

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ**

Выходит 2 раза в год

Учредитель и издатель

Пензенский государственный
университет архитектуры
и строительства

Главная редакция:

А.М. Данилов (главный редактор)
Т.И. Баранова, Е.В. Королев
(заместители главного редактора)
И.А. Гарькина (ответственный
секретарь)

Адрес редакции:

440028, г. Пенза, ул. Титова, 28,
ПГУАС
Тел/факс 8412 929501
E-mail: danilov@gasa.penza.com.ru
www.pguas.ru/Наука/Издательская
деятельность

Редактор Н.Ю. Шалимова
Корректор В.С. Кулакова

Дизайн обложки Е.Г. Лапшина

Компьютерная верстка:
Г.А. Кулакова, Н.А. Сазонова

Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору за
соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций
и охране культурного наследия

Свидетельство о регистрации
ПИ №ФС77-25956 от 13 октября 2006 г.

Подписной индекс:
36946 в каталоге Роспечати

Авторы опубликованных материалов
несут ответственность за
достоверность приведенных сведений,
точность данных по цитируемой
литературе и за использование в
статьях данных, не подлежащих
открытой публикации.

Редакция может опубликовать статьи
в порядке обсуждения, не разделяя
точку зрения автора.

Подписано к печати 10.12.2008.
Формат 60x84 1/8.
Уч.-издл. 15,5. Тираж 500 экз. Первый завод 100.
Заказ №159.

**РЕГИОНАЛЬНАЯ
АРХИТЕКТУРА
И СТРОИТЕЛЬСТВО**
2(5)/2008

Содержание

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ.....	3
Ю.М. Баженов, Е.В. Королёв Технико-экономические основы практической нанотехнологии в строительном материаловедении	3
Р.В. Лесовик, Н.И. Алфимова, М.Н. Ковтун, А.Н. Ластовецкий О возможности использования техногенных песков в качестве сырья для производства строительных материалов ...	10
И.А. Гарькина, А.М. Данилов, Е.В. Королев Когнитивное моделирование сложных слабоструктурированных систем: пример реализации	16
И.Н. Максимова, Н.И. Макридин, М.В. Симаков Структура и конструкционные свойства бетона.....	22
И.Н. Максимова, Н.И. Макридин, П.С. Романова, Е.В. Блохина Экспериментальная оценка деформативности матричной фазы керамзитобетона.....	28
СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ.....	32
Т.И. Баранова, И.С. Гучкин, Д.В. Артюшин, Д.В. Попов Инженерные методы восстановления поврежденных конструкций в период строительства железобетонных каркасных зданий	32

© Авторы публикаций, 2008
© Е.Г. Лапшина, дизайн обложки, 2008
© ПГУАС, 2008

В.М. Вдовин, В.Н. Карпов, А.К. Гаврилов Прогнозирование рациональной прочности древесно-стружечных плит в клеёных конструкциях кровельных щитов	35	А.И. Шеин, О.Г. Елистратова Оптимизация некоторых параметров многомассовых гасителей колебаний	78
А.М. Береговой Формирование теплового режима «здоровых» зданий с ограждениями различной тепловой инерции	41	АРХИТЕКТУРА И ДИЗАЙН	87
ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ	47	Н.Г. Ли Познавательный процесс в практике обучения академическому рисунку в системе художественного образования (состояние, проблемы и перспективы)....	87
А.И. Ерёмкин, И.Н. Фильчакина Методика расчёта локальной раздачи воздуха методом неполного физического моделирования	47	ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА	96
С.Ю. Андреев, М.В. Бикунова, Т.В. Алексеева, А.С. Кочергин Использование реагентов-комплексобра- зователей для интенсификации очистки сточных вод гальванических производств от ионов тяжелых металлов	55	Н.Я. Кузин, В.С. Люлькин Факторы, влияющие на эффективность реализации инвестиционных проектов и формирование арендной ставки за пользование коммерческими объектами (на примере г. Пензы)	96
С.Ю. Андреев, А.М. Исаева, Т.В. Малютина Интенсификация работы мелкопузырчатых систем аэрации аэротенков за счет использования перемешивающих эрлифтных устройств	63	<i>К 90-летию окончания Гражданской войны</i> С.Д. Морозов Гражданская война в России: перекресток мнений	105
СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА	70	Аннотации статей №(5) 2008 г.....	111
С.В. Бакушев Напряжённо-деформированное состояние полупространства при радиальном распределении напряжений	70	Сведения об авторах	120
		Указатель статей, опубликованных в 2008 г.	122

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 691-022.532

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

Ю.М. Баженов

Московский государственный строительный университет,

Е.В. Королев

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Обсуждаются принципы нанотехнологии в приложении к синтезу строительных материалов со специальными свойствами. Приводится пример реализации.

Перспективы и эффективность применения нанотехнологии очевидны. Однако многие исследователи считают, что отличительной чертой данной технологии является размер объекта регулирования. Подобные мнения приводят к появлению исследований, которые фактически не соответствуют уровню нанотехнологии, а их результаты адекватно объясняются в рамках классических представлений, без использования методов квантовой механики [1, 2].

Материальная система получает приставку «нано» не по причине того, что её размер становится меньше 100 нм, а потому, что её свойства начинают зависеть от размера (размерный эффект). Свойства наносистемы отличны как от характеристик макротела, так и от свойств молекул или ионов, его составляющих. В соответствии с вышеизложенным под *нанотехнологией* понимается некоторая совокупность приёмов, направленная на синтез наноразмерных (низкоразмерных) систем (объектов) как в объёме материала, так и на границе раздела фаз, то есть на поверхности; в этом случае нанотехнология рассматривается как совокупность химических и физико-химических способов и приёмов создания на поверхности твёрдого тела структур, имеющих хотя бы в одном направлении наноразмер [3]. Под *нанокмозитами* понимают ансамбли металлических или оксидных наночастиц, изолированных в твёрдых телах-матрицах [4].

Для создания *практической нанотехнологии* необходимо решить следующие задачи:

- 1) получить наночастицы или системы с нанокмпонентами стабильного качества;
- 2) найти способ однородного распределения нанообъектов по объёму композиционного материала;
- 3) разработать методику оценки технико-экономической эффективности применения нанотехнологии.

Решение этих задач позволит выявить *область применения* нанотехнологии в строительном материаловедении и определить *методы её реализации*.

Оценка технико-экономической эффективности нанотехнологии

Для этого введём коэффициент технико-экономической эффективности, равный:

$$q_{ef} = \frac{\bar{F}_k}{\bar{C}},$$

где \bar{F}_k – относительное изменение обобщённого критерия качества, \bar{C} – относительное изменение стоимости технологии (материала).

Формулирование обобщённого критерия качества материала

Наиболее простым видом обобщённого критерия качества является аддитивная функция вида

$$F_k = \sum_i^n \beta_i K_i = \sum_i^n \beta_i \sqrt[m]{\prod_j^m k_j},$$

где β_i – весовые коэффициенты (коэффициенты значимости),

$$\sum_i^n \beta_i = 1;$$

K_i – групповые коэффициенты свойств,

$$K_i = \sqrt[m]{\prod_j^m k_j};$$

k_j – критерий выделенного свойства,

$$k_j = \frac{I_j}{I_{j,\max}};$$

$I_j, I_{j,\max}$ – фактическое и нормированное значение выделенного свойства.

При $I_j \geq I_{j,\max}$ принимается $k_j = 1$. Относительное значение обобщённого критерия качества рассчитывается по формуле

$$\bar{F}_k = \frac{(F_k)_н - (F_k)_б}{(F_k)_б},$$

где индексы «н» и «б» указывают на новый и базовый материалы соответственно.

Конкретный перечень свойств, определяющий качество материала, формулируется в зависимости от области применения материала. Здесь важно не только установить эксплуатационные факторы и их сочетание, но и найти методики оценки свойств материала.

Формулирование стоимости технологии (материала)

Относительная стоимость материала должна учитывать весь его жизненный цикл; её также можно представить в виде аддитивной функции

$$\bar{C} = \sum_{i=1}^5 \alpha_i \bar{C}_i = \alpha_1 \bar{C}_1 + \alpha_2 \bar{C}_2 + \alpha_3 \bar{C}_3 + \alpha_4 \bar{C}_4 + \alpha_5 \bar{C}_5,$$

где \bar{C}_1 – затраты на производство (изготовление материала); \bar{C}_2 – затраты на проектирование, монтаж и эксплуатацию технологической линии; \bar{C}_3 – затраты на изготовление конструкции (изделия); \bar{C}_4 – эксплуатационные затраты; \bar{C}_5 – затраты на переработку (утилизацию) материала; α_i – коэффициенты весомости,

$$\sum_{i=1}^5 \alpha_i = 1.$$

Относительное значение стоимости технологии (материала) рассчитывается по формуле

$$\bar{C}_i = \frac{\Delta C}{C_б} = \frac{C_н - C_б}{C_б}.$$

Очевидно, что применение технологии эффективно при выполнении условий:

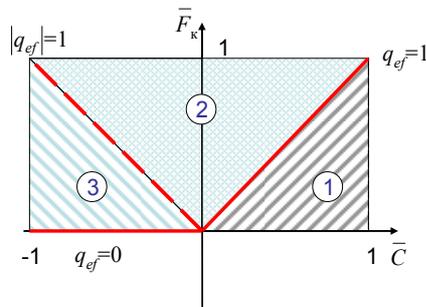
- 1) $q_{ef} > 1$ при $\bar{C} > 0$;
- 2) $|q_{ef}| > 0$ при $\bar{C} < 0$.

Эти условия определяют в плоскости « $\bar{F}_k - \bar{C}$ » область, ограниченную прямыми:

- 1) $\bar{F}_k = \bar{C}$ при $\bar{C} > 0$;
- 2) $\bar{F}_k = 0$ при $\bar{C} < 0$.

Зависимость $q_{ef} = f(\bar{F}_k, \bar{C})$ имеет сложный вид: резкое возрастание q_{ef} наблюдается при $\bar{F}_k \geq |\bar{C}|$ (рис. 1, б). Прямые $\bar{F}_k = |\bar{C}|$ ($|q_{ef}| = 1$) образуют область «клина», определяющую эффективные технологии нанокомпозитов (рис. 1, а). Область, соответствующая условию $0 < |q_{ef}| < 1$ при $\bar{C} < 0$, характеризует достижения традиционных технологий.

