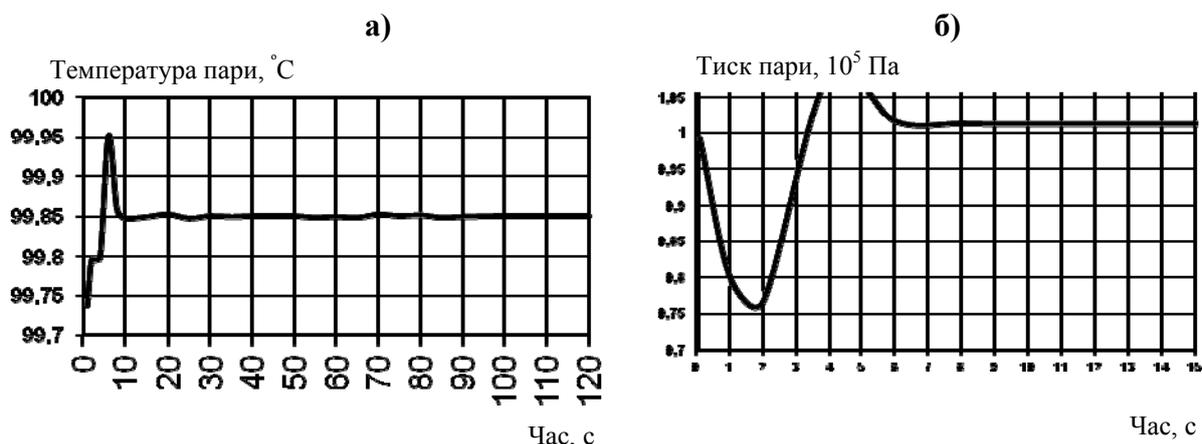


Рис.2. Зміна температури (а) та тиску (б) пари у часі при тепловому потоці,  $q = 10000 \text{ Вт/м}^2$

### ВИСНОВКИ.

Аналіз літературних даних по дослідженню розвинення парового пухирця (пори), що утворюється при нагріванні сировинної суміші показав, що детальну та достовірну інформацію про закономірності протікання тепломасообмінних процесів та про вплив різних факторів в цих процесах, можна отримати тільки поєднавши методи фізичного та математичного моделювання вивчаємих явищ.

Запропоновано, фізично обґрунтовано та апробовано рівняння математичної моделі динаміки парової фази, що виникає та розвивається в об'ємі гелеподібної сировинної маси при нагріванні, дає можливість детально вивчити ці процеси.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Братута Е.Г. Пористі теплоізоляційні матеріали /Е.Г. Братута, А.М. Павленко, А.В. Кошляк.-Харьков.: ТОВ «ЕДЕНА», 2010. – 107 с.
2. Павленко А.М. Особенности управления процессами формирования структуры и свойств пористых тел/ Павленко А.М., Кошляк А.В.//Металлургическая теплотехника, Сборник научных трудов НМет АУ, 2008. – 211 – 220.
3. Крошилин А.В., Нигматулин Б.И. Рост парового пузыря в объеме перегретой жидкости при различных законах изменения давления в ней // ТВТ. – 1986. – Т.24. – №3. – С.533-538.
4. Иваницкий Г.К. Моделирование процессов деформирования и дробления капель при движении в жидкости // Пром. теплотехника. – 1997. – Т.19. –№1. – С.9 – 16.

**УДК 621.01.216**

## ДИНАМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В НЕРАВНОВЕСНЫХ ЖИДКИХ СМЕСЯХ

**Павленко А.М., Климов Р.А.**

*Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка*

В данной статье приводятся результаты исследований процессов взаимодействия паровых фаз вскипающих взаимнонерастворимых жидкостей (жидких смесей), находящихся в состоянии термодинамического равновесия. Вскипание происходит в легкокипящей жидкости при нарушении равновесия относительно нее. При этом происходит динамическое измельчение дисперсной фазы (гомогенизация). Технологически этот эффект может быть получен при закипании перегретой эмульсии в результате резкого сброса давления.

**Динамическое измельчение фаз, равновесные состояния, метастабильные жидкости.**

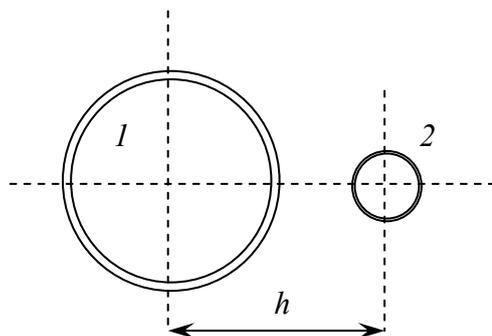
**ВВЕДЕНИЕ. АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ.**

Классическая теория деформации и разрушения капель в зависимости от степени турбулентности потока принадлежит Колмогорову. Он рассматривал данный процесс как результат проявления большого числа случайных явлений и на основании теории вероятности получил логарифмическое распределение капель по размерам. Процессы деформации и дробления дисперсной фазы рассматривают многие исследователи [1-3], но данные явления требуют дополнительного изучения, которое позволит определить наиболее выгодные в экономическом и экологическом плане параметры для их реализации. В целом же проблему дробления жидких дисперсий в непрерывной среде делят на два направления [2]: дробление жидких капель в эмульсиях и газовых потоках. При рассмотрении данных процессов важным является устойчивость капли к действию сил, которые стремятся ее разрушить. Представленные в литературных источниках расчеты в большинстве случаев основываются на критериях Бонда и Вебера [1, 2], т.е. рассматривают только неустойчивости Релея-Тейлора и Кельвина-Гельмгольца, которые наиболее характерны для эмульгирования или дестабилизации дисперсных сред. В [1] изучено влияние каждого рабочего элемента ДИВЭ на деформацию и возможное последующее дробление капель дискретной жидкой фазы, из чего можно сделать вывод о том, что все элементы ДИВЭ могут приводить к получению микронного диапазона частиц дисперсной фазы. Процессы деформирования и дробления капель при движении в жидкости описаны в [3]. При этом ни одна существующая модель не рассматривает процесс дробления вторичной жидкости с учетом формирования паровой прослойки на границе раздела двух фаз и силового взаимодействия относительно нескольких одновременно закипающих частиц дисперсной фазы. В основном описаны возможные процессы деформации и дробления под действием либо взрывного вскипания, роста паровых пузырей, либо под воздействием каверн, кавитационных полостей в момент их схлопывания, когда возможен наибольший динамический эффект. Но само образование паровой полости (пузырька) принимается однородным и рассматриваются лишь максимальные динамические эффекты, в то время как разрушение дисперсной фазы может происходить в любой другой момент времени из-за того, что гидродинамическая обстановка даже в окрестности двух растущих пузырьков является неопределенной и если частица дисперсной фазы находится на каком-то расстоянии от данных пузырей (либо между ними на определенном расстоянии), то эффект дробления данной частицы проявится по достижении максимальной силы, которая превысит критическую, рассчитанную по критериям Вебера или Бонда, но необязательно будет равна тому максимуму, который может действовать в данной системе. Если же рассматривать процесс дробления дисперсной фазы, которая сама закипает, то процесс становится еще более усложненным и требует детального изучения.

**ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.**

В соответствии с критериями Вебера и Бонда [1], основными факторами, определяющими дробление дисперсной фазы, соответственно будут: скорость (относительная скорость)  $w$ , и ускорение  $g$ , действующие на данную частицу.

Рассмотрим систему, состоящую из двух капель разного размера при их закипании в результате сброса давления, находящихся на расстоянии  $h$  друг от друга (рис. 1).



**Рис. 1 – К модели дробления капель**

Определим силовое взаимодействие, которое может привести к появлению неустойчивости. Из совместного рассмотрения критерия Бонда и Вебера [1] с уравнением Релея-Плессета следует, что критические силы, приводящие к появлению неустойчивости Релея-Тейлора или Кельвина-Гельмгольца, соответственно равны

$$F_{Bo}^{cr} = 40\pi\sigma R_i; F_{We}^{cr} = 30\pi\sigma R_i. \quad (1)$$

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.

Деформация и дробление, как паровой прослойки, так и капли воды в эмульсиях типа вода-масло, может быть вызвана различным направлением вектора ускорения или вектора скорости. Примем, что деформация, дробление или перемещение будут происходить лишь в том случае, когда вектор ускорения имеет положительное направление и независимо от него вектор скорости также положителен. Будем считать, что капля №1 (рис.1) находится в начале координат, а капля №2 на расстоянии  $h$  от центра первой капли, т.е.  $x_1 = 0, x_2 = h$ . При этом принимаем такие допущения:

1) как бы ни было велико ускорение или скорость границы самой частицы, возможные неустойчивости, вызванные ими, не могут разрушить данную границу частицы;

2) если вектор ускорения (скорости) самой границы раздела однонаправлен с вектором ускорения, действующего на границу частицы со стороны соседней, то результирующий вектор равен действующему на границу со стороны соседней капли.

С учетом данных допущений, ускорение, стремящееся разрушить границу раздела капли №1, равно

$$g_{p1} = \begin{cases} \sum_{i=1}^2 g_i; k_1 \geq 0, k_2 \geq 0, \\ -\sum_{i=1}^2 g_i; k_1 \leq 0, k_2 \leq 0, \\ g_2; k_1 < 0, k_2 > 0, \\ -g_2; k_1 > 0, k_2 < 0, \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{где } g_i = k_i \frac{R_i(x_i - R_1)}{\rho_m d_i^3}; d_i = |x_i - R_1|;$$

$$k_i = p_{R_i} - p_\infty + 0.5w_{R_i}^2 \rho_m - \frac{2\rho_m w_{R_i}^2 R_i^3}{d_i^3}.$$

Тогда сила, вызванная ускорением либо замедлением потока равна

$$F_{Bo1} = 4\pi\rho_m g_{p1} R_1^3. \quad (3)$$

Аналогично можно записать для скорости

$$w_{p1} = \begin{cases} \sum_{i=1}^2 w_i; w_{R_1} \geq 0, w_{R_2} \geq 0, \\ -\sum_{i=1}^2 w_i; w_{R_1} \leq 0, w_{R_2} \leq 0, \\ w_2; w_{R_1} < 0, w_{R_2} > 0, \\ -w_2; w_{R_1} > 0, w_{R_2} < 0, \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{где } w_i = w_{R_i} R_i^2 \frac{(x_i - R_1)}{d_i^3}.$$

Тогда сила динамического напора

$$F_{We_1} = 6\pi\rho_m R_1^2 |w_{p_1}| w_{p_1}. \quad (5)$$

Как известно, капиллярная сила  $F_\sigma$  независимо от формы деформированной капли всегда направлена так, чтобы восстановить сферическую форму, т.е. для того, чтобы поверхностная энергия Гиббса была минимальной. Поэтому, если капля по направлению своего движения деформирована в сплюснутый эллипсоид, капиллярная сила противодействует внешней силе. Если же она деформирована в удлинённый эллипсоид, то капиллярная сила совпадает по направлению с внешней силой. Отсюда следует, что в процессе деформации форма удлинённого эллипсоида является неустойчивой, тогда как форма сплюснутого эллипсоида может быть квазиустойчивой.

Возможно существование минимума данной капиллярной силы. Будем считать, что минимум определяется силой Лапласа и соответствующая сила равна

$$F_{\sigma_1} = 8\pi\sigma R_1. \quad (6)$$

Таким образом, при превышении внешней силой силы  $F_\sigma$  будет происходить деформация данного объема, при равенстве сил – равновесие, а при  $F_\sigma > F_{Bo,We}$  – отталкивание данного объема без деформации.

Разности между  $F_{Bo,We}$  и  $F_\sigma$  равны

$$\Delta F_{Bo} = F_{Bo} - F_\sigma; \quad \Delta F_{We} = F_{We} - F_\sigma. \quad (7)$$

На примере для силы, вызванной ускорением либо замедлением потока можно записать такие условия

$F_{Bo} \geq F_{Bo}^{cr}$  - дробление;  $\Delta F_{Bo} > 0$  - деформация;  $\Delta F_{Bo} = 0$  - равновесие;  $\Delta F_{Bo} < 0$  - перемещение.

Система уравнений (2) – (7) для частицы №2, находящейся на расстоянии  $h$  от первой частицы примет вид

$$g_{p_2} = \begin{cases} -\sum_{i=1}^2 g_i; k_1 \geq 0, k_2 \geq 0, \\ \sum_{i=1}^2 g_i; k_1 \leq 0, k_2 \leq 0, \\ g_1; k_1 < 0, k_2 > 0, \\ -g_1; k_1 > 0, k_2 < 0, \end{cases} \quad ; \quad w_{p_2} = \begin{cases} -\sum_{i=1}^2 w_i; w_{R_1} \geq 0, w_{R_2} \geq 0, \\ \sum_{i=1}^2 w_i; w_{R_1} \leq 0, w_{R_2} \leq 0, \\ w_1; w_{R_1} < 0, w_{R_2} > 0, \\ -w_1; w_{R_1} > 0, w_{R_2} < 0, \end{cases} \quad (8)$$

$$\text{где } g_i = k_i \frac{R_i(x_i - j)}{\rho_m d_i^3}; \quad w_i = w_{R_i} R_i^2 \frac{(x_i - j)}{d_i^3}; \quad d_i = |x_i - j|; \quad j = h - R_2.$$

$$F_{Bo_2} = 4\pi\rho_m g_{p_2} R_2^3. \quad (9)$$

$$F_{We_2} = 6\pi\rho_m R_2^2 |w_{p_2}| w_{p_2}. \quad (10)$$

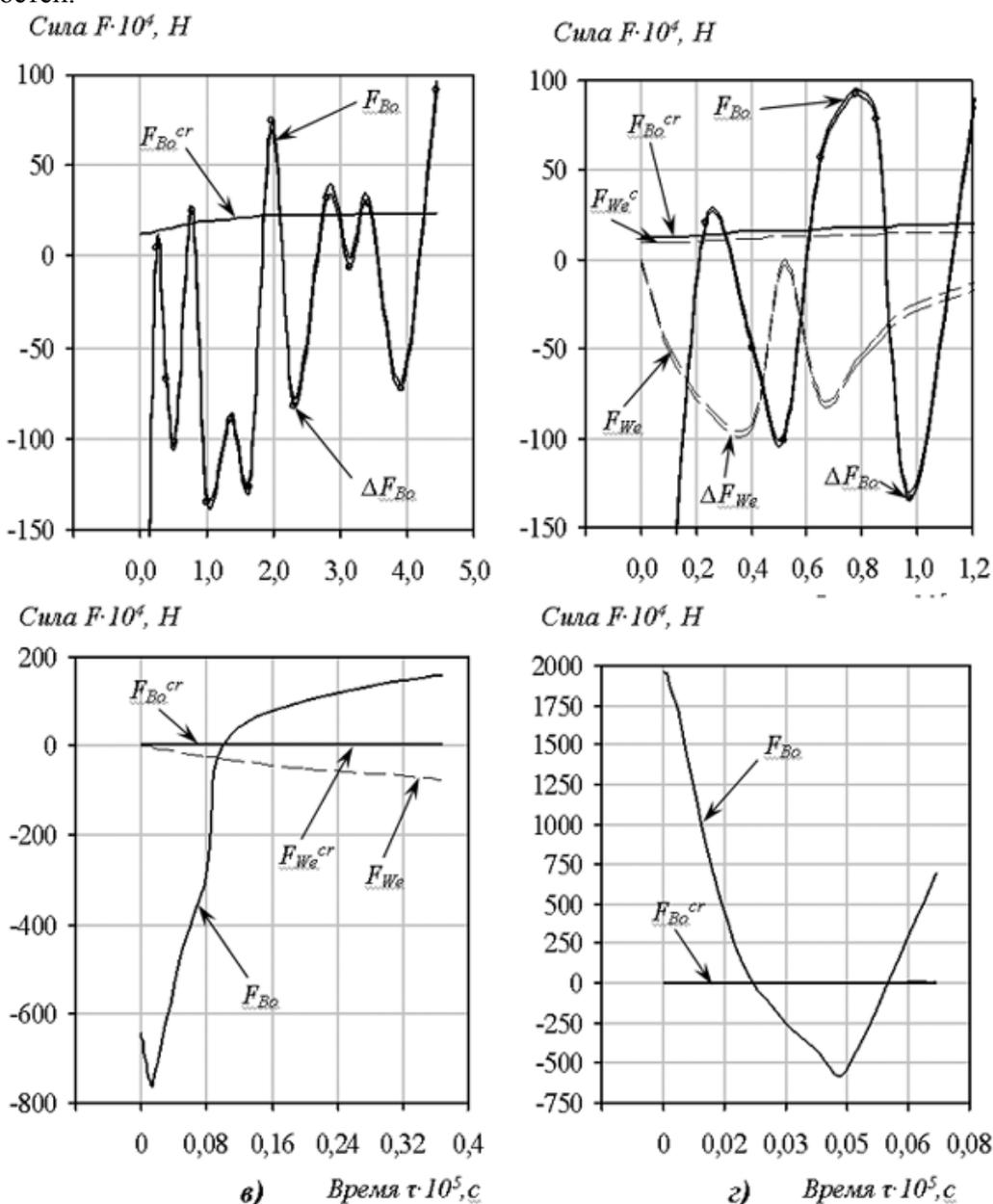
$$F_{\sigma_2} = 8\pi\sigma R_2. \quad (11)$$

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ.

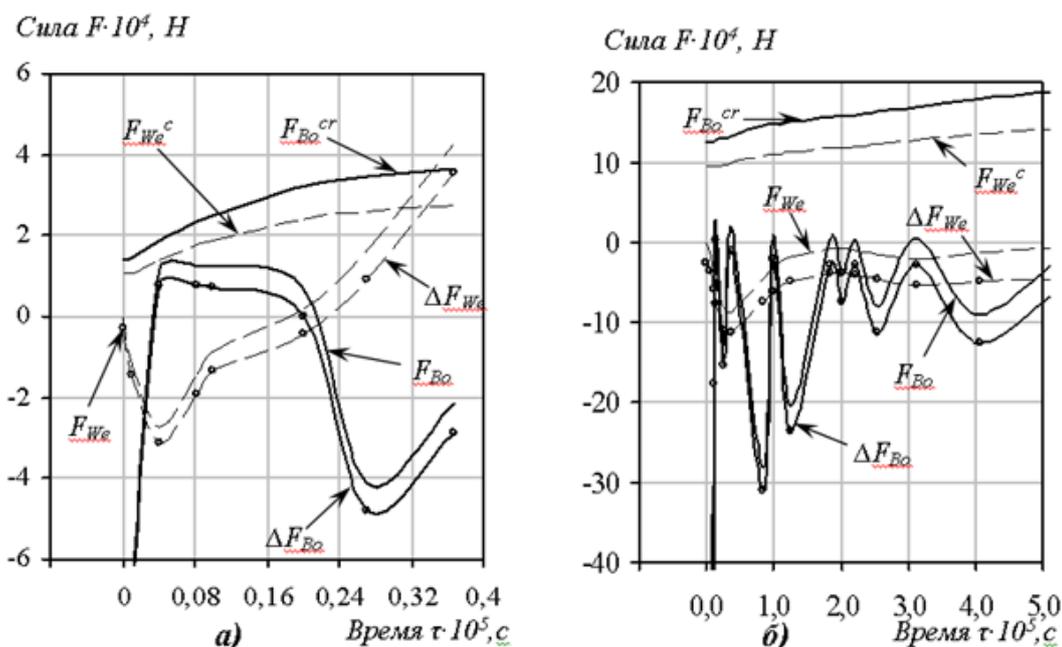
В качестве примера рассмотрим две капли эмульсии с  $R_{1,0} = 100$  мкм и  $R_{2,0} = 10$  мкм, которые находятся на различном расстоянии  $h$  друг от друга, при начальной температуре 180 °С (130 °С) и соответствующем давлении насыщения. В некоторый момент времени давление понижается до атмосферного, тем самым, вызывая интенсивный рост паровой фазы на границах раздела масло-вода и дальнейший рост границы раздела масло-пар. Исследуем, как

изменяются силы, вызывающие перемещение, деформацию или дробление парового объема во времени при различных расстояниях между каплями, на поверхностях большой и малой капель. Результаты расчетов представлены на рис. 2, 3. Из данных рисунков видно, что наибольший эффект в разрушение капель приносит нестабильность типа Релея-Тейлора.

Во всех показанных случаях она играет определяющую роль, в то время как нестабильность типа Кельвина-Гельмгольца также наблюдается (рис. 3а), но лишь после того как ее динамический эффект приведет к разрушению большой капли (из сравнения рис. 2в) и как следствие разрушения малой капли не произойдет. При небольших расстояниях  $h$  (рис. 2в, 2г) разрушение парового объема большой капли будет происходить практически сразу после сброса давления. По мере увеличения расстояния (рис. 2а, 2б) время до разрушения также увеличивается, что и следовало ожидать, переходя в пределе до бесконечности, если не рассматривать силовое взаимодействие между каплями при их сближении и соприкосновении поверхностей.



**Рис. 2.** Изменение сил, действующих на каплю №1 (рис. 1), во времени при  $R_{1,0} = 100$  мкм,  $R_{2,0} = 10$  мкм,  $t_0 = 180$  °С,  $p_\infty = 1$  атм,  $h = 250$  мкм (а),  $h = 200$  мкм (б),  $h = 150$  мкм (в),  $h = 120$  мкм (г)



**Рис. 3. Изменение сил, действующих на каплю №2 (рис. 1), во времени при  $R_{1,0} = 100$  мкм,  $R_{2,0} = 10$  мкм,  $p_\infty = 1$  атм,  $h = 150$  мкм,  $t_0 = 180 \text{ }^\circ\text{C}$  (а),  $t_0 = 130 \text{ }^\circ\text{C}$  (б)**

При расстоянии между каплями равному 250 мкм (рис. 2а), т.е. в 2.5 раза превышающем начальный радиус большой капли, дробление будет наблюдаться на втором пике колебаний силы  $F_{Bo}$ , в то время как при меньших расстояниях это первый пик. При  $\Delta F_{Bo,We} > 0$ ,  $\Delta F_{Bo,We}$  показывает, что в данный момент времени возможно перемещение или деформация объема. Интересным является то, что при расстоянии 150 мкм (рис. 2в, 3а) происходит деформация малой капли до того как она раздробит большую, в то время как большая капля до этого момента времени даже не будет деформирована. Это можно объяснить тем, что процессы ускорения-замедления поверхности раздела у малой капли протекают гораздо быстрее, а данный пик силы ее деформации (рис. 3а) вызван резким замедлением ее границы раздела, в то время как граница раздела масло-пар большой капли еще ускоряется. Также необходимо учитывать тот факт, что большая площадь поверхности (большой радиус капли) создает большую окрестность своего воздействия.

Как показано на рис. 3б при снижении начальной температуры до 130 °C даже при расстоянии 150 мкм эффектов дробления или деформации не наблюдается вообще. В результате расчета получено, что снижение начальной температуры со 180 °C до 130 °C при сбросе давления от величины насыщения до атмосферного, для данных радиусов капель, приводит к снижению максимального расстояния при котором еще возможно дробление в  $\approx 3$  раза.

### Выводы

Представленные в [5] фотографии промышленных ЭТС, показывают характерный размер и расстояние между дисперсными частицами. Из данных фотографий следует, что практически всегда близко расположены большие и малые капли эмульсии. Учитывая характерный относительный размер капель и расстояние между ними, можно сделать вывод о том, что при температурах 180 °C и 130 °C дробление будет происходить однозначно. Конечно, для данного типа эмульсий необходимо рассматривать эффекты, происходящие в обратной эмульсии внутри прямой, а также важным остается вопрос о времени зарождения паровой прослойки. Остается невыясненным вопрос о перемещении данных капель, т.к. оно приводит к взаимному перемещению капли воды и пара, вследствие чего паровая прослойка может сорваться. Конечно, наибольшее динамическое

воздействие для расчетных капель может быть при их максимальном сближении. В то время как при больших расстояниях возможен лишь срыв пара, при малых расстояниях и больших начальных температурах возможно и дробление капли воды. Учитывая, что закипание при различных площадях капель происходит не за одно и то же время, можно предсказать еще более интенсивные процессы дробления дисперсной фазы эмульсии.

В целом же данная модель позволяет в достаточно простой постановке рассмотреть процессы дробления больших капель дисперсной фазы соседними малыми каплями при различных начальных температурах и расстояниях между ними. Учет перемещения и слияния капель будет проведен дальнейшим усовершенствованием модели.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Долинский А.А. Дискретно – импульсная трансформация энергии в адиабатно вскипающем потоке / А.А. Долинский, Б.И. Басок // Промышленная теплотехника. – 2001. – Т.23. – №4-5. – С.5 – 20.
2. Шурчкова Ю.А. Анализ механизмов дробления капель при адиабатном вскипании и смешении дисперсных систем / Ю.А. Шурчкова, Т.В. Малишевский // Промышленная теплотехника. – 2000. – Т.22. – №1. – С.17– 23.
3. Иваницкий Г.К. Моделирование процессов деформирования и дробления капель при движении в жидкости // Промышленная теплотехника. – 1997. – Т.19. – №1. – С.9 – 16.
4. Павленко А.М. Кинетика испарения в процессах гомогенизации / А.М. Павленко, Р.А. Климов, Б.И.Басок // Промышленная теплотехника. – 2006. – Т. 28. – №6. – С.14 – 20.
5. Долинский А.А. Теплофизические процессы в эмульсиях / А.А. Долинский, А.М. Павленко, Б.И. Басок. – Киев, Наукова думка, 2005. – 265с.

*УДК. 665. 9. 022. 3*

### ПОЛИКАРБОКСИЛАТЫ И ДОБАВКИ ДЛЯ БЕТОНОВ НА ИХ ОСНОВЕ

**Свищ И.С.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Представлены результаты оптимизации составов тяжелых бетонов с применением гиперпластифицирующих (поликарбоксилатных) добавок. Установлены параметры прочностных характеристик оптимизированных составов в разные сроки набора прочности, а так же установлена морозостойкость и водонепроницаемость оптимизированных составов бетонов.

**поликарбоксилат, цемент, бетон, прочность, морозостойкость, добавки, состав**

#### ВВЕДЕНИЕ

Появление поликарбоксилатных диспергаторов (продуктов строительной химии), введение которых в материал позволяет существенно улучшать его свойства, стало поистине прорывом для бетонной промышленности. Суперпластификаторы нового поколения позволяют создавать новые типы цементных смесей и обеспечивают дополнительные преимущества.

Химические примеси широко применяются в индустрии бетона для повышения эффективности бетона. Воздухововлекающие, ускоряющие и разжижающие примеси являются существенным дополнением к комплексу материалов, доступных производителям бетона. Особенно полезны разжижающие примеси, так как они позволяют производителям выполнять два требования: хорошая обрабатываемость бетона во время его формования и снижение соотношения (в/ц) между водой и вяжущими материалами, которое способствует повышению прочности и других свойств затвердевшего бетона.

Термин «разжижающая примесь» используется достаточно много лет. Стандарт ASTM C 494 классифицирует разжижающие примеси на несколько категорий:

- Тип А, Разжижающая
- Тип D, Разжижающая и замедляющая
- Тип Е, Разжижающая и ускоряющая
- Тип F, Разжижающая, высокоэффективная
- Тип G, Разжижающая, высокоэффективная и замедляющая

ASTM C 1017 сосредоточен на обработке бетонной смеси с использованием химической примеси с единственной целью – производство подвижного бетона без редуцирования воды для приготовления раствора.

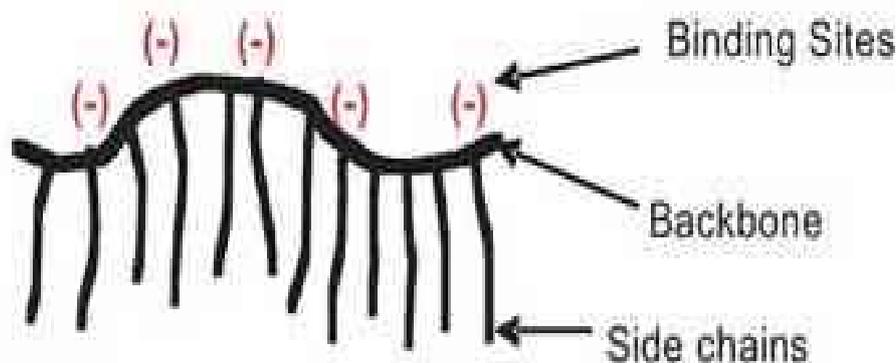
В большинстве случаев примеси классификации C 494 Тип F или G также можно использовать способом, указанным в ASTM C 1017. Эти высокоэффективные разжижающие примеси не просто редуцируют (уменьшают в количестве) воду затвердения, но также и рассеивают частицы цемента. Подобное рассеивающее действие впоследствии позволяет уменьшить количество воды или повысить степень подвижности, или получить оба эффекта.

За последние десять лет химия диспергаторов продвинулась далеко вперед. Сюда включается введение и использование поликарбоксилатных диспергаторов во всех областях бетонной промышленности. До этого большинству составов, лежащих в основе диспергаторов, были характерны ограничения в отношении внесения модификаций в молекулу. Но появление поликарбоксилатных диспергаторов предоставили возможность разрабатывать молекулы, способные влиять на эффективность материала определенным и заранее запланированным способом. Для бетонной промышленности это стало колоссальным прорывом, так как это позволяет использовать молекулы, разработанные с единственной целью – диспергировать портландцемент, при этом прежние диспергаторы представляли собой главным образом побочные продукты производства в других промышленности.

#### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Архитектура молекулы поликарбоксилата позволяет лучше понимать, почему их использование в бетонной промышленности обещает эффективные преимущества и гибкость.

Во-первых, поликарбоксилаты классифицируются как гребнеобразные полимеры (Рис. 1). Само название многое говорит о структуре этих молекул, которые состоят из основной цепи с подвесными боковыми цепями, напоминающими зубья расчески. Чтобы эти молекулы стали эффективными диспергаторами, их необходимо перенести к поверхности частицы цемента.



**Рис. 1 Гребнеобразные поликарбоксилатные полимеры**

Основная цепь молекулы поликарбоксилата обычно выполняет две функции: место размещения точек связывания (с поверхностью частицы цемента) и предоставление точек закрепления для боковых цепей молекулы. Подвесные боковые цепи являются

стерическими, или физическими, преградами для повторного группирования рассеянных частиц цемента.

В последние годы химические добавки в бетоны на основе поликарбоксилатов завоевывают все большую популярность у строителей.

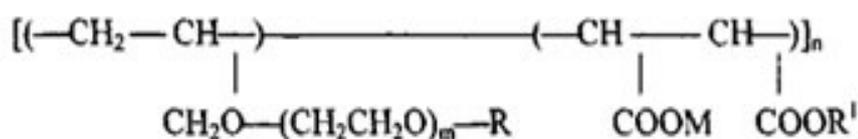
На рынке добавок в последние годы появилась наиболее эффективная комплексная добавка Хидетал-ГП-9 для бетонов.

Комплексные добавки в бетон - ускорители твердения, супер - и гиперпластификаторы марок "Хидетал-ГП" для строительного комплекса играют важную роль.

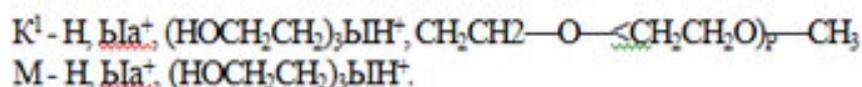
В 2006 году ООО "Управляющая компания "Группа предприятий "СТК-Стандарт" разработали добавки комплексные для бетонов на основе поликарбоксилатов "ХИДЕТАЛ-ГП-9 α, β". Эти разработки были подтверждены в НИИЖБ проведением сертификационных испытаний и согласованием технических условий на добавку "ХИДЕТАЛ-ГП-9", марок α и β соответственно, для сборного железобетона и товарного бетона.

Главными причинами производства и разработки добавок «Хидетал-ГП-9 а,б» являются:

- необходимость производства самоуплотняющегося бетона;
- необходимость достижения сохраняемости подвижности бетонной смеси при транспортировке к месту укладки на срок более трех часов;
- необходимость качественного улучшения структуры бетонной смеси по сравнению с уже достигнутой;
- отсутствие в странах СНГ производства класса добавок на основе поликарбоксилатов (за рубежом они называются гиперпластификаторами), которые приходится импортировать.