а



б

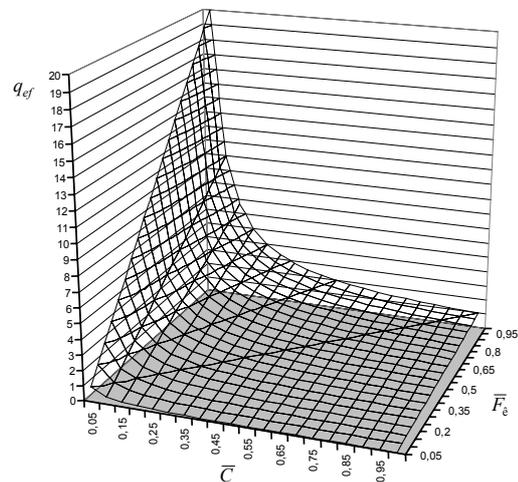


Рис. 1. Диаграмма технико-экономической эффективности нанотехнологии:
 1 – область неэффективных составов $q_{ef} < 1$; 2 – область составов нанокмозитов $q_{ef} > 1$;
 3 – область традиционных составов $q_{ef} < 1$ (при $C < 0$)

Необходимо указать, что существуют определённые трудности при выборе базового материала как в методике расчёта экономических показателей, так и в определении качества материала. Указанные задачи требуют *оперативного решения*.

Способы получения наносистем стабильного качества

Все способы получения наноразмерных частиц разделяются на две группы: методы *диспергирования* и *агрегирования*. Первый метод заключается в необходимости различными способами измельчить макротело до наночастиц, затратив при этом значительное количество энергии.

Второй метод предполагает образование наночастиц в результате химического превращения соединения-предшественника (прекурсора) с последующей агрегацией молекул или атомов продукта реакции в матрице-носителе. Эти методы приводят к формированию частиц с высокой поверхностной энергией, что предопределяет их слипание (агрегирование). Очевидно, что метод агрегирования более перспективен, так как в нём используется потенциальная химическая энергия взаимодействующих компонентов. Однако указанные методы не решают проблем однородного распределения наноструктур в объёме композита.

Определение способа однородного распределения нанообъектов в объёме композита

Для выявления способа однородного распределения нанообъектов в объёме композита необходимо определить приемлемую стратегию реализации нанотехнологии. Известны два направления осуществления нанотехнологии, условно называемые технология «сверху вниз» и технология «снизу вверх» [5], причём механосинтез, положенный в основу технологии «снизу вверх», рассматривается как будущее современной нанотехнологии.

Анализ типичной кинетики изменения теплосодержания системы указывает на две важные особенности процесса синтеза (рис. 2):

1) для осуществления синтеза необходимо сообщить системе дополнительную энергию, равную энергии активации;

2) термодинамически устойчивая система формируется при $H_{исх} > H_{кон}$, то есть при выделении тепла $\Delta q_{пр} > 0$.

Эти особенности принципиально важны при выборе стратегии нанотехнологии. Необходимо отметить, что при получении нанообъекта по технологии «сверху вниз» подводимая извне энергия расходуется на диспергирование материала и увеличение поверхностной и внутренней энергии вещества. Причём основным следствием механической обработки твёрдых тел является не измельчение, а увеличение количества дефектов (на увеличение поверхностной энергии приходится несколько процентов энергии, остальное идёт на накопление в кристаллах дефектов). Однако возможность использования накопленной энергии зависит от вида процесса, то есть изменение количества накопленной энергии может несимбатно изменять реакционную способность твёрдого тела [6].

Представленная кинетика изменения теплосодержания справедлива для технологии «снизу вверх». Однако при механосинтезе тепло $\Delta q_{пр}$ необходимо отводить из зоны синтеза, так как тепловая энергия будет нарушать структуру наноконструкции (отвод энергии требует дополнительных затрат ресурсов).

При синтезе наноструктур из компонентов, способных вступать во взаимодействие, выделяющаяся теплота расходуется на снижение величины энергетического барьера, что, безусловно, положительно.

Отсюда очевидно, что в настоящее время перспективной стратегией развития нанотехнологии является синтез наноструктур из потенциально активных компонентов.

Современная тенденция в технологии строительных материалов направлена на получение многокомпонентных высокодисперсных композитов. Очевидно, что количество каждого компонента, дополнительно вводимого в смесь, уменьшается. При этом закономерно снижаются вероятность получения однородной смеси и устойчивость¹ технологического процесса к случайному варьированию рецептурных факторов. Предположим, что Δ_i – рациональный диапазон варьирования фактора ($i=1...n$, где n – количество факторов), δ_i – погрешность в его регулировании (рис. 3). Вероятность выхода фактора за границы варьирования равна:

$$w_i = \delta_i / \Delta_i \text{ или } w_i = 1/q_i \text{ (при } \Delta_i = q_i \delta_i \text{),}$$

а устойчивость всего технологического процесса –

$$W = 1 - \sum_i^n \alpha_i w_i,$$

где α_i – коэффициент весомости фактора; $\sum \alpha_i = 1$.

¹ Под устойчивостью технологического процесса будем понимать получение материала с требуемым качеством при случайном выходе рецептурно-технологических факторов из рациональных границ варьирования.

Из представленных формул следует, что при уменьшении Δ_i , что будет происходить при увеличении количества компонентов в материале, и при $\delta_i = \text{const}$ устойчивость технологического процесса будет снижаться. Повысить стабильность процесса можно путём использования компонентов, образующих термодинамически устойчивые системы – молекулярные или лиофильные коллоидные растворы. При этом достигается максимальная однородность распределения компонента по объёму композита, что особенно важно в случаях добавления модификатора в микроколичестве.

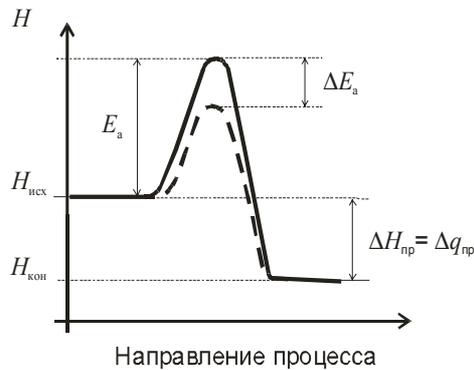


Рис. 2. Кинетика изменения теплосодержания системы в процессе синтеза

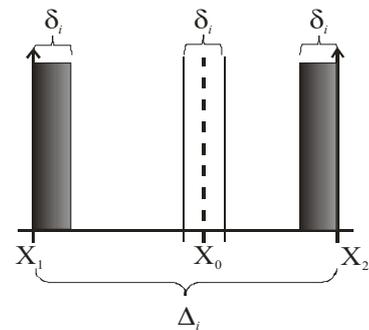


Рис. 3. Устойчивость технологического процесса

При реализации нанотехнологии носителем нанобъектов должна являться среда, образующая в композите непрерывную фазу. В соответствии с теорией перколяции, образование непрерывной фазы наблюдается при достижении порога перколяции: первый порог равен 16 % по объёму материала. Такими средами в композиционных материалах являются жидкая или дисперсная фазы. Не проводя детального анализа, отметим, что для получения стабильных коллоидных растворов наночастиц требуется применение различных ПАВ (особенно при использовании фуллеренов и нанотрубок, которые плохо смачиваются водой). Очевидно, что такие вспомогательные вещества при введении в композит должны свободно удаляться с поверхности нанобъекта для реализации его потенциальных возможностей.

Дисперсные фазы композиционных материалов также могут являться носителями нанобъектов. Для этого на поверхности частиц дисперсной фазы необходимо создать наноструктурную плёнку. Существует несколько способов формирования наноструктурных плёнок (поверхностных нанокомпозитов) [3, 7...9]:

1) *Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ)* – процесс испарения и конденсации вещества в сверхвысоком вакууме ($P < 10^{-9}$ мм рт. ст.). Для этого необходимо наличие чистых источников испаряемых веществ, высокого вакуума, точный контроль температуры подложки, диагностика растущей плёнки. Эффузионные испарительные ячейки выполняются из тугоплавкого материала, например нитрида бора. Охлаждение проводится жидким азотом. Метод МЛЭ имеет весьма существенный недостаток – высокую стоимость.

2) *Газовая эпитаксия металлоорганических соединений (ГЭМС)*. В этом случае исходные газообразные реагенты пиролизически (под действием высокой температуры) разлагаются у поверхности подложки, выделяя плёнкообразующие компоненты, причём подложка является более нагретым телом, чем окружающая среда. При выращивании тонких плёнок контроль за толщиной в процессе синтеза неприменим, так как обычно используют агрессивные газовые среды. Процесс проводят в проточном вакуумном реакторе при давлении паров компонентов 0,1...10 мм рт. ст. Снижение давления и увеличение скорости потока позволяет значительно повысить однородность слоёв. Исходными компонентами

являются метильные, этильные и изобутильные соединения металлов, а также гидриды некоторых элементов. Метод ГЭМС, по сравнению с МЛЭ, обладает высокой производительностью, однако даёт более расплывчатые структуры, обусловленные высокой температурой подложки и продолжительным синтезом.

3) *Химическая сборка поверхностных наноструктур (ХС) и её разновидности* – метод *молекулярного наслаивания (МН)* и *атомно-слоевая эпитаксия (АСЭ)* – основаны на хемосорбции компонентов из газовой фазы. Благодаря возможности проведения практически монослойной хемосорбции компонентов формирование структур происходит по слоевому механизму, то есть без образования трёхмерных зародышей. В методе МН предусмотрено наличие на поверхности матрицы определённых функциональных групп, способных реагировать с низкомолекулярными соединениями. Таким образом, благодаря серии последовательных химических реакций осуществляется наращивание слоёв структурных единиц заданного состава. Основная особенность ХС заключается в том, что процесс формирования слоя контролируется термодинамикой не фазовых переходов, а макрореакций, при этом проведение реакций в неравновесных условиях приводит к формированию устойчивых структур. Неравновесность процесса достигается значительным избытком компонента и быстротой удаления газообразных продуктов реакции. Толщина образующегося слоя определяется не временем синтеза или интенсивностью потока вещества, а количеством повторяющихся реакционных циклов. Благодаря малой энергии активации поверхностных явлений ХС можно проводить при низких температурах, что значительно снижает интенсивность диффузионных процессов. В методе АСЭ реакции присоединения осуществляются на координационно-ненасыщенных атомах поверхности послойной хемосорбцией компонентов из атомно-молекулярных пучков. Процесс проводят в вакууме; аппаратура АСЭ – упрощённый вариант МЛЭ. Недостатком ХС является ограниченное количество реакционноспособных легколетучих реагентов и сложность создания достаточно однородно активированной поверхности для реализации монослойного роста наноструктур.

Очевидно, что из вышеперечисленных апробированных методов в строительном материаловедении можно использовать метод химической сборки, в частности, метод молекулярного наслаивания.

Вышеизложенное позволяет сформулировать некоторые принципы практической нанотехнологии в строительном материаловедении:

- Нанотехнология строительных композитов должна обеспечивать их *производство по объёмным технологиям*, то есть по традиционным технологиям с некоторыми дополнениями.

- Носитель нанообъектов (наночастицы, как вводимые извне, так и синтезируемые в объёме композита) должен образовывать в композите (постоянно или временно) непрерывную фазу. Из теории протекания следует, что образование непрерывной фазы наблюдается при достижении порога перколяции (первый порог – 16 % по объёму). Этот принцип предполагает, что создание наноструктур *целесообразно проводить на границе(ах) раздела фаз*. При этом должна формироваться *термодинамически устойчивая граница раздела фаз*. Это обеспечит высокую степень однородности распределения нанообъектов.

- Синтез нанообъектов в композите должен приводить к снижению энергии Гиббса ($G < 0$).

- Количество модификаторов наноразмерного уровня должно обеспечивать их *равномерное распределение по объёму* материала.

- Вспомогательные вещества, применяемые для распределения нанообъектов в объёме композита, должны удаляться с их поверхности основной фазой композита.

Разработку нанотехнологии строительного композита целесообразно проводить в предлагаемой последовательности:

- выявление особенностей структурообразования композита, условий повышения эксплуатационных свойств и параметров структуры композита (однородность распределения фаз, дисперсность твёрдых частиц, влияние границы раздела фаз на кристаллическое строение вяжущего вещества, плотность дислокаций, образование новых фаз, особенности строения порового пространства и др.);
- определение вида наномодификатора и его носителя;
- разработка методики введения наномодификатора, обеспечивающей его однородное распределение на границе раздела фаз;
- установление закономерностей влияния наномодификатора и других рецептурно-технологических факторов на структуру и эксплуатационные свойства композита, получение математической модели и многокритериальная оптимизация состава и технологического режима изготовления материала;
- технико-экономическая оценка эффективности нанотехнологии.

Используя приведённый алгоритм и принципы практической нанотехнологии, можно разработать множество строительных материалов различного назначения и на основе различных вяжущих. В частности, аналогично методу молекулярного наслаивания нами разработан и апробирован метод жидкофазного нанесения модификатора, толщина которого на поверхности наполнителя составляет 45...75 нм. В процессе изготовления композита физико-механические свойства модификатора изменяются, что обеспечивает повышение эксплуатационных свойств композита на 30...50 % [10].

Литература

1. Королев, Е.В. Модифицирование строительных материалов нанокремнеземными трубками и фуллеренами [Текст] / Е.В. Королев, Ю.М. Баженов, В.А. Береговой // Строительные материалы. – 2006. – №8. – С. 2–4.
2. Баженов, Ю.М. Нанотехнология и наномодифицирование в строительном материаловедении. Зарубежный и отечественный опыт [Текст] / Ю.М. Баженов, Е.В. Королев // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. – 2007. – №2. – С.16–19.
3. Малыгин, А.А. Химия поверхности и нанотехнология: взаимосвязь и перспективы [Текст] / А.А. Малыгин // Соросовский образовательный журнал. – Т.8. – №1. – 2004. – С. 32–37.
4. Романовский, Б.В. Наноконструкты как функциональные материалы [Текст] / Б.В. Романовский, Е.В. Макшина // Соросовский образовательный журнал. – Т.8. – №2. – 2004. – С. 50–55.
5. Кобаяси, Н. Введение в нанотехнологию [Текст] / Н. Кобаяси. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2005. – 134 с.
6. Болдырев, В.В. Управление химическими реакциями в твёрдой фазе [Текст] / В.В. Болдырев // Соросовский образовательный журнал. – №5. – 1996. – С.49–55.
7. Ежовский, Ю.К. Поверхностные наноструктуры – перспективы синтеза и использования [Текст] / Ю.К. Ежовский // Соросовский образовательный журнал. – Т.6 – №1. – 2000. – С. 56–63.
8. Малыгин, А.А. Химическая сборка поверхности твёрдых тел методом молекулярного наслаивания [Текст] / А.А. Малыгин // Соросовский образовательный журнал. – №7. – 1998. – С. 58–64.
9. Лисичкин, Г.В. Химическое модифицирование поверхности минеральных веществ [Текст] / Г.В. Лисичкин // Соросовский образовательный журнал. – №4. – 1996. – С. 52–59.
10. Баженов, Ю.М. Наномодифицированные коррозионно-стойкие серные строительные материалы [Текст] / Ю.М. Баженов, Е.В. Королев, И.Ю. Евстифеева, О.Г. Васильева. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2008. – 167 с.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПЕСКОВ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ*

Р.В. Лесовик, Н.И. Алфимова, М.Н. Ковтун, А.Н. Ластовецкий
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

Рассмотрена возможность использования отходов алмазообогащения как сырья для производства строительных материалов, в частности, применения их в качестве заполнителя мелкозернистого бетона.

При добыче и переработке полезных ископаемых образуются большие объемы отходов их обогащения, складирование которых требует значительных площадей, приводит к изменению рельефа, нарушению инженерно-геологических, гидрогеологических и эколого-геологических условий района размещения хранилища отходов.

Общее количество переработанной горной массы на планете превышает 100 млрд т. В настоящее время в развитых странах добыча минерального сырья на каждого жителя в среднем составляет 20 т/год, а в России – примерно в два раза больше. Если учесть, что только 10 % сырья переходит в конечную продукцию, а 90 % превращаются в отходы, то получается, что мировое сообщество непрерывно работает над производством отходов. Обстановка усугубляется и тем, что уже в ближайшем будущем, по имеющимся экспертным оценкам, прекратится эксплуатация значительного числа месторождений с высококачественными запасами. Поэтому стратегическим направлением дальнейшего развития минерально-сырьевой базы во многих странах становится добыча и переработка более бедных руд. Это означает, что при их обогащении будут образовываться огромные объемы хвостов, требующих увеличения площадей для складирования.

Наибольшее количество отходов образуется при обогащении таких полезных ископаемых, как золото, алмазы и т.д.

Очевидна необходимость разработки малоотходных технологий и комплексного использования недр, так как отходы алмазообогащения (ОАО) в России (как и в ЮАР) не утилизируются, а их объемы значительны (речь идет об отходах, которые не содержат полезных компонентов даже на наноразмерном уровне). Проще решать проблему комплексного использования сырья при многостадийном обогащении, где происходит разделение на щебень и песок. Отходы алмазообогащения имеют различный гранулометрический состав в зависимости от стадии переработки. В ЮАР, например, они представлены следующими фракциями: менее 1 мм, 1–8 мм, 8–25 мм. Первые хранятся в хвостохранилищах, а вторые и третьи складированы в отвалах.

В силу ряда объективных и субъективных причин до сих пор не разработаны схемы комплексного использования месторождений алмазов. Проблема усугубляется тем, что минеральный состав отходов существенным образом отличается от традиционно применяемого при производстве строительных материалов сырья. Отходы алмазообогащения имеют специфический состав и свойства благодаря своему генезису, технологии добычи и переработки руд.

Использование такого сырья в строительстве имеет свою специфику как в процессе приготовления сырьевой смеси, так и при синтезе композитов.

* Данная работа выполнялась при финансовой поддержке в форме гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских учёных МК-3123.2008.8 «Разработка теоретических принципов повышения эффективности мелкозернистого бетона с использованием техногенных песков для жилищного строительства».

Возможными направлениями использования таких ОАО, как техногенные пески, является использование их в качестве кремнеземистого заполнителя при производстве композиционных вяжущих и в качестве мелкого заполнителя при производстве мелкозернистых бетонов.

Специфика формы и морфологии поверхности отходов алмазообогащения, представленных отсевами дробления кимберлитов, связана с ультраосновным составом исходных пород и их структурно-текстурными особенностями. Для данных техногенных песков характерны преимущественно кубовидные, близкие к изометричным зёрна (рис. 1). Это связано с мелко- и микрокристаллической структурой и массивной текстурой, отсутствием твердых минералов с весьма несовершенной спайностью, которые могут давать остроугольные зерна (например кварц). Поверхность песчаных зерен покрыта более тонкодисперсным веществом (рис. 1, 2а) и после обогащения в лабораторных условиях изменяется незначительно (рис. 2б).

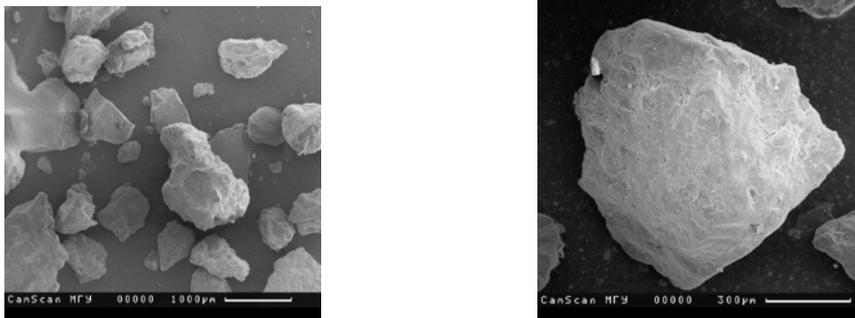


Рис. 1. Форма и поверхность ОАО в естественном состоянии

Это свидетельствует о том, что при использовании данных отсевов дробления обогащение как метод повышения качества мелкого заполнителя из техногенного сырья не приведет к существенным результатам.