где R – H, CH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, CH<sub>2</sub>— ;



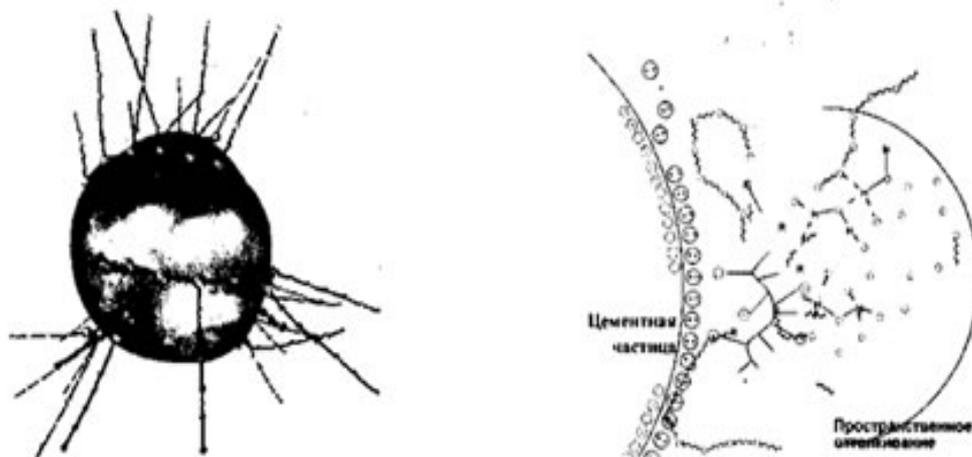
**Рис. 2 Одна из формул карбоксилсодержащего сополимера**

Во-первых, это суперпластификатор (соответствующий требованиям DIN EN 934 2) с максимальной подвижностью 27 см и распылом конуса до 67 см. Если нормативом является осадка конуса на 16 см и более по сравнению с контрольным, то с добавкой осадка конуса составляет от 24 до 32 см по сравнению с контрольным. Это позволяет изготавливать с помощью "ХИДЕТАЛ-ГП-9" самоуплотняющийся бетон в условиях насыщения конструкции арматурой и фактически без применения вибраторов.

Второй фактор - длительная сохраняемость подвижности бетонной смеси, что особенно важно при транспортировке бетона в условиях крупных городов и на дальние расстояния. Бетонная смесь сохраняет заданную подвижность до трех часов, а с потерей подвижности 10% до 4-х часов транспортировки. Подливать воду в миксер бетоновоза, как часто делается, нет необходимости. Сравните с контрольным составом - максимум 40 - 50 минут.

Эти два свойства позволяют широко использовать бетонную смесь с "ХИДЕТАЛ-ГП-9" для монолитного домостроения - сделать качественную смесь на заводе, доставить ее без ухудшения свойств на объект, и закачать насосами при высокой подвижности на требуемую высоту, и при этом получить самоуплотняющийся бетон, фактически без вибрации проведя его укладку.

Применение поликарбоксилатов в составе "ХИДЕТАЛ-ГП-9" дает снижение средней крупности пор в бетонах, снижение открытой интегральной пористости и повышение плотности. Из чего и следуют свойства по морозостойкости и водонепроницаемости - одним из показателей долговечности бетонов.



**Рис. 3. Стерическое отталкивание боковых цепей адсорбированных макромолекул**

Добавки "ХИДЕТАЛ-ГП-9"  $\rho$  и  $\alpha$  позволяют получить снижение В/Ц с 0,52 до 0,3. Они гарантированно дают снижение расхода цемента на 25%. То есть из каждых пяти вагонов по 55 тонн можно сэкономить один!

Для добавки "ХИДЕТАЛ-ГП-9"  $\alpha$ , при ТВО, 80% прочности от проектной можно получить по сокращенному циклу ТВО 1,5+1,5+4+2 при температуре не выше 60 градусов.

Через 28 суток можно при определенных условиях получить проектную прочность на 30% выше марки контрольного состава (если вам это необходимо) или выше на 4 марки. Пример: контрольный состав - 45,5 МПа, с добавкой "ХИДЕТАЛ-ГП-9"  $\alpha$  и  $\rho$  - 60,1 МПа. Т.е. можно исходно проектировать в качестве контрольного бетона марку ниже, а получить проектную.

Благодаря этим добавкам абсолютно нет коррозии арматуры: плотность тока при потенциале +300 mV не превышает 1,5 мкА/ см<sup>2</sup>, а у всех других добавок она в районе не менее 2,0 мкА/см<sup>2</sup> при норме 10 мкА/ см<sup>2</sup>. Добавка не снижает стойкости арматуры против коррозионного растрескивания.

Набор прочности без ТВО для "ХИДЕТАЛ-ГП-9",  $\alpha$  при неизменном В/Ц аналогичен контрольному бетону, а при снижении В/Ц можно получить через трое суток 100% от проектной прочности. Для "ХИДЕТАЛ-ГП-9"  $\rho$  при неизменном В/Ц - аналогично контрольному бетону, при снижении В/Ц можно получить через трое суток 80 - 90% от проектной прочности.

В бетонной смеси полностью отсутствует раствор - и водоотделение. Введение этих добавок в бетонную смесь не приводит к повышению воздухоовлечения, а сопровождается повышением плотности бетона.

Применение этой добавки дает возможность получения самоуплотняющегося бетона. Производство самоуплотняющегося бетона по отработанной рецептуре подразумевает получение бетона, обладающего кроме отличной подвижности, высокими физико-механическими свойствами (прочность, водонепроницаемость), а также характеризующегося следующими основными преимуществами:

Самоуплотняющийся бетон (на Хидетал-ГП-9 $\alpha$  и Хидетал – ГП – 9 $\beta$ ) равномерно заполняет весь объем без вибрирования;

Самоуплотняющийся бетон (на Хидетал-ГП-9а и Хидетал – ГП – 9β) легко проникает в труднодоступные места без расслоения;

Самоуплотняющийся бетон (на Хидетал-ГП-9а и Хидетал – ГП – 9β) обладает отличной гладкой законченной поверхностью;

Самоуплотняющийся бетон (на Хидетал-ГП -9а и Хидетал – ГП – 9 β) снижает затраты на рабочую силу.

#### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Целью научно-исследовательской работы является состав тяжелого бетона класса С20/25 на местных материалах Крымского региона с применением добавки «Хидетал-ГП-9а» и «Хидетал-ГП-9b», для инженерных сооружений рекреационного и гидротехнического назначения.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- определение свойств вяжущего, крупного и мелкого заполнителей;
- расчет состава тяжелого бетона класса С 20/25;
- отработка состава в лабораторных условиях с определением прочности кубиковой на сжатие, морозостойкости, водонепроницаемости, средней плотности;
- расчет инженерного сооружения рекреационного назначения с применением оптимизированного состава бетона класса С20/25.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Проектирование состава бетона производилось по методу абсолютных объемов и включало в себя следующие этапы:

- назначение требований, к бетону исходя из вида и особенностей службы и изготовления конструкций;
- выбор материалов для бетона и получение необходимых данных, характеризующих их свойства;
- определение предварительного состава бетона;
- проверку состава в пробных замесах;
- контроль за бетонированием;
- корректировку состава при колебаниях свойств заполнителей и других факторов.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Была определена активность портландского цемента, которая составила 34,5 МПа. Крупным заполнителем в составе бетона был принят щебень известняковый Лозовского карьера, фракции 10-20 мм, с насыпной плотностью 1520 кг/м<sup>3</sup> и средней плотностью 2710 кг/м<sup>3</sup>. Мелкий заполнитель – песок речной кварцевый, с модулем крупности Мк = 1,65, насыпной плотностью 1380 кг/м<sup>3</sup>.

В результате проектирования, определения предварительного состава бетона, а так же проверки состава в пробных замесах и корректировки, был назначен следующий состав бетона с применением добавки Хидетал-ГП-9а:

Состав бетона №1: Расход цемента – 355 кг/м<sup>3</sup>; расход щебня – 1190 кг/м<sup>3</sup>; расход песка – 625 кг/м<sup>3</sup>; расход воды – 155 л/м<sup>3</sup>; расход добавки Хидетал-ГП-9а – 4,2 л/м<sup>3</sup>.

По удобоукладываемости предлагаемая бетонная смесь относиться к марке ПЗ, по водонепроницаемости к W6, по морозостойкости F200, по кубиковой прочности на сжатие после ТВО (режим 2+4+2, при 70°С) - 34,4 МПа

**Таблица 1**

#### Показатели кубиковой прочности бетона в 3, 7, 14 и 28 суток естественного твердения

№	№ состава бетона	Кубиковая прочность бетона в 3-е суток, МПа	Кубиковая прочность бетона в 7 суток, МПа	Кубиковая прочность бетона в 14 суток, МПа	Кубиковая прочность бетона в 28 суток, МПа
1	1a	28,8	32,0	39,1	44,1
2	1b	27,9	33,2	38,7	42,3

### **Выводы**

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- полученный состав бетона с использованием добавки Хидетал-ГП-9а относится к классу бетона C25/30;
- использование добавки Хидетал-ГП-9а предполагает экономию цемента на каждый куб бетона до 20%, что существенно снижает стоимость бетонной смеси в сравнении со смесями без использования добавки;
- использование добавки Хидетал-ГП-9а предполагает снижение расхода воды на 30%, при этом В/Ц снижается с 0,5 до 0,41 и сохраняется подвижность ПЗ.
- повышаются на порядок ряд эксплуатационных свойств бетона в конструкциях, в частности долговечность, надежность;
- предлагаемый состав бетона можно использовать в инженерных конструкциях гидротехнического и рекреационного назначения.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Ю.М. Баженов. Технология бетона. - М., издательство АСВ, 2003. -500с.
2. А.Е. Шейкин, Ю.В. Чеховский и др. Структура и свойства цементных бетонов. - М., Стройиздат, 1978. – 3 44с.
3. ДСТУ Б.В.2.7 – 69 – 98 «Добавки для бетонов. Методы определения эффективности».
4. EN 206-1:2000 Concrete - Part 1: Specification, performance, production and Conformity.
5. Ушеров-Маршак А.В. Украинский бетон на пути в Европу./Сб. докл. «Дни современного бетона», Запорожье, 2004, с. 14-22.
6. Химические и минеральные добавки в бетон /Под ред. А. Ушера-Маршака. -Х.: Колорит, 2005.-280с.
7. Инструкция по применению добавки комплексной для бетонов «Хидетал-ГП-9» (гиперпластификатора). ООО «СТК-Стандарт», г. Новозыбков, 2006.

**УДК 624. 665.9.022.543:550.)**

## **ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ НАБОРА ПРОЧНОСТИ И ПОСЛЕДУЮЩЕМ РАЗРУШЕНИИ БЕТОНА КЛАССА В 25**

**Селаметов Э.Ш., Саломатин В.Н.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства.*

Приводятся результаты многосуточных наблюдений за изменением интенсивности электромагнитных сигналов по мере твердения бетона из разных по грансоставу материалов и разрушении его при одноосном сжатии.

**Электромагнитное излучение, диффузный слой, поровый раствор, процессы, механоэлектрические преобразования, микродеформации, разрушение, статистики.**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Механические нагрузки на минералы-диэлектрики и содержащие их горные породы сопровождаются электромагнитным излучением в разных диапазонах частот. С середины прошлого века это доказано многочисленными и разнообразными экспериментами в лабораторных и натуральных условиях, которые проводились впервые в Томске под руководством крупного ученого-специалиста в области диэлектриков профессора А.А.Воробьева. На основе этих исследований в Крыму стал развиваться метод естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ), нашедший в настоящее время применение по шести различным направлениям, включая строительное дело. С помощью специальной аппаратуры в виде малогабаритных переносных приемников-индикаторов и выносных антенн исследовались фундаменты зданий, несущие

конструкции, башни-маяки, балки, колонны и другие конструктивные элементы, изготовленные в основном из бетона и железобетона.

Бетон во многом аналогичен осадочным породам типа песчаника или конгломерата состоящих из твердой, жидкой и газовой фаз. От приготовления бетонной смеси до строительного изделия, приобретающего максимальную прочность, проходит достаточно много времени. При этом происходят сложные процессы, которые должны отражаться на характере электромагнитных сигналов.

#### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Акустические методы контроля качества строительных материалов, не требующих при испытаниях разрушение материала, получили широкое распространение. Они основаны на регистрации параметров упругих колебаний, возникающих в контролируемом объекте. В акустическом виде неразрушающего контроля чаще всего применяют звуковые и ультразвуковые частоты, т.е. используют диапазон частот приблизительно от 0,5 кГц до 30 МГц. В случае, когда при контроле используют частоты свыше 20 кГц, допустимо применение термина «ультразвуковой» вместо термина «акустический».

В работе [2] с помощью импульсного и резонансного метода были получены экспериментальные данные исследований свойств виброгазобетона, которые свидетельствовали о повышении прочности и модуля упругости в результате применения вибрационной технологии. Ультразвуковой импульсный и резонансный метод позволял без разрушения контролировать прочностные и упругие свойства виброгазобетона с точностью  $\pm 10-12\%$ . Скорость распространения ультразвука зависит от прочности и пористости газобетона и уменьшается с повышением его влажности. В результате эксперимента было доказано, что вибрационная обработка газобетона повышает прочность на 20-50%, а динамический модуль упругости на 15-25%.

Согласно стандарту [1], который распространяется на звукоизоляционные и звукопоглощающие строительные материалы и изделия, динамический модуль упругости звукоизоляционных материалов и изделий  $E_d$  определяется при продольных колебаниях нагруженного образца по величине частоты колебаний, при которой амплитуда ускорения становится наибольшей (резонанс). Величина модуля упругости  $E_d$  (Н/м<sup>2</sup>) определяется по формуле:

$$E_d = \frac{4n^2 f^2 Mh}{F},$$

где  $f$  - частота резонанса, Гц;  $M$  - масса груза, кг;  $h$  - высота образца под нагрузкой, м;  $F$  - общая площадь одновременно испытываемых образцов, м<sup>2</sup>;  $n$  - коэффициент потерь.

Изучение и управление процессами структурообразования в минеральных вяжущих системах, позволяют синтезировать максимальную прочность и долговечность бетона как композиционного материала, регулировать реологические параметры бетонов и растворов на стадии приготовления, транспортировки, укладки в конструкцию и уплотнения [3,4].

Изменение резонансной частоты и амплитуды резонансов во время твердения растворной части бетона определяется с помощью резонансной установки. Она дает возможность исследовать кинетику структурообразования цементного теста и цементно-песчаных растворов с самого начала процесса их затворения до полного затвердения. В результате эксперимента определяются частоты и амплитуды резонанса по следующим формулам:

$$v = \frac{2}{n} \sqrt{\frac{a}{m}} \quad A = \frac{P}{\left( \frac{2\pi}{3} \rho \cdot R^3 \frac{du}{dt} + 3\pi R^2 \sqrt{2\eta\rho v} \right) v}$$

где  $a$  -упругость системы;  $\eta$  - число степеней свободы;  $m$  - масса;  
 $P$  - возмущающая сила;  $\rho$  - плотность;  $\eta$  - вязкость дисперсионной среды - затворителя.

Это означает, что при росте значений  $V$  происходит структурирование системы; снижение значений  $V$  свидетельствует о происходящих деструктивных явлениях. При снижении значений  $A$  при постоянной энергии возбуждения происходит агрегирование частиц; рост значений свидетельствует об их диспергации.

### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ И ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью настоящей работы является выявление электромагнитных источников информации о происходящих процессах во время твердения бетона и затем его разрушения при одноосном сжатии.

Задачами исследований являлись:

1. Изучение грансостава песка и щебня, как составных частей бетона.
2. Настройка аппаратуры для регистрации электромагнитных сигналов.
3. Обработка и интерпретация полученных данных.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Методически экспериментальные исследования осуществлялись в соответствии с ГОСТами 8462-85 «Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе», ДСТУ БВ «Щебень и гравий из плотных горных пород, отходов промышленного производства для строительных работ. Метод физико-механических испытаний».

Испытания проводились на образцах-кубах размером 100x100 мм, изготовленных из смеси песка и щебня механический состав которых, определенный ситовым анализом приводится в таблице 1 и 2 и на рис.1 и 2.

Таблица 1

Зерновой состав песка

Остаток на сите	Размеры отверстий сит, мм					
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	Дно
Частный						
кг	0,074	0,068	0,096	0,203	0,309	0,250
%	7,4%	6,8%	9,6%	20,3%	30,9%	25,0%
Полный, %	7,4%	14,2%	23,8%	44,1%	75,0%	100,0%

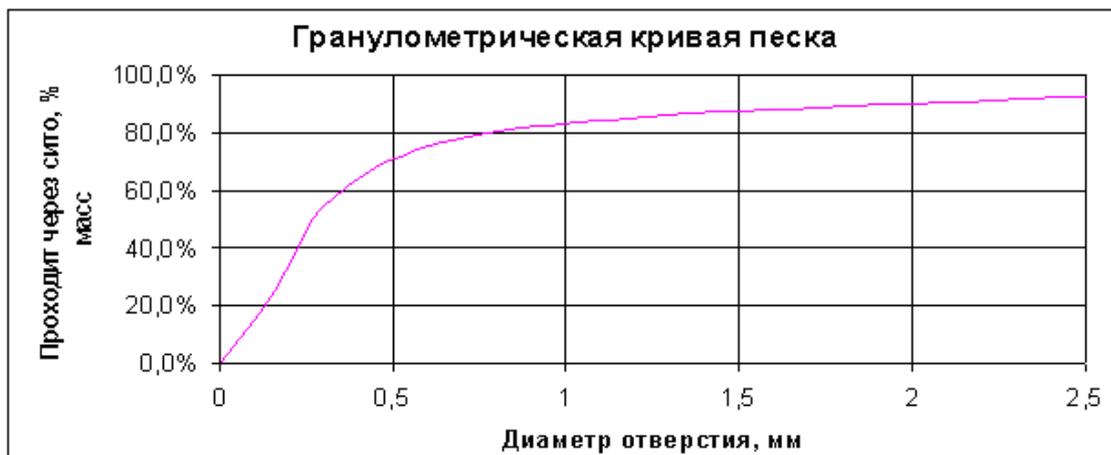


Рис.1 Гранулометрический анализ песка

Таблица 2

## Зерновой состав щебня

Остаток на сите	Размеры отверстий сит, мм					
	70	40	20	10	5	Дно
Частный						
кг	-	-	0,918	3,84	0,224	0,018
%	-	-	18,4%	76,8%	4,5%	0,4%
Полный, %	-	-	18,4%	95,2%	99,6%	100,0%

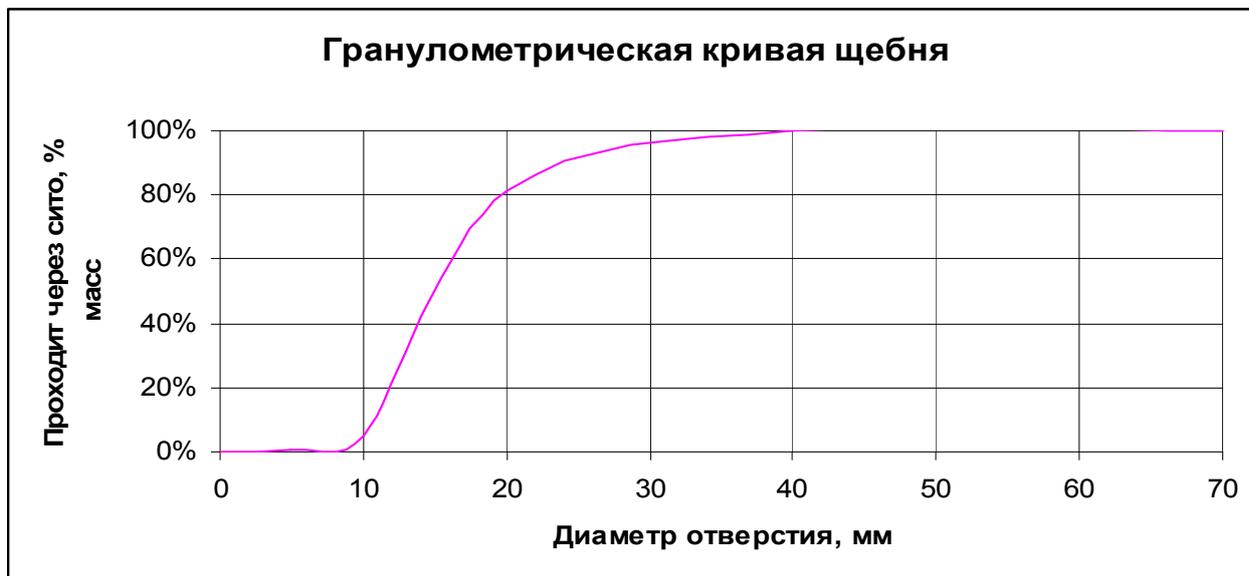


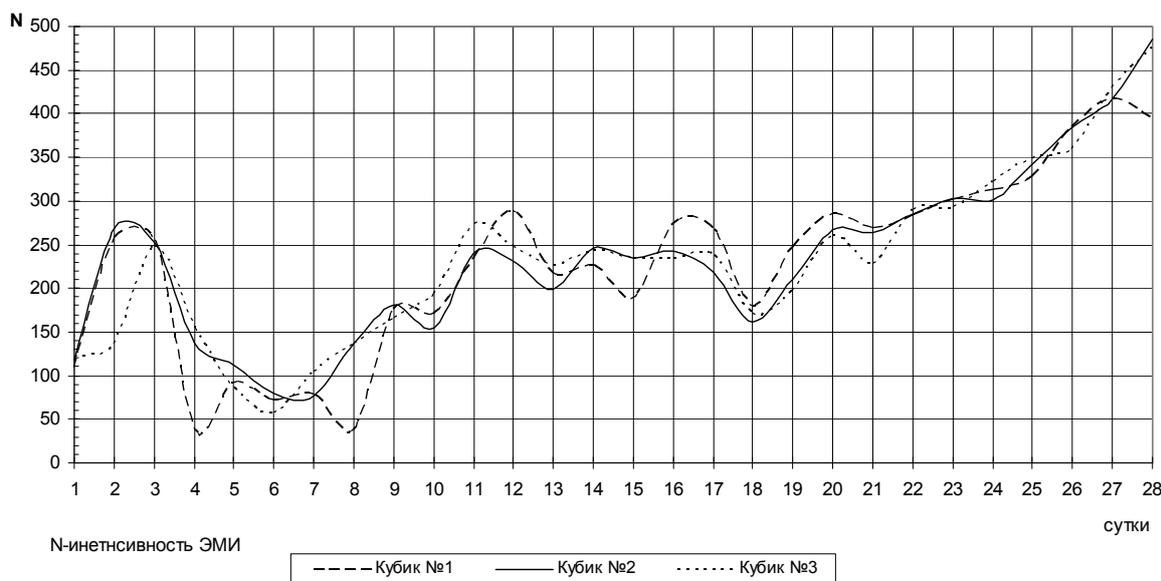
Рис.2. Гранулометрический анализ щебня

Методика отбора пробы, укладка бетонной смеси, вибрирование ее для уплотнения проводились в строгом соответствии с ГОСТом. После вынимания кубов из формы на второй день началась регистрация интенсивности излучения по количеству электромагнитных импульсов (ЭМИ) в единицу времени (сек.) с помощью радиоволнового индикатора напряженно-деформированного состояния (РВИНДС). РВИНДС является одной из первых модификаций полевых приборов с ручной записью электромагнитных сигналов. Выносная антенна размещалась у основания куба, ориентировка ее не менялась в течение всех 28 суток. Предварительно оценивалось наличие, направление и влияние помех. Измерение проводилось строго в одно и то же время. Одновременно исследования осуществлялись на трех образцах. Учитывая флуктуацию поля, при каждом измерении бралось 7 отсчетов (малая выборка). Показания статистически обрабатывались и по результатам для наглядности строились графики (рис. 3,4), по которым осуществлялась интерпретация.

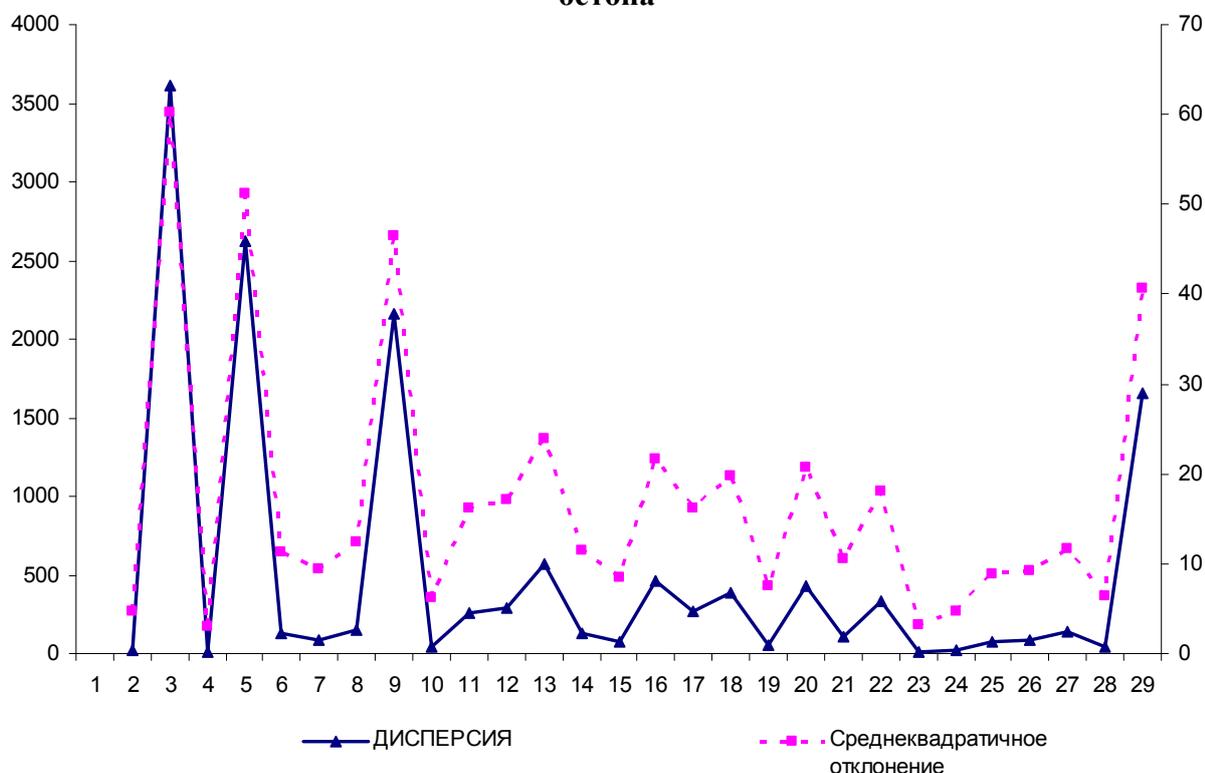
Завершался эксперимент испытанием образцов на одноосное сжатие с определением таким образом прочности бетона. Нагрузки подавались ступенями по 5 тонн. Следует отметить, что эти испытания проводились при сильном влиянии помех и поэтому анализ ЭМИ носил больше качественный, визуальный характер.

## АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализируя построенные графики, можно во времени выделить три зоны характерных по интенсивности излучения и проявлению активности протекающих в бетонной смеси процессов. **Первая зона** характеризуется положительным экстремумом в течение первых четырех суток (рис.3). Механоэлектрические эффекты в это время связаны, очевидно, с переориентацией зерен, формированием структуры бетона, концентрация ионов диффузного слоя, что приводит к образованию двойных электрических слоев (ДЭС). Смещение максимума третьего куба возможно связано запаздыванием формирования структуры бетона.



**Рис. 3. График изменения интенсивности ЭМИ (N секимп) при наборе прочности бетона**



**Рис.4. Графики дисперсии и среднеквадратичного отклонения**

В этой начальной стадии процессы носят наиболее активный характер, что отражается на графиках дисперсии и среднеквадратичного отклонения (рис.4). На 6-7-е сутки достаточно глубокий минимум интенсивности ЭМИ и статистических параметров может быть связан с электронейтральностью смеси.

**Вторая зона** охватывает интервал в 11 суток (7-18). Излучение в течение четырех суток равномерно повышалось, затем, несмотря на колебания значений, носило сравнительно ровный характер, но на разных образцах незначительно отличалось вследствие различий в дефектах структуры. Процессы в этой зоне также активно протекают и связаны, вероятно, с перетеканием ионов из поровых растворов.

**Третья зона** в течение 9 суток (19-28) имеет стабильное увеличение интенсивности электромагнитной эмиссии на всех трех образцах. Излучение, как теоретически, так и по экспериментальным наблюдениям на породах разного состава и генезиса возникает в

результате разрядных явлений в микрополостях. Движение ионов и микродислокаций вызваны релаксацией внутренних напряжений в затвердевшем бетоне, набравшем предел прочности. При внешней нагрузке во время испытаний на одноосное сжатие наблюдается резкое увеличение ЭМИ. На первых ступенях нагружения интенсивность излучения достигало 5-8 тысяч импульсов, при 25-30 тоннах – 50-70 тысяч. При 39 т испытуемые кубики разрушились. Деформации стали наблюдаться в виде лавинообразного развития вертикальных и диагональных микро- и макротрещин. Интенсивность излучения стало резко падать до первых тысяч импульсов в секунду.

### **Выводы**

Импульсное электромагнитное излучение является высокочувствительным фактором сложных процессов, происходящих по мере набора прочности бетона и последующего его разрушения под действием вертикальных нагрузок. Более полная информация может быть получена путем непрерывной регистрации электромагнитных сигналов. На стадии разрушения образцов бетона происходит резкое уменьшение интенсивности излучения с повышением дисперсии значений. Данные исследования, полученные результаты могут быть использованы при характеристике напряженно-деформированного состояния фундаментов, несущих конструкций зданий и сооружений.

Следует продолжить эксперименты с определенными типами цемента, характеристикой состава отдельных элементов бетонной смеси, влажности, температуры, структурных характеристик бетона и новообразований в процессе его твердения.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. ГОСТ 16297-80. Материалы звукоизоляционные и звукопоглощающие
2. Ефименко А.З. Исследование прочности и упругих свойств виброгазобетона с помощью ультразвуковых методов. – Строительные материалы. Выпуск №6. – Москва:1966. - стр. 30-32
3. Патент РФ №2104517, Класс патента G01N29/00, Автор Бойко Г.П., Дата публикации 10.02.1998 «Резонансная установка для определения кинетики структурообразования вяжущих материалов типа цемента»
4. Технологический регламент ресурсосберегающей технологии бетонных работ и инструкция по оперативному определению ее временных параметров. А. К. Запольский, А.М. Звенигородский и др. – Киев: КИСИ. – 1989- 12стр
5. Журков С.Н., Куксенко В.С., Петров В.А. и др. О прогнозировании разрушения горных пород. Изв. АН СССР, сер. Физика Земли, 1977, № 6, с.11-18.
6. Саломатин В.Н. Многолетний опыт применения метода ЕИЭМПЗ при решении комплекса задач в Украине. Сб.трудов междунар. научной конф. «Становление и развитие научных исследований в высшей школе». Т 2.Изд. ТПУ, 2009, с.384-391.

### **УДК 666.9.022.3**

## **ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КИРПИЧА НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ГОРНЫХ ПОРОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНОАКТИВИРОВАННОГО СЫРЬЯ**

**Федоркин С.И., Макарова Е.С., Елькина И.И.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Разработана технология и осуществлен подбор оборудования для изготовления пустотелого кирпича на основе отходов горных пород с использованием механоактивированного сырья. Проведена апробация технологии в условиях промышленного производства.

**Технология производства, кирпич, механоактивация, горные породы, сырье, полусухое прессование**

### ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в Украине существенно возрос объем индивидуального строительства. Особенно это ощущается в Крыму в связи с обустройством депортированных граждан и с развитием рекреационного строительства (коттеджи, небольшие гостиницы). При этих видах строительства в большом объеме используются мелкоштучные стеновые материалы – кирпич, стеновой камень. Эти материалы должны отвечать современным требованиям по техническим характеристикам, быть дешевыми и конкурентоспособными.

Наряду с этим в Крыму очень остро стоит вопрос об утилизации отходов горных производств, образующихся при добыче известнякового камня и блоков, дроблении и промывке различных горных пород при изготовлении щебня и песка.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Одним из перспективных технологических направлений при изготовлении строительных материалов является использование механохимической активации сырья, которая приводит к интенсификации процессов формирования структуры строительных материалов на основе вторичного сырья и позволяет улучшить качественные характеристики сырья и перевести некондиционное вторичное сырье в кондиционный продукт для производства строительных материалов [1]. Это происходит за счет механохимических эффектов, заключающихся в увеличении степени аморфизации материалов, их диссоциации, образования сети микродефектов, обладающих повышенным запасом энергии и т.п.

### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель настоящей работы – разработка эффективной технологии переработки известняковых отходов камнедобычи и шламов промывки горных пород в высококачественный кирпич с использованием методов механоактивации сырья.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

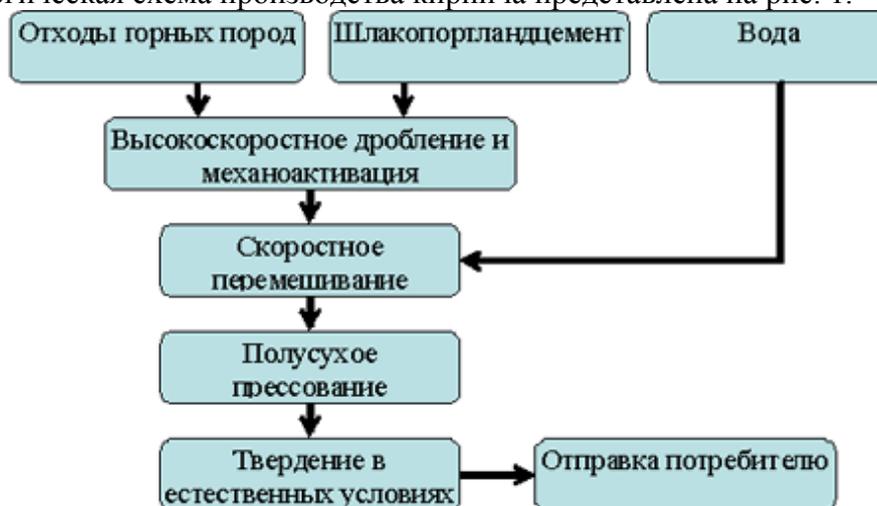
В основу технологии положены результаты предыдущих лабораторных исследований по утилизации известняковых отходов камнедобычи Крымских карьеров и шламовых продуктов промывки отсевов Шархинского карьера.

В качестве вяжущего использован шлакопортландцемент М400 Краматорского цементного завода.

Технология включает механическую активацию и скоростное перемешивание сырьевой смеси, полусухое прессование и твердение изделий [2].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

Технологическая схема производства кирпича представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Технологическая схема производства кирпича на основе отходов горных пород с использованием механоактивации сырья**

В последнее время наметилась тенденция создания технологических линий малой мощности. Это вызвано следующими причинами: месторождения минерального сырья выработаны или находятся далеко от крупных производственных центров строительной индустрии; освоение новых крупных месторождений не под силу мелким и средним производителям, равно как и строительство мощных автоматизированных заводов с использованием импортного оборудования; освоение мелких месторождений, переработка отвалов техногенного сырья и строительство предприятий строительных материалов для обеспечения нужд местного строительства вызывает необходимость создания линий малой мощности, базирующихся на более дешевом отечественном оборудовании малой производительности.

Для организации производства пустотелого кирпича по предлагаемой технологической схеме нами было выбрано современное оборудование, выпускаемое ЧП «Агрегат» (АР Крым, г. Ялта).

В состав технологической линии входят следующие основные агрегаты: смесительно-загрузочный комплекс СЗК-16 (рис. 2), включающий скоростную смеситель-дробилку СД и гидравлический пресс двухстороннего действия А300-С2 (рис.3).



**Рис. 2. Технологическая линия для производства лицевого кирпича методом полусухого прессования: 1 – бункера для хранения сырьевых компонентов, 2 – смесительно-загрузочный комплекс (СЗК), 3 – ленточный транспортер, 4 – гидравлический пресс двухстороннего прессования.**

Сырьевые компоненты из бункеров для хранения (1) подаются в смесительно-загрузочный комплекс (2), представляющий собой узел дозирования, перемешивания, транспортировки (3) и подачи смеси в четыре последовательно расположенные пресса (4). Высокоскоростной смеситель является основным узлом СЗК. Расположение весовых дозаторов непосредственно на крышке смесительной камеры позволяет быстро (в течение 10–15 сек) производить загрузку всех предварительно взвешенных (во время предыдущего замеса) компонентов смеси в смесительную камеру.

Смесительно-загрузочный комплекс СЗК-16 предназначен для подготовки, приготовления, транспортировки и подачи смеси в пресс. Смеситель-дробилка СД

является основным узлом комплекса СЗК-16. Скорость вращения ротора дробилки составляет 1500 об/мин, что позволяет подвергать ударному нагружению частицы смеси с линейной скоростью до 36 м/с. Скорость вращения смесителя 60 об/мин. Такая скорость обеспечивает высокую интенсивность перемешивания сырьевой смеси. Суммарная мощность СЗК-16 – 90кВт.



**Рис. 3. Процесс формования кирпича на прессе А 300-С2.**

Гидравлический пресс двухстороннего действия А300-С2 предназначен для прессования полнотелого и пустотелого кирпича. Максимальное усилие прессования 300 т., длительность цикла прессования 8-14 сек., количество кирпичей, прессуемых за цикл равно 2. Установленная мощность пресса – 18кВт. Характерное отличие прессов ЧП «Агрегат» состоит в исполнении прессов с двумя встречно направленными гидравлическими цилиндрами, что позволяет обеспечить высокую равномерность уплотнения сырья. Такое решение дает возможность повысить качество изделий, а также получать кирпич со сквозными не сквозными пустотами.

Оборудование, входящее в состав технологической линии, позволяет организовать производственный комплекс, построенный по принципу полностью автоматизированных «безлюдных» технологий. Обслуживание комплекса необходимо только на позициях загрузки сырья в объемные бункеры-накопители и на позиции получения готовой упакованной продукции.

Производительность предлагаемой технологической линии (при использовании одного пресса) составляет 1,2 млн. шт. кирпича в год. Следует отметить, что смесительно-загрузочный комплекс способен обслужить работу четырех прессов.

Технологическая линия работает следующим образом. Отход горной породы и шлакопортландцемент загружаются в объемные бункеры-накопители, из которых сырье подается в смесительно-загрузочный комплекс СЗК-16. На первой стадии отход и цемент попадают в скоростную дробилку смесителя дробилки СД, где происходит их механоактивация ударным воздействием и частичное перемешивание. Из дробилки активированная смесь попадает в скоростной смеситель смесителя дробилки. В смеситель подается дозированное количество воды для обеспечения относительной формовочной влажности смеси 8-10% (мас.). В смесителе происходит интенсивное перемешивание и гомогенизация смеси. Далее полученную смесь направляют в гидравлический пресс А300-С2, где происходит полусухое прессование кирпича при удельном давлении прессования 30МПа. Свежеотформованный кирпич обладает достаточной прочностью для пакетирования и выдержки в естественных влажных условиях.

В условиях ЧП «Агрегат» нами были выпущены опытные партии пустотелого кирпича на основе известняковых отходов камнедобычи Бештерекского месторождения, шлама Шархинского карьера и шлакопортландцемента М400 Краматорского цементного завода.

Физико-механические характеристики пустотелого кирпича опытных партий размером 250x120x65 мм и пустотностью 33% приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Физико-механические свойства пустотелого кирпича опытных партий**

Состав сырьевой смеси в % по массе	Предел прочности (МПа) при сжатии	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Водопоглощение, %	Морозостойкость, не менее циклов	Марка кирпича
Цемент – 10 Шлам - 90	12,7	1373	8,6	50	М100
Цемент – 20 Шлам - 80	20,2	1364	8,1	50	М200
Цемент – 30 Шлам - 70	31,1	1362	6,7	50	М300
Цемент – 10 Известняковый отход - 90	13,2	1434	9,1	50	М100
Цемент – 20 Известняковый отход - 80	21,5	1438	8,4	50	М200
Цемент – 30 Известняковый отход - 70	33,4	1425	7,0	50	М300

Как свидетельствуют результаты испытаний (табл.1), пустотелый кирпич на основе исследованных горных пород полностью соответствует требованиям ДСТУ Б В.2.7-7:2008 [3]. Технология его производства с использованием механоактивации сырья позволяет получить высококачественные изделия марок М100-М300 в зависимости от количества цемента в сырьевой смеси.

**Выводы**

Разработана технология и осуществлен подбор оборудования для изготовления пустотелого кирпича на основе отходов горных пород с использованием механоактивированного сырья на линии малой мощности.

Проведена апробация технологии в условиях промышленного производства. Показано, что физико-механические характеристики пустотелого кирпича полностью соответствует требованиям ДСТУ Б В.2.7-7:2008 для марок М100-М300.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Федоркин С.И. Механоактивация вторичного сырья в производстве строительных материалов / С.И. Федоркин. – Симферополь : Таврия, 1997. – 180 с.
2. Патент на корисну модель Украина, МПК (2011.01) С04В 28/00. Спосіб виробництва стінових матеріалів на основі відходів дроблення гірських порід / Федоркин С.И., Любомирский Н.В., Макарова Е.С., Елькина И.И. – № 62254 ; заявл. ; опубл. 25.08.11, Бюл. № 16
3. Будівельні матеріали. Вироби бетонні стінові дрібноштучні. Технічні умови (EN 771-3:2003, NEQ) : ДСТУ Б В.2.7-7:2008. — [Чинний від 2009-08-08]. — К. : Мінрегіонбуд України, 2009. — 52 с. — (Національний стандарт України).

**РАЗДЕЛ 4.****ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, МЕХАНИКА И СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ***УДК 550.311:551.24***ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗДАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ  
ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЕНЕРАТОРА****Солошенко А.В.***Национальная Академия природоохранного и курортного строительства*

Экспериментальным путем определены динамические характеристики здания генераторным методом

**динамическая паспортизация, амплитудно-частотная характеристика,  
генератор колебаний**

**ВВЕДЕНИЕ**

Самый большой ущерб мировой экономике в 2011 году нанесло землетрясение в Японии. Минувший год стал самым дорогим в истории по размеру ущерба, нанесенного стихийными бедствиями, отметил генеральный секретарь ООН Пан Ги Мун. На ликвидацию последствий природных катастроф в 2011 году было потрачено около 380 млрд. долларов, из которых 230 млрд. долларов потребовалось на устранение последствий двух крупных землетрясений, произошедших в Японии и Новой Зеландии. Это на 150 млрд. долларов больше, чем в 2005 году, которому ранее принадлежал рекорд.

Помимо огромных материальных затрат землетрясения унесли 16 тысяч человеческих жизней.

На фоне неудач с прогнозом времени землетрясений проблема надежной сейсмостойкости сооружений выходит на первый план в борьбе с этой катастрофой. Высокая сейсмическая активность в пределах Украины наблюдается в Крыму и в Западной ее части. За историю нашего полуострова землетрясения не раз наносили тяжелый урон людям, проживавшим в его пределах. Эти факты зафиксированы в каталогах сильных землетрясений прошлого. С их использованием были разработаны современные карты сейсмического районирования.

Периодическое проведение "стресс-тестов", не допускающих остаточных деформаций, способно дать сигнал для своевременного вмешательства, направленного на усиление ослабленных узлов и конструкций в период эксплуатации зданий. Это должно дать качественную оценку устойчивости зданий старого фонда и, с учетом сейсмической опасности, определить необходимость их модернизации или ликвидации при невозможности (или экономической бессмысленности) укрепительных мероприятий. Эти меры особенно важны для зданий и сооружений повышенной ответственности (промышленные здания, мосты, водонапорные башни, акведуки и т.д.). Едиными государственными строительными нормами в Украине ДБН (ДБН В.1.1-12:2006), предусмотрены задачи динамической паспортизации (ДП) зданий (раздел. 1.3.3 [1]).

Каждое сейсмическое событие отличается от предыдущих по своим физическим параметрам и новому положению в слабо изученной неоднородной среде [2]. Поэтому в качестве стандарта разрабатываются способы изучения реакций объекта на искусственное воздействие.

Успешное применение ДП позволит своевременно и четко вмешиваться в "жизнь" конструкций сооружения в динамике, объективно находить локальные напряженности в материале и изучать нарушения однородности конструкции [3]. Поэтому необходимо выбрать оптимальный способ возбуждения сооружения, детально изучить динамические характеристики грунта и конструкций зданий. Необходимо также оптимизировать обработку данных и приведения результатов к действующим системам единиц. Экспериментально решенные задачи также необходимо подтверждать аналитическими

расчетами для моделей реальных конструкций. Комплексное решение этих задач способно уменьшить человеческие потери и экономические затраты, связанные с ликвидацией последствий землетрясений.

### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Современные методы технической диагностики имеют различное методическое оформление в зависимости от способа возбуждения колебаний и их динамического уровня. Это метод записи микросейсмических колебаний природного или техногенного происхождения; метод импульсного воздействия на здание; метод испытаний зданий с помощью удара или мгновенного сброса нагрузки [4]; способ воздействия на сооружение мгновенным импульсом ускорения основания; способ разрыва калиброванных стальных стержней; генераторный метод; метод стоячих волн [5].

При выборе способа возбуждения конструкции исходят из особенности формы обследуемых зданий и сооружений, экономичности применения, быстроты и удобства использования.

Ниже предлагается описание **генераторного метода**. Видимыми преимуществами его применения является возможность возбуждения большинства зданий и сооружений с регистрацией датчиками их отклика и последующим построением амплитудно-частотной характеристики (АЧХ). К недостаткам можно отнести необходимость электросети, ограниченный частотный диапазон электродинамической системы, габариты.

Здания и сооружения представляют собой сложные колебательные системы, обладающие определенными интервалами собственных частот. Экспериментально получено и аналитически показано, что собственные частоты зданий и сооружений лежат в диапазоне 1-35 Гц.

С помощью генераторной установки, используя преобразователь частоты, можно выявлять собственные частоты зданий, лежащие в пределах 5-30 Гц.

Целью исследования является получение АЧХ здания, необходимой для перехода в дальнейшем к энергетическим характеристикам объекта и ответа на главный вопрос: сколько баллов может выдержать данный объект или необходимо его усиление для повышения сейсмоустойчивости.

Рассмотрим возможность получения АЧХ здания на примере главного корпуса Национальной Академии природоохранного и курортного строительства (рис. 1). Исследуемое здание является учебным корпусом для 1000 студентов. Объекта состоит из двух главных элементов: четырехэтажного блока, расположенного буквой Г и двухэтажного неправильной формы, замыкающего края Г-образного здания, внутри расположен зимний сад. Под всем зданием находится подвал. Высота этажей четырехэтажного блока и первого этажа двухэтажного - 4.000, высота части второго этажа 8.000, фундамент ленточный, заглубленный на 3,8 м, конструктивная схема – каркасно-каменная. Здание оборудовано для проведения занятий для студентов, работы хозяйственного отдела, столовой и лабораторий. Схема расстановки сейсмоприемников и генераторной установки представлена на рис.2 (схема здания в плане).



Рис. 1. Главный корпус НАПКС



**Рис. 2** Схема расстановки сейсмоприемников и генераторной установки  
**МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ**

Для использования генераторного метода в подвале здания на отметке -6.000 был залит бетонный постамент цилиндрической формы, высота подземной части которого составляет 2 м, надземной – 0,5 м. Диаметр цилиндра составляет 0,93 м. На верхней грани цилиндра монтировались металлические винты, на которые была установлена платформа. Ее основание представляет собой равносторонний треугольник со стороной 0,515 м. Жесткое закрепление гайками исключило самопроизвольное движение платформы во время проведения эксперимента.



**Рис.3.** Общий вид установки



**Рис.4.** Генераторная установка.  
1.-преобразователь частоты, 2.-двигатель,  
3.-эксцентрик, 4.-платформа.

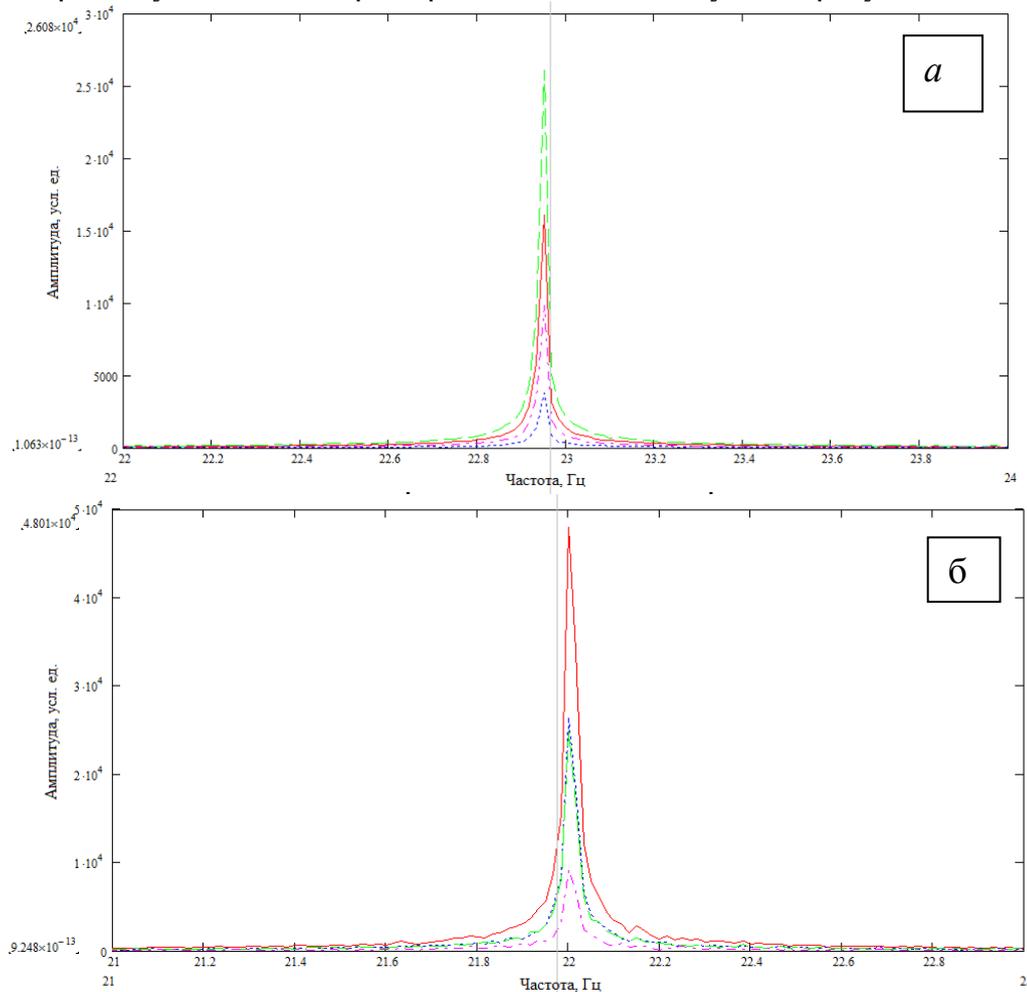
На рис. 4 изображена генераторная установка, представляющая собой платформу 4, на которой смонтирован трехфазный асинхронный двигатель 2 мощностью 1,1 кВт (скорость вращения – 1450 об/мин). К валу двигателя жестко закреплена полумуфта, к

которой посредством штока с металлическим основанием прямоугольной формы прикреплен эксцентрик 3 массой 0,5 кг. Несим-метричная нагрузка при работе двигателя создает вынужденные колебания фундамента. Задание частоты этих колебаний обеспечивается преобразователем частоты (ПЧ) Delta-Electronics модели VFD-E021A, рассчитанным на работу с двигателями, мощности которых не превышают 1,5 кВт. ПЧ подключен при помощи кабеля с одной стороны к каждой фазе двигателя и заземлен, с другой - к электросети 220 В 50 Гц. ПЧ оснащен пультом управления, с помощью которого выставляется нужная частота, задается запуск и остановка двигателя. Диапазон частот, задаваемых преобразователем, составляет 0-30 Гц, цена деления 0,1 Гц.

Регистрация колебаний производилась двумя типами сейсмоприемников: настенными кассетами, представляющими собой корпус в виде металлического цилиндра с установленными в нем четырьмя датчиками СВ-5 (четвертый датчик – контрольный) [6] и «лапы», крепящихся к стене, а также комплект СП СМЗ-КВ двух горизонтальных и одного вертикального. Сигнал с датчиков усиливался и цифровался при помощи аналого-цифровых преобразователей L-Card (модель E-154 с разрядностью в 12 бит). Оцифрованный сигнал обрабатывался при помощи ЭВМ, на которой строились спектры колебаний.

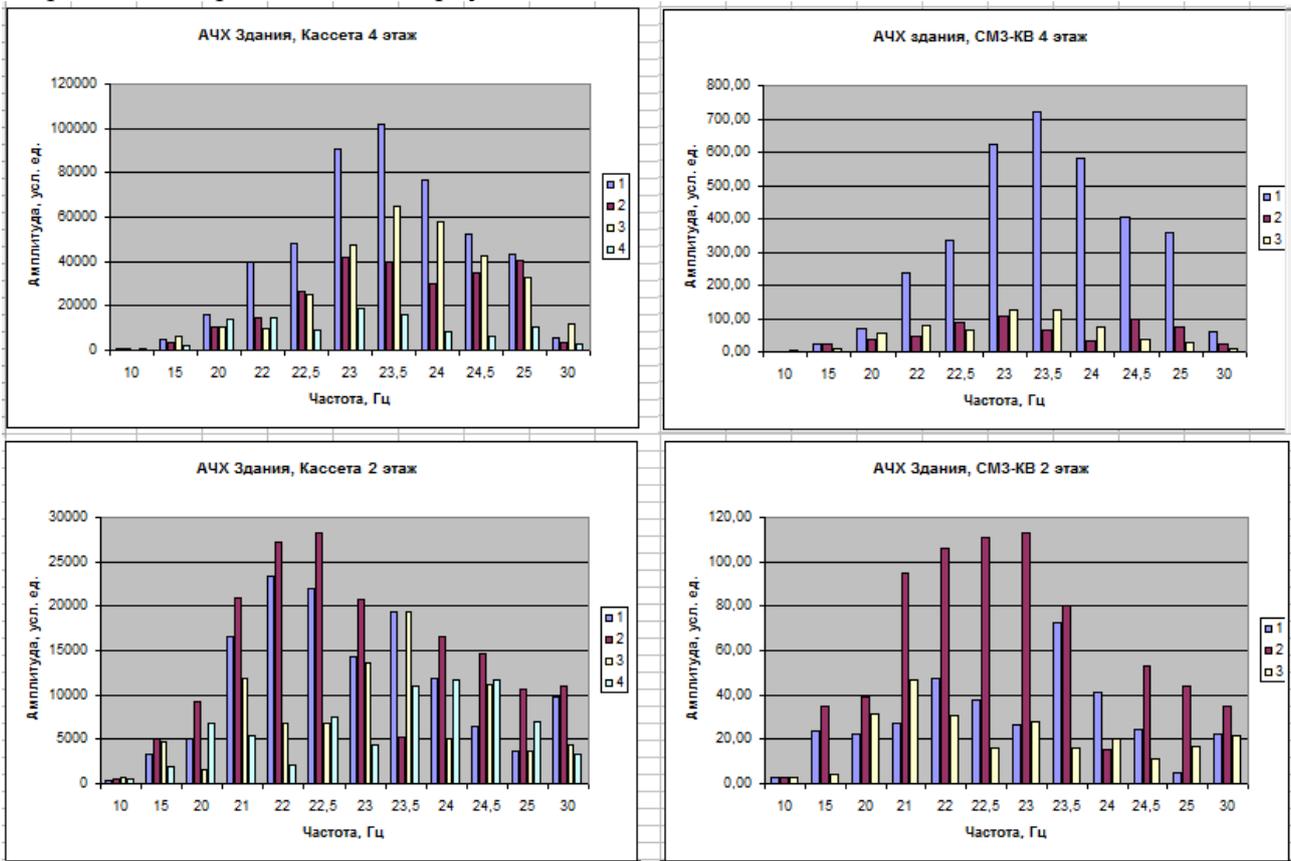
Как видно из схемы расстановки аппаратуры (рис.2), наблюдения проводились на втором и четвертом этажах в противоположной стороне от генератора колебаний. Благодаря высокой чувствительности сейсмоприемников удалось достаточно легко идентифицировать импульс, сообщаемый установкой зданию.

Примеры полученных спектров представлены на следующих рисунках:



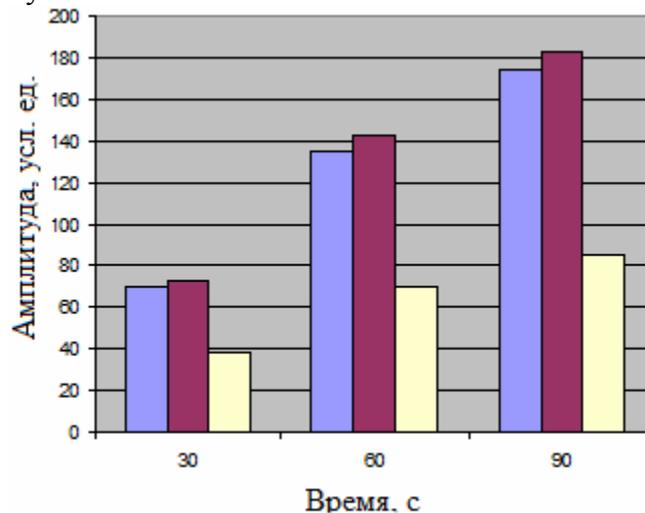
**Рис. 5** Спектр колебаний, записанных четырьмя каналами кассеты,  $f_{\text{вып}}=23,5$  Гц (*а* - четвертый этаж) и  $f_{\text{вып}}=22,5$  Гц (*б* – второй этаж)

«Прокачав» здание на частотах колебаний от 5 до 30 Гц, получили максимумы спектров на каждой частоте. В результате были получены АЧХ локальных участков второго и четвертого этажей корпуса.



**Рис. 6 АЧХ участков четвертого и второго этажей корпуса. Линейчатые спектры колебаний СП: слева – кассета, справа – СМЗ-КВ. Датчики ориентированы перпендикулярно друг другу, их спектры изображены на графиках прямоугольными полосами разного тона.**

Из рис. 6 видно, что собственная частота второго этажа составляет 22,5 Гц, собственная частота четвертого этажа 23,5 Гц. Можно отметить, что амплитуда колебания четвертого этажа почти в 4 раза выше, чем у второго. Большая разница амплитуд спектров от кассет и СМЗ-КВ связана с тем, что сигнал от кассет усиливался в 1000 раз, сигнал от СМЗ-КВ не усиливался.



**Рис.7. Зависимость амплитуды спектра от продолжительности наблюдений**

Обнаружен эффект накопления: амплитуда полезного сигнала нарастала с увеличением продолжительности времени наблюдений (см. рис.7). Различию тонов полос на графике соответствует разная ориентировка каналов

### **Выводы**

Экспериментально с применением генераторного метода проведено обследование и получены с высокой степенью надежности амплитудные характеристики реального здания. Изучены возможности генераторного метода. Данный способ возбуждения зданий, ввиду небольших затрат, простоты проведения и высокой точности получаемых результатов, будет полезен для динамической паспортизации зданий и сооружений.

1. Список литературы
2. ДБН В.1.1-12: 2006. 84 с. «Строительство в сейсмических районах Украины». ГП «Укрархбудинформ».
3. Бугаевский Г.Н. «Основы сейсмологии и динамической теории сейсмостойкости». Симферополь, 2010. с. 3-4.
4. Бугаевский Г.Н., Волосович О.В., Бугаевский А.Г. «Динамическая паспортизация зданий и сооружений - основа повышения качества строительства объектов». НАПКС Сборник научных трудов, вып. №24-25. с. 10-13.
5. Разработка методики возбуждений колебаний зданий и сооружений для проведения динамической паспортизации./ Ковалев А.А., Агапов В.Н.//– Симферополь: НАПКС, 2011.– Вып. 35.– С. 157–166.
6. Резонансные свойства верхней части разреза./Еманов А.Ф., Красников А.А., Бах А.А., Еманов А.А., Семин А.Ю., Черепанов А.В.//–Новосибирск: Алтае-Саянский филиал Геофизической службы СО РАН, 2007.-Вып.41.-С.26-36.
7. Бугаевский Г.Н., Багмут А.В. Настенные трехкомпонентные сейсмометрические комплексы для динамической паспортизации зданий. Сб. научных трудов «Строительство, материаловедение, машиностроение», вып. 65. Днепропетровск, 2012. С. 98-103.

## РАЗДЕЛ 5. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

**УДК 69.056.53.004.74**

### ДОСЛІДЖЕННЯ БУДІВЕЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БУДИНКІВ ПЕРШИХ МАСОВИХ СЕРІЙ

**Осипов О.Ф., Тугай Я.Б.**

*Київський національний університет будівництва та архітектури*

С помощью использования инструментов математической статистики и в результате анализа тридцати шести объектов-представителей из шести регионов Украины получены строительно-технологические характеристики обследованных зданий, а также определены зависимости и рассчитаны коэффициенты, которые в дальнейшем позволят подобрать рациональные технологические решения демонтажа конструкций, определить их влияние на эффективность применения выбранных комплектов средств механизации и установить область их рационального использования в различных условиях строительной площадки, разработать новые методы демонтажа крупнопанельных домов первых массовых серий при реконструкции плотной городской застройки.

**Демонтаж, будинок перших масових серій, об'єкт-представник, будівельно-технологічна характеристика**

#### Вступ

За умови значного розвитку урбанізаційних процесів в Україні, питання демонтажу великопанельних будинків перших масових серій в великих містах набуло актуальності. Адже, в першу чергу, при відносно невеликій кількості поверхів, квартали із такими спорудами займають значно більші площі, ніж сучасні житлові комплекси. Цей фактор заставляє розширювати межі великих міст, зведенням багатопверхівок на їх периферії, оскільки в центральних районах розміщені будинки старого житлового фонду. Це знижує умови комфортного проживання жителів та збільшує затрати на розвиток транспортного сполучення та інженерних комунікацій. Також, як відомо, будинки перших масових серій зводилися в якості дешевого «соціального» житла в 1950-1980 рр., згідно застарілих стандартів до умов проживання та архітектурних рішень, які є неприйнятними зараз. Окрім застарілих об'ємно-планувальних та конструктивних рішень, великопанельні будівлі перших років індустріального домобудування набули значного рівня фізичного та морального зносу, деякі з них знаходяться в аварійному стані, що вимагає негайної реконструкції та значних затрат коштів.

На даний час реконструкція великопанельних будинків перших масових серій в Україні не отримала значного поширення і в більшості проводяться тільки незначні потокові ремонтні роботи. Знос таких будівель якщо і виконується, то в основному, з використанням комплектів руйнівних засобів механізації, що є неприйнятним для щільної забудови міст, оскільки має місце динамічний вплив на розташовані поруч споруди та забруднення зовнішнього середовища.

На вибір раціональних технологічних рішень та ефективних засобів механізації з демонтажу будинків перших масових серій в першу чергу впливають їхні будівельно-технологічні характеристики.

#### АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ

Перші роботи, в яких розглядалися питання реконструкції великопанельних будинків з'явилися ще наприкінці 80-х років [1, 2]. Через функціональні, експлуатаційні та конструктивні дефекти, недоліки архітектурно-планувальних рішень, невідповідний

рівень внутрішнього благоустрою та інженерного обладнання будинки перших масових серій навіть тоді набули значного рівня фізичного та морального зносу. Питання демонтажу будинків перших років індустріального домобудування також було актуальним на початку 90-х років [3]. Згідно розглянутих робіт, будівельно-технологічні характеристики великопанельних будівель перших масових серій мають значний вплив на раціональних технологічних рішень та ефективних комплектів машин для їх демонтажу чи зносу.

#### МЕТА І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дослідження – визначення будівельно-технологічних характеристик та технологічних параметрів демонтажу великопанельних будинків перших масових серій, встановлення залежностей та розрахунків коефіцієнтів, за допомогою яких можливе встановлення області раціонального застосування технологічних рішень та комплектів засобів механізації.

#### МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Будівельно-технологічні характеристики досліджуються методами статистичного аналізу параметрів, зібраних за результатами обстеження тридцяти шести об'єктів-представників (будинків перших масових серій).

#### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ АНАЛІЗ

Основний перелік будівельно-технологічних характеристик тридцяти шести об'єктів-представників ґрунтується на факторах, який визначено за допомогою аналізу результатів експертного опитування [4]. Ранжирування факторів наведено на рис. 1 в порядку зменшення їх ступеню впливу на вибір технологічних рішень та засобів механізації з демонтажу будинків перших масових серій.

Для визначення параметрів будівельно-технологічних характеристик великопанельних будинків перших років індустріального домобудування використано засоби математичної статистики [5]. Розраховані наступні статистичні характеристики:

середнє вибірки  $\bar{x}$ :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n},$$

де,  $n$  – об'єм вибірки;

$x_i$  – центр інтервалу;

$x_1, x_2, \dots, x_n$  – значення випадкової величини;

$(x_{max}$  та  $x_{min}$ ) – (90, 10) – процентиль, що встановлює розміри інтервалу з імовірністю 90% отримання випадкової величини:

$$x^{n(\%) } = \bar{x} \pm 1,64S,$$

де,  $x^{n(\%)}$  – відповідно, нижнє та верхнє значення інтервалу вибірки;

$S$  – стандартне відхилення, розраховується за наступною формулою:  $S = \sqrt{S^2}$ ,

де,  $S^2$  – з наступної формули  $S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ .

Результати, отримані в процесі аналізу об'єктів-представників, наведені в табл. 1.



**Рис. 1. Розподіл факторів по ступеню впливу**

**Таблиця 1**  
**Будівельно-технологічні характеристики великопанельних будинків перших масових серій**

Найменування фактору	Розмір вибірки		Середнє значення, $\bar{x}$	Стандартне відхилення, S	Нижня та верхня границі (10; 90)	
	xmax	xmin			+ 1,64S	- 1,64S
1	2	3	4	5	6	7
А.1. Конструктивна система будинку	1	2	1,53	0,51	2,36	0,7
С.4. Технічний стан стикових з'єднань	1	13	5,11	2,99	10,02	0,202
С.2. Технічний стан стінових панелей	1	9	3,36	2,47	7,42	-0,7
А.2. Тип та конструктивні вирішення несучих стін	1	7	2,42	1,66	5,14	-0,31
С.3. Технічний стан плит перекриття та покриття	1	8	3,69	1,97	6,92	0,47
А.3. Тип та конструктивні вирішення плит перекриття та покриття	1	3	2	0,83	3,36	0,64
В.4. Геометричні параметри будинку (Д, Ш)	1 (1)	16 (2)	8,81 1,47	4,25 (0,51)	15,8 (2,3)	1,83 (0,64)
С.1. Технічний стан фундаментів	1	9	3,61	2,38	7,52	-0,3
С.6. Технічний стан сходових елементів	1	6	3,7	1,62	6,35	1,02
А.5. Тип та конструктивні вирішення сходових елементів	1	2	1,53	0,51	2,35	0,7
В.6. Кількість прольотів в секції	1	3	1,81	0,8	5,9	0,04
В.5. Кількість секцій	1	5	1,97	1,28	4,07	-0,12
Д.1. Кількість дільниць та ярусів	1	5	1,97	1,28	4,07	-0,12
С.5. Технічний стан панелей перегородок	1	8	3,03	1,8	5,97	0,08
Д.2. Кількість захваток на одній дільниці	1	5	3	1,51	9,2	0,08
А.6. Тип та конструктивні вирішення панелей перегородок	1	3	0,89	0,92	3,4	0,38

**ВИСНОВКИ**

З отриманих статистичних даних можна зробити наступні висновки:

1. Конструктивна система будинків перших масових серій переважно поздовжня (в 53% відсотках об'єктів).
2. Робоча зона знаходиться в стиснених умовах.
3. Компонувальна схема всіх об'єктів-представників прямокутна.
4. Технічний стан стикових з'єднань в середньому добрий (будинки піддавалися потоковим ремонтам, фізичний знос 20% в 36% об'єктів).
5. Технічний стан стінових панелей можна оцінити як задовільний (фізичний знос в середньому складає 40% у 31% об'єктів)
6. Тип та конструктивні вирішення несучих стін: в більшості випадків зустрічаються одношарові керамзитобетонні товщиною 350 мм (2-й тип у 39% об'єктів) та тришарові з мінеральним утеплювачем товщиною 250 мм (3-й тип у 33% об'єктів).

7. Всі об'єкти-представники п'ятиповерхові.
8. Плити перекриттів та покриття знаходяться в задовільному технічному стані (фізичний знос 25 та 30% в 44% об'єктів).
9. Геометричні параметри будинків: частіше всього зустрічаються будинки довжиною до 80 м (в 31% об'єктів) та шириною 10,2 м (в 53% об'єктів).
10. Технічний стан фундаментів більше всього можна оцінити як задовільний (фізичний знос 40% у 31% об'єктів).
11. Технічний стан сходових елементів частіше оцінюється як задовільний (фізичний знос 30 та 35% у 44% об'єктів).
12. Висота поверху в усіх об'єктах складає 2650 мм.
13. Сходові елементи в 47% об'єктів-представників зустрічаються з наступними параметрами: збірний залізобетонний марш 3900x1300 мм, збірна залізобетонна площадка 3200x1340 мм; в решту 53% об'єктів - 3370x1350 мм, 3040x1140 мм.
14. Частіше всього будинки перших масових серій зустрічаються з п'ятьма прольотами в одній секції (в 44% об'єктів).
15. Найчастіше великопанельних будинки можна розділити на 4 секції (в 58% об'єктів).
16. Будинки перших масових серій найчастіше поділяються на такі елементи фронту робіт: являються 5-ти ярусними із чотирма дільницями в 58% об'єктів.
17. Технічний стан панелей перегородок задовільний (фізичний знос 40% у 33% об'єктів).
18. В об'єктах-представниках найчастіше зустрічаються 3(в 31% об'єктів) та 5(в 28% об'єктів) захваток на одній дільниці.
19. Частіше всього (в 47% об'єктів) в будинках перших масових серій зустрічаються залізобетонні перегородки товщиною 60 мм.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Модернизация пятиэтажных жилых домов // Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Строительство и научно-технический прогресс»: Сб. статей. / отв. ред. Фролова И. В. – М. : Знание, 1988. – №5. – 64 с.
2. Морин А. Л. Демонтаж строительных конструкций при капитальном ремонте зданий: учебн. пособие / Морин А. Л. – К.: ИПК, 1988. – 68 с.
3. Голов Г. И. Демонтажные работы при реконструкции зданий / Голов Г. И. – М.: Стройиздат, 1990. – 144 с.: ил.
4. Тугай Я. Б. Дослідження факторів, які впливають на вибір технології демонтажу будинків перших масових серій // Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. Збірник / Я. Б. Тугай. – К. : КНУБА, 2011. – Вип. 40. – С. 470-474.
5. Сеньо П. С. Теорія ймовірностей та математична статистика: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. / Сеньо П. С. – К.: Знання, 2007. – 556 с.

## РАЗДЕЛ 6. ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*УДК 624.131.1:551.435.36(292.471)*

### ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОБЕРЕЖЬЯ ЗАПАДНОГО КРЫМА

**Иваненко Т.А.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

В работе рассмотрены результаты анализа эколого-геологических условий и мониторинговых исследований прибрежных территорий Крыма. Изучены особенности геологического строения и рельефа территории для дальнейшего рекреационного освоения территории побережья Западного Крыма. Проведена оценка возможности использования местного материала для защиты западного побережья Крыма от разрушения.

**Западный берег Крыма, экзогенные геологические процессы, мониторинг**

#### ВВЕДЕНИЕ

Современные берега Черного моря развиваются в условиях все более возрастающей техногенной нагрузки. Благоприятное сочетание природных условий, многообразие и уникальность рельефа, определяет исключительную роль побережья как важнейшей рекреационной зоны Украины и Крыма.

В настоящее время на побережье Западного Крыма разрабатываются и внедряются проекты застройки и благоустройства побережья, создаются планы реконструкции и расширения приморских поселков Новофедоровка, Николаевка, Кача, Орловка, Учкучевка. Вместе с тем, побережье застраивается при отсутствии генерального плана застройки.

Одной из эффективных мер по предотвращению принятия непродуманных строительных решений является государственная экологическая экспертиза, в основе которой лежит методология оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС)[1]. Генеральные планы освоения и застройки рекреационных зон, проекты застройки отдельных участков должны сопровождаться ОВОС с учетом экологического состояния сопредельных территорий. Оценка воздействия должна обеспечить строгое соблюдение законодательных и нормативных требований по охране окружающей среды в предплановой, предпроектной и проектной документации [2].

Решению этой задачи может способствовать инженерно-экологическая оценка территории для перспективного освоения побережья, разработка методики ОВОС и технико-экологических решений при проектировании, строительстве и эксплуатации, зданий и берегозащитных сооружений в прибрежной зоне.

#### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Западные берега Крымского полуострова начали изучаться еще в 20-е годы. П.К. Божичем, В.И. Глушковым, М.Н. Карбасниковым начато изучение вдольберегового потока Западного побережья вплоть до Евпаторийской бухты. А.И. Дзенс-Литовский, В.П. Зенкович[3], Е.Н. Невеский занимались изучением толщ прибрежных наносов. Исследования пляжной полосы продолжили В.Н. Славянов, М.Г. Барковская, Г.А. Булкин и В.С. Паламар, И.Б. Корженевский, сотрудники ККГРЭ.

О.С. Романюк [4] детально изучен генезис, минералогический, химический и гранулометрический состав пляжных отложений на западном побережье Крыма, составлен первый кадастр берегов Крыма и разработаны рекомендации по их практическому использованию.

Махаевой Т.В. [5] охарактеризована морфология и динамика берегов Западного Крыма, выделены особенности морфологии и развития выровненного абразионного берега.

В 1986 г. Крымским филиалом «Укрюжгипрокоммунстроя», в последствии ЦНТУ «Инжзащита» (Рыжий М.Н., 1989) была разработана «Региональная схема инженерной защиты Черноморского побережья Крымской области и Горного Крыма». Интенсивная хозяйственная деятельность на побережье привела к истощению не только природных, но и искусственных пляжей, к размыву ранее стабильных аккумулятивных форм в Каламитском заливе и широкому развитию антропогенных оползней. При этом интенсивность и масштабы неблагоприятных последствий хозяйственного вмешательства в окружающую среду сохраняют устойчивую тенденцию к возрастанию.

В Схеме, на основе обобщения и анализа опыта защитного строительства в Крыму, в других регионах Советского Союза и зарубежом намечены основные технические решения защитных мероприятий с технико-экономическим обоснованием их в увязке с конкретным видом строительства или спецификой защищаемого объекта. Практические исследования проводились Производственным и научно-исследовательским институтом инженерных изысканий в строительстве Госстроя СССР (ПНИИИС), институтами «Фундаментпроект», «ЧерноморНИИпроект», «УкрГИИИнтиз», Киевский Гипроград, Институтом гидромеханики АН УССР, объединением «Крымгеология», Ялтинской комплексной инженерно-геологической и гидрогеологической партией, Крымским противооползневым управлением, Крымской гидрометеорологической обсерваторией.

Повышенный интерес к проблемам хозяйственного использования береговой зоны, гидротехнического строительства и защиты морских берегов вынудил ученых искать новые методы исследований.

#### **ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Цель исследования – изучить современную геоморфологию и динамику береговой зоны западного Крыма и предложить рекомендации по защите берега от разрушения.

Для оценки инженерно-экологического состояния исследуемой территории автором с сотрудниками кафедры Инженерной экологии НАПКС были произведены исследования на всем побережье от г.Севастополь до г.Саки.

#### **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ**

Анализ существующих материалов по мониторингу прибрежной зоны (динамика ширины пляжей, развития инженерно-геологических процессов), по состоянию берегоукрепительных сооружений западного Крыма и экологическому состоянию территорий курортных поселков позволил выделить территории для детальных исследований.

Материалом для данной работы послужили полевые натурные исследования, во время которых было выполнено описание 10 береговых разрезов, отобрано 10 образцов из коренных пород обрывов и в прибрежной части и на дне моря для определения химического и минералогического состава, физико-механических свойств пород.

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ**

Детально изучены подводные образования, сложенные глыбами песчаников из обвалов берегового обрыва, вынесенных в море в акватории бухты между мысами Керменчик и Лукулл[6].

В процессе выполнения работы были изучены особенности рельефа и геологического строения территории (табл. 1).

По составу породы исследуемой территории представлены красноцветными глинами, суглинками, супесями с прослоями песчаников, гравелитов, мелкогалечных конгломератов. Прослой, линзы песчаников, гравелитов и мелкогалечных конгломератов приурочены преимущественно к водораздельным участкам и мысам – севернее пос. Николаевка (без названия), Керменчик, Тюбек, Лукулл и Маргопуло.

Таблица 1

### Характеристика геологических условий изученных участков побережья западного Крыма

№ п/п	Наименование участка	Ширина пляжа, м	Длина пляжа, м	Высота обрыва, м	Геологический состав пород
1	Любимовка	до 60	2200	от 10 до 30	Алевролиты, глины желтовато-бурые с прослоями краснозема
2	Орловка (устье р. Кача)	35	до 1500	до 30	Суглинки, алевролиты, глины желтовато-бурые с прослоями краснозема
3	Кача	до 25	до 2000	до 40	Глины желтовато-бурые твердые с прослоями песчаника, гравийно-галечниковыми отложениями (мелкогалечниковые конгломераты)
4	Андреевка	10-12	~1000	24	Глины желтовато-бурые с линзами мергеля и песчаника
5	Угловое	до 15	1000	23	Красноцветные глины суглинки и супеси с прослоями песчаников, гравелитов и мелкогалечных конгломератов
6	Песчаное	до 10	3000	13,0	Суглинки буровато-серые с прослоями и линзами галечников, в основании разреза - буровато-коричневые и красно-бурые
7	Береговое	12-15	до 500	12,5	Галечник с суглинистым заполнителем местами сцементированный с прослоями песчаника
8	Николаевка	до 20	2500-3000	11,5	Глины желтовато-бурые, суглинки серые и желтые, с прослоями гравийно-галечниковых отложений
9	Фрунзе	до 25	2000	10	Глины желтовато-бурые и буровато-коричневые с линзами и прослоями гравелисто-галечниковых отложений
10	Новофедоровка	до 70	0	-(2,5)	Глины и суглинки полутвердые буро-коричневые, вишнево-коричневые с примесью гравийного материала (до 30% в объеме)

Образование мысов связано с увеличением мощности прослоев и линз, которые отличаются составом галечного материала и степенью цементации (мощность прослоев до 4-5 м). Атмосферные осадки, выпадающие в этом районе, фильтруются через карбонатные суглинки, супеси, пески, гравелиты, насыщаются гидрокарбонатом, что приводит к цементации обломочного материала. Цементация обломочных слоев происходит за счет задержки фильтрующихся карбонатных растворов через покровный обломочный материал, водоупором служат глины плиоценового возраста (рис. 1).

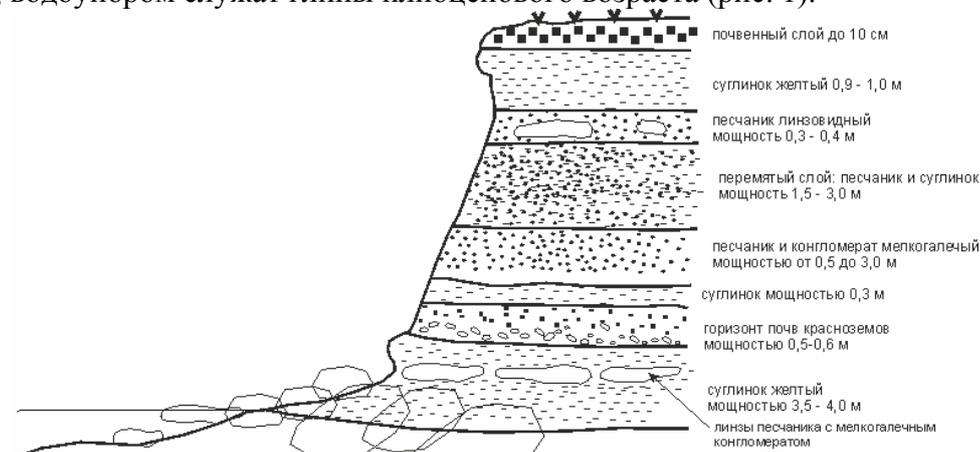


Рис. 1. Строение берегового обрыва у м. Керменчик

Эти участки песчаников и конгломератов при обрушении в результате абразии, определяют надводное и подводное накопление глыб. Они обваливаются крупными блоками (размер блоков: длиной 3-7 м, шириной до 2-2,5 м, толщиной до 0,5-2 м), выносятся в море, и перемещаясь по морскому дну на расстояние 100 м и более, останавливаются образуя при этом ленточные подводные острова, ориентированные как вдоль, так и поперек линии берега (рис. 2). Образование подводных поднятий на 1-3 м приводит к трансформации берега и волн – изменению их внутренней структуры и внешней формы на пути следования, что в конечном итоге приводит к сохранению ширины пляжа в данном месте.



**Рис. 2. Глыбы песчаников и мелкогалечных конгломератов в бухте с. Угловое**

Нагромождение плит и глыб конгломерата образуют выступы дна и отдельные пятна (банки) малых глубин вплоть до изобаты 10 м, на глубине до 1,5 м они прослеживаются и над поверхностью воды.

В работе В.Ф. Удовика и В.В. Долотова[7] приведены результаты исследований подводного берегового склона в районе пляжа пос. Любимовка. Была обнаружена подводная гряда, ориентированная практически параллельно к береговой линии и состоящая из нагромождения известняковых глыб, глубина залегания которых возрастает к западу. Отметки измеренных глубин над вершиной гряды составляют 4-6 м, ширина гряды достигает 10 м.

Мониторинговые исследования с 1998 г. в западной части Крымского побережья показали, что волны выше шести метров имеют очень низкую повторяемость и могут быть отнесены к экстремальным нежелательным явлениям. При отсутствии штормов 5 и более баллов абразионная деятельность характеризуется низкой интенсивностью и составляет в среднем от 0,1 до 0,8 м/год, но локально, на исследуемой территории, в районе с.Береговое наблюдается размыв берега до 2-3 м/год с обвалами до 1000 м<sup>3</sup>[6].

На участках, находящихся в одинаковых гидродинамических условиях, скорость абразии зависит от литологического состава пород в разрезе обрывов и подводного склона, а остальные причины определяют колебание скорости абразии в пределах, присущих данной литологической разновидности.

Авторами были изучены физико-механические свойства пород, слагающих береговые обрывы и залегающих у их основания. Были отобраны образцы песчаника и гравелита из береговых обрывов и прибрежной зоны моря в районе с. Береговое и Угловое, мыса Керменчик и Лукулл для определения их физико-механических свойств (табл. 2).



В экзогенных условиях миграция кальция следует миграции углекислого газа, образуя растворимый бикарбонат и в таком виде выносится в морские бассейны.

Повышение требований к экологически безопасному освоению территорий и характеристикам сооружений вызывает необходимость разрабатывать новые технологии с использованием местной сырьевой базы. Одним из возможных направлений является исследование и использование природных материалов. Попадание блоков в море, закрепление их на подводном склоне, вероятно, способствует раскристаллизации карбонатного цемента, что усиливает прочность пород, которые возможно использовать как основу для создания искусственных островов и продольных гидротехнических сооружений.

Детальный анализ морфологии береговой зоны (берега и подводного склона до глубины 5,0 м) от с.Береговое до м.Маргопуло показал, что наиболее перспективным может быть освоение бухты между м.Керменчик и Лукулл. На данном участке берега ширина пляжа на протяжении более 10 лет составляет 12-15 м.

Проблема эффективного укрепления берегов и расширения курортно-рекреационных территорий может быть решена за счет применения продольных гидротехнических сооружений, к которым, помимо волноломов, относят и островные комплексы, образование мысов и бухт, которые располагаются в мелководной зоне на глубинах до 10 м.

Создание искусственных островов требует тщательного подхода к выбору мест их размещения и детальных инженерно-геологических изысканий.

Мировой опыт расширения рекреационного потенциала побережья (Средиземное море) основан на организации заливов, в которых сохраняются широкие пляжи свободного доступа, имеющие хорошее экологическое состояние (рис. 4 и 5).

Ю.Н. Сокольников приходит к выводу о необходимости расчленения берегов с образованием мысов и бухт, размеры которых в зависимости от геоморфологической структуры берега могут быть от метров до километров. По данным мониторинговых исследований район между м. Маргопуло и с.Береговое является наиболее благоприятным.



**Рис. 4. Продольные гидротехнические сооружения на побережье Средиземного моря**



**Рис. 5. Закрепление крупных обломков породы на волноломах с помощью арматуры**

#### **Выводы**

Основные условия освоения территорий прибрежной зоны западного берега Крыма – жесткая привязка рекреационных комплексов к береговой полосе;

повышенная плотность застройки в курортных поселках, расположенных в долинах рек, обусловленная развитием жилой застройки вокруг рекреационных комплексов и ограниченностью площадей для строительства;

затраты освоения определяются условиями самой территории, а именно, природными факторами (плотность грунтов и состав грунтовых вод, рельеф местности и т.д.), и местоположением в плане поселения, наличием коммуникаций и транспортной доступностью.

Второй по важности фактор при освоении территорий (после выбора проектов (с соответствующим техническим уровнем строительного производства) это инженерно-геологические и экологические условия территории для расширения рекреационной зоны. Перспективное расширение курортной зоны должно основываться на инженерно-экологической оценке возможных участков под застройку.

Создание искусственных территорий в прибрежной зоне преследует, как правило, следующие цели:

получение дополнительной полезной площади для размещения тех или иных объектов, закрепление оползневых склонов и выполнение функций берегозащиты. В случае нашего побережья есть возможность одновременно использовать все преимущества создания искусственных территорий. Естественно, выведение морской кромки созданной территории на большие глубины усилит воздействие на нее волн, и потребует соответствующих технических решений по берегозащите.

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. ДБН А.2.2-1-2003. Состав и содержание материалов оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) при проектировании и строительстве предприятий,

- зданий и сооружений [Текст]. – Введ. 01.01.2004. – Киев: Госкомградостроительства, Минэкобезопасности, 2003. – 29 с.
2. Украина. Законы. О внесении изменений в Водный и Земельный кодексы Украины о прибрежных защитных полосах №2740-VI [Текст] : Відомості Верховної Ради країни. – 2011. – №18. – С. 122.
  3. Зенкович В.П. Проблемы динамики береговой зоны Черного моря / Зенкович В.П. // Инженерная защита берегов Черного моря. – 1968. – С.6-9.
  4. Составить кадастр надводной части берегов Крыма применительно к масштабу 1:200000 [Текст] : отчет о НИР (заключ.) : Ин-т минер. Ресурсов; рук. Э.П. Тихоненков; исполн.: Романюк О.С., Саломатин В.Н. – Симферополь, 1988. – 161 с.
  5. Махаева Т.В. К геоморфологии и динамике берегов Западного Крыма / Т.В. Махаева // Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР. – Киев, 1968. – Вып. 2. – С.160-167.
  6. Рыжий М.Н. Комплексные мониторинговые исследования состояния берега и берегоукрепительных сооружений Западного Крыма / М.Н. Рыжий, З.Д. Сапронова, Т.А. Иваненко, А.М. Артемьева, В.С. Снегирев // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2009. – Вып. 20. – С. 7-10.
  7. Удовик В.Ф. Современное состояние и тенденции динамики береговой зоны в районе пляжа пос. Любимовка / В.Ф. Удовик, В.В. Долотов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2009. – Вып. 20. – С. 92-100.

**УДК 697.34: 621.643**

## **ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

**Пашенцев А. И.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Применяя метод сравнения доказана ошибочность представления автономного теплоснабжения как приоритетного направления развития систем теплоснабжения при использовании низкоэффективных и маломощных котлов.

**Экологический ущерб, экологические последствия, автономная система теплоснабжения**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Современный уровень производства котлов, систем автоматизации, трубопроводов для тепловых сетей, нормативная база и состояние дел с потреблением энергоносителей дают возможность для развития различных систем теплоснабжения. При использовании традиционных энергоносителей одним из основных параметров систем является величина тепловой мощности источника теплоты и степень децентрализации системы. Выбор системы остается за потребителем тепловой энергии и зависит от многих факторов. Но оптимальность принятой схемы определяется более общими критериями, в том числе, эффективностью работы всей системы, задействованной в коммунально-энергетическом хозяйстве населенного пункта. В связи с этим выбор систем теплоснабжения необходимо проводить на основании приоритетных направлений развития схем теплового хозяйства населенных пунктов, которые зависят от их инфраструктуры и должны определяться научно-техническим и экономическим обоснованием.

### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

Вопросам внедрения и развития индивидуальных систем теплоснабжения посвящены работы многих отечественных ученых. Так А. Р. Аверченко обосновывает перспективы реализации данных систем, но с учетом их технических параметров для

индустриальных регионов страны [1, с. 42-61]. С позиции сопоставления позитивных аспектов различных схем индивидуальных систем теплоснабжения, обосновывает их перспективность М.П. Гесьо [2, с.23-38]. При этом отсутствует сопоставление технических показателей, включая расход газа, между индивидуальными и централизованными системами. Украинский ученый П. П. Журба приводит технико-экономическое обоснование эффективности применения индивидуальных систем теплоснабжения на примере 75-ти квартирного жилого дома [3, с. 32-38]. При этом позитивный вывод делается на основании показателя металлоемкости, забывая о величине ущерба, наносимого данными системами окружающей среде и показателях общей экономической эффективности. Вместе с тем целый ряд украинских ученых призывают подходить к решению вопроса модернизации систем теплоснабжения взвешенно. В частности А. Р. Найда обосновывает необходимость развития централизованных систем, но с применением высококачественных энергосберегающих материалов [4, с.45-51]. Также П.Т.Огризко обосновывает невозможность Украины перейти на индивидуальные системы теплоснабжения повсеместно в виду затратности данного проекта и доказывает целесообразность развития централизованного теплоснабжения, особенно в крупных индустриальных центрах страны [5, с. 89-99]. Как видим, в научных изданиях ведется дискуссия относительно перспективности применения систем индивидуального теплоснабжения, что дает возможность автору высказать свою точку зрения по этому вопросу.

#### **ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Целью научной статьи является аргументированное обоснование целесообразности развития централизованных систем теплоснабжения при взвешенном подходе применения автономных. Для этого решены задачи: выявлены инженерно-технические проблемы внедрения автономных и местных систем теплоснабжения, выявлены экологические последствия децентрализации теплоснабжения, разработан алгоритм расчета экологического ущерба, наносимого окружающей среде выбросами котлов системами автономного теплоснабжения.

#### **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ**

Для обоснования собственной точки зрения используется метод сравнения технических, экологических, экономических показателей, что позволяет провести сопоставление двух систем теплоснабжения (централизованная и индивидуальная) и сделать вывод об их перспективности.

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ**

В последнее время автономные и местные системы теплоснабжения приобрели большую популярность. Их внедрению часто придают значение одного из основных средств энергосбережения. Их привлекательность для потребителей можно объяснить причинами: значительной разницей в ценах на природный газ для автономных и существующих в системе «Теплокомунэнерго» источников теплоты, отсутствием единого подхода в расчетах стоимости тепловой энергии, желанием не зависеть от неконтролируемых потребителем процессов генерации и получения теплоты, проблемами горячего водоснабжения в существующих системах. При этом целесообразность автономизации достигается путем: сравнения эффективности работы котлов в автономных источниках теплоты с несовершенными и устаревшими агрегатами, уменьшения выработки теплоты в автономных источниках (по сравнению с проектными данными) за счет исключения затрат теплоты на вентиляцию, на горячее водоснабжение, снижения температуры в помещении. Главным аргументом сторонников автономных систем являются повышенные потери теплоты в существующих тепловых сетях и котельных, оцениваемые в 40 - 50% от выработанного тепла. Однако, на наш взгляд, такие потери теплоты в тепловой сети невозможны. В частности, 20% потерь теплоты при диаметре трубопроводов 500 мм и их суммарной длине в 4000 м эквивалентно количеству теплоты 7,57 МВт [1, с.22]. При значении коэффициента теплоотдачи  $2 - 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$  такие

потери теплоты возможны только в том случае, если трубы тепловой сети с температурой стенки + 95-97<sup>0</sup>С на протяжении всего отопительного периода будут находиться без изоляции в наружном воздухе при температуре -35 – 40<sup>0</sup>С, что для условий Украины невозможно [2, с.89].

Одной из основных причин ошибочных представлений о значительных потерях теплоты является перенесение проблем больших централизованных систем теплоснабжения от мощных ТЭЦ с протяженными многокилометровыми тепловыми сетями на децентрализованные и умеренно централизованные системы мощностью до 3-10 Гкал/ч. Результаты обследования существующих тепловых сетей в гг. Симферополь, Керчь, Ялта показывают, что потери теплоты при длине трассы до 1000 м не превышают 4-4,5 %, а при длине до 2500 м - не больше 12,5- 14,3%. При использовании предварительно изолированной трубы потери теплоты при длине трассы до 2500 м не превышают 6 - 9%. Другой составляющей потерь теплоты, в существующих системах теплоснабжения, является отсутствие систем автоматического отпуска теплоты и невозможность реализации режима ее отпуска пропусками в нерабочее время для коммунальных потребителей и государственных учреждений. Однако с этим можно не согласиться, так как внедрение автоматических систем регулирования и отпуска теплоты одинаково возможно и эффективно как для существующих систем теплоснабжения, так и для автономных систем. Необходимо отметить, что внедрение автономных и местных систем теплоснабжения также связано с некоторыми инженерно-техническими проблемами:

1. Подключение объектов автономного теплоснабжения к газовым сетям.

Существующие внутриквартальные городские инженерные сети рассчитаны на бытовое потребление. Сети газопроводов среднего давления, к которым подключают автономные источники теплоты, в жилых кварталах вообще отсутствуют. В связи с этим, остро встанет вопрос их реконструкции, увеличения количества газораспределительных пунктов (ГРП), что потребует значительных средств. При этом удельная металлоемкость системы при внутридворовой прокладке газопровода увеличится более, чем в тридцать раз [1, с.21].

2. Адаптация автономных источников теплоты в существующей системе теплоснабжения.

Отключение потребителей теплоты от существующей сбалансированной системы теплоснабжения приводит к значительному ухудшению ее гидравлической устойчивости. В результате незначительный экономический эффект внедрения автономных источников теплоты для отдельного потребителя приводит к перерасходу энергии и экономическим убыткам в масштабах всей системы теплоснабжения города.

3. Экологические последствия децентрализации.

Переход на котлы с инжекторными горелками в автономных котельных способствует увеличению концентрации вредных веществ в продуктах сгорания (выбросы оксида азота), по сравнению с котлами существующих котельных, оборудованных дутьевыми горелками (табл. 1).

Таблица 1

**Экологическая характеристика котлов [2, с.44]**

Наименование котла	Удельный выброс NO <sub>2</sub> на 1 МДж произведенной теплоты, мг/МДж
С инжекторными горелками (автономная система теплоснабжения)	65,64
Серия ВК с дутьевыми горелками (централизованное теплоснабжение)	45,17

Как видим, котлы существующих котельных централизованного теплоснабжения имеют преимущество перед котлами автономных котельных, так как в меньшей степени вызывают ухудшение экологических параметров (табл. 2.). Данную точку зрения

подтверждает табл.1., согласно которой удельный вес выбросов NO<sub>2</sub> у котлов с инжекторными горелками (применяются в автономных системах) превышает в 1,45 раз показатель котлов с дутьевыми горелками существующей системы теплоснабжения. Это наглядно свидетельствует о негативном воздействии автономных систем теплоснабжения на качественное состояние окружающей природной среды. Поэтому можно отметить, что принятие решения об использовании котлов с инжекторными горелками должно основываться на тщательном анализе не только их технических характеристик, но и экологических и экономических показателей. Только тогда можно получить объективную оценку перспективности их применения в жилых зданиях различной этажности. При этом целесообразно оценивать различные модификации котлов.