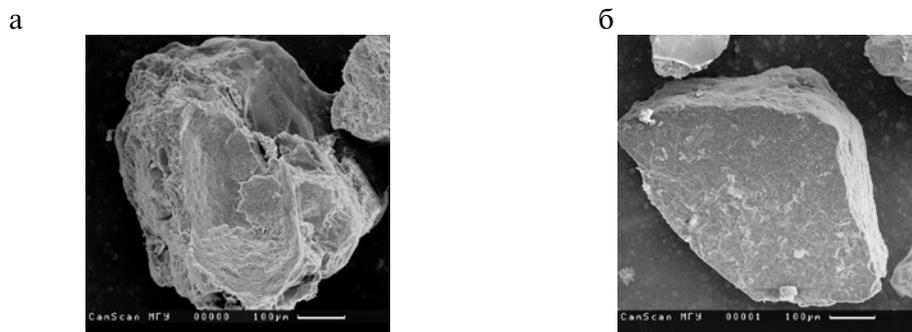


Рис. 2. Форма и поверхность ОАО:
а – в естественном состоянии; б – в отмытом состоянии

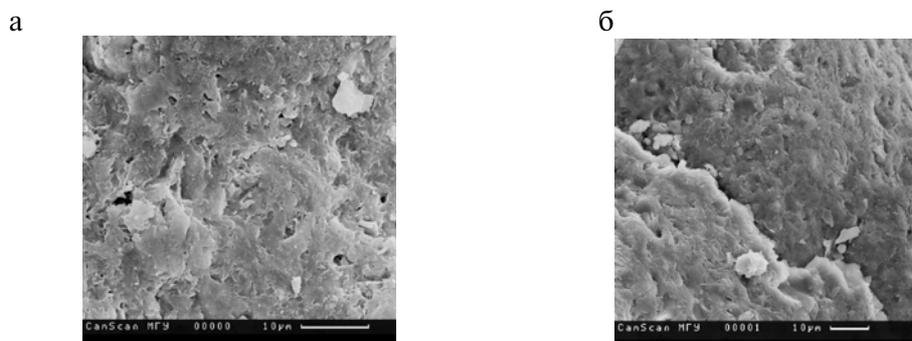


Рис. 3. Морфология поверхности зерен ОАО:
а – в естественном состоянии; б – в отмытом состоянии

Можно констатировать, что оценка характера поверхности техногенного песка при выборе мелкого заполнителя должна стать обязательным процессом при разработке составов мелкозернистых бетонов, к которым предъявляются повышенные требования в отношении таких свойств, как максимальная прочность при изгибе, высокая водонепроницаемость, повышенная долговечность в условиях газовой и солевой агрессии и т.п. [1].

Одним из важных факторов, влияющих на процессы структурообразования искусственного композита, является как морфология зерен мелкого заполнителя (кубовидная, лещадная, пластинчатая, игловидная и т.д.), что достаточно хорошо изучено [2–4], так и морфология поверхности заполнителя (степень шероховатости) [5, 6], чему по ряду причин до настоящего времени не уделяется должного внимания. В то же время проведенные нами исследования доказали значимость для структурообразования искусственного композита характера поверхности частиц, подготовленной в различной степени геологическими (природный песок) и техногенными (отходы промышленности) процессами. Говоря о морфологии поверхности частицы, мы описываем форму ее поверхности, ее рельеф (рис. 3). Так, при одинаковой морфологии частиц, например шарообразной, морфология поверхности может быть как гладкой, так и развитой, т.е. с положительными и отрицательными формами рельефа.

Предложена методика определения качества техногенных песков, которая показывает прямую зависимость между составом и свойствами техногенного песка, а также прочностью композита, что необходимо учитывать при получении мелкозернистого бетона. Методика заключается в определении прочности образцов состава «цемент-песок» (1:4) с определенной подвижностью (осадка конуса 2–4 см). Коэффициент качества (ККП) техногенного песка (ОАО) рассчитывается как соотношение предела прочности при сжатии мелкозернистого бетона на техногенном песке к пределу прочности при сжатии мелкозернистого бетона на песке Вольского месторождения (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Сравнительная характеристика свойств песков различных видов

№ п/п	Наименование заполнителя	$M_{кр}$	Цементопотребность	Водопотребность, %	$R_{сж}$ МПа	Коэффициент качества, ККП
1.	Отходы алмазообогащения Архангельской алмазонаосной провинции	2,93	0,96	10,85	4,8	0,26
2.	Отходы ММС	0,8	1,96	21	6,1	0,33
3.	Песок Нижне-Ольшанского месторождения	1,3	0,64	7,5	9,8	0,53
4.	Песок Вольского месторождения	2,5	0,49	4	18,6	1
5.	Отсев дробления кварцитопесчаника (КВП)	3,7	0,95	8,5	23,6	1,27
6.	Валунно-песчано-гравийные смеси Северного Кавказа	3,8	0,57	8,5	25,9	1,4
7.	Отсев дробления гранита	3,3	0,71	7,8	30,6	1,6
8.	КВП фракции (0,315-5)	4,7	0,5	6,5	32,5	1,75

Данные табл.1 свидетельствуют о том, что наибольшим коэффициентом качества обладает отсев дробления кварцитопесчаника. Это обусловлено минералогическим составом (95 % кварца), генезисом, особенностями типоморфизма

и шероховатостью поверхности данного песка. Наименьшим коэффициентом качества обладают отходы ММС и отходы ОАО. В случае с отходами ММС это объясняется низким модулем крупности и высокими коэффициентами цемента- и водопотребности. Низкий коэффициент качества ОАО объясняется тем, что прочность бетона в значительной степени зависит от прочности контактной зоны цементного камня и заполнителей, что особенно актуально для мелкозернистого бетона. Прочность сцепления заполнителя с цементным камнем в ранние сроки твердения определяется преимущественно механическим зацеплением. ОАО, как отмечалось ранее, обладают шероховатой поверхностью, что связано с технологическими процессами, при которых они образуются. Данный факт дает возможность предположить, что ОАО позволят получить высокую прочность мелкозернистого бетона в ранние сроки твердения. Однако в поздние сроки прочность сцепления в основном определяется адгезией заполнителя к цементному камню. В случае с ОАО адгезия к цементному камню будет низкой, так как ультраосновной состав данных отходов не способствует высокой адгезии (рис. 4).

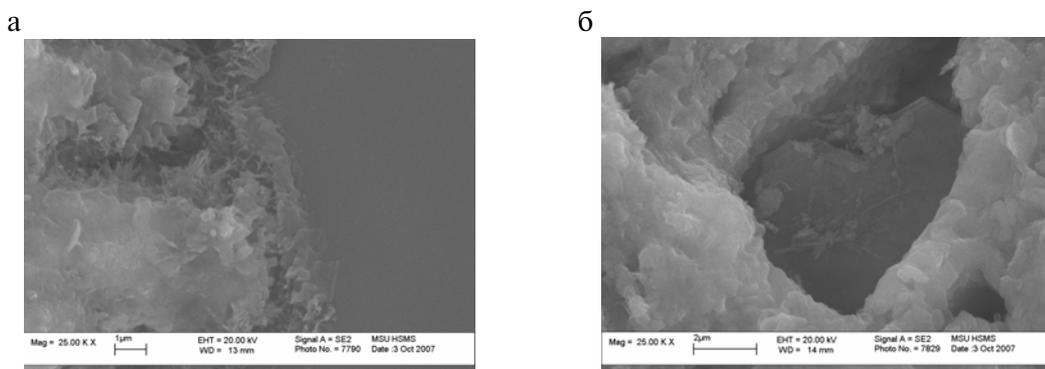


Рис. 4. Контактная зона цементного камня с заполнителем:
а – кварцевый песок; б – ОАО

Высокая водо- (10,85 %) и цементопотребность (0,96 %) ОАО так же объясняется спецификой минералогического состава и особенностями их поверхности.

Таким образом, ввиду низкой адгезии и высокой водо- и цементопотребности ОАО, обусловленных спецификой сырья, представляется целесообразным разработать и применение композиционных вяжущих типа ВНВ и ТМЦ, которые при прочих равных условиях позволят повысить прочность сцепления заполнителя с матрицей, а также решить одну из основных задач при получении мелкозернистых бетонов – снижение расхода клинкерной составляющей, т.к. в мелкозернистых бетонах из-за отсутствия крупного заполнителя идет перерасход вяжущего.

Характеристики ВНВ, полученного на основе ОАО, приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2
Свойства многокомпонентных вяжущих на основе ОАО

Наименование вяжущего	Удельная поверхность $S_{уд}$, м ² /кг	НГ, %	Начало схватывания, мин	Конец схватывания, мин	Активность вяжущего в возрасте 28 сут, МПа	
					$R_{изг}$	$R_{сж}$
ВНВ-70	509,8	24,75	120	320	1,96	19,53
ВНВ-50	490,1	22,55	130	330	1,58	15,90

Анализ результатов показал, что ВНВ на основе ОАО имеет низкую активность. Это объясняется особенностями минералогического состава ОАО, в частности отсутствием кварца, так как повышенная активность кремнеземистого наполнителя ускоряет гидролиз клинкерных минералов путем связывания гидроксида кальция и образования дополнительных порций гидросиликатов кальция. ВНВ на данном техногенном песке имеет рыхлую структуру с большим количеством пор, о чем свидетельствует анализ микрофотографий (рис. 4).

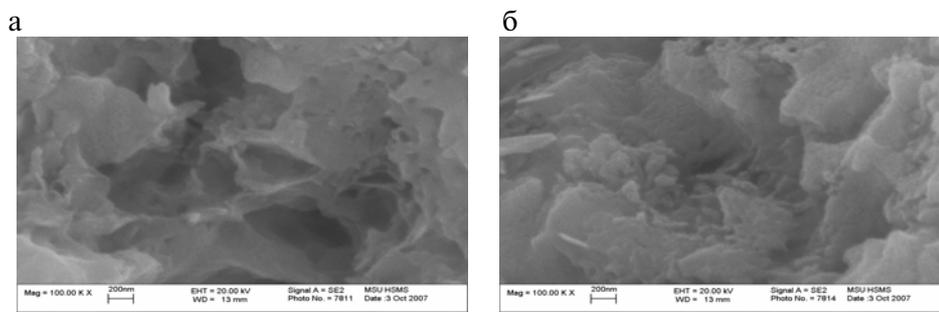


Рис. 4. Микроструктура ВНВ-50:
а – на ОАО; б – на Белогорском песке

Учитывая низкую активность ВНВ на основе отходов алмазообогащения, было предложено получать вяжущее с использованием кварцевых песков (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Свойства вяжущих низкой водопотребности на основе кварцевого песка

Наименование вяжущего	Удельная поверхность $S_{уд}$, m^2/kg	НГ, %	Начало схватывания, мин	Конец схватывания, мин	Активность вяжущего в возрасте 28 сут, МПа	
					$R_{изг}$	$R_{сж}$
ВНВ-70	511,0	22,60	130	300	5,9	61,3
ВНВ-50	515,6	20,20	120	310	5,3	45,7

Из полученных результатов видно, что ВНВ-50 на основе природного песка по значению активности соответствует марке цемента ЦЕМ I 42,5 Н; таким образом, использование данного вяжущего позволит уменьшить в два раза расход клинкерной составляющей без снижения прочности конечного изделия [1].

Из вышеизложенного следует, что из-за низкой активности вяжущего на отходах алмазообогащения наиболее целесообразно в качестве кремнеземистого компонента для получения ВНВ использовать природный песок.

На основе полученных данных были разработаны составы мелкозернистого бетона для производства стеновых камней. В качестве вяжущего использовалось ВНВ-70 на основе кварцевого песка, а заполнителя – отходы алмазообогащения (табл.4).

Составы бетона для стеновых камней

Изделие	Расход материалов, кг/м ³			В\Ц	Предел прочности при сжатии в 28 сут, МПа
	ВНВ-70	Песок	Вода		
СКЦ-2 М-25	330	1684	82,5	0,25	2,21
СКЦ-4 М-50	430	1584	94,6	0,22	5,03
СКЦ-6 М-75	530	1474	106	0,20	7,41

Таким образом, использование отходов алмазообогащения в качестве заполнителя мелкозернистого бетона позволит решить проблему комплексного использования природных ресурсов при добыче алмазов, а также будет способствовать снижению себестоимости стеновых материалов. Кроме того, подобные составы, только с существенно большей подвижностью, эффективно использовать для закладки выработанных пространств при подземной добыче алмазов.

Литература

1. Алфимова, Н.И. Повышение эффективности стеновых камней цементных с учетом использования композиционных вяжущих и отходов алмазообогащения [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.05: защищена 21. 12. 07: утв. 14. 04. 08 / Н.И. Алфимова. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2007. – 19 с.
2. Баженов, Ю.М. Прогнозирование свойств бетонных смесей и бетонов с техногенными отходами [Текст] / Ю.М. Баженов, Л.А. Алимов, В.В. Воронин // Изв. вузов. Стр.-во. – 1997. – №4. – С. 68–72.
3. Хархардин, А.Н. Краевые задачи бетоноведения [Текст] / А.Н. Хархардин, Р.В. Лесовик // Вест. отд-ния строит. наук / Рос. акад. архитектуры и строит. наук, БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: ГП «Белгородская областная типография», 2005. – Вып. 9. – С. 421–429.
4. Гридчин, А.М. Производство и применение щебня из анизотропного сырья в дорожном строительстве [Текст] / А.М. Гридчин. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2001. – 149 с.
5. Зозуля, П.В. Оценка формы частиц мелкого заполнителя для строительных растворных смесей [Текст] / П.В. Зозуля // Материалы конф. BaltiMix «Сухие строительные смеси для XXI века: технологии и бизнес». – СПб., 2004. – С.64–67.
6. Дьяченко, Е.И. Роль зернового состава заполнителя в сухих строительных смесях [Текст] / Е. И. Дьяченко, А. Н. Сушенков // Сб. тез. докл. I Междунар. конф. BaltiMix. – СПб., 2001. – С. 83–87.

КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СИСТЕМ: ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ

И.А. Гарькина, А.М. Данилов, Е.В. Королев

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Рассматриваются приложения теории систем и когнитивного моделирования сложных слабоструктурированных систем к разработке радиационно-защитных композитов.

Известно, что *слабоструктурированные системы* [1] имеют множество противоречивых целей и критериев, плохо поддаются описанию и трудно формализуемы. Одним из способов исследования таких систем является *когнитивное моделирование* (введено психологом Э.Толменом [2] в 1948 г.; от лат. *cognitio* – знание, познание; структуризация, состоящая в формировании и уточнении гипотезы о функционировании объекта). В настоящее время когнитивный подход к исследованию сложных систем активно развивается как в России, так и за рубежом [3,4]. Он предполагает использование когнитивных возможностей (восприятие, представление, познание, понимание, объяснение) субъекта управления при решении управленческих задач. Основой когнитивного моделирования является *когнитивная карта* (ориентированный граф). Она позволяет формализовать взаимодействие существующих в системе основных связей, определяющих ее функционирование. При построении таких моделей может быть использована неполная, нечеткая и даже противоречивая информация.

С вершинами ориентированного графа связаны факторы (концепты) и дуги, указывающие *каузальные* (причинные; от лат. *causa* – причина) связи между факторами. Положительному влиянию приписывается знак «+» (рост (снижение) одного фактора приводит к росту (снижению) другого), отрицательному – знак «–» (рост (снижение) одного фактора приводит к снижению (росту) другого). Степени влияния определяются весами. При различных интерпретациях вершин, дуг и весов (указываются на дугах), а также использовании для оценки влияния связей между факторами различных функций, естественно, возможно получение различных модификаций моделей, требующих различного формального аппарата для их анализа.

При использовании традиционных методов поиска оптимального (или удовлетворительного) решения для слабоструктурированных систем возникают трудности, связанные с выявлением реальных проблем и причин их появления, что часто сложнее, чем выбор между альтернативными решениями. Поэтому когнитивное моделирование, несмотря на его предварительный характер при решении прикладных задач управления слабоструктурированными системами, является важным аспектом наряду с этапом формализации представлений о системе. Вследствие участия человека в процессе формализации первичных представлений субъектно-формальными методами *достоверность полученных решений* не гарантирована. Один из факторов риска – риск неадекватного применения формализованной модели к конкретной проблемной ситуации как следствие недопонимания математического смысла конструкций специалистами проблемной области. Не случайно в [5] отмечается: «...*Нечеткость и искажение содержательного смысла конструкций модели относительно их математической интерпретации порождает риск недостоверной оценки силы влияния факторов, особенно при недостатке данных для такой оценки*».

Говорят, что фактор представлен *в нормальной форме*, если возможна его естественная интерпретация и он определяется как *переменная*, принимающая значения на определенной измерительной или оценочной шкале (с вербальными значениями: «высокий», «низкий»). С лингвистической точки зрения нормальность фактора дает возможность использовать словесные контексты типа: «больше – меньше», «рост – снижение» и др. (нередко затруднителен выбор аналогичных по смыслу контекстов, например, «хуже – лучше»). Очевидна необходимость *когнитивной ясности* понятия как переменной требуемого типа.

Одни и те же каузальные связи при моделировании могут быть представлены в когнитивной карте с использованием различных понятий. Предполагаемая обычно справедливость *принципа транзитивности* каузальных понятий (из «*A* является причиной *B*», а «*B* – причиной *C*» следует, что «*A* является причиной *C*») во многих случаях неверна; имеет место *ложная транзитивность*.

Как видим, когнитивная карта отражает субъективные представления о функционировании и развитии системы. *На предварительном этапе большинство сложных систем могут рассматриваться как слабоструктурированные*. Построение с использованием когнитивной карты иерархической структуры критериев качества, а на ее основе – и иерархической структуры собственно системы (если это возможно) в дальнейшем позволяет рассматривать систему как структурированную. Рассмотрение системы как слабоструктурированной позволяет определить ее состояние как в значениях факторов модели, так и в темпах их изменения. Желательное направление изменения состояния системы с позиции субъекта управления определяет *целевой образ системы*. Стратегия решения проблемы развития системы определяется как последовательность изменения состояний системы $S^0 \rightarrow S^1 \rightarrow S^2 \dots \rightarrow S^m \rightarrow S^C$ в моменты времени $t_0, t_1, t_2, \dots, t_m, t_C$; S^0 и S^C – соответственно исходное и целевое состояния, соответствующие целевому образу. Перевод системы из состояния S^i в состояние S^{i+1} определяет *стратегический шаг* $S^i \rightarrow S^{i+1}$. На этом этапе на основе выявленной проблемы и ее анализа на множестве факторов X модели выделяются подмножество целевых факторов (локальных целей) и подмножество управляющих факторов (управлений). Целенаправленное изменение управляющих факторов приводит к желаемому изменению целевых факторов.

На каждом из стратегических шагов $S^i \rightarrow S^{i+1}$ на основе построения подграфа причин и структурно-целевого анализа системы выделяются подмножества локальных *непротиворечивых* (желательное изменение фактора не приводит к нежелательному изменению остальных факторов) целевых факторов Y^i и осуществляется поиск вариантов управлений (подмножества управляющих факторов $U^i = \{U_j^i\}$), способствующих изменению факторов Y^i в желательном направлении. Если при моделировании управляемого развития системы возможны различные сценарии, то, естественно, предполагается их сравнительная оценка для выбора *оптимального стратегического шага*.

Целевое состояние S^C считается достигнутым, если оценка целенаправленного развития системы, заданная в виде функционала достижения целей, практически не изменяется.