Таблица 2

**Экологические характеристики теплогенерирующего оборудования [3, с.89]**

Экологические характеристики	Котлы с инжекторными горелками	Котлы с дутьевыми горелками
Концентрация NO <sub>2</sub> в продуктах сгорания, мг/м <sup>3</sup>	До 240	До 180
Уменьшение концентрации NO <sub>2</sub> путем экологической наладки оборудования	Не имеет	есть
Ухудшение экологических характеристик	Есть, характерно	Не характерно

Экологическое влияние выбросов автономных котельных на атмосферу в зоне проживания людей является большим, чем аналогичные выбросы вредных веществ от существующих котельных. Это связано с тем, что выбросы от автономных котельных осуществляются на незначительной высоте (6-10 м), а выбросы от централизованных на высоте 29 - 36 м. Расчет рассеивания вредных веществ в атмосфере показывает, что при высоте труб ниже 15-16 м, концентрация вредных веществ в приземном ее слое превышает предельно допустимые концентрации. Для подтверждения этого рассчитана величина экологического ущерба (табл.4.), наносимого выбросами загрязняющих веществ от выше указанных котлов, с использованием данных табл.3.

Таблица 3

**Сравнительная экологическая характеристика котлов [3, с. 34]**

Наименование экологических показателей	Символ	С инжекторной горелкой	Серия ВК
Концентрация загрязняющих веществ в нормальном режиме работы, мг/м <sup>3</sup> : оксид углерода оксид азота	ССО	38	25
	СNO <sub>2</sub>	175	220
Массовые секундные выбросы в нормальном режиме работы, г/сек: оксид углерода оксид азота	МСОсек	0,0225	0,0008
	МNO <sub>2</sub> сек	0,1037	0,00682

Экологический ущерб можно рассчитать:

$$ЭКУ_{ам} = \gamma \cdot \sigma \cdot f \cdot m; \quad (1)$$

где  $\gamma$  – стоимостная оценка ущерба от единицы выброса загрязняющего вещества, грн/кг;  $\sigma$  – коэффициент относительной опасности;  $f$  – коэффициент, учитывающий характер рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе;  $m$  – масса выброса загрязняющего вещества, кг.

Таблица 4

**Экологический ущерб от выбросов загрязняющих веществ различными сериями котлов**

Вид загрязнителя	Выбросы загрязняющих веществ в зависимости от серии котла, г/час		Экологический ущерб в зависимости от серии котла, грн./час	
	с инжекторной горелкой	серия ВК (существующие тепловые сети)	с инжекторной горелкой	серия ВК (существующие тепловые сети)
СО	81	2,88	0,22	0,005
NO <sub>2</sub>	373,3	24,55	32,23	2,07

Как видно из табл.4, величина экологического ущерба от выбросов загрязняющих веществ котлами, применяемыми в автономных системах теплоснабжения, превосходит показатели котлов серии ВК существующих систем, соответственно: СО в 44 раза, NO<sub>2</sub> в 15 раз. Тогда можно привести алгоритм расчета экологического ущерба от загрязнения окружающей природной среды выбросами вредных веществ котлами:

1. Определяем массовые секундные выбросы загрязняющих веществ в нормальном режиме работы котла, г/сек.

2. Уточняем основные показатели, необходимые для проведения расчета:

2.1. Стоимостную оценку ущерба от выброса единицы загрязняющих веществ, грн./кг.

2.2. Коэффициент относительной опасности.

2.3. Коэффициент, учитывающий характер рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе [5, с.89-91]).

2.4. Массу выбросов загрязняющих веществ в единицу времени, кг/час.

3. Рассчитываем величину экологического ущерба по формуле (1) в разрезе функционирования одного котла в течение 1 час.

4. Рассчитываем величину экологического ущерба в разрезе функционирования одного котла в течение года:

$$ЭКГУ_{\text{атгод}} = ЭКГУ_{\text{час}} \cdot T;$$

где T – время работы котла в течение года, час.

5. Определяем годовой экологический ущерб от выбросов загрязняющих веществ с учетом общего количества квартир, перешедших на автономное отопление:

$$ЭКГУ_{\text{домгод}} = ЭКГУ_{\text{атгод}} \cdot n;$$

где n – количество котлов в доме, обеспечивающих автономное отопление.

### Выводы

1. Автономные источники теплоснабжения нецелесообразно считать основным средством энергосбережения при использовании низкоэффективных и маломощных котлов, оборудованных инжекторными горелками низкого давления в виду недостаточно высоких экономических и экологических показателей их работы.

#### Список использованных источников

1. Аверченко А. Р. Проблеми розвитку теплопостачання в Україні: [монографія] / А. Р. Аверченко. - Харків.: Слобода, 2011. - 239с.
2. Гесьо М. П. Теплові втрати існуючих систем теплопостачання України: [монографія] / М. П. Гесьо. - Львів.: Наукова думка, 2011. - 181с.
3. Журба П. П. Особливості технічних характеристик котлів: [монографія] / П. П. Журба. - Дніпропетровськ.: Дніпро, 2011. - 198с.
4. Найда А. Р. Впровадження енергозберігаючих технологій в Україні: [монографія] / А. Р. Найда. - Харків.: Слобода, 2011. - 211с.
5. Огризко П. Т. Енергозбереження в Україні: [монографія] / П.Т. Огризко. - Харків.: Слобода, 2012. - 298с.
6. Пашенцев О. І. Методологічні засади випереджального захисту довкілля від антропогенного впливу: [монографія] / О.І. Пашенцев. - Сімферополь.: ДІАЙПІ, 2009. - 614с.

**УДК 628. 356**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА НА КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ГОРОДА КРАСНОПЕРЕКОПСКА**

**Штонда Ю.И.**

*ООО «Водный проект КРЫМ» г. Симферополь*

**Салиев Э.И., Эдимов Р.Р.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства,*

**Зубко А.Л.**

*ООО "НПФ ЭКВИК", г. Алушта.*

**Штонда И.Ю.**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

Приведены данные по повышению эффективности очистки сточных вод от соединений азота на канализационных очистных сооружениях г. Красноперекоска в АР Крым. Рассмотрена целесообразность использования новых систем аэрации, изменение подачи сточной воды в аэротенки для увеличения производительности канализационных очистных сооружений и повышения эффективности очистки сточных вод от соединений азота.

**Канализационные очистные сооружения, сточные воды, аэротенк, нитрификация**

**ВВЕДЕНИЕ**

Повышение эффективности очистки сточных вод от соединений азота на канализационных очистных сооружениях чрезвычайно актуально. Загрязнение природных вод представляет опасность для жизни на Земле, поэтому нельзя допускать сброс неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод в природные водоемы. В настоящее время в Украине практически все канализационные очистные сооружения не позволяют обеспечить требуемое содержание в очищенной сточной воде соединений азота. Это приводит к загрязнению водных объектов биогенными элементами, что в свою очередь приводит к эвтрофикации водоемов.

В связи с этим большое значение имеет прекращение сброса в очищенных сточных водах соединений азота от объектов водопользования и внедрение новых безотходных технологий на канализационных очистных сооружениях.

**АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

В результате аналитического обзора литературы была собрана информация о существующих канализационных очистных сооружениях, а также технические возможности с применением современных технологий [1-3], в процессе исследований проведен ряд расчетов, в которых рассмотрены различные варианты работы секций аэротенков [4-6]. В результате разработанных технических и технологических решений имеется возможность повысить эффективность очистки сточных вод от соединений азота на существующих канализационных очистных сооружениях г. Красноперекоска.

**ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ**

Целью данной работы была научная разработка технических и технологических решений повышения эффективности очистки сточных вод от соединений азота на канализационных очистных сооружениях г. Красноперекоска.

Существующие канализационные очистные сооружения КРП «ППВКХ г. Красноперекоск» рассчитывались на полную биологическую очистку сточных вод общей производительностью 17 500 м<sup>3</sup>/сут. Вводились в эксплуатацию в период 1973 – 1976 гг., реконструкция и расширение были произведены частично в 1985 году, работы не закончены.

По состоянию на 2009 год очистные сооружения включают полный комплекс сооружений, необходимый для очистки 17 500 м<sup>3</sup>/сут. сточных вод и обработки образующихся осадков.

На канализационные очистные сооружения поступают хозяйственно-бытовые и производственные сточные воды. В настоящее время, объем поступающих сточных вод составляет 5 700 м<sup>3</sup>/сут. Промышленные предприятия г. Красноперекоска предварительной очистки производственных сточных вод на собственных локальных очистных сооружениях, до нормативов, заложенных в разрешении на сброс сточных вод в систему канализации, не имеют. Хозяйственно-бытовые сточные воды города и сточные воды промышленных предприятий по двум напорным коллекторам поступают в приемную камеру канализационных очистных сооружений, расположенную перед зданием решеток. В приемную камеру также поступают собственные хозяйственно-бытовые сточные воды и дренажные воды с песковых и иловых площадок.

После приемной камеры по лоткам сточные воды поступают в здание решеток, которое оборудовано 2-мя механическими решетками РММВ-1000 с прозорами 16 мм, для задерживания крупных отбросов.

Далее сточные воды поступают на вертикальную песколовку диаметром 4 м с круговым движением воды, где удаляются тяжелые минеральные примеси (песок). Расчетная производительность песколовки – 8 500 м<sup>3</sup>/сут.

Песок удаляется из песколовки на песковые площадки за счет гидростатического давления.

Пройдя песколовку, где осели песок и другие грубые механические примеси, сточная вода попадает в два первичных радиальных отстойника диаметром 20 м и 18 м, где происходит осаждение взвешенных веществ, находящиеся в сточных водах, а жиры и другие плавающие органические вещества накапливаются на поверхности и периодически убираются. Осадок в отстойниках накапливается в центре отстойной части и периодически по установленному графику отводится на иловые площадки.

В распределительную чашу первичных отстойников подается избыточный активный ил, который оседая вместе с сырым осадком, удаляется на иловые площадки.

После осаждения сырого осадка и избыточного активного ила, осветленная сточная вода поступает в два 3-х коридорных аэротенка-вытеснителя размером 42×18 м и рабочей глубиной 3,85 м.

Сточные воды из верхнего канала поступают в распределительный лоток, смонтированный на перегородочной стене между первым и вторым коридором. Распределительный лоток имеет 8 отверстий для регулирования подачи осветленной сточной воды по всей длине коридора. Отверстия оборудованы щитовыми затворами-водосливами. Первый коридор аэротенка используется как регенератор.

В зависимости от необходимого времени регенерации вместимость регенератора можно изменять путем регулировки количества открытых отверстий распределительного лотка. В табл. 1 указана объемная доля сточных вод (в процентах от общего объема) и номера отверстий, через которые подается вода в зависимости от необходимой вместимости регенератора.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗЫ

Таблица 1

#### Объемная доля осветленных сточных вод, подаваемых через шиберы, в % от объема всего стока

Вместимость регенератора, % от общей вместимости аэротенка	Объемная доля осветленных сточных вод, подаваемых через шиберы, в % от объема всего стока							
	1	2	3	4	5	6	7	8
25	10	-	35	-	35	-	20	-
38		10	-	35	-	35	-	20
43			10	-	35	-	35	20
48				10	25	-	35	20
52					10	35	35	20

Учитывая качественный состав поступающих сточных вод на очистные сооружения, наиболее благоприятным является вместимость регенератора, составляющая 25% от вместимости аэротенка.

Воздух, для обеспечения процессов биологической очистки, поступает в сточную воду через аэрационную систему конструкции НПФ «Экотон», смонтированную у днища и состоящую из трубчатых аэраторов с наружным диаметром 120 мм. Визуально видно, а также подтверждено лабораторией очистных сооружений, что система аэрации находится в удовлетворительном состоянии и успешно выполняет свои функции. Для предотвращения выпадения взвешенных веществ в верхнем и нижнем каналах аэротенка также установлены аэраторы НПФ «Экотон».

Подача воздуха на аэротенки осуществляется двумя воздуходувками ТВ-80-1.6, которые установлены в воздуходувной станции. Производительность одной воздуходувки по подаче воздуха составляет 4800 м<sup>3</sup>/ч, давление воздуха на напорном трубопроводе 0,16 МПа (1,6 кгс/см<sup>2</sup>), мощность двигателя каждой воздуходувки составляет 160 кВт.

После аэротенков сточные воды вместе с активным илом по трубопроводу поступают в распределительную чашу вторичных отстойников, и далее во вторичный отстойник Ø20 м, где происходит разделение активного ила и очищенных сточных вод.

Активный ил, осевший на дно отстойника, поступает в резервуар активного ила. Из резервуара циркуляционный активный ил насосами возвращается в аэротенк, а избыточный активный ил направляется в распределительную чашу первичных отстойников.

Очищенные сточные воды сбрасываются в акваторию Черного моря.

Сырой осадок в смеси с избыточным активным илом и плавающие вещества из первичного отстойника перекачивается на иловые поля.

Условия качественной характеристики очищенных сточных вод продиктованы требованиями «Правил охраны внутренних морских вод и территориального моря от загрязнения и замусоривания» утвержденным Постановлением кабинета министров Украины №269 от 29.02.1996 г. Республиканской комиссии экоресурсов АР Крым выдал ПДС выпуска очищенных сточных вод КОС г. Красноперекоск.

Показатели качества состава сточных вод и требования ПДС приведены в табл. 2.

Таблица 2

## Показатели качества воды

№ п/п	Показатели качества воды	Ед. изм.	ПДС	2010		2011	
				Вход	Выход	Вход	Выход
1	Взвешенные вещества	мг/л	15	234,8	14	212,8	15
2	БПКполн	мгО <sub>2</sub> /л	15	126,4	15	110,5	16
3	ХПК	мг/л	80	232,6	70,7	182,25	78
4	Сухой остаток	мг/л	3000	3296	2246	3120,9	2878,7
5	Хлориды	мг/л	948,7	911,7	894,1	766,9	730,5
6	Сульфаты	мг/л	600	811,69	650,5	820,4	670,0
7	Азот аммония	мг/л	0,416	34,5	0,54	51,6	15,5
8	Нитраты	мг/л	37,9	2,5	38,0	3,7	до 70
9	Нитриты	мг/л	0,07	0,34	0,1	0,4	до 0,2
10	Фосфаты	мг/л	2,78	40,3	5,4	43,6	10,9
11	Железо	мг/л	0,1	0,47	0,1	0,73	0,25
12	Нефтепродукты	мг/л	0,05	10,33	0,25	2,9	0,5
13	АПАВ	мг/л	0,03	1,13	0,25	0,9	0,3
14	pH	мг/л	6,5-8,5	7,6	7,4	7,8	7,5

Как видно из табл. 2 качество сточных вод, сбрасываемых очистными сооружениями, не соответствует ПДК по следующим показателям: азотосодержащей группы, фосфатов, железа, нефтепродуктов и АПАВов.

В 2012 году в отдельные дни наблюдается в поступающих сточных водах содержание биогенных загрязнений до 80-100 мг/л, что резко ухудшает качество очистки.

При обследовании выявлены следующие недостатки в работе технологии и состоянии сооружений:

- механизированные решетки не работают, отсутствует оборудование для обезвоживания крупных отбросов;
- на первичных радиальных отстойниках наблюдается неравномерный отвод осветленных сточных вод из отстойников;
- технологическая схема работы аэротенков, при существующих объемах поступления сточных вод, приводит к длительному пребыванию смеси активного ила и сточной воды в емкостях, что в свою очередь, влечет повышенный расход электроэнергии и увеличению нитратов в очищенных сточных водах;
- отсутствие обратных клапанов на напорных воздуховодах приводит к ухудшению качества работы аэрационной системы в целом и скорейшему ее износу;
- воздуховоды в воздухоподводящей станции смонтированы с нарушением правил эксплуатации данных систем, что приводит снижению КПД воздухоподводов.
- существующие воздухоподводящие агрегаты морально и физически устарели и требуют замены;
- во вторичных отстойниках системы сбора активного ила и отвода осветленных сточных вод работают неэффективно.

Проведенный визуальный анализ активного ила показал следующие результаты: ил светло-коричневого цвета, и характеризуется как средне окисляющий.

Очищенные сточные воды перед сбросом в водоем не обеззараживаются.

Для оптимальной работы КОС г. Красноперекоск, предлагается нижеследующая схема.

Сточные воды подаются по трубопроводу в здание решеток, в которых установлены две механические решетки с прозорами 5 мм. Грубые отбросы прессуются, а затем транспортируются в мусорный контейнер. Заполненные контейнеры вывозятся к месту складирования.

Далее сточные воды поступают на вертикальную песколовку диаметром 4 м с круговым движением воды, где удаляются тяжелые минеральные примеси (песок). Расчетная производительность песколовки до 8 500 м<sup>3</sup>/сут.

Очищенные от тяжелых механических примесей сточные воды из песколовки по водоизмерительному лотку поступают в распределительную чашу. Туда же поступает избыточный активный ил из вторичных отстойников.

Из распределительной чаши сточные воды подаются в нижнюю часть приемно-распределительного устройства первичного отстойника диаметром 20 м, и производительностью 585 м<sup>3</sup>/ч при 1,5 часовом отстое вод.

Сырой осадок и избыточный активный ил, осевший на дно отстойника, сгребаются илоскребом в иловую чашу, откуда насосом по трубопроводу его перекачивают на иловые поля. Плавающие вещества из отстойника через погружной бункер удаляют в резервуар и затем по мере накопления также перекачивают насосом на иловые поля.

После первичных отстойников сточные воды поступают на биологическую очистку в две секции трехкоридорных аэротенков. При расходе сточных вод 5700-7000 м<sup>3</sup>/сут. с проектными показателями по БПК и аммонийному азоту целесообразно использовать одну секцию трехкоридорного аэротенка. При поступлении на очистные сооружения сточных вод с повышенными показателями азотосодержащей группы, фосфатов, железа, нефтепродуктов и АПАВ целесообразно использовать двухступенчатую очистку, т.е. работу трехкоридорных аэротенков последовательно.

В процессе исследований проведен ряд расчетов, в которых рассмотрены различные варианты работы секций аэротенков: одной или двух секций, одноступенчатой схемы работы аэротенков или 2-х ступенчатой, при повышенных концентрациях БПК и аммонийного азота, при различном количестве аэраторов и соответственно нагрузке.

Как показали расчеты, установленное в аэротенке количество полимерных аэраторов марки АПКВ-120 полностью не способно обеспечить процессы биологической очистки при максимальных показателях загрязнений по БПК и азоту.

В настоящее время, в двух секциях аэротенков во всех коридорах установлено по две плети аэраторов. Исходя из проведенных расчетов, необходимо установить в аэротенках дополнительные плети аэрационной системы по схеме:

первый аэротенк 3 / 3 / 2

второй аэротенк 3 / 2 / 2.

Для обеспечения полной биологической очистки при максимальных показателях биогенных загрязнений, фосфатов в технологической схеме задействованы обе секции аэротенков. Часть сточных вод (60%) из верхнего канала поступают в распределительный лоток, смонтированный на перегородочной стене между первым и вторым коридором, в конец первого коридора первого аэротенка, который используется как регенератор. Учитывая качественный состав осветлённых сточных вод, поступающих на очистные сооружения, наиболее благоприятным является вместимость регенератора, составляющая 25% от вместимости аэротенка.

Пройдя первый аэротенк, сточные воды и активный ил, через переливное окно, в котором установлен плоский щитовой затвор, обладающий повышенной износоустойчивостью и ремонтпригодностью, поступают в конец первого коридора второго аэротенка. Сюда же подаются по лотку и 40 % осветленных сточных вод. Во втором и третьем коридорах второго аэротенка сточные воды проходят окончательную биологическую очистку.

Для подачи сжатого воздуха на аэротенки (при максимальных показателях биогенных загрязнений) необходимо установить на воздухопроводах обратные клапаны и заменить существующие воздуходувки на две воздуходувки марки 3D90B-300 производства фирмы «KUBICEK» (Чехия), установленные в воздуходувной станции и укомплектованные блоками частотного регулирования и датчиками растворенного кислорода. Это позволит повысить энергоэффективность работы всей системы подачи сжатого воздуха на аэротенки на 25%.

### Выводы

Разработанные технические и технологические решения позволят повысить эффективность очистки сточных вод от соединений азота на существующих канализационных очистных сооружениях г. Красноперекоска.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Щетинин А.И., Есин М.А., Есин А.М. Повышение эффективности удаления биогенных элементов из городских сточных вод г. Харькова. // Науковий вісник будівництва.—Харків:ХДГУБА, ХОТВ АБУ - 2006.-Вип.38.- С.112 – 115.
2. Эпоян С.М., Друшляк О.Г., Исакиева О.Г., Айрапетян Т.С., Бруев Н.А. Современные водяные системы пожаротушения С. 95-98.
3. Сорокина Н.В. Нитри-денитрификация сточной жидкости в аэробном трехступенчатом биореакторе. // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. - Одеса: Одеська державна академія будівництва та архітектури. - 2005.- Вип.19.- С.190-193.
4. Эпоян С.М., Штонда И.Ю., Штонда Ю.И., Зубко А.Л. Повышение эффективности очистки сточных вод от соединений азота на малогабаритных канализационных очистных сооружениях. // Науковий вісник будівництва.—Харків : ХДГУБА, ХОТВ АБУ. - 2011.- Вип.63.- С.493-498.
5. Саліев Е.І. Напрямки вдосконалення систем водопостачання і водовідведення з метою забезпечення раціонального використання природних ресурсів Криму.//66-а. Науково-технічна конференція. Харків – 2011. С 461 – 470.
6. Ильин Ю. А. Надежность водопроводного оборудования и сооружений. М.: Стройиздат, 1985. -240 с.

**УДК:550.4:631.41**

## **ПРИМЕНЕНИЕ БИОИНДИКАТОРА ARTEMIA SALINA ПРИ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ИЗУЧЕНИИ СОЛЕННЫХ ОЗЕР КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА (НА ПРИМЕРЕ ОЗЕР ЕВПАТОРИЙСКОЙ ГРУППЫ)**

**Чабан В.В.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Описывается возможность использования биоиндикатора *Artemia salina* при изучении соленых озер Крымского полуострова. Дается оценка современного состояния соленых озер Евпаторийской группы.

**Биоиндикация, соленые озера, распреснение**

### **ВВЕДЕНИЕ**

*Artemia salina* – единственный из жаброногих рачков, приспособившийся к обитанию в соленых водах. При этом он выдерживает не только высокие концентрации поваренной соли, но и кислую и щелочную среду [1]. Обитает в хлоридных, сульфатных и карбонатных водах, соленость которых достигает 300 г/дм<sup>3</sup>, но не может существовать в пресных водоемах. При распреснении этот жаброногий рачок первый исчезает из фауны водоема.

Требовательность к специфическим условиям обитания жаброногого рачка *Artemia salina* обуславливает ее биоиндикационные свойства, которые являются экономически дешевым, быстрым и точным методом оценки распреснения водоема.

В 2011 г. были проведены биоиндикационные исследования экологического состояния озер Евпаторийской группы, а полученные результаты сопоставлены с результатами физико-химических анализов.

### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

Возможности использования биоиндикации при изучении поверхностных водоемов описаны в работах таких исследователей как В.С. Шманкевич и Н.С. Гаевская [1,2].

Проблемой экологического состояния соленых озер Евпаторийской группы в разное время занимались А.И. Дзенс-Литовский, О.А. Гулов, В.И. Васенко [3,4].

### **ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ**

*Цель:* изучить современное состояние солёных озер Евпаторийской группы при помощи биоиндикатора *Artemia salina*.

*Цель определяет задачи:*

- обследовать озёра на предмет наличия *Artemia salina*;
- провести экологическое обследование прилегающих к озёрам территорий;
- основываясь на полученных результатах исследования, определить современное состояние солёных озёр Евпаторийской группы.
- сравнить полученные результаты биоиндикационных исследований с результатами физико-химических исследований.

*Объект исследования:* соленые озера Евпаторийской группы.

*Предмет исследования:* экологическое состояние водоемов.

### **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования проводились с мая 2011 г. по сентябрь 2011 г. (полевые работы с июля по август) и состояли из следующих этапов:

1. Рекогносцировочное обследование водоёмов и прилегающей территории с целью выявления источников техногенного загрязнения.
2. Определение наличия в водоеме *Artemia salina*. Исследование проводилось в 19-ти бассейнах 12-ти водоёмов, наличие жаброногого рачка определялось в пробе воды отобранной в центральной части озера.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В ходе проведенных исследований было изучено экологическое состояние 12-ти озёр Евпаторийской группы (рис. 1). На прилегающих к озёрам территориях выявлены источники техногенного загрязнения, оказывающие отрицательное воздействие на гидрологический режим водоёмов.



Рис. 1. Схема расположения озёр Евпаторийской группы

Для определения современного состояния водоёмов использовался биоиндикатор *Artemia salina*, позволяющий определить солёность водоёма. Наличие *Artemia salina* в воде означает, что водоём не распреснился за 30-ти-летний период техногенного воздействия, что дает возможность сделать предварительные выводы о сохранении его лечебных свойств. Отсутствие *Artemia salina* свидетельствует о том, что водоём распреснён и гидроминеральные ресурсы безвозвратно утрачены.

Илы озера *Ойбургского* используются для самолечения местными жителями. По берегам озера илы загрязнены ПЭТ бутылками и другим бытовым мусором, имеются несанкционированные мусорные свалки ТБО и строительных материалов.

Берега озера, которые примыкают к с. Штормовому и Поповке, сильно замусорены. Источниками загрязнения являются склады ГСМ, заправочная станция, курятники и загоны для КРС.

В водоёме обнаружена *Artemia salina*.

Основными источниками замусоривания берегов озера *Аирчи* и участка морской пересыпи являются с. Витино и ведомственный санаторий, расположенный на пересыпи.

*Artemia salina* в водоёме обнаружена.

Озеро *Круглое*: раньше озеро использовалось как подготовительный бассейн для Конрадского соляного промысла.

*Artemia salina* в водоёме обнаружена.

Видимого техногенного воздействия озеро *Галгасское* не испытывает.

*Artemia salina* в водоёме обнаружена.

На морской пересыпи озера *Кондарского* оборудован пляж, однако за пределами отгороженного пляжа имеется большое количество мусорных куч и кострищ. Возле пляжа устроена необорудованная стоянка а/м.

*Artemia salina* в водоёме обнаружена.

Возле озера *Терекли* на морской пересыпи расположены мусорные кучи и кострища, оставленные отдыхающими.

*Artemia salina* в водоёме обнаружена.

В южной части озера *Мойнаки*, в месте примыкания балки, расположена автозаправка, которая является источником загрязнения, а верхняя часть балки практически превращена в мусорную свалку.

К северо-восточной и восточной частям озера примыкают жилые кварталы г. Евпатории, которые загрязняют грязь и рапу отходами хозяйственно-бытовой деятельности.

В водоёме *Artemia salina* не обнаружена.

В границах водосборной площади северной части озера *Сасык-Сиваш* расположено большое количество сел, сольпром, сельхозугодий и полей орошения, которые являются источниками загрязнения озера. На восточном берегу расположено шламохранилище открытого типа. *Artemia salina* не обнаружена.

В южной части озера расположен сольпром, *Artemia salina* присутствует.

Особенности природных условий района *Сакского озера* способствуют расположению на прилегающей к озеру территориях сельскохозяйственных угодий, объектов химической промышленности и жилых кварталов г. Саки с сопутствующей инфраструктурой, что приводит к сосредоточению вокруг водоема большого количества потенциальных источников техногенного загрязнения: дренаж с полей орошения и сброс сточных вод в защитные водоемы, коммуникации, проложенные вдоль берега озера, объекты легкой и пищевой промышленности, объекты санаторно-курортного комплекса (как места скопления отдыхающих), накопительные бассейны бывшего химического завода.

Таблица 1.

**Результаты биоиндикационных исследований на озерах Евпаторийской группы [3,5]**

№	Название водоема	Бассейн	Наличие <i>Artemia salina</i> (+/-)	Состояние воды (по результатам физ-хим. ана-ов)
1	Ойбургское	-	+	Солёная
2	Аджи-Бачи	-	+	Солёная
3	Аирчи	-	+	Солёная
4	Круглое	-	+	Солёная
5	Галгасское	-	+	Солёная
6	Конрадское	-	+	Солёная
7	Терекли	-	+	Солёная
8	Мойнаки	-	-	Пресная
9	Сасык-Сиваш	Южный	+	Солёная
		Северный	-	Пресная
10	Сакское	Испаритель	-	Пресная
		Ковш	-	Пресная
		Чокрак	-	Пресная
		Буферный	-	Пресная
		Михайловка	-	Пресная
		Восточный	+	Солёная
	Западный	+	Солёная	
11	Кизыл-Яр	-	-	Пресная
12	Богайлы	-	-	Пресная

Расположение на прилегающей к озеру территории кварталов г. Саки и объектов санаторно-курортного комплекса является причиной скопления на берегах лечебных водоемов большого количества людей, особенно в летние месяцы. Большая антропогенная нагрузка приводит к образованию несанкционированных мусорных свалок на берегах водоема, забора грунта и песка, нарушению процессов грязеобразования в местах массового купания отдыхающих и застройки берегов озера (в погожий летний день только северный берег Восточного бассейна посещают более 1000 человек, ежегодно отмечается образование 15 новых свалок мусора и 20 мест забора песка и грунта).

В бассейнах Испаритель, Ковш, Чокрак, Буферный и Михайловка *Artemia salina* отсутствует, а в Восточном и Западном бассейнах – присутствует.

Основным источником техногенного загрязнения озера Кизыл-Яр является с. Ивановка.

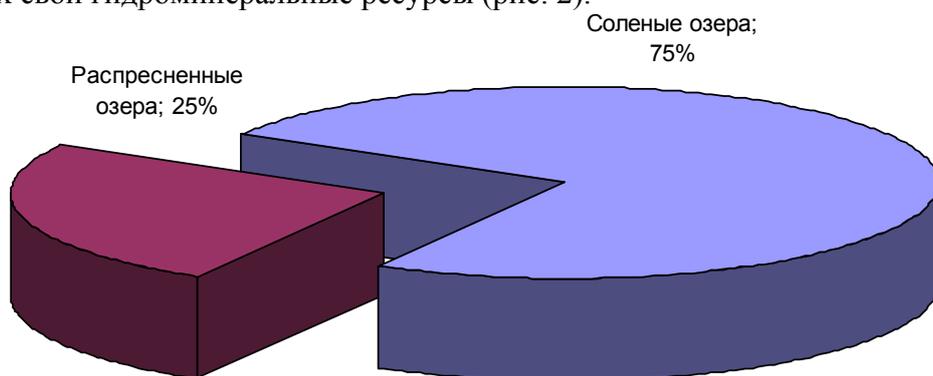
*Artemia salina* не обнаружена.

Основным источником техногенного загрязнения озера *Богайлы* является с. Фрунзе и ферма КРС на восточном берегу озера.

*Artemia salina* не обнаружена.

Результаты биоиндикационных исследований сопоставлены с результатами физико-химических анализов, проведенных на озерах в 2009-2010 г.г. Сакской гидрогеологической режимно-эксплуатационной станции (ГГРЭС). Как видно из таблицы 1, использование биоиндикатора *Artemia salina* позволяет достаточно точно определить экологическое состояние водоема.

Полученные данные позволили установить количество озер, сохранивших высокую солёность и, как следствие, гидроминеральные ресурсы, и распреснённых озер, утративших свои гидроминеральные ресурсы (рис. 2).



**Рис. 2. Количественное сравнение солёных и распреснённых озер Евпаторийской группы**

Из 12-ти озёр Евпаторийской группы на данный момент 75% составляют солёные (*Artemia salina* обнаружена), 25% - распреснённые (*Artemia salina* не обнаружена).

#### **Выводы**

1. В результате биоиндикационного исследования было установлено, что только 9 из 12-ти солёных озёр Евпаторийской группы сохранили свои гидроминеральные ресурсы, а 3 озера утратили их в результате многолетнего техногенного воздействия. Кроме того, из 9-ти солёных озер 2 частично сохранили свои гидроминеральные ресурсы в отдельных водоемах: оз. Сасык-Сиваш - Южная часть, оз. Сакское – Восточный и Западный бассейны.

2. Полученные результаты сопоставимы с физико-химическими исследованиями, проведенными на указанных водоемах в Сакской ГРЭС.