Сложность системы требует: ее междисциплинарных исследований и привлечения к построению когнитивной карты специалистов, компетентных в различных *узкопредметных* областях знаний; формализации первичных представлений о слабоструктурированной проблеме в виде *коллективной* когнитивной карты (для обобщения и согласования разных представлений). Решение этой задачи в известной мере возможно с использованием методов концептуальной структуризации, критериев и частных технологий формирования и согласования коллективных понятий [6].

В качестве примера ниже рассматривается использование когнитивного моделирования при: синтезе радиационно-защитного композиционного материала (РЗКМ) как сложной системы со специальными свойствами; его идентификации; формировании и формализации целей, множества альтернатив для их достижения; многокритериальной оптимизации.

Альтернативные компоненты РЗКМ определялись в соответствии с методикой, приведенной на рис.1, на основе разработанной в [7] когнитивной карты.

Принятые обозначения: h_k – толщина слоя защитной конструкции; $K = D_0/D$ – степень ослабления потока излучения, D – доза излучения за слоем защитной конструкции; T_p – максимальная температура радиационного разогрева защитной конструкции; W – водопоглощение материала (открытая пористость); Π – общая пористость; R – прочность; ρ – средняя плотность; λ – коэффициент теплопроводности; C_T – коэффициент теплоемкости; σ_B^b, σ_B^t – коэффициенты выведения быстрых и тепловых нейтронов соответственно; V_d – объем добычи элемента; ρ_c – плотность химического соединения; P_c – растворимость химического соединения в воде.

Ионизирующие излучения рассматриваются как поток элементарных частиц: атомов гелия, электронов, фотонов, нейтронов (α, β, γ, n -излучения соответственно). Ослабление α, β -излучений, представленных заряженными частицами, не вызывает принципиальных и тем более инженерных затруднений. Защита от γ, n и особенно смешанного γ - n излучений осложняется тем, что они обладают высокой проникающей способностью потоков электрически нейтральных частиц. Активность A , интенсивность I и доза D_0 излучения характеризуют энергетическую мощность источника и позволяют определить количество поглощаемой (как в единицу времени, так и за весь период эксплуатации) проектируемым материалом энергии, что дает возможность выбора вида материала (типа кристаллической решетки и связей в кристалле). Толщина конструкции h_k зависит от требуемой степени (кратности) ослабления излучения K и определяется выбранным материалом. При заданных D_0, I, A с уменьшением h_k и возрастанием K возможен существенный разогрев материала. Величина разогрева также учитывается при выборе вида материала. Чем больше K и D_0 , тем больше величина поглощенной дозы излучения и, как следствие, структурные изменения, приводящие к снижению эксплуатационных свойств, определяющих качество материала, в том числе радиационную стойкость $k_{ст}$.

Эффективность радиационно-защитных материалов определяется их химическим составом. Материал должен содержать элементы с высокими радиационно-защитными свойствами как от γ -излучения (μ), так и нейтронного (σ_B^b, σ_B^t). Необходима доступность элементов, их широкая распространенность (определяется объемом добычи V_d). Из элементов таблицы Д.И.Менделеева практически могут входить в состав радиационно-защитного материала лишь водород, азот, кислород, фтор, хлор, сера, калий, кальций, хром, марганец, железо, свинец, барий, медь, углерод, бор, алюминий, кремний, цинк.

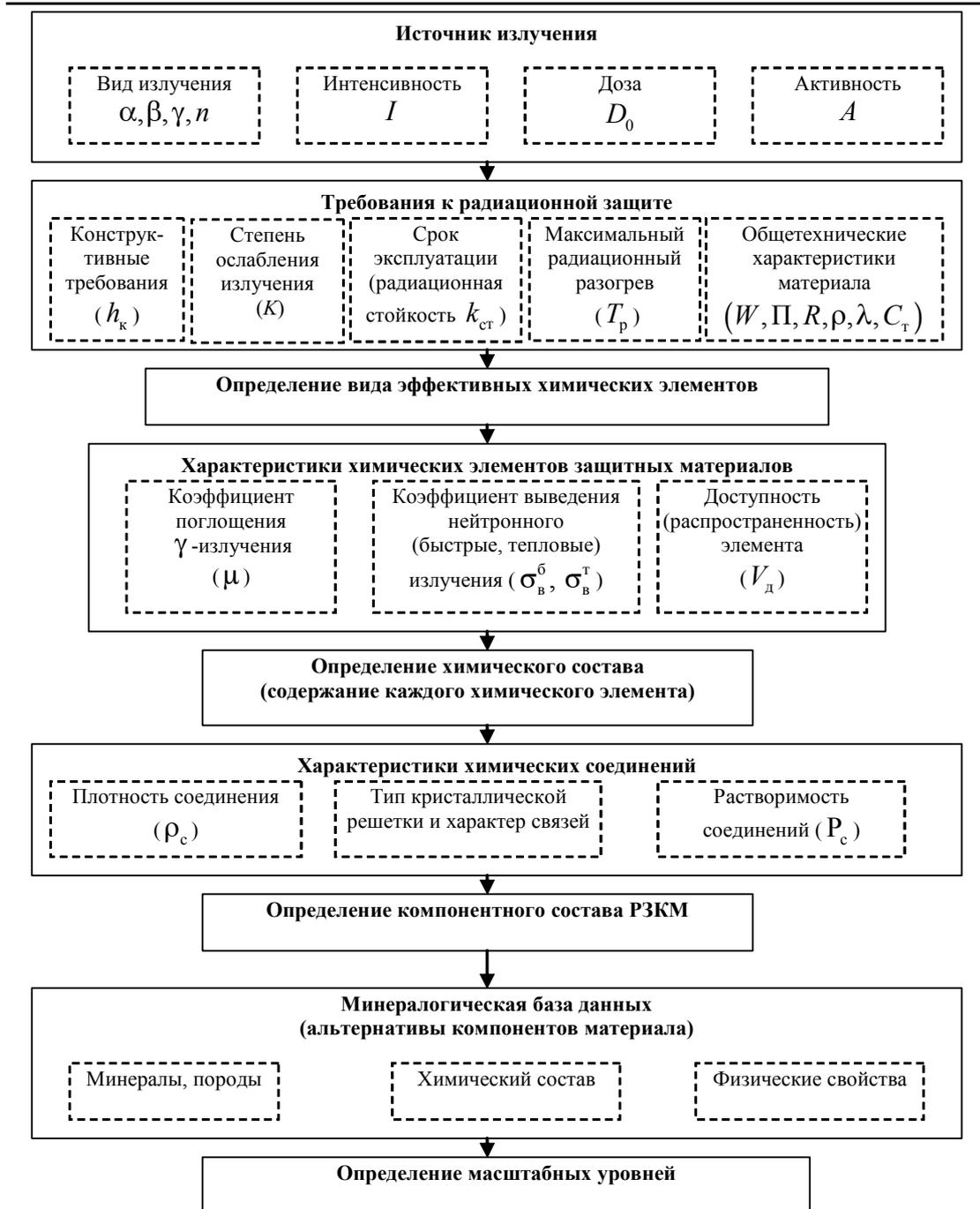


Рис. 1. Выбор альтернативных компонентов РЗКМ

Выбор эффективных элементов осуществляется из условия

$$K_{эф} = \frac{V_{дi}}{V_{дэ}} \left(\alpha_1 \frac{\mu_i}{\mu_э} + \alpha_2 \frac{\sigma_{vi}^t}{\sigma_{vэ}^t} + \alpha_3 \frac{\sigma_{vi}^b}{\sigma_{vэ}^b} \right) \rightarrow \max,$$

где i, ε – индексы, соответствующие выбираемому и эталонному (водород – для быстрых, гадолиний – для тепловых нейтронов, свинец – для γ -излучения) элементам, α_i – весовые константы, $\sum \alpha_i = 1$.

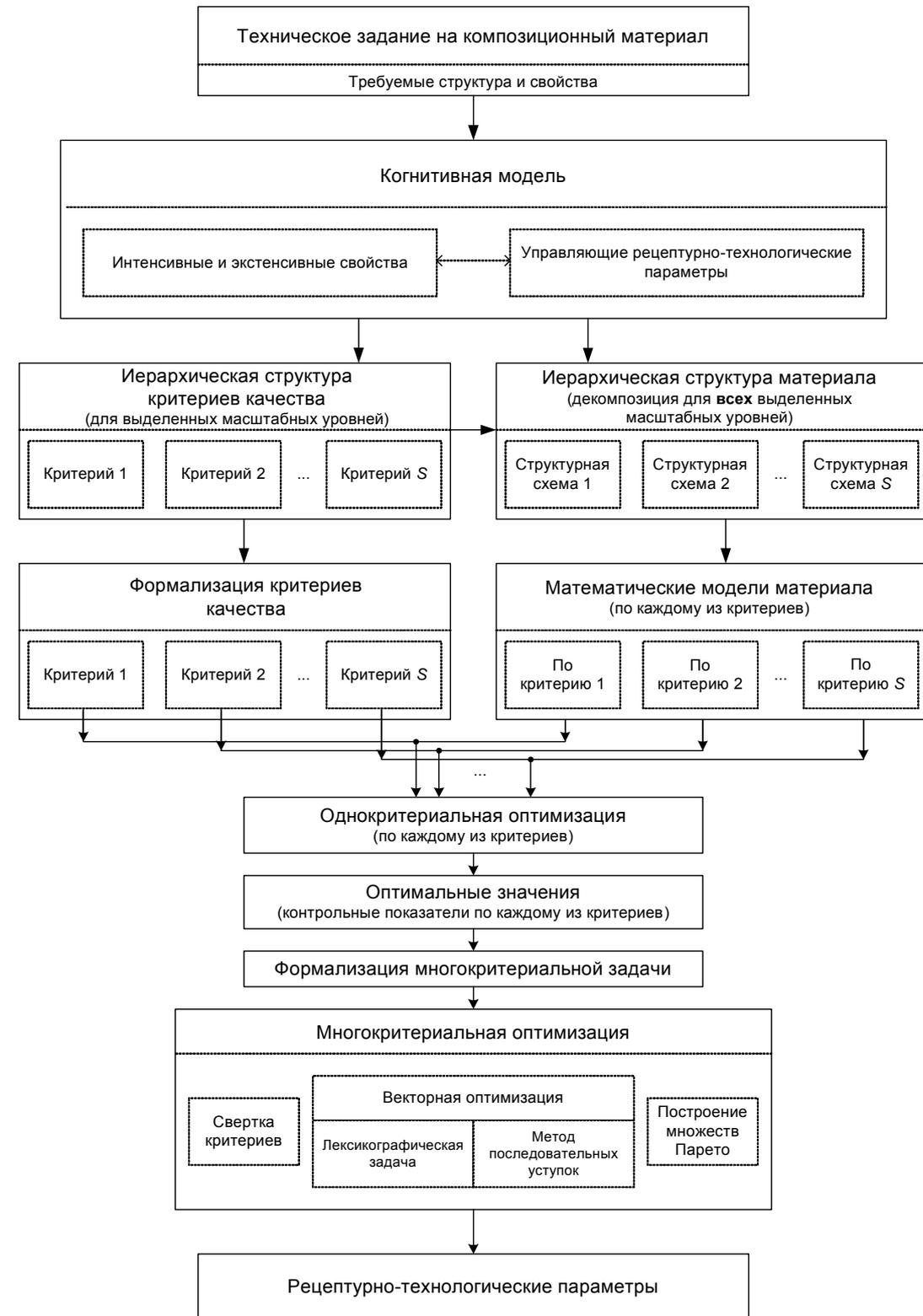


Рис. 2. Алгоритм синтеза композиционного материала

По энергетическим характеристикам источника излучения определялось массовое содержание элемента P_i из условия