3. Проведенные исследования показали, что использование биоиндикатора *Artemia salina* является экономически дешевым, быстрым и точным методом оценки распреснения водоема.

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Энциклопедия живой природы. – М.: Издательство «АСТ-ПРЕСС», 2005г. – 340 с.
2. Яхонтов А.А. Зоология для учителя. – М.: «Просвещение», 1982г. – 215 с.
3. Экоцид крымских соляных озер. / [Гулов О.А.] // Теория и практика восстановления внутренних водоемов. - С.-Петербург, 2007 г. С. 60 – 78.
4. Солёные озера Азово-Черноморского побережья и степного Крыма. / [Дзенс-Литовский А.И.] // М.:ТР. УкрНИИ Галургии, - 1962. - вып. 4(12). – 112 с.
5. Сборник статистических данных о режиме и эксплуатации месторождения лечебной грязи и рапы Сакского солёного озера за 1946 – 20011 гг// Под ред. В.А. Хохлова. – Саки: ГГРЭС, 2011. – 131с.

## РАЗДЕЛ 7. ВОДООБЕСПЕЧЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ, ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИКА

**УДК 636.24:66.056.5**

### **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

**Анисимов С.Н.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

На основе термодинамического метода получено базовое соотношение, которое является основой для формирования критериев эффективности и определения вида предельных процессов для достижения максимального эффекта.

**Энергосбережение, энтропийный метод, эксергетический метод, базовое соотношение, предельный переход, показатель процесса, критерии.**

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Энергосбережение – ключевая проблема современного мира. Решение этой проблемы важно не только с точки зрения экономии топливно-энергетических и материальных ресурсов, но оно неразрывно связано и с проблемами экологического характера.

Разработка энерго- и ресурсосберегающих технологий всегда связана с критериями оценки эффективности и поиском путей достижения максимального эффекта.

Система критериальной оценки эффективности многоуровневая. На каждом этапе создания новых технологий и оборудования могут выдвигаться новые требования и критерии оценки. Поэтому очень важно на ранних этапах разработок провести оценку эффективности и отбросить заведомо худшие варианты.

Для успешного решения этой проблемы необходимо располагать простой, научно обоснованной системой оценки, позволяющей выявлять пути достижения максимального эффекта исходя из условий поставленных задач.

#### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

Среди практических приложений термодинамики существенное место занимает термодинамический анализ систем и процессов.

Теоретические методы термодинамического анализа начали развиваться со второй половины XIX века. Однако наиболее бурный рост происходил во второй половине прошлого столетия, причем резко возросла доля исследований, связанных с практическими применениями теории [1].

Термодинамический анализ представляет собой метод термодинамического исследования с целью получения наиболее полной информации о процессах преобразования энергии. Его целесообразно применять для исследования только тех систем, где он может дать информацию, полезную для инженерной практики.

Анализ публикаций, и в частности [1,2], показал, что применительно к теплоэнергетическим технологиям и объектам оценку эффективности позволяют сделать общие методы термодинамического анализа:

- метод коэффициентов полезного действия;
- энтропийный метод расчета потерь работоспособности;
- эксергетический метод расчета потерь работоспособности.

Количественно (с точки зрения первого закона термодинамики) результаты анализа эффективности реальных процессов и циклов не зависят от того, каким из названных способов они выполняются. Однако методы, основанные на подсчете потери

работоспособности, позволяют провести важный качественный анализ и во многих случаях выяснить основные источники необратимости.

Термодинамический анализ проводится на основе балансов, отражающих законы сохранения материи, энергии и второе начало термодинамики.

Основное балансовое уравнение для анализа технических систем и их элементов имеет вид:

$$\Sigma W' = \Sigma W'' + \Delta W, \quad (1)$$

где  $\Sigma W'$  – сумма подведенных потоков энергии;

$\Sigma W''$  – сумма отведенных потоков энергии;

$\Delta W$  – приращение энергии системы.

На основе баланса (1) составляются уравнения для вычисления безразмерных коэффициентов, характеризующих различные системы преобразования энергии. Все они построены по формуле

$$\eta = \Sigma W_1 / \Sigma W_2, \quad (2)$$

где величины  $\Sigma W_1$  и  $\Sigma W_2$  показывают потоки энергии, выбираемые для каждой системы индивидуально.

Общим правилом при таком выборе служит условие, что величина  $\Sigma W_1$  должна показывать полезный эффект процесса, а  $\Sigma W_2$  – затраты энергии на его проведение.

Метод и результаты термодинамического анализа могут быть использованы не только для синтеза новых процессов и термодинамической оптимизации, но также, учитывая связи между термодинамическими и экономическими характеристиками, в ряде случаев могут быть с пользой применены для решения технико-экономических задач.

Анализ литературных источников и приведенных в них примерах показал:

- расчеты термодинамической эффективности технических систем и их элементов сопряжены с громоздкими вычислениями и требуют особых навыков;
- потоки энергии в уравнениях (1) и (2) представлены в неявной форме и для конкретных систем требуют дополнительного анализа;
- в результате расчетов определяется эффективность отдельных элементов или системы в целом, но одновременно нет указаний относительно пути достижения максимального эффекта.

В настоящей работе предпринята попытка развития общего подхода, базирующегося на уравнениях (1) и (2).

### **ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Цель исследования – выявление в явном виде базового соотношения для формирования критериев эффективности термодинамических процессов.

Задачи исследования – на основе анализа фундаментальных законов, имеющих всеобщий характер, с учетом ограничений, накладываемых частными законами, получить базовое соотношение, которое является основой для формирования критериев эффективности применительно к частным случаям и позволяет определить вид предельных процессов для достижения максимального эффекта.

### **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования проводятся термодинамическим методом на основе анализа фундаментальных законов природы с учетом ограничений, накладываемых частными законами.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ**

Во всех энергетических превращениях, определяющих работу технической системы, может участвовать энергия самых различных форм. Однако, в рамках данной работы, ограничимся рассмотрением взаимного превращения теплоты в работу, что является наиболее характерным случаем для теплоэнергетических систем.

В теплоэнергетических установках в процессах превращения энергии всегда участвует вещество, называемое рабочим телом.

По определению термодинамический процесс есть непрерывная совокупность изменяющихся состояний системы.

Каждому состоянию системы соответствует определенный уровень энергии, а изменение энергии состояния в любом процессе определяется лишь начальным и конечным состояниями. Одного и того же изменения состояния можно достичь разными путями, однако при этом характер и количественные закономерности превращения энергии будут различны. Следовательно, энергия состояния является функцией состояния, а количественные закономерности превращения энергии являются функциями процессов изменения состояния и между ними существуют вполне определенные соотношения, которые подчиняются первому закону термодинамики.

Первый закон термодинамики имеет всеобщий характер и справедлив для любых систем – и неподвижных, и движущихся.

В общем виде уравнение первого закона имеет две формы:

$$dq = du + pdv; \quad (3)$$

$$dq = di - vdp. \quad (4)$$

Наибольший интерес для практики представляют термодинамические процессы, протекающие в потоке рабочего тела.

Решая совместно уравнения (3) и (4) с учетом того, что для потока рабочего тела

$$pdv = d(pv) + wdw + gdh + dl_{\text{мехн}} + dl_{\text{тр}}, \quad (5)$$

и вводя обозначения:

$$\Sigma dl_i = wdw + gdh + dl_{\text{мехн}} + dl_{\text{тр}}; \quad (6)$$

$$m = \left( \frac{k-1}{k} \frac{\Delta i}{\Sigma l_i} + 1 \right)^{-1}, \quad (7)$$

получим уравнение процесса для потока рабочего тела в самом общем виде:

$$pv^m = \text{const}, \quad (8)$$

где  $q$  – удельная теплота процесса;

$u$  – удельная внутренняя энергия;

$p$  – абсолютное давление;

$v$  – удельный объем;

$i$  – удельная энтальпия;

$l$  – удельная работа;

$wdw$  – удельная работа по изменению кинетической энергии потока;

$gdh$  – удельная работа по изменению потенциальной энергии потока;

$dl_{\text{мехн}}$  – удельная техническая работа;

$dl_{\text{тр}}$  – удельная работа преодоления сил трения;

$m = \left[ (k-1) \Delta i / (k \Sigma l_i) + 1 \right]^{-1}$  – показатель процесса для потока рабочего тела;

$k$  – показатель адиабаты.

Частный вид процесса и все количественные закономерности превращения энергии полностью определяются численным значением показателя процесса  $m$ .

Из (7) следует, что величина  $m$  для данного рабочего тела зависит только от отношения  $\Delta i / \Sigma l_i$ .

Как известно, энтальпия  $i$  является функцией состояния, а работа  $l$  является функцией процесса. Следовательно, для потока рабочего тела дробь  $\Delta i / \Sigma l_i$  представляет собой в явном виде соотношение потоков энергии, один из которых характеризует изменение состояния, а другой является функцией процесса изменения состояния. Эти

потоки энергии взаимообусловлены и для каждого конкретного случая, в зависимости от постановки задачи, являются целевыми функциями процесса.

На основе соотношения  $\Delta i / \Sigma l_i$ , задавшись целевой функцией процесса и используя предельный переход, можно:

- определить численное значение показателя  $m$  и вид предельного процесса изменения состояния рабочего тела для достижения максимального эффекта;
- получить общее выражение для критерия эффективности процесса.

Таким образом, соотношение  $\Delta i / \Sigma l_i$  является базовым для определения вида предельных процессов и формирования критериев эффективности.

Рассмотрим наиболее важные практические случаи.

Случай 1. За счет изменения состояния рабочего тела необходимо получить максимальную техническую работу.

Для этих условий

$$\begin{aligned} \Sigma l_i &\rightarrow -\Delta i; \\ \lim_{\Sigma l_i \rightarrow -\Delta i} \Delta i / \Sigma l_i &= -1; \\ m &= \lim_{\Delta i / \Sigma l_i \rightarrow -1} \left[ (k-1) \Delta i / (k \Sigma l_i) + 1 \right]^{-1} = k. \end{aligned} \quad (9)$$

Тогда уравнения для предельного процесса с учетом (8) и для критерия эффективности, исходя из базового соотношения  $\Delta i / \Sigma l_i$  с учетом предельного перехода (9), приводятся к виду

$$p v^k = const, \quad (10)$$

$$\eta^{обp} = \Sigma l_i / i_1 = 1 - i_2 / i_1; \quad (11)$$

Из (10) следует, что в пределе для достижения максимального эффекта необходимо осуществить обратимый процесс адиабатного расширения рабочего тела.

При осуществлении обратимого процесса  $dl_{mp} = 0$ , тогда

$$\Delta i^{обp} = i_1 - i_2^{обp} = c_p (T_1 - T_2); \quad (12)$$

$$\eta^{обp} = 1 - i_2^{обp} / i_1 = 1 - T_2 / T_1. \quad (14)$$

В случае протекания необратимого процесса  $dl_{mp} > 0$ , тогда

$$\Delta i^{необp} = i_1 - i_2^{необp} = i_1 - (i_2^{обp} + l_{mp}). \quad (15)$$

Сравнивая (12) и (15), видим, что

$$\Delta i^{необp} < \Delta i^{обp}, \quad (16)$$

откуда

$$\eta^{необp} < \eta^{обp}. \quad (17)$$

Неравенство (17) получено с учетом внутренней необратимости процесса.

Случай 2. За счет затраты работы от внешних источников необходимо получить максимальное изменение состояния рабочего тела. Для этих условий:

$$\Delta i \rightarrow -\Sigma l_i;$$

$$\lim_{\Delta i \rightarrow -\Sigma l_i} \Delta i / \Sigma l_i = -1;$$

$$m = \lim_{\Delta i / \Sigma l_i \rightarrow -1} \left[ (k-1) \Delta i / (k \Sigma l_i) + 1 \right]^{-1} = k;$$

$$p v^k = const; \quad (18)$$

$$\eta = i_2 / \Sigma l_i = i_2 / (i_2 - i_1). \quad (19)$$

В пределе для достижения максимального эффекта необходимо осуществить обратимый процесс адиабатного сжатия рабочего тела.

При осуществлении обратимого процесса

$$\eta^{обп} = T_2 / (T_2 - T_1). \quad (20)$$

Случай 3. Получить максимальную работу за счет подвода теплоты, не нарушая тепловое состояние рабочего тела. Для этих условий:

$$\Delta i \rightarrow 0;$$

$$\lim_{\Delta i \rightarrow 0} \Delta i / \Sigma l_i = 0.$$

$$m = \lim_{\Delta i / \Sigma l_i \rightarrow 0} [(k-1)\Delta i / (k\Sigma l_i) + 1]^{-1} = 1;$$

$$pv = const; \quad (21)$$

$$\eta = \Sigma l_i / q. \quad (22)$$

В пределе для достижения максимального эффекта необходимо осуществить обратимый процесс изотермического расширения рабочего тела.

Случай 4. За счет минимальной затраты работы от внешних источников необходимо провести процесс сжатия рабочего тела не изменяя теплового состояния. Для этих условий:

$$\Delta i \rightarrow 0;$$

$$\lim_{\Delta i \rightarrow 0} \Delta i / \Sigma l_i = 0.$$

$$m = \lim_{\Delta i / \Sigma l_i \rightarrow 0} [(k-1)\Delta i / (k\Sigma l_i) + 1]^{-1} = 1;$$

$$pv = const; \quad (23)$$

$$\eta = q / \Sigma l_i. \quad (24)$$

В пределе для достижения максимального эффекта необходимо осуществить обратимый процесс изотермического сжатия рабочего тела.

Случай 5. За счет подвода теплоты от внешних источников получить максимальное изменение теплового состояния рабочего тела при минимальных издержках. Для этих условий:

$$\Sigma l_i \rightarrow 0.$$

$$\lim_{\Sigma l_i \rightarrow 0} \Delta i / \Sigma l_i = \infty.$$

$$m = \lim_{\Delta i / \Sigma l_i \rightarrow \infty} [(k-1)\Delta i / (k\Sigma l_i) + 1]^{-1} = 0;$$

$$p = const; \quad (25)$$

$$\eta = q / \Sigma l_i. \quad (26)$$

В пределе для достижения максимального эффекта необходимо осуществить обратимый изобарный процесс подвода теплоты к рабочему телу.

Более детальный анализ для этого случая дан в работе [3].

Случай 6. Круговые процессы.

Круговым называется процесс, при протекании которого рабочее тело, проходя ряд последовательных состояний, возвращается в исходное состояние. Следовательно, по завершении процесса энергия состояния не изменяется. Тогда:

$$\Delta i = 0;$$

$$\Delta i / \Sigma l_i = 0;$$

$$m = [(k-1)\Delta i / (k\Sigma l_i) + 1]^{-1} = 1;$$

$$pv = const. \quad (27)$$

В целом, по завершении кругового процесса, сохраняется изотермическое состояние рабочего тела. Что касается отдельных участков цикла, то, в общем случае, на одних участках цикла происходит расширение рабочего тела с совершением работы расширения

$l^{раси}$  и подвод теплоты  $q^{подв} = q_1$  от внешних источников, а на других – сжатие с затратой работы  $l^{сж}$  и отвод теплоты  $q^{отв} = q_2$  к внешним источникам.

В соответствии с первым законом термодинамики для этих условий, с учетом знаков для теплоты и работы, будем иметь:

а) для прямых циклов

$$\begin{aligned} q_1 - q_2 &= l^{раси} - l^{сж} = l_{ч}^{полезн}; \\ \eta_t &= l_{ч}^{полезн} / q_1 = 1 - q_2 / q_1. \end{aligned} \quad (28)$$

б) для обратных циклов

$$\begin{aligned} q_2 - q_1 &= l^{раси} - l^{сж} = -l_{ч}; \\ \varepsilon &= q_2 / l_{ч} = q_1 / l_{ч} - 1; \end{aligned} \quad (29)$$

$$\xi = q_1 / l_{ч} = \varepsilon + 1, \quad (30)$$

где  $\eta_t$  – термический коэффициент полезного действия;

$\varepsilon$  – холодильный коэффициент для холодильной установки;

$\xi$  – коэффициент преобразования теплоты для компрессионной теплонасосной установки.

Проведенный анализ частных случаев подтверждает известные результаты и доказывает, что отношение  $\Delta i / \Sigma l_i$  является базовым для определения вида предельных процессов и формирования критериев эффективности.

#### Выводы

1. Получено общее уравнение для процесса, протекающего в потоке рабочего тела  $pv^m = const$ .

2. Выявлено базовое соотношение  $\Delta i / \Sigma l_i$ , которое является основой для формирования критериев эффективности и определения показателя  $m$  предельных процессов.

3. Анализ частных случаев подтверждает известные результаты и доказывает, что отношение  $\Delta i / \Sigma l_i$  является базовым для определения вида предельных процессов и формирования критериев эффективности.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бродянский В. М. Эксергетический метод термодинамического анализа. – М.: Энергия, 1973. – 296с.
2. Кириллин В. А., Сычев В. В., Шейндлин А. Е. Техническая термодинамика. – М.: Наука, 1979. – 512 с.
3. Анисимов С. Н. Термодинамическая эффективность процессов теплообмена при вынужденной конвекции / С. Н. Анисимов // Строительство и техногенная безопасность. — 2010. — Вып. 30. — С. 161 – 175.

**УДК 696.2**

### ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГАЗОВОЙ СЕТИ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ

**Боровский Б.И.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

**Атрощенко С.Ю.**

*Алуштинское управление эксплуатации газового хозяйства*

Показано, что применение при газификации села полиэтиленовых труб по сравнению со стальными позволяет сэкономить 42 % средств, уменьшить срок окупаемости затрат на газификацию села на 42 %, а период строительства газопровода снизить на 32 %.

### **Газификация, полиэтиленовые и стальные трубы, экономия средств, срок окупаемости, период строительства**

#### **ВВЕДЕНИЕ**

При газификации населенных пунктов наряду со стальными трубами могут использоваться полиэтиленовые трубы. ДБН [1] требует: «При проектировании систем газоснабжения следует предусматривать технические решения, обеспечивающее рациональное использование газового топлива, материалов и оборудования». Отсюда следует необходимость технико-экономической оценки эффективности использования полиэтиленовых труб вместо стальных, нашедших широкое применение в газовых сетях.

#### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

ДБН [1] устанавливает, что полиэтиленовые трубы применяются только при подземной прокладке при давлении до 0,3 МПа на территории городов и до 0,6 МПа на территории поселков и сел и на межпоселковых газопроводах. В работе [2, 3] отмечается, что полиэтиленовые трубы имеют ряд достоинств: высокая коррозионная стойкость, малая масса, легкая обработка труб и значительно меньшее гидравлическое сопротивление, чем у стальных труб. Несмотря на отмеченные преимущества, в литературе отсутствует комплексная технико-экономическая оценка использования полиэтиленовых труб в системах газоснабжения. Данные по монтажу полиэтиленовых труб приведены в справочнике [4].

#### **ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ**

Целью статьи является выявление особенностей полиэтиленовых газопроводов. Задача состоит в численном сравнении характеристик полиэтиленовых газопроводов с газопроводами из стальных труб, обычно используемых в системах газоснабжения.

#### **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Методика исследований состоит в проектной проработке газификации села с полиэтиленовыми и стальными трубами. В соответствии с генеральным планом, в селе находится жилой массив (162 жилых дома и 5 пятиэтажных четырехподъездных коммунальных домов), снабжаемый газом низкого давления, промышленные здания (электрозавод, котельная, хлебозавод) и баннопрачечный комбинат, к которым подается газ среднего давления. Наряду с расчетом годового и часового потребления газа [1] и гидравлическим расчетом газовых сетей [3], расчеты по строительно-монтажным работам велись в соответствии с [4].

#### **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ИХ АНАЛИЗ**

В результате расчетов установлено, что в селе проживают 1872 чел., из них в коммунальных домах – 900 чел. Общее годовое потребление газа 3147,7 тыс.м<sup>3</sup> при часовом потреблении 1232,6 м<sup>3</sup>. Годовое потребление газа низкого давления для жилого массива составит 1157,5 тыс.м<sup>3</sup> при часовом расходе – 556,8 м<sup>3</sup>. Остальное – газ среднего давления, расходы определены для каждого газопотребителя.

С использованием данных по часовым расходам газа запроектированы газовые сети низкого и среднего давления при полиэтиленовых и стальных трубах. Расчеты показали, что по номенклатуре газовые сети из полиэтиленовых и стальных труб близки, аналогичная картина наблюдается и в случае газовых сетей низкого давления. Это свидетельствует о малом влиянии гидравлического сопротивления полиэтиленовых труб в сравнении со стальными при заданных потерях давления на ветвях газовых сетей.

В табл. 1 и 2 приведены фрагменты календарных планов строительно-монтажных работ в случае устройства газовых сетей из полиэтиленовых и стальных труб.

**Таблица 1**  
**Фрагмент календарного плана производства работ по монтажу газопровода из полиэтиленовых труб (без учёта их поточного выполнения)**

№ п/п	Наименование работ	Единицы измерения	Объем работ	Обоснование	Норма времени, чел*час	трудоемкость		Состав бригады	Сменность	Продолжительность, дни
						чел*час	чел*дней			
1	Разработка траншей с подчисткой дна	1 км.	9,56	E1-39-2	546,6	5225	633,13	30	2	11
2	Устройство щебеночного основания	10 м3	47,6	E23-1-2	16,32	776,8	97,1	30	2	2
3	Сварка труб плети на бровке траншеи	1 км.	9,56	E9-2-7	563,56	5388	673	30	2	11
4	Укладка трубопровода в траншеи	1 км	9,56	E9-2-7	298,8	2857	357	30	2	6
5	Сборка и установка ГРП	шт.	6	E25-17-1	38,9	233,4	29,18	30	2	1
6	Установка фасонных частей	т.	1,65	E9-2-7	535,5	883	110	30	2	2
7	Испытание газопровода на герметичность	1 км.	9,56	E25-46-1	271,76	2598	324,8	30	2	6
8	Обратная засыпка траншей	1 км.	9,56	E1-39-2	108,7	1039	129,9	30	2	2
										Σ 41

9

**Таблица 2**  
**Фрагмент календарного плана производства работ по монтажу газопровода из стальных труб (без учёта их поточного выполнения)**

№ п/п	Наименование работ	Единицы измерения	Объем работ	Обоснование	Норма времени, чел*час	трудоемкость		Состав бригады	Сменность	Продолжительность, дни
						чел*час	чел*дней			
1	Разработка траншей с подчисткой дна	1 км.	9,56	E1-39-2	546,6	5225	633,13	30	2	11
2	Устройство щебеночного основания	10 м3	47,6	E23-1-2	16,32	776,8	97,1	30	2	2
3	Сварка труб плети на бровке траншеи	1 км.	9,56	E25-4-1	704,45	6734,5	841,8	30	2	14

**Продолжение табл. 2**

4	Укладка трубопровода в траншеи	1 км	9,56	E25-7-1	1046	10000	1250	30	2	21
5	Сборка и установка ГРП	шт.	6	E25-17-1	38,9	233,4	29,18	30	2	1
6	Установка фасонных частей	т.	1,65	E25-11-1	669	1104	138	30	2	2
7	Испытание газопровода на герметичность	1 км.	9,56	E25-46-1	271,76	2598	324,8	30	2	6
8	Устройство катодного заземления	Т.	1,36	E25-60-1	744	1012	126,5	30	2	2
9	Обратная засыпка траншей	1 км.	9,56	E1-39-2	108,7	1039	129,9	30	2	2
										∑ 61

24

Из табл. 1 и 2 следует, что номинальная продолжительность строительно-монтажных работ по газовой сети из стальных труб составляет 61 день, а по сети из полиэтиленовых труб – 41 день. В результате комплектования календарных планов получены результаты, приведенные в таблице 3.

**Таблица 3**

**Технико-экономические показатели календарного планирования**

Параметр	полиэтиленовые трубы	стальные трубы	полиэт. ————— % стальные
Срок строительства, дни	34	50	68
Трудоемкость работ, чел.дни	2354,1	3570,4	66
Максимальное кол-во рабочих, чел.	60	60	1
Минимальное кол-во рабочих, чел.	30	30	1

Из табл. 3 следует, что срок строительства при использовании полиэтиленовых труб составил 68 % от срока строительства трубопровода со стальными трубами (уменьшение срока строительства на 32 %), а трудоемкость работ снизилась на 34 %. При этом количество рабочих одинаково как в случае полиэтиленовых, так и в случае стальных труб.

Остановимся на экономических оценках затрат на газификацию села и срока окупаемости этих затрат. Оплата газового оборудования и его монтаж ведутся газопотребителями непосредственно после завершения монтажных работ. Вместе с тем газопроводы среднего и низкого давления, сетевой ГРП и катодные станции находятся на балансе строительно-монтажного предприятия. Стоимость всего этого возмещается ему постепенно, в течении срока окупаемости из прибыли от поставок газа потребителям. По состоянию на январь 2012г., плата за газ потребителями составляет 4,0916 грн/м<sup>3</sup>. Стоимость закупки газа для предприятий 3,0235 грн/м<sup>3</sup>. Плата за газ населением зависит от годового потребления газа. Проведенные расчеты показали, что годовое потребление газа одной коммунальной квартирой составляет 315,5 м<sup>3</sup>, при наличии счетчика тариф в этом случае составит 0,7254 грн/м<sup>3</sup>. В случае частных домов, которые отапливаются и обеспечиваются горячей водой от автономных котлов, годовое потребление газа определяется величиной 6400 м<sup>3</sup>. При этом тариф – 2,2482 грн/м<sup>3</sup>. Стоимость закупки газа для населения 0,8934 грн/м<sup>3</sup>.

НДС на доход строительного-монтажного предприятия от платы за газ равен 25 %, налог на прибыль 20 %.

Стоимость 1 т стальных труб с арматурой (принято, что на 1 т труб приходится 100 кг арматуры) – 10 307 грн. Стоимость подземной прокладки 1 м стального трубопровода – 13,58 грн. Стоимость прокладки 1 м полиэтиленовых труб – 9,4 грн. Прейскурант цен 1 м полиэтиленовых труб (грн) при диаметре 50 мм – 14,33; 63 мм – 22,35; 75 мм – 31,37; 110 мм – 66,94 грн.

Результаты расчетов приведены в табл. 4.

**Таблица 4**

**Результаты экономических расчетов**

Параметр	полиэтиленовые трубы	стальные трубы	полиэт. —————% стальные
Затраты на газификацию села, тыс.грн.	665,91	1146,44	58
Срок окупаемости, год	14,8	25,5	58

Срок окупаемости определяется как отношение затрат на газификацию села к прибыли, получаемой за счёт разности продажной и покупной стоимости газа для промышленных предприятий и населения.

Из табл. 4 следует, что затраты на газификацию села и срок окупаемости затрат при использовании полиэтиленовых труб составляет 58 % от соответствующих показателей для стальных труб, т.е. уменьшение затрат и срока окупаемости составляет 42 %.

**Выводы**

При газификации села использование полиэтиленовых труб по сравнению со стальными позволяет:

- сэкономить 42 % средств;
- снизить срок окупаемости затрат на 42 %;
- уменьшить трудоемкость строительного-монтажных работ на 34 %;
- сократить срок строительного-монтажных работ на 32 %.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. ДБН В.2.5-20-2001. Газоснабжение. –К.: Госстрой, 2001. – 287 с.
2. Ионин А.А. Газоснабжение / Ионин А.А. –М.: Стройиздат, 1989. – 439 с.
3. Єнін П.М. Газопостачання населених пунктів і об'єктів природним газом. Навчальний посібник / Єнін П.М., Шишко Г.Г., Предун К.М. – К.: Логос, 2002. – 198 с.
4. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сборники Е1, Е9, Е23, Е25. – М.: Госстрой СССР, 1989. – 308 с.

*УДК 536.3:535.312:62-503.56*

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОФИЛЯ ОТРАЖАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ  
ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ**

**Завалий А.А.**

*Южный филиал НУБиП Украины «КАТУ», г.Симферополь*

Описан алгоритм оптимизации геометрической формы отражающей поверхности инфракрасного излучателя, основанный на сопоставлении результатов моделирования переноса излучения оптико-геометрической и тепловой моделями. Выполнена оптимизация параболического профиля отражающей поверхности для линейного источника излучения, целью которой является обеспечение равномерного распределения потока излучения по облучаемой плоской поверхности.

**Ключевые слова:** инфракрасный излучатель, отражающая поверхность, облучаемая поверхность, оптимизация

## ВВЕДЕНИЕ

Тепловое инфракрасное облучение широко используют для нагрева и сушки поверхностей, в т. ч. при отделочных работах в строительстве [1, 2]. Для направления всего потока излучения от источника к облучаемой поверхности применяют профилированные зеркально отражающие поверхности – отражатели [1, 3]. Место расположения и геометрическая форма поверхности отражателя должны обеспечивать заданное распределение потока теплового излучения по облучаемой поверхности.

## АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Для определения координат точек поверхности отражателя используют модели, связывающие координаты размещения источника излучения, координаты точки облучаемой поверхности и координаты точки поверхности отражателя для заданного закона изменения потока излучения [3]. Как правило, такие модели основаны на законах геометрической оптики и связывают поток излучения с углом падения излучения и расстоянием от источника до поверхности облучения [4]. В простейших из таких оптико-геометрических моделей источник излучения рассматривается как точечный, облучаемая поверхность – плоская, а распределение потока излучения – равномерное [5]. Решение даже простейших моделей получают чаще всего численно, поверхность отражателя в этом случае представляется интерполяцией численного решения [4]. Множество допущений, положенных в оптико-геометрические модели и способы их решения, не гарантируют получение заданного распределения потока излучения по облучаемой поверхности. Для проверки результатов построения профиля отражателя можно использовать тепловые модели, основанные на решении интегральных уравнений переноса энергии излучения в оптически прозрачных рассеивающих, поглощающих и преломляющих средах [6]. Такие модели реализованы в конечно-элементных представлениях замкнутых систем лучистого теплообмена и позволяют описать процесс переноса излучения с минимальным количеством допущений [7].

## ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

По решению, полученному с помощью тепловой модели, можно выполнить коррекцию формы отражателя, приближающую распределение потока излучения к заданному распределению. Корректирующими действиями могут быть поворот и смещение участков профиля отражающей поверхности, позволяющие изменить направление отраженного излучения от этих участков. Процедуру последовательной коррекции профиля отражателя можно назвать оптимизацией профиля отражающей поверхности, функцией цели которой является степень близости фактически полученного распределения потока излучения  $E(x)$  к заданному распределению  $E^*(x)$ . Количественно степень близости для равномерного распределения ( $E^*(x) = const$ ) может быть оценена дисперсией потока излучения  $\sigma^2(E(x))$  и максимальной нормированной разностью потока излучения  $\Delta \max(E(x))$ :

$$\Delta \max(E(x)) = \frac{E(x)_{\max} - E(x)_{\min}}{\bar{E}(x)} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $E(x)_{\max}$  – наибольшее значение,  $E(x)_{\min}$  – наименьшее значение,  $\bar{E}(x)$  – среднее значение потока в распределении,  $x$  – пространственная координата.

Задача безусловной оптимизации в этом случае имеет вид:

$$\Delta \max(E(x)) \rightarrow \min \quad \text{или} \quad \sigma^2(E(x)) \rightarrow \min \quad (2)$$

для векторов независимых параметров  $\beta = \{\beta_i\}_1^N$  – вектор углов положения и  $r = \{r_i\}_1^N$  – вектор радиус-векторов положения участков профиля относительно источника излучения (см. рис. 1а).