$$K_{эф} = \alpha_1 \sum_i P_i \frac{\mu_i A_i}{\mu_3 A_3} + \alpha_2 \sum_i P_i \frac{\sigma_{Vi}^T}{\sigma_{V3}^T} + \alpha_3 \sum_i P_i \frac{\sigma_{Vi}^6}{\sigma_{V3}^6} \rightarrow \max .$$

По полученному элементному химическому составу материала определялись виды нерастворимых в воде химических соединений с высокой средней плотностью и ненаправленным характером связей. На основе имеющейся минералогической базы по выделенным химическим соединениям определялись необходимые виды минералов и горных пород. Предпочтение отдавалось минералам и горным породам с повышенными физико-механическими свойствами и низкой стоимостью.

Исходя из объема дисперсной фазы радиационно-защитного материала, выделялись масштабные уровни; в частности, при объемной доле дисперсной фазы $v_f > 0,63$ рассматривались два масштабных уровня: мезо- и макроструктура.

В дальнейшем синтез композиционного материала осуществлялся с использованием результатов когнитивного моделирования в соответствии с приведённым на рис. 2 алгоритмом [8].

Литература

1. Simon H. The Structure of Ill-structured Problems // *Artific Intelligence*. – 1973. – Vol. 4. – P. 181–202.
2. Tolman E.C. Cognitive maps in rats and men // *Psychologic Review* 55. – 1948. – P.189–208.
3. Прангишвили, И.В. Системный подход и общесистемные закономерности [Текст] / И.В. Прангишвили. – М.: СИНТЕГ, 2000. – 528 с.
4. Кузнецов, О.П. Анализ влияний при управлении слабоструктурированными ситуациями на основе когнитивных карт [Текст] / О.П. Кузнецов, А.А. Кулинич, А.В. Марковский // *Человеческий фактор в управлении* / Под ред. Н.А. Абрамовой, К.С.Гинсберга, Д.А.Новикова. – М.: КомКнига, 2006. – С.313–344.
5. Абрамова, Н.А. Некоторые критерии достоверности моделей на основе когнитивных карт [Текст] / Н.А. Абрамова, С.В. Коврига // *Проблемы управления*. – 2008. – №6. – С. 23–33.
6. Поиск подходов к решению проблем [Текст] / И.В. Прангишвили [и др.]. – М.: СИНТЕГ, 1999. – 192 с.
7. Данилов, А.М. Оптимизация структуры и свойств композиционных материалов с позиций строительного материаловедения и теории систем [Текст] / А.М. Данилов, И.А. Гарькина, Е.В. Королев // *Региональная архитектура и строительство*. – 2008. – №1(4). – С.84–90.
8. Гарькина, И.А. Управление качеством материалов со специальными свойствами [Текст] / И.А. Гарькина, А.М. Данилов // *Проблемы управления*. – 2008. – №6. – С.67–73.

СТРУКТУРА И КОНСТРУКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНА

И.Н. Максимова, Н.И. Макридин, М.В. Симаков

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

На основе полученных кинетических зависимостей коэффициента внутреннего трения и динамического модуля упругости определено влияние добавки суперпластификатора С-3 на формирование реальной структуры бетонов повышенной прочности.

По современным воззрениям, повышение прочности бетона в результате применения пластифицирующих добавок обусловлено не только сокращением воды в бетонной смеси, а следовательно, и уменьшением объема пор в цементном камне, но и диспергированием агрегированных частиц цемента, изменением электрических явлений на межфазных границах цементных частиц и условий протекания процесса гидратации, что в итоге приводит к образованию более высокого содержания гелевой составляющей цементного камня.

Целью исследования является изучение кинетических зависимостей коэффициента внутреннего трения и динамического модуля упругости с помощью прибора типа ИКВТ-2.

Нами показано [1] влияние концентрации и процедуры введения суперпластификатора (СП) С-3 в цементно-водную композицию на субмолекулярную гетерогенность структуры цементного камня. По ионизационным рентгенограммам цементного камня в возрастном диапазоне от 28 суток до 4,5 лет определены величины его блоков мозаики L_d по О.П. Мчедлову-Петросяну [2], позволяющие судить о гранулометрической однородности структуры образующихся фаз, о степени упорядоченности кристаллов, о величине удельной поверхности образующихся фаз и плотности дислокаций в структуре, – показателях, определяющих, в конечном счёте, прочность цементного камня как матричной основы бетонов повышенной прочности. Однако все эти известные данные не раскрывают влияния СП С-3 на кинетические зависимости модуля упругости и внутреннего трения высокопрочного бетона.

В данной работе представлены результаты изучения влияния добавки СП С-3 на формирование реальной микро- и макроструктуры бетонов повышенной прочности с помощью кинетических зависимостей коэффициента внутреннего трения и динамического модуля упругости.

Как известно, внутренним трением твердого тела называется свойство этого тела необратимо превращать в теплоту механическую энергию, сообщенную ему в процессе деформирования. Метод внутреннего трения является структурно-чувствительным методом изучения тонкого строения твердых тел. Для измерения внутреннего трения и динамического модуля упругости бетона использовали прибор ИКВТ-2, в котором коэффициент внутреннего трения и модуль упругости определяются с помощью резонансной характеристики, полученной при изгибных колебаниях опытного образца.

Для изготовления опытных образцов использовали портландцемент М400 Старооскольского завода, известняковый щебень фракции 5...10 мм, кварцевый речной песок с модулем крупности 1,57 и СП С-3. Было изготовлено три серии образцов: бетонная смесь первой серии с $V/C=0,306$ – контрольная – без использования СП С-3; бетонная смесь второй серии также с $V/C=0,306$, но с добавкой СП С-3 в количестве 1 % от массы цемента; бетонная смесь третьей серии также с добавкой СП С-3 в количестве 1 %, но с уменьшенным расходом воды, т.е. с $V/C=0,242$.

Расчетный расход цемента, мелкого и крупного заполнителя на 1 м³ бетона во всех сериях был принят одинаковым: цемента и песка – по 620 кг и щебня – 940 кг. Время уплотнения при формировании опытных образцов при стандартных параметрах вибрации: для первой серии – 120 с, для второй серии – 10 с и для третьей – 70 с. Плотность образцов по уплотненной бетонной смеси для первой, второй и третьей серий образцов составляла соответственно 2300, 2360 и 2380 кг/м³.

После формирования образцы бетона подвергали термовлажностной обработке в лабораторной пропарочной камере по стандартному режиму, а затем после распалубки их подготавливали к испытаниям в соответствии с требованиями инструкции [3].

Исследования включали изучение в течение 500 суток на образцах бетона, хранившихся в обычных лабораторных условиях, следующих кинетических зависимостей: коэффициента водоотдачи, коэффициента внутреннего трения, динамического модуля упругости, прочности на осевое сжатие, а также зависимости динамического модуля упругости от коэффициента внутреннего трения.

На рис. 1 представлены экспериментальные данные по кинетике изменения коэффициента внутреннего трения образцов сравниваемых серий бетона, а также расчетные графические зависимости. Регрессионный анализ экспериментальных данных показывает, что наиболее оптимальная зависимость имеет следующий вид:

$$K_{вт} = a + b\tau + \frac{c}{\tau^2},$$

где a, b, c – эмпирические коэффициенты; τ – время наблюдений.

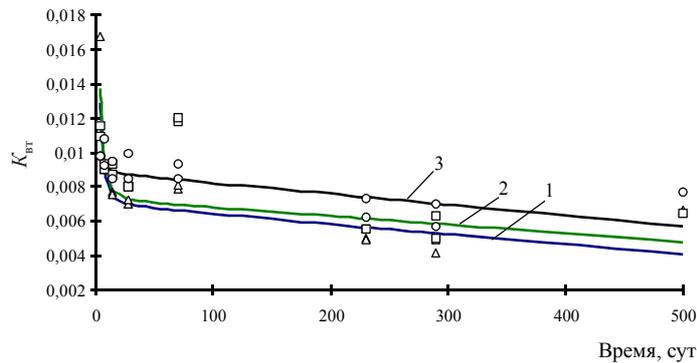


Рис. 1. Зависимость коэффициента внутреннего трения бетона от его возраста:
1 – контрольный состав с В/Ц = 0,306; 2 – рабочий состав с В/Ц = 0,306 и 1% СП С-3;
3 – рабочий состав с В/Ц=0,242 и 1% СП С-3

Значения эмпирических коэффициентов приведены в табл. 1

Т а б л и ц а 1

Состав бетона	Значения эмпирических коэффициентов		
	a	b	c
Состав №	0,006989	$-5,86 \cdot 10^{-6}$	0,0949
Состав №	0,0073	$-5 \cdot 10^{-6}$	0,104
Состав №	0,008894	$-6,4 \cdot 10^{-6}$	0,0183

Необходимо отметить, что аналогичной математической зависимостью описывается и процесс влагопотерь опытных образцов, представленный на рис. 2 (значения эмпирических коэффициентов даны в табл. 2). Номера кривых на рис. 2, 3, 4 соответствуют номерам серий сравниваемых составов бетона, приведенных на рис. 1.