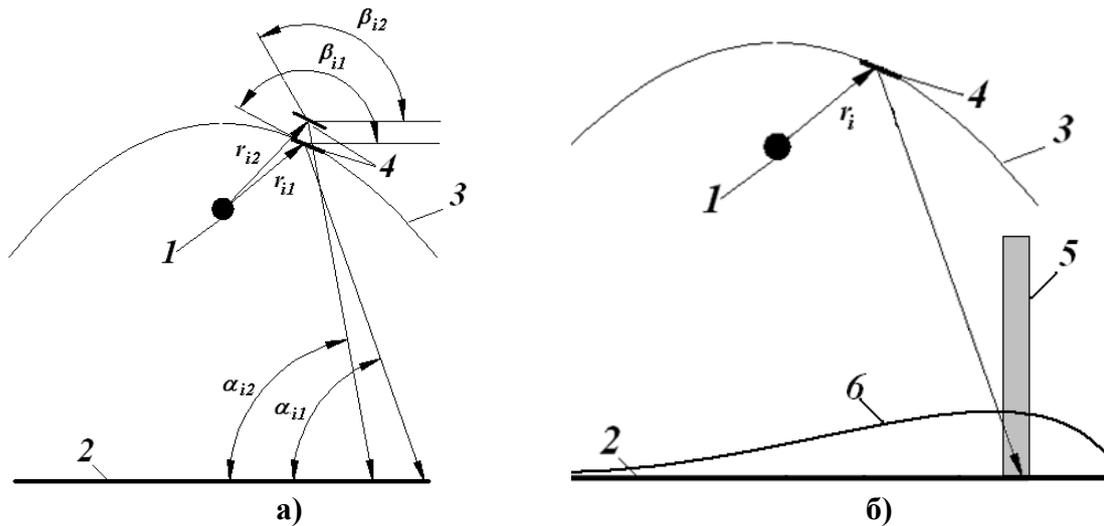
Оптико-геометрические модели представляют распределение потока отраженного от  $i$ -го участка линии зеркала излучения по облучаемой поверхности ступенчатой зависимостью  $E_i(x)$ . Величина ступеньки определяется углом  $\alpha_i$  падения отраженного излучения источника от участка зеркала и длиной  $l_i$  оптического луча, представленной суммой расстояний от источника до участка зеркала и от участка зеркала до участка поверхности отражения (см. поз.5 на рис.1б):

$$E_i(x) = \begin{cases} E(\alpha_i, l_i) = const & \text{если } x_i \leq x \leq x_{i+1}, \\ 0 & \text{если } x < x_i \vee x > x_{i+1}. \end{cases} \quad (3)$$

В тепловой модели излучение, отраженное от  $i$ -го участка линии зеркала, распределяется по всей длине поверхности облучения в виде нелинейной зависимости, центр масс распределения потока излучения располагается вблизи места положения  $i$ -го участка поверхности облучения (см. поз.6 на рис.1б):

$$E'_i(x) = E'(\alpha_i, l_i) = var.$$

Величина  $\alpha_i$  зависит от количества участков линии зеркала  $N$ , от угла положения участка зеркала  $\beta_i$  и радиус-вектора его положения относительно источника излучения  $r_i$ . Вид зависимости  $E'_i(x)$  существенно различен для различных участков зеркала и может изменяться для одного и того же участка как при изменении его угла положения  $\beta_i$ , так и при изменении радиус-вектора положения  $r_i$ .



**Рис. 1. Схема падения отраженного луча на облучаемую поверхность. 1 – источник излучения; 2 – поверхность облучения; 3 – зеркало отражающей поверхности; 4 –  $i$ -й участок линии зеркала в исходном положении (радиус-вектор  $r_{i1}$ , угол падения  $\alpha_{i1}$ ) и в смещенном положении (радиус-вектор  $r_{i2}$ , угол падения  $\alpha_{i2}$ )**

Для тепловой модели распределение потока излучения по облучаемой поверхности представляет собой сумму распределений источника излучения  $E_0(x)$  и участков зеркала:

$$E'(x) = E'_0(x) + \sum_{i=1}^N E'_i(x). \quad (4)$$

Из-за неопределенности вида функций  $E'_i(x)$  задачу (2) невозможно решить регулярными методами оптимизации, позволяющими получить оптимальное решение, обладающее свойствами эффективности и несмещенности [8]. Применение регулярных методов возможно, если задаться видом функций  $E'_i(x)$ , например полиномиальным. При этом задача (2) замещается задачей минимизации для функций  $E'_i(x)$  заданного вида,

решение которой очевидно также не позволит получить оптимальное решение задачи (2). Другим путем решения задачи оптимизации является разработка вычислительных алгоритмов, позволяющих получить приближенное решение, которое следует называть не оптимальным, а эффективным, то есть полученным за конечное число шагов решения задачи и удовлетворяющее неравенству

$$\Delta \max(E'(x)) < \varepsilon \text{ или } \sigma^2(E'(x)) < \varepsilon', \quad (5)$$

где  $\varepsilon$  и  $\varepsilon'$  - положительно определенные величины предельно допустимого отклонения значений функции  $E'(x)$  от ее среднего значения и дисперсии, соответственно.

Таковыми алгоритмами являются алгоритмы последовательной оптимизации, заключающиеся в последовательных приближениях к оптимальному решению путем «малых» вариаций управляющих функций, таких как  $E'_i(x)$ , и многократном решении «прямых» задач отыскания параметров  $\beta_i$  и  $r_i$  [9]. Для выполнения вариаций используют градиентные методы с переменным шагом приращения независимой переменной и методы случайного поиска [10].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Для поиска эффективного решения, удовлетворяющего условию (5), нами предложен алгоритм, основанный на сопоставлении результатов моделирования лучистого теплообмена с помощью оптико-геометрической и тепловой моделей. Алгоритм обеспечивает последовательное увеличение равномерности распределения потока излучения по поверхности облучения. Основными шагами алгоритма при решении задачи в двумерной постановке являются:

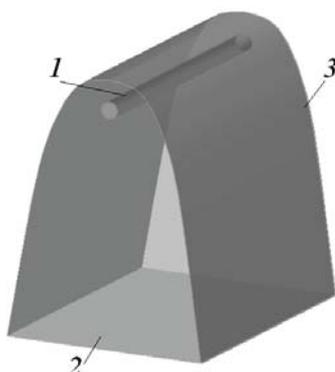
1. Для заданных размеров поверхностей облучения и рабочего объема (длина поверхности и расстояние от поверхности до источника излучения) в соответствии с решением оптико-геометрической модели получают исходный точечный профиль отражающей поверхности - зеркала. Для точечного профиля строят интерполяционную кривую кубическими сплайнами. Решают прямую задачу лучистого теплообмена в рабочем объеме, получают исходное распределение  $E'(x)$ . Проверяют условие (5). Если условие выполнено, то задача решена, в противном случае переходят к следующему шагу алгоритма.

2. Для расчетных точек профиля зеркала строят интерполяционную ломаную отрезками прямых, для каждого отрезка выполняют построение зеркально отраженного луча от источника излучения, считая источник точечным.

3. Перемещают место падения отраженного луча из участка с избытком значения лучистого потока в участок с его дефицитом. В соответствии с выполненным перемещением изменяют угол положения участка линии зеркала, отражающего данный луч. Центром вращения участка линии зеркала является его середина.

4. Для измененного профиля решают тепловую задачу, получают новое распределение  $E'(x)$ . Для полученного распределения проверяют условие (5). При невыполнении условия повторяют шаги 2, 3 алгоритма.

Рассмотрим пример использования предложенного алгоритма для оптимизации параболического профиля зеркального отражателя, граница которого смыкается с границей плоской облучаемой поверхности, источник излучения – линейная лампа накаливания (см. рис.2). Цель оптимизации – обеспечение равномерного распределения потока излучения по облучаемой поверхности. Исходные данные: ширина облучаемой поверхности  $B = 190$  мм, высота положения источника излучения над поверхностью  $H = 215$  мм, диаметр источника излучения  $d = 5$  мм. Координаты точек отражающей поверхности получаем решением характеристического уравнения параболы, полюс которой расположен в центре источника излучения.



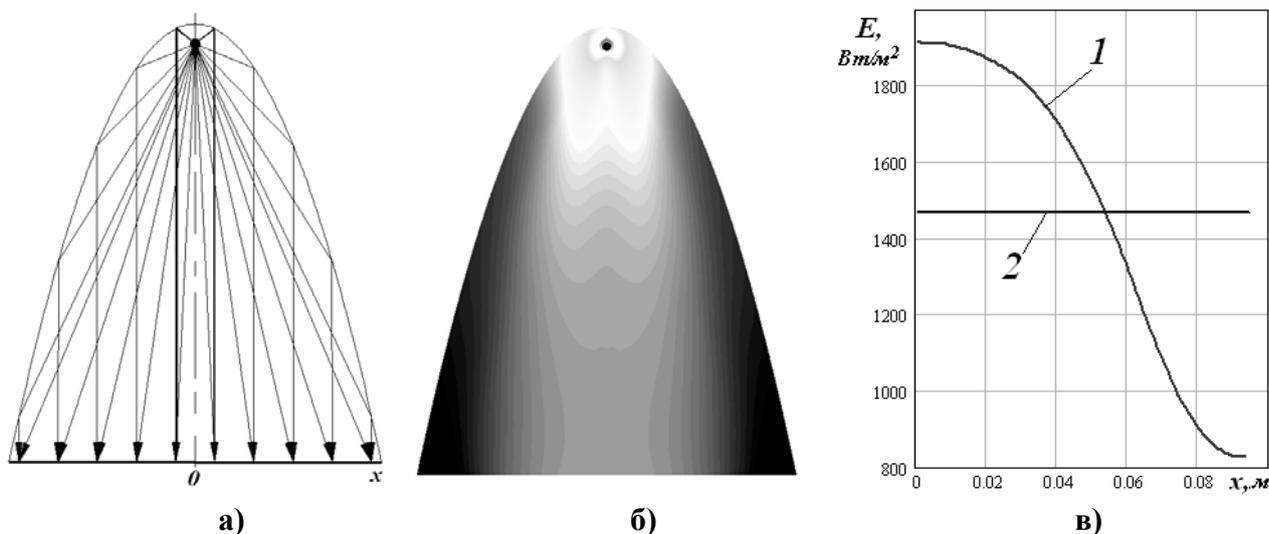
**Рис. 2. Схема расчетной области**

**1 – источник излучения; 2 – облучаемая поверхность; 3 – профилированный зеркальный отражатель**

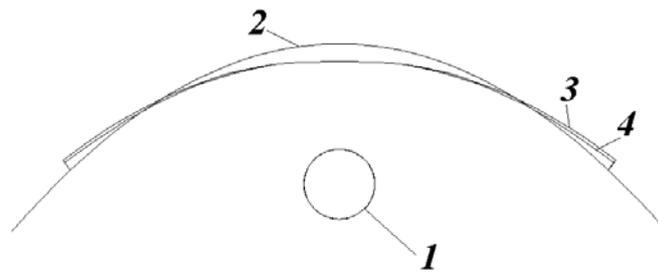
Распределение потока излучения для полученного профиля определим решением задачи теплообмена излучением в расчетной области, ограниченной поверхностью отражения, облучаемой поверхностью и поверхностью источника излучения [11]. Исходными данными для решения задачи примем для источника излучения: степень черноты поверхности – 1; тепловая мощность –  $20000 \text{ Вт/м}^2$ . Для поверхностей: степень черноты поверхности облучения – 1; степень черноты зеркала – 0, коэффициент диффузности отражения зеркала – 0. Условия теплообмена на внешних границах поверхностей – условия 3-го рода (коэффициент конвективной теплоотдачи -  $10 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ ), температура окружающей среды –  $300 \text{ К}$ , степень черноты – 1).

Схема распространения тепловых лучей в соответствии с оптико-геометрической моделью, контурная картина теплового излучения и распределение  $E'(x)$  в соответствии с тепловой моделью для исходного параболического профиля приведены на рис.3. Характеристиками неравномерности распределения являются: среднее значение  $E'_{cp}(x) = 1468 \text{ Вт/м}^2$ ;  $\Delta \max(E'(x)) = 74,46\%$ ;  $\sigma(E'(x)) = 401 \text{ Вт/м}^2$ . Для повышения степени равномерности следует увеличить значения  $E'(x)$  на участке  $x \in [55\text{мм}; 95\text{мм}]$  за счет уменьшения на участке  $x \in [0; 55\text{мм}]$ .

Для выравнивания распределения  $E'(x)$  переместим место падения части лучей (выделены жирными стрелками на рис.3а) поворотом части профиля отражателя, прилегающей к его оси так, как это показано на рис.4. Коррекцию выполним двумя последовательными шагами.



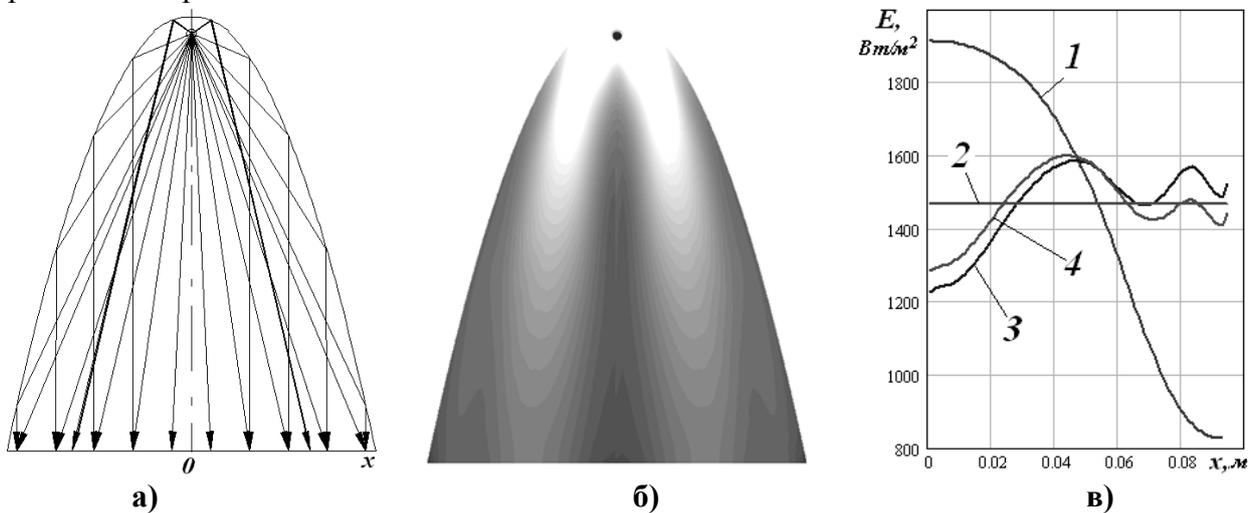
**Рис. 3. Результаты анализа исходного профиля**  
**а – схема лучей; б – поле теплового излучения; 1 - распределение  $E'(x)$ ; 2 – среднее значение  $E'(x)$**



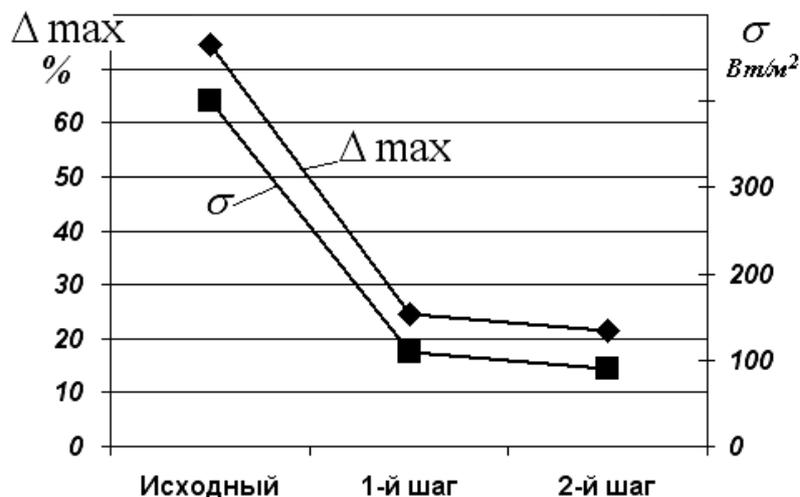
**Рис. 4. Коррекция геометрии профиля отражающей поверхности**  
**1 – источник излучения; 2 – исходный профиль; 3 – профиль на 1-м шаге коррекции; 4 – профиль на 2-м шаге коррекции**

Схема распространения тепловых лучей в соответствии с оптико-геометрической моделью, контурная картина теплового излучения и распределение  $E'(x)$  в соответствии с тепловой моделью для корректированных профилей приведены на рис.5. Лучи, изменившие свое направление выделены на рис.5а жирными стрелками.

Характеристики неравномерности распределения  $E'(x)$  для исходного профиля и профилей 1-го и 2-го шагов коррекции приведены в табл. 1, изменение характеристик приведено на рис.6.



**Рис. 5. Результаты анализа профиля после коррекции**  
**а – схема лучей; б – поле теплового излучения; 1 - распределение  $E'(x)$ ; 2 – среднее значение  $E'(x)$ ; 3 - распределение  $E'(x)$  для 1-го шага коррекции; 4 - распределение  $E'(x)$  для 2-го шага коррекции.**



**Рис. 6. Изменение характеристик равномерности при пошаговой коррекции профиля отражателя**

Таблица 1.

**Характеристики равномерности распределения излучения**

Профиль	Среднее значение $E'(x)$ , Вт/м <sup>2</sup>	$\Delta \max(E'(x))$ , %	$\sigma(E'(x))$ , Вт/м <sup>2</sup>
Исходный	1468	74,432	401,035
1-й шаг	1466	24,381	109,719
2-й шаг	1466	21,395	90,015

**Выводы**

Таким образом, 2 шага перераспределения отраженных лучей алгоритма сопоставления оптико-геометрической и тепловой моделей лучистого теплообмена позволили существенно улучшить показатели равномерности распределения потока излучения по поверхности облучения: уменьшить максимальную нормированную разность потока излучения  $\Delta \max(E'(x))$  с 74% для исходного параболического профиля до 21%, а среднее квадратичное отклонение с 401 Вт/м<sup>2</sup> до 90 Вт/м<sup>2</sup> при среднем значении потока излучения 1466 Вт/м<sup>2</sup>. Такое выравнивание потока излучения для решаемой задачи привело к снижению неравномерности распределения температуры  $\Delta \max(T(x))$  по облучаемой поверхности с 17,7% до 9,1% при среднем значении температуры 101°С, а среднее квадратичное отклонение  $\sigma(T(x))$  - с 19,7°С до 5,7°С. Дальнейшее улучшение показателей равномерности возможно при уменьшении размера участка профиля отражателя, подлежащего корректирующим действиям поворота или смещения.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Лебедев П. Д. Расчет и проектирование сушильных установок: Учеб. для высш. техн. учеб. Заведений / П.Д. Лебедев. - М. - Л. : Госэнергоиздат, 1962. - 320с.
2. Справочник по приборам инфракрасной техники / Л.З.Криксунов, В.А.Волков, В.К.Вялов и др.; под ред. Л.З.Криксунова. - К.: Техніка, 1980. - 232с.
3. Блох А.Г. Теплообмен излучением: Справочник / А.Г.Блох, Ю.А.Журавлев, Л.Н.Рыжков. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 432с.
4. Трёмбач В.В. Световые приборы: Учеб. для вузов по спец. «Светотехника и источники света». - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк. 1990. - 463 с.
5. Плевако В.П., Саенко С.Ю. Визначення форми рефлектора для рівномірного обігріву плоскої поверхні // Сучасні проблеми геометричного моделювання. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. - Львів: Львівська політехніка, 2003. - С. 191 – 194.
6. Суржиков С.Т. Вычислительный эксперимент в построении радиационных моделей излучающего газа. - М.: Наука, 1992. - 157с.
7. Элементы теории систем и численные методы моделирования процессов тепломассопереноса: Учебник для вузов. / В.С.Швыдкий, Н.А.Спирин, М.Г.Ладыгичев, Ю.Г.Ярошенко, Я.М.Гордон. - М.: Интернет Инжиниринг, 1999. - 520с.
8. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное проектирование / Пер. с англ. Под ред. Е.Г. Гольштейна. М.: Советское радио, 1973. - 312с.
9. А.В.Аттетков, С.В.Галкин, В.С.Зарубин. Методы оптимизации: Учеб. для вузов/ Под ред. В.С.Зарубина, А.П.Крищенко. - 2-е изд., стереотип. - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2003. - 440с. (Сер. Математика в техническом университете; Вып. XIV).
10. Баничук Н.В. Оптимизация форм упругих тел. М.: Наука, 1980. - 256с.
11. Завалий А.А. Компьютерное тепловое моделирование и анализ инфракрасных систем равномерного облучения плоских поверхностей. - Авиационно-космическая техника и технология. - 2012. -№1(88). - С.5-11.

**УДК: 621.311 (477.75)**

## **РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

**Муровский С.П., Кузнецов П.Н.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

В работе рассмотрен вопрос целесообразности перехода на децентрализованное энергоснабжение удаленных объектов с применением генерирующих установок на базе НВИЕ для Крымского полуострова. Предложены схемные решения автономного энергоснабжения удаленных объектов и оптимизировано комбинированное применение различных генерирующих мощностей с использованием НВИЕ.

**энергоснабжение, децентрализация, нетрадиционные источники, схемные решения**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Наличие энергии - является одним из необходимых условий существования любого современного государства. Работа промышленности, аграрного сектора, транспорта, обеспечение комфорта и безопасное функционирование социальной сферы и общества в целом - все это требует значительных энергозатрат.

Энергетическая проблема в Крыму связана с недостатком собственных энергоресурсов (дефицит всех видов энергоносителей в Крыму превышает 70%, а производством собственной энергии полуостров обеспечен только на 16%) и с повышенными требованиями к качеству окружающей среды из-за рекреационной направленности развития региона [1].

Производство энергии, ее бесперебойная доставка потребителям на сегодняшний день является сложной технической проблемой из-за значительного износа существующих энергосетей. Одно из направлений решения этой проблемы - это создание локальных систем энергоснабжения.

Создание объектов большой энергетики длится десятки лет, требует огромных финансовых вложений, с ростом мощности отдельных агрегатов теряется их маневренность, а при работе на неноминальных режимах ухудшается их экономичность, пуск и остановка этих энергосистем требует большого времени, возникающие аварийные ситуации приводят к отключению значительного количества потребителей. Строительство и эксплуатация энергообъектов приводят к большим экологическим проблемам. Кроме того, строительство централизованных линий энергоснабжения на всей территории по техническим и экономическим причинам не всегда оправдано. События последних десятилетий показали существенную неустойчивость в обеспечении электроэнергией и теплом потребителей различных категорий от централизованных энергетических систем [2].

Все эти проблемы существенным образом влияют на энергобезопасность отдельных объектов и региона в целом. Опасность потери энергоснабжения вследствие указанных выше причин весьма значительна, и устранить ее средствами централизованного энергоснабжения крайне затруднительно. Однако задача повышения энергобезопасности отдельных объектов может быть решена при использовании нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ).

### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

Переход страны на рыночные отношения, развитие конкуренции в энергосекторе, сложность присоединения к централизованным сетям заставляют многих собственников рассматривать вопрос о строительстве собственных энергогенерирующих установок для

комплексного решения проблем бесперебойного обеспечения предприятия тепловой и электрической энергией.

Таким образом, наметилась тенденция к созданию и развитию децентрализованных систем энергоснабжения.

Под локальными системами электроснабжения в настоящее время понимаются изолированные системы электроснабжения отдельных объектов или населенных пунктов, содержащие автономные электростанции (АЭ) комбинированного типа и распределительные электрические сети ограниченной протяженности. Потребляемая мощность в таких системах не превышает 1-2 МВт, реже 5-10 МВт. Причем локальные системы в большинстве случаев являются полностью автономными не имеющими связи с централизованными сетями. В отдельных случаях локальные системы имеют линии связи с централизованными сетями и могут работать как в автономном режиме, так и совместно с центральной энергосистемой [3].

И если в настоящее время темпы развития централизованных систем электроснабжения идут довольно медленно, то процесс перевода большого количества объектов на автономное электроснабжение резко набирает темпы развития.

Необходимость и целесообразность развития локальных систем электроснабжения обусловлена следующими факторами: снижаются потери электроэнергии в распределительных сетях, затраты на производство электроэнергии получаются более низкими, появляется возможность формировать наиболее приемлемый график потребления электроэнергии в соответствии со своим технологическим процессом при параллельной работе с централизованной сетью. При этом капитальные удельные затраты на единицу вводимой мощности и сроки окупаемости вложений значительно ниже аналогичных показателей при введении мощностей в большой энергетике.

Основной особенностью автономных электростанций локальных систем электроснабжения является соизмеримость мощности источников и потребителей электроэнергии, значительно более короткие кабельные линии и, следовательно, большая взаимосвязь всех элементов электрической системы.

В связи с острыми экологическими проблемами и проблемами экономики, нехваткой традиционных источников получения энергии и тепла, возникает потребность в использовании альтернативных, возобновляемых источников энергии. Разработка современного инженерного оборудования в сфере получения электроэнергии и переработки ее в тепло, в комплексе с мерами по энергосбережению и эффективности, дает возможность индивидуальному жилому дому существовать независимо от централизованных коммунальных сетей, что легко адаптирует его к условиям городской среды, к открытым территориям, к различным природно-климатическим условиям, что в итоге дает снижение экономических затрат и улучшение экологической ситуации в целом [4].

Особенностью автономных энергосистем, основанных на НВИЭ, является прямая зависимость от местоположения объекта и доступности ресурсов возобновляемой энергии на данной территории.

Анализ энергорынка Крыма показал, что уже сегодня в нашем регионе возможно проектирование и строительство автономных объектов, использующих НВИЭ. В комплексе с энергоэффективными архитектурно-планировочными и инженерными решениями, экономические затраты на организацию полностью автономного объекта можно снизить в процессе его эксплуатации. Современное энергооборудование позволяет существовать жилому дому независимо от центральных коммуникационных сетей, что наделяет его качествами автономности на данной территории. Особенностью автономных энергосистем, основанных на использовании НВИЭ, является прямая зависимость от климатического района строительства, и от доступности ресурсов возобновляемой энергии на данной территории. Исследования показали, что применение систем автономного энергообеспечения на базе НВИЭ возможно в нашем регионе, так как среднегодовая солнечная энергия составляет от 1200-1400 кВт·ч/м<sup>2</sup>, а среднегодовая

скорость ветра превышает 5,5 м/с. Эти данные позволяют сделать вывод, что переход на использование НВИЭ является рациональным шагом, который позволит в дальнейшем проектировать энергоэффективные дома и поселки автономного типа [5].

### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Целью данной работы является разработка схемных решений эффективной системы автономного энергоснабжения удаленного объекта. Решаемой задачей является бесперебойное получение тепловой энергии в рассматриваемой системе путем комбинированного использования солнечных коллекторов, тепловых насосов (ТН) с грунтовым зондом или коллектором, получение электроэнергии - от солнечных батарей (СЭС), ветроэнергоустановок (ВЭС) или миниГЭС. Весь процесс работы оборудования полностью автоматизирован, что приведет к еще меньшим затратам энергии.

Разработанная схема автономной системы энергоснабжения включает в себя автономный источник тепловой энергии - солнечный коллектор (СК), ТН, бак аккумулятор, дублирующее устройство энергоснабжения (рис. 1) и автономный источник электроэнергии - состоящий из ветрогенератора, солнечной фотоэлектрической батареи, миниГЭС, аккумуляторных батарей, служащих для накопления избыточной энергии, преобразователя (инвертора) постоянного тока в переменный (напряжением 220/380 В) (рис. 2).

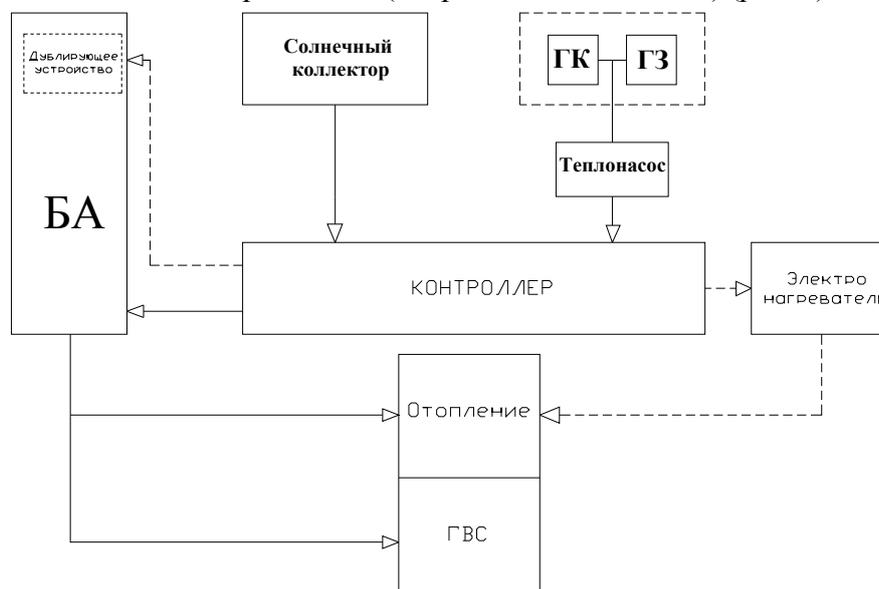


Рис. 1. Схема автономной системы теплоснабжения удаленного объекта

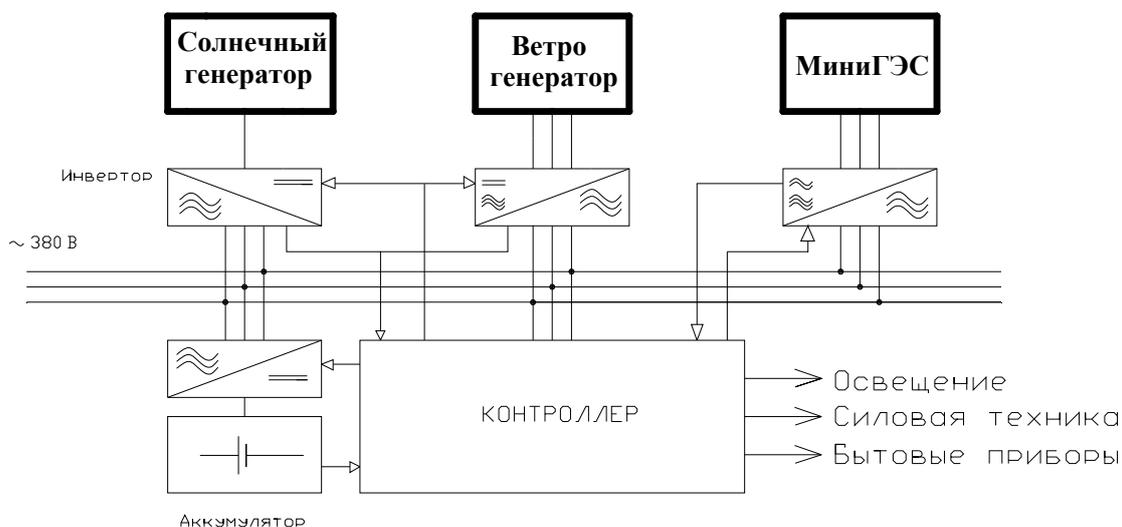
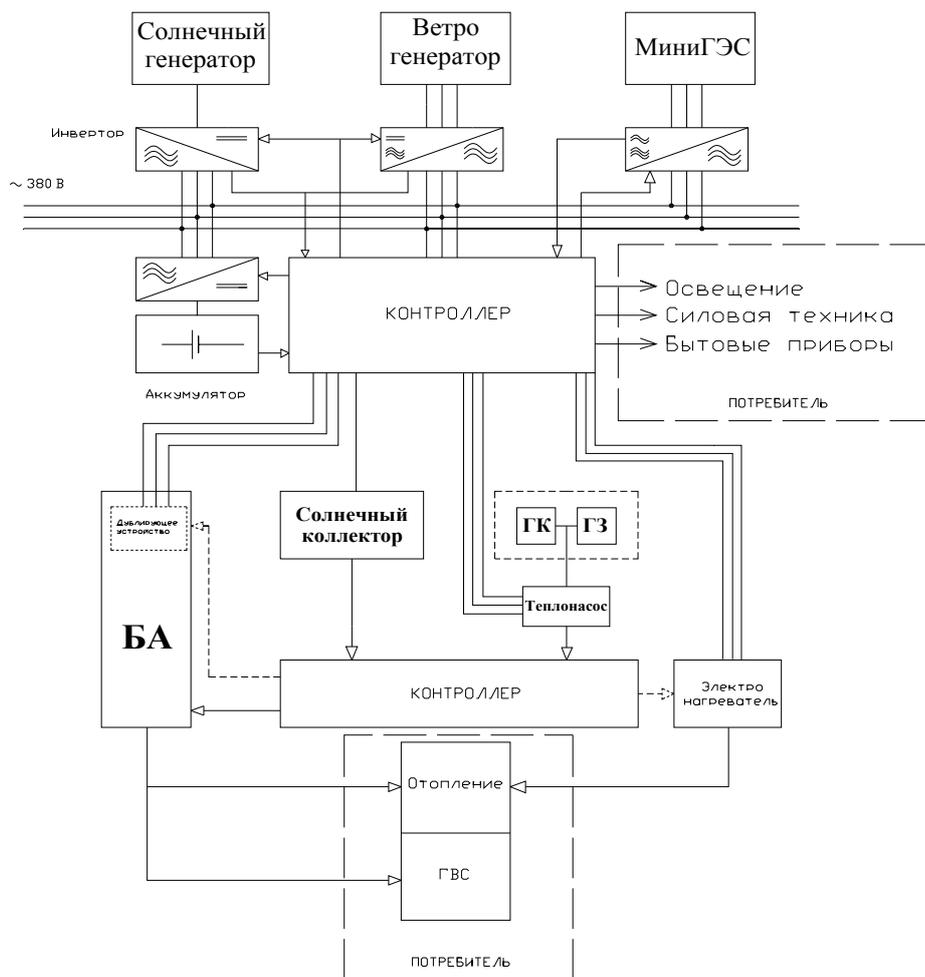


Рис. 2. Схема автономной системы электроснабжения удаленного объекта

На основании предложенных схемных решений (рис. 1, 2) была разработана комбинированная автономная энергосистема для проектируемого объекта с учетом метеоклиматических особенностей в районе строительства (рис. 3).



**Рис. 3. Схема комбинированной автономной системы тепло- и электроснабжения удаленного объекта**

Выбор генерирующих мощностей должен базироваться на основании результатов многолетних наблюдений за потенциалом ветровой, солнечной энергии и годовым стоком малых рек в районе строительства объекта. Преимущество отдается системе с двумя источниками генерации, что повышает ее надежность. Система теплоснабжения проектируется в зависимости от потребности объекта. В связи с малой эффективностью солнечной системы для отопления в зимний период, и избытком вырабатываемой энергии летом и необходимостью её оптимальной эксплуатации возникают дополнительные затраты на создание объектов, потребляющих эту избыточную энергию. В связи с этим целесообразно использовать сезонные гелиосистемы. На сегодняшний день стоимость трубчатых вакуумных коллекторов типа «hit-pipe» значительно выше стоимости трубчатых вакуумных термосифонных либо плоских СК при относительно равной их производительности (табл. 1).

**Таблица 1**

**Стоимость солнечных коллекторов на рынке Украины**

Тип коллектора	Производительность, кВт·час/день	Стоимость, грн.
Плоский коллектор СПК-F1 «Roof»	4	4840,00
Вакуумный солнечный коллектор СВК-DGHP-20	5,61	8800,00
Термосифонная гелиосистема типа RNB	5,54	3672,00

Преимущество вакуумных коллекторов перед плоскими начинает проявляться при температуре воздуха ниже (-)15°C. Следовательно, при использовании сезонной гелиосистемы с точки зрения ценовой политики целесообразно выбирать плоские коллектора либо термосифонные вакуумные коллектора с самотечной системой) [5].

При получении тепловой энергии с помощью ТН в качестве низкопотенциального источника тепла используют воду морей и водоемов, атмосферный воздух или грунт. В связи с тем, что на территории Крыма температура воздуха в зимний период может достигать (-)15°C, а доступ к водным источникам не всегда является возможным, то наиболее рациональным решением будет использование тепла грунта. Отбор тепла от грунта производится с использованием грунтового коллектора или зонда.

Применение грунтового зонда на юго-восточной территории Крыма экономически не оправдано из-за наличия скальных пород и больших затрат на бурение скважин. Следовательно, ТН на основе грунтового коллектора является оптимальным решением проблем получения тепловой энергии для удаленного объекта на территории ЮБК.

Для эффективной и бесперебойной работы системы электроснабжения необходимо использование комбинированной системы из нескольких источников электроснабжения. Так как Крым обладает значительным ветровым потенциалом и достаточно большой интенсивностью солнечного излучения, правильным решением будет выбор энергосистемы на основе СЭС и ВЭС.

Выработка электроэнергии на установках на базе НВИЭ может иметь значительные колебания, в связи с этим необходима дополнительная установка аккумуляторных батарей. Заряд аккумуляторных батарей производится от ВЭС в ночное время или от СЭС и ВЭС в часы малого электропотребления. Выработка электроэнергии может производиться сразу двумя станциями либо каждой по отдельности, в зависимости от наличия ветра и интенсивности солнечного излучения.

### **Выводы**

Проведенный анализ показал, что для решения энергетической проблемы Крыма, связанной с недостатком собственных ресурсов, возможно проектирование и строительство автономных объектов, использующих альтернативные возобновляемые источники энергии.

Совершенствование существующих и разработка новых высокоэффективных, надёжных, полностью автоматизированных, локальных систем энергоснабжения на базе НВИЭ является актуальной задачей.

Предложено схемное решение создания системы автономного энергоснабжения, обеспечивающее объект тепловой энергией от СК и ТН и электрической энергией от СЭС и ВЭС.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Повышение эффективности нетрадиционных источников энергии в условиях территориального размещения в автономной республике Крым: Отчет о НИР (заключительный) / О.М. Козлов [и др.]; М-во образования и науки Украины, науч.-произв. комплекс НАПКС.- № 0107U000772.- Симферополь, 2008.- 105 с.
2. Воропай Н.И. Тенденции развития централизованной и распределенной энергетики / Н.И. Воропай и др. // Энергия: экономика, техника, экология, 2005.-№7.- С. 2-11.
3. Курдя В.В. Автономные источники электропитания локальных систем электроснабжения /С.Ф. Степанов, В.В. Курдя, И.И. Артюхова// Анализ, синтез и управление в сложных системах: сб. науч. тр. СГТУ: Саратов.гос.техн.ун-т, 2006. - С. 16-23.
4. Левин А.В. Автономные системы электроснабжения / А.В. Левин, Н.Н. Лаптев // Энергетика. 2003. - № 1(9). - С. 12 -14.
5. Муровский С.П. Солнечная энергетика для устойчивого развития Крыма /Н.В. Багров, В.Н. Боков, С.П. Муровский, Э.А. Бекиров и др.- Симферополь: «Доля».- 2009.- 294 с.

**УДК 628.16**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ МОДУЛЯ МЕМБРАННОЙ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ**

**Эпоян С.М., Карагяур А.С., Бабенко С.П.**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

Представлены результаты экспериментальных и теоретических исследований, позволяющие прогнозировать изменение рабочих параметров модуля мембранной ультрафильтрации в процессе осветления воды.

**Модуль мембранной ультрафильтрации, потери напора, производительность, промывка.**

### **ВВЕДЕНИЕ**

В последнее время все большее распространение для удаления из воды взвешенных и коллоидных частиц получает мембранная ультрафильтрация [1-3]. Данный способ позволяет отказаться от использования реагентов, обеспечивает задержание большинства вирусов и бактерий, реализуется в компактных очистных установках [1, 4]. Но более широкому его применению препятствует резкая зависимость параметров установки мембранной ультрафильтрации от качества исходной воды. Даже при небольших концентрациях взвешенных веществ в исходной воде происходит резкое возрастание потерь напора в установке и падение ее производительности. Это обуславливает увеличение эксплуатационных затрат, а именно затрат энергии на преодоление потерь напора и затрат, связанных с частыми промывками фильтра. Поэтому исследования, направленные на прогнозирование изменения параметров установки мембранной ультрафильтрации с целью обоснования наиболее рациональных энергосберегающих режимов, являются актуальными.

### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

Частично проблему роста потерь напора и падения производительности решает метод «тангенциальной» фильтрации, когда часть потока циркулирует между входным и выходным отверстиями, смывая с поверхности мембран задержанные загрязнения [5]. Для повышения эффективности данного решения применяют также устройства для турбулизации потока [6, 7]. Но данный метод малоприменим для устройств с высоким рейтингом фильтрации (~ 0,01-0,02 мкм), т.к. фильтрационный поток прижимает частицу взвеси к поверхности мембраны. Чем меньше частица, тем данный эффект сильнее, и ее труднее оторвать от поверхности мембраны, что требует необоснованного повышения циркуляционного расхода.

Кроме того, если циркуляционный поток не очищать, то это приводит к быстрому нарастанию концентрации загрязнений в теле мембранной установки. Из-за этого растут потери напора, и падает производительность, что требует остановки мембранного фильтра для промывки. В связи с этим нами предлагается [8, 9]:

использовать в качестве устройств предочистки перед мембранными фильтрами осветляющие центрифуги с цилиндрическими вставками;

для ультрафильтрационных устройств с «тангенциальной» фильтрацией циркуляционный поток очищать в устройствах предочистки - осветляющих центрифугах.

Необходимость в теоретических исследованиях и их экспериментальном подтверждении обуславливается тем, что существующие математические модели процесса ультрафильтрации сложны для применения и численной реализации, требуют идентификации, не позволяют в полной мере анализировать работу установок и разрабатывать рекомендации по более рациональному их использованию [10]. На практике решения о параметрах установок для каждого типа очищаемой воды принимаются на основании тестовых экспериментов на пилотной установке.

### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Целью наших исследований была разработка методики прогнозирования изменения во времени потерь напора и производительности установки мембранной ультрафильтрации в зависимости от ее конструктивных и технологических параметров.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной статье нами рассмотрен более простой случай - «тупиковая» фильтрация, при которой весь поток фильтруется через мембраны изнутри - наружу, а загрязнения с их поверхности смываются периодически, при этом фильтрация прекращается.

Исходными параметрами являются: концентрация взвешенных веществ в исходной воде и их дисперсный состав, рейтинг фильтрации установки, площадь фильтрации, рабочие характеристики насоса, обеспечивающего необходимое давление.

Кроме того производителем мембранных установок обычно предоставляется зависимость потерь напора  $\Delta h$  от производительности  $Q$  для чистой воды, которую удобно аппроксимировать в виде выражения:

$$\Delta h = c_1 \cdot Q^{c_2}, \quad (1)$$

где  $c_1, c_2$  – эмпирические коэффициенты.

Основная идея, которая позволяет учесть влияние оседающих на поверхности мембран загрязнений на рост потерь напора, состоит в следующих рассуждениях:

- оседая на поверхности мембран, частицы взвеси занимают часть поверхности мембран, препятствуя фильтрации жидкости, что при той же производительности обуславливает повышение скорости фильтрации и потерь напора;

- аналогичное действие, обуславливающее повышение скорости фильтрации и потерь напора, оказывает повышение производительности;

- учесть увеличение потерь напора в результате накопления частиц взвеси можно, воспользовавшись зависимостью (1), в которую вместо реального значения производительности следует подставлять ее эквивалентное значение  $Q_{\text{эkv}}$ , т.е. значение производительности, при котором потери напора равны потерям, обусловленным уменьшением площади фильтрации в результате накопления взвеси на фильтрующей поверхности устройства:

$$Q_{\text{эkv}} = Q \frac{S_{\text{пов}}}{S_{\text{пов}} - \Delta S(t)}, \quad (2)$$

где  $S_{\text{пов}}$  – площадь фильтрующей поверхности мембранной установки;

$\Delta S(t)$  – изменение во времени  $t$  площади фильтрующей поверхности, занимаемой частицами взвеси.

Величину  $\Delta S(t)$  определим с учетом баланса количества взвеси, поступающей в установку с исходной водой, а также дисперсного состава взвешенных частиц:

$$Q \cdot C_{\text{вх}} = \frac{m_{\text{взвеси}}}{t}, \quad (3)$$

$$m_{\text{взвеси}} = V_{\text{взвеси}} \cdot \rho_{\text{взвеси}}, \quad (4)$$

$$V_{\text{взвеси}} = \frac{2}{3} \Delta S(t) \cdot \int_0^{\infty} e(S) d d_{\text{ч}}, \quad (5)$$

где  $m_{\text{взвеси}}$  – масса взвеси, поступающая в фильтр с очищаемой водой;

$C_{\text{вх}}$  – концентрация взвешенных веществ в исходной воде;

$\rho_{\text{взвеси}}$  – средняя плотность взвеси, задерживаемой на фильтре;

$d_{\text{ч}}$  – диаметр частиц;

$e(S)$  – плотность распределения частиц по занимаемой ими площади  $S = \frac{\pi \cdot d_{\text{ч}}^2}{4}$ .

Для определения  $e(S)$  необходимо знать интегральное распределение частиц взвеси по диаметру  $E(d_{\text{ч}})$  или гидравлической крупности  $E(u)$ . Определить интегральное

распределение частиц взвеси по гидравлической крупности можно, воспользовавшись, следующими выражениями [11]:

$$E(u) = \mathcal{E}(u) + u \cdot \frac{d\mathcal{E}(u)}{du}, \quad (6)$$

$$e(u) = -\frac{u^2}{h} \cdot \frac{dE(u)}{d(u)}, \quad (7)$$

где  $\mathcal{E}(u)$  – зависимость эффекта осветления от гидравлической крупности, которую можно определить в результате экспериментальных исследований по седиментации взвеси в покое;

$h$  – высота слоя осветленной воды в цилиндре при экспериментальных исследованиях по седиментации взвеси в покое.

Чтобы перейти от гидравлической крупности  $u$  к величинам  $d_c$  и  $S$  воспользуемся формулой Стокса:

$$u = \frac{\Delta\rho \cdot g \cdot d_c^2}{18 \cdot \mu} = \frac{2 \cdot \Delta\rho \cdot g \cdot S}{9 \cdot \pi \cdot \mu}, \quad (8)$$

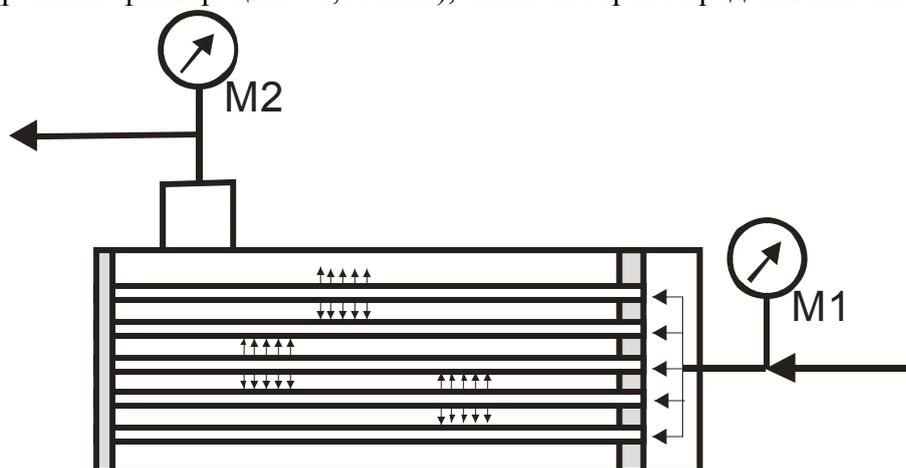
и выражением (9)

$$dd_c = \frac{dS}{\sqrt{\pi} \cdot \sqrt{S}}. \quad (9)$$

Таким образом, воспользовавшись зависимостями (1) – (9) мы можем рассчитать рост во времени потерь напора в мембранной ультрафильтрационной установке. Кроме того, зная Q-H характеристику насоса, обеспечивающего необходимое давление, приведенную к входу в установку, мы можем прогнозировать уменьшение производительности вследствие роста потерь напора.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Для проверки данных теоретических предположений нами были проведены экспериментальные исследования на ультрафильтрационном мембранном модуле NFY4021S (рейтинг фильтрации – 0,01 мкм), схема которого представлена на рис. 1.

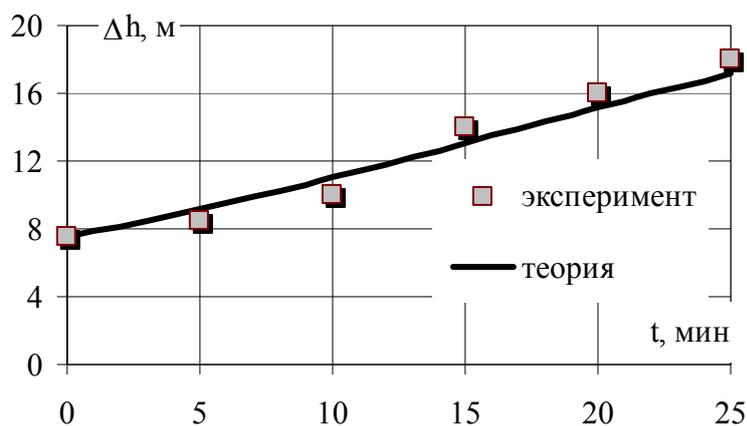


**Рис. 1. Схема экспериментальной установки**

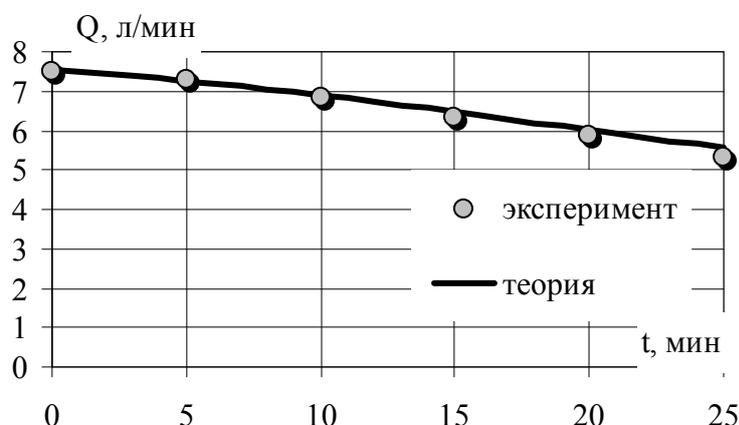
**M1, M2 – манометры установленные, соответственно, на входе и выходе экспериментальной установки**

Контролировались следующие параметры: время, расход фильтрата, концентрация и дисперсный состав взвешенных веществ в исходной воде, давление на входе и выходе установки. В качестве замутнителя использовался мел.

Пример сравнения результатов экспериментальных и теоретических исследований представлен на рис. 2, 3.



**Рис. 2. Изменение во времени потерь напора в ультрафильтрационной мембранной установке**



**Рис. 3. Изменение во времени производительности ультрафильтрационной мембранной установки**

Данные рис. 2, 3 свидетельствуют о том, что представленные теоретические зависимости позволяют адекватно описывать изменение параметров ультрафильтрационной мембранной установки.

#### Выводы

Приведенные теоретические зависимости, подтвержденные результатами экспериментальных исследований, позволяют обосновать рациональное значение продолжительности работы ультрафильтрационной мембранной установки в режиме фильтрации.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Первов А.Г., Андрианов А.П. Использование мембранных технологий для очистки сточных вод и повторного использования // Водоподготовка и очистка сточных вод населенных мест в XXI веке: Технологии. Проектные решения. Эксплуатация станций (IWA), 2-4 июня 2010 г., г. Москва: сб. докл. [электронный ресурс]. – М., ЗАО «Фирма СИБИКО Интернешнл», 2010.
2. Арутюнова И.Ю., Беляк А.А. Исследование мембранных технологий при очистке московской и волжской воды // Водоподготовка и очистка сточных вод населенных мест в XXI веке: Технологии. Проектные решения. Эксплуатация станций (IWA), 2-4 июня 2010 г., г. Москва: сб. докл. [электронный ресурс]. – М., ЗАО «Фирма СИБИКО Интернешнл», 2010.
3. Андрианов А.П., Первов А.Г. Оптимизация процесса обработки воды методом ультрафильтрации. – М.: ОАО «НИИ ВОДГЕО», 2010. – Режим доступа к информации: [http://www.watergeo.ru/stat\\_adrian.shtml](http://www.watergeo.ru/stat_adrian.shtml)

4. Светлейшая Е.М., Митченко Т.Е., Стендер П.В. Особенности применения ультрафильтрации для очистки вод поверхностных источников // *Водоподготовка и очистка сточных вод населенных мест в XXI веке: Технологии. Проектные решения. Эксплуатация станций (IWA)*, 2-4 июня 2010 г., г. Москва: сб. докл. [электронный ресурс]. – М., ЗАО «Фирма СИБИКО Интернешнл», 2010.
5. Пат. 2282489 РФ, МПК В01D 63/04. Очистка фильтра на основе полых волокон с фронтальным режимом работы. - № 2003120087/26; заявл. 04.12.2001; опубл. 13.06.2002, 2002 р.
6. Hadzismajlovic D.E., Bertram C.D. Flux enhancement in turbulent crossflow microfiltration of yeast using a collapsible-tube pulsation generator// *J. Membr. Sci.*, 1999. - V. 163. - P. 123–134.
7. Vera L., Villarroel R., Delgado S., Elmaleh S. Enhancing microfiltration through an inorganic tubular membrane by gas sparging// *J. Membr. Sci.*, 2000. - V. 165. - P. 47–57.
8. Эпоян С.М., Карагяур А.С., Скорик А.Л. Эффективное осветление воды в устройствах малой производительности // *Сучасні проблеми охорони довкілля та раціонального використання ресурсів у водному господарстві: Матер. практик. конф., 2-6 квітня 2012 р. м. Миргород. - К.: Товариство „Знання” України. – 2012. – С. 19-21.*
9. Эпоян С.М., Карагяур А.С., Сташук В.А., Чунарев А.В. Безреагентная очистка воды от взвешенных веществ в установках малой производительности. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2011. – Вип. 65. – С. 312-315.
10. Поляков Ю.С. Ультра- и микрофильтрация в полволоконных аппаратах с образованием осадка на поверхности мембран: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.17.08 «Процессы и аппараты химических технологий». – Москва, - 2004. – 20 с.
11. Карагяур А.С., Скорик А.Л., Гаврилова Н.Ю. Совместное применение центрифугирующих устройств и мембранной фильтрации для осветления воды // *Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2010. – Вип. 57. – С. 410-415.*

**АННОТАЦИИ НА УКРАИНСКОМ ЯЗЫКЕ**

**Стребіж Н.В. Координації на основі спряжених пучків кіл та їх застосування для формоутворення поверхонь**

Запропоновано спосіб складання рівнянь поверхонь, які несуть на собі сім'ю координатних ліній певної тривимірної системи координат. Інша сім'я ліній на поверхні визначається лінією, через якові винна пройти поверхня, або внутрішнім рівнянням функцій уведенню тривимірної системи координат.

Базування способу виключно на підстановках і спряження отримуваних параметричних рівнянь з вхідними даними програм візуалізації й розрахунків визначають сферу застосування в проектуванні й виготовленні на обладнанні з ЧПК об'єктів криволінійної форми.

**Микиртычева А. О. Михєєва Ю. Л. Відеоекологічні аспекти колірної гармонізації міського середовища м. Сімферополя**

У даній науково-дослідній роботі піднімається проблема погіршення візуального стану міського середовища, що є актуальною на сьогодні. Розглядаються чинники, що впливають на організацію міського простору. Практичний результат роботи полягає у формуванні пропозицій по можливому створенню гармонійного колірного середовища з врахуванням принципів і позицій відеоекології.

**Панченко Н.В. Деякі особливості визначення експлуатаційних витрат на соціальне й доступне житло**

У статті проаналізовано склад та порядок визначення експлуатаційних витрат житлового фонду. Запропоновано більш точно визначати технічні характеристики житлового будинку, що в значній мірі впливають на величину експлуатаційних витрат впродовж всього терміну експлуатації будівлі й особливість цих витрат для соціального та доступного житла.

**Волосович О.В., Волосович О.І. Алгоритмізація розрахунків залізобетонної неразрезної балки.**

У статті викладена схема алгоритму розрахунку залізобетонних нерозрізних равнопролетних балок у балочної клітці згідно сучасним нормам, на підставі якого була складена програма в Microsoft Excel.

**Жигна В.В., Литовченко С.П. Особливості механізму вичерпання несучої здатності тришаровими збірно-монолітними залізобетонними елементами стін при внецентренном стиску**

Проведений аналіз впливу різних параметрів на не суваю здатність тришарових збірно-монолітних залізобетонних елементів стін при відцентровому стисканні

**Литовченко П.А., Глушаков Н.І. Розподіл напруг у нормальному перетині полегшених тришарових збірно-монолітних залізобетонних панелей при вигині**

Вивчено розподіл напружень у нормальному перетині панелей, при вигині. Виявлено, щорозподіл напружень у нормальних перетинах по ширині панелі рівномірне.

**Осипов О.Ф., Акімов С.Ф. Вибір раціональних технологічних рішень при заміні перекриттів реконструйованих житлових будинків**

Розроблені основні положення методики вибору раціональних технологічних рішень при заміні перекриттів реконструйованих житлових будинків, що базуються на принципах системного підходу, що передбачають всебічне врахування факторів, які впливають і розумів реконструкції, цілеспрямованого синтезу можливих технологічних рішень, формування цілей, системи критеріїв та прийняття рішень на окремих процедурно-

ієрархічних етапах технологічного проектування, а також використання типових технологічних рішень і методів заміни перекриттів, що дозволяють істотно зменшити розмірність задачі вибору до обґрунтованої величини та підвищити загальний рівень технології.

**Чеканович О.М. Результати повнофакторного числового експерименту залізобетонних балок, підсилених новою важільно-стрижневою системою**

У статті наведені результати повнофакторного числового експерименту на 150 залізобетонних балках, підсилених новою важільно-стрижневою системою (ВСС), з різними комбінаціями довжини розтяжок, місць прикладання повздовжнього зусилля обтиску та відсотку армування, отримані найбільш ефективні їх співвідношення. Проведень кореляційно-регресійний аналіз і отримані рівняння двохфакторної нелінійної регресії, а також їх трьохвимірні представлення та лінії рівнів залежності несучої здатності й деформативності від наведених вище вхідних параметрів, які зручні для практичного застосування.

**Кошляк Г.В Особливості термічного спучення гідросилікатів**

У статті наведене математичну модель спучення сировинної суміші з метою отримання пористого теплоізоляційного матеріалу на основі розчинного гідросилікату. Математична модель та її розв'язання дають можливість прогнозувати основні технологічні показники процесу гідротермічного спучення гідросилікатів з урахуванням формування необхідної структури пористого матеріалу. Від структури матеріалу залежать всі теплофізичні властивості теплоізолятора.

**Павленко А.М., Климов Р.О. Динамічні ефекти в нерівноважних рідких сумішах**

У даній статті приводяться результати досліджень процесів взаємодії парових фаз скипаючих взаємно нерозчинних рідин (рідких сумішей), що знаходяться в стані термодинамічної рівноваги. Скипання відбувається в легкокип'ячій рідині при порушенні рівноваги відносно неї. При цьому відбувається динамічне подрібнення дисперсної фази (гомогенізація). Технологічно цей ефект може бути отриманий при закипанні перегрітої емульсії в результаті різкого зниження тиску.

**Свищ І.С. Поликарбоксилаты й добавки для бетонів на їхній основі**

Представлені результати оптимізації складів важких бетонів із застосуванням гіперпластифікуючих (полицарбоксилатних) добавок. Установлені параметри прочностних характеристик оптимізованих складів у різний термін набору міцності, а так само встановлена морозостійкість і водонепроникність оптимізованих складів бетонів.

**Селаметов Є.Ш., Саломатин В.Н. Дослідження електромагнітного випромінювання в процесі набору міцності й наступному руйнування бетону класу В 25**

Приводяться результати багаторічних спостережень за зміною інтенсивності електромагнітних сигналів у міру твердіння бетону з різних по грансоставу матеріалів і руйнуванні його при одноосьовому стиску.

**Федоркин С.І., Макарова Е.С., Елькина І.І. Технологія виготовлення цегли на основі відходів гірських порід з використанням механоактивованого сировини**

Розроблено технологію та здійснено підбір обладнання для виготовлення саману на основі відходів гірських порід з використанням механоактивованого сировини. Проведена апробація технології в умовах промислового виробництва.

**Солошенко О.В. Визначення динамічних характеристик будівлі завдяки вібраційного впливу генератора**

Експериментальним шляхом визначені динамічні характеристики будівлі генераторним методом

**Осипов О.Ф., Тугай Я.Б. Дослідження будівельно-технологічних характеристик будинків перших масових серій**

За допомогою використання інструментів математичної статистики та в результаті аналізу тридцяти шести об'єктів-представників із шести регіонів України отримані будівельно-технологічні характеристики будинків, що підлягали обстеженню, а також визначені залежності та розраховані коефіцієнти, які в подальшому дозволяти підібрати раціональні технологічні рішення з демонтажу конструкцій, визначити їх вплив на ефективність застосування обраних комплектів засобів механізації та встановити область їх раціонального використання в різноманітних умовах будівельного майданчику, розробити нові методи демонтажу великопанельних будинків перших масових серій при реконструкції щільної міської забудови.

**Іваненко Т.А. Інженерно-геологічні особливості узбережжя західного Криму**

У роботі розглянуті результати аналізу еколого-геологічних розумів і моніторингових досліджень узбережжя Криму. Вивчено особливості геологічної будови й рельєфу території для подальшого рекреаційного освоєння Західного Криму. Проведена оцінка можливості використання місцевого матеріалу для захисту західного узбережжя Криму від руйнування.

**Пашенцев А. І. Оцінка екологічного збитку від застосування індивідуальної системи теплопостачання**

Застосовуючи метод зіставлення доведено помилковість уявлення автономного теплопостачання як пріоритетного напрямку розвитку систем теплопостачання при застосуванні низькоефективних і маломіцних котлів.

**Штонда Ю.І., Салиев Є.І., Эдимов Р.Р., Зубко А.Л., Штонда І.Ю. Підвищення ефективності очищення стічних вод від з'єднань азоту на каналізаційних очисних спорудженнях міста Красноперекоська**

Приведені дані по підвищенню ефективності очищення стічних вод від з'єднань азоту на каналізаційних очисних спорудах м. Красноперекоська в АР Крим. Розглянута доцільність використання нових систем аерації, зміна подачі стічної води в аеротенки для збільшення продуктивності каналізаційних очисних споруд і підвищення ефективності очищення стічних вод від з'єднань азоту.

**Чабан В.В. Застосування біоіндикатора *Artemia salina* при екологічному вивченні солоних озер Кримського півострова ( на прикладі озер Евпаторийської групи)**

Описується можливість використання біоіндикатора *Artemia salina* при вивченні солоних озер Кримського півострова. Наведена оцінка сучасного стану солоних озер Євпаторійської групи.

**Анісімов С.Н. Енергозбереження й теоретичні передумови для формування критеріїв ефективності термодинамічних процесів**

На основі термодинамічного методу отримано базове співвідношення яку є основою для формування критеріїв ефективності й визначення виду граничних процесів для досягнення максимального ефекту.

**Боровский Б.І., Атрошенко С.Ю. Техніко-економічна оцінка використання поліетиленових труб при проектуванні газової мережі в сільській місцевості**

Показане, що використання при газифікації села поліетиленових труб відносно сталевих дозволяє заощадити 42 % коштів, зменшити термін окупаємості витрат на газифікацію села на 42 %, а період будівництва газопроводу знизити на 32 %.

**Завалий А.А. Оптимізація профілю поверхні, що відбиває, інфрачервоного випромінювача**

Описане алгоритм оптимізації гометричної форми профілю відбиваючої поверхні інфрачервоного випромінювача, заснувань на зіставленні результатів моделювання переносу випромінювання оптико-геометричною та тепловою моделями. Виконана оптимізація параболічного профілю поверхні, що відбиває, для лінійного джерела випромінювання, метою якої є забезпечення рівномірного розподілу потоку випромінювання по плоскій поверхні, що опромінюється.

**Муровський С.П., Кузнєцов П.М. Розробка ефективної системи автономного енергопостачання видалених об'єктів на основі нетрадиційних відновлюваних джерел енергії**

У роботі розглянуто питання доцільності переходу на децентралізоване енергопостачання видалених об'єктів з застосуванням генеруючих установок на базі НВДЕ для Кримського півострова. Запропоновані схемні рішення автономного енергопостачання видалених об'єктів та оптимізовано комбіноване використання різних генеруючих потужностей з НВДЕ.

**Эпоян С.М., Карагяур А.С., Бабенко С.П. Дослідження роботи модуля мембранної ультрафільтрації**

Представлені результати експериментальних та теоретичних досліджень, що дозволяють прогнозувати зміну робочих параметрів модуля мембранної ультрафільтрації в процесі освітлення води.