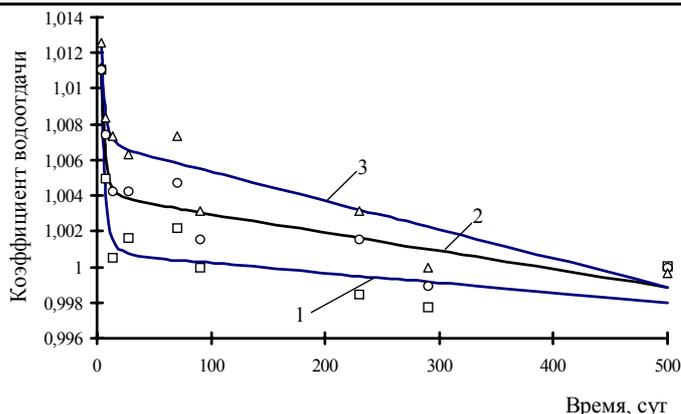


Рис. 2. Зависимость коэффициент водоотдачи от времени экспозиции бетона

Т а б л и ц а 2

Состав бетона	Значения эмпирических коэффициентов		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Состав №	1,0073	$-5,46 \cdot 10^{-6}$	0,168
Состав №	1,0039	$-1,03 \cdot 10^{-5}$	0,119
Состав №	1,0069	$-1,613 \cdot 10^{-5}$	0,0089

Анализ экспериментальных данных и расположение теоретических кривых на рис. 1 свидетельствуют о том, что адсорбция молекул СП С-3 на цементных частицах в составе бетона как серии 2, так и серии 3 приводит к ухудшению, т.е. численному увеличению значения внутреннего трения, что обусловлено ухудшением условий возникновения контактов срастания продуктов гидратации цементного камня. В то же время применение СП С-3 способствует более тщательному диспергированию агрегированных частиц цемента и более равномерному распределению воды затворения на вскрытых физико-химическим диспергированием поверхностях ультрадисперсных частиц, в результате чего большее количество воды испытывает молекулярное притяжение со стороны поверхности твердого тела, что, вероятно, подтверждается кинетическими зависимостями влагопотерь, приведенными на рис. 2.

На рис. 3 представлены экспериментальные данные и математические зависимости кинетики изменения динамического модуля упругости сравниваемых серий образцов бетона. Из физики твердого тела известно, что на модуль упругости дисперсных систем значительное влияние оказывает плотность структуры материала. Введение СП С-3 способствует, как отмечено выше, повышению плотности цементной композиции и увеличению координационных чисел контактного взаимодействия, особенно на уровне тонкодисперсной составляющей цементной композиции, что и приводит к увеличению численных значений модуля упругости в составах, содержащих СП С-3.

Математическая обработка экспериментальных данных, представленных на рис. 3, позволила получить следующую аналитическую зависимость:

$$E_d = \frac{ab + c\tau^d}{b + \tau^d},$$

где *a*, *b*, *c*, *d* – эмпирические коэффициенты; τ – время наблюдений.

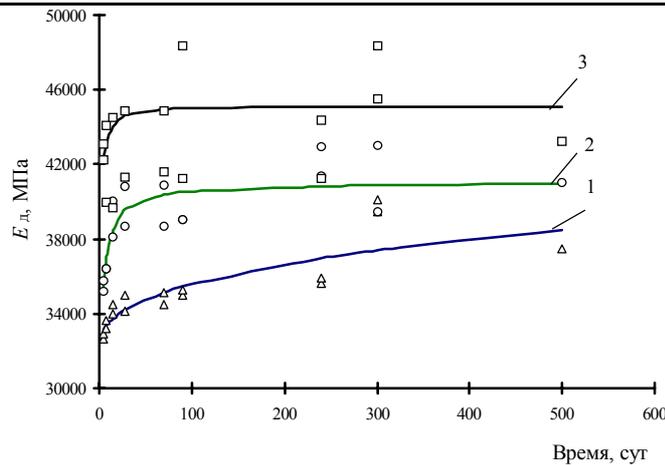


Рис. 3. Зависимость динамического модуля упругости от возраста бетона

Значения эмпирических коэффициентов приведены в табл. 3.

Из анализа вида и значений эмпирических коэффициентов кинетической зависимости следует, что на формирование структуры и численных значений модуля упругости оказывают влияние как конструктивные, так и деструктивные процессы, протекающие при длительном твердении бетона.

Т а б л и ц а 3

Состав бетона	Значения эмпирических коэффициентов			
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
Состав №1	32416,85	57,018	52980,64	0,5098
Состав №2	29700,564	4,073	41032,56	1,0014
Состав №3	40457,713	10,823	45106,26	1,368

На наш взгляд, числитель вышеприведённой зависимости характеризует конструктивные, а знаменатель – деструктивные процессы, протекающие в бетоне. Конструктивные процессы обусловлены продолжающейся гидратацией цементных зерен, а деструктивные – возникновением собственных внутренних напряжений. При длительном времени наблюдения за структурообразованием твердеющих дисперсных систем можно констатировать взаимовлияние названных процессов, в результате которого преобладает или конструктивное, или деструктивное начало, что выражается в пилообразном характере изменения механических свойств этих систем. Это подтверждается исследованиями других авторов [4].

В начальные сроки твердения преобладающим является конструктивный процесс структурообразования, скорость которого может быть определена как

$$\frac{dy_c}{d\tau} = cd\tau^{d-1}.$$

В более длительные сроки наряду с конструктивными начинают развиваться и деструктивные процессы, скорость которых можно выразить формулой

$$\frac{dy_d}{d\tau} = d\tau^{d-1}.$$

Анализ скоростей названных процессов, определенных путем расчета по полученным моделям, свидетельствует о том, что скорости процессов в сравниваемых сериях бетона имеют существенное как качественное, так и количественное различие. Из данных, приведенных в табл. 4, видно, что скорости конструктивного и деструктивного процессов на образцах бетона серии 1 имеют затухающий характер, который можно описать гиперболической функцией. В то же время на

образцах бетона серий 2 и 3, приготовленных с использованием СП С-3, скорости этих процессов характеризуются экспоненциальной зависимостью, что, на наш взгляд, обусловлено возникновением стерического фактора, вносимого в конструктивный процесс синтеза прочности цементного камня с химической добавкой.

Т а б л и ц а 4

Состав	Процесс	Скорости процессов в период времени, сут				
		3	28	100	250	500
Состав №2	Конструктивный	15762,76	5273,758	2825,641	1803,212	1283,754
	Деструктивный	0,297519	0,099541	0,053333	0,034035	0,024231
Состав №3	Конструктивный	41153,25	41282,14	41355,78	41408,87	41449,07
	Деструктивный	1,002941	1,006083	1,007877	1,009171	1,010151
Состав №4	Конструктивный	92449,28	210318,3	335987,3	470722,4	607496,6
	Деструктивный	2,049589	4,66273	7,448796	10,43585	13,46812

На рис. 4 приведены теоретические зависимости динамического модуля упругости E_d от коэффициента внутреннего трения $K_{вт}$, полученные путем математической обработки экспериментальных данных. Математическая модель этих зависимостей имеет вид

$$E_d = a + \frac{b}{K_{вт}}$$

где a, b – эмпирические коэффициенты.

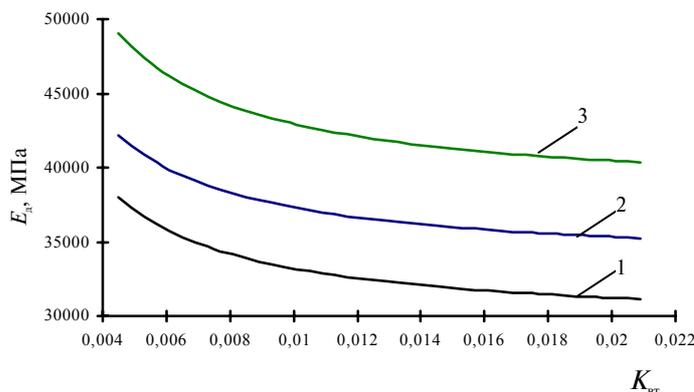


Рис. 4. Корреляционная зависимость динамического модуля упругости от коэффициента внутреннего трения бетона

Значения эмпирических коэффициентов представлены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Состав бетона	Значения эмпирических коэффициентов	
	a	b
Состав №2	1,0073	$-5,46 \cdot 10^{-6}$
Состав №3	1,0039	$-1,03 \cdot 10^{-5}$
Состав №4	1,0069	$-1,613 \cdot 10^{-5}$

Из графических зависимостей, представленных на рис. 4, и физической сущности формирования механических свойств цементных композитов прослеживается достаточно четкая взаимосвязь между значениями коэффициентов внут-

ренного трения и динамического модуля упругости на образцах бетона сравнимых серий. Однако следует отметить, что применение добавки СП С-3 приводит, с одной стороны, к улучшению механической характеристики бетона, а с другой – к увеличению его внутреннего трения.

Для объяснения этих противоположных эффектов действия добавки СП С-3 на рассматриваемые свойства бетона следует исходить из представления о том, что прочность и упругость цементного камня и бетона на его основе есть функция пористости, характера надмолекулярной структуры, прочности контактов в тоберморитовом геле, свойств адгезионных контактов, структурного фактора, морфологии гидратных новообразований [5], а внутреннее трение есть функция прежде всего пористости и прочности фазовых контактов как в матричной фазе, так и в композите в целом.

На наш взгляд, оценка внутреннего трения бетона неразрушающим методом является важным прогностическим параметром качества и оптимизации структуры бетонов повышенной прочности.

Литература

1. Макридин, Н.И. О структурообразовании цементного камня [Текст] / Н.И. Макридин, А.П. Прошин, В.Н. Вернигорова, И.Н. Максимова // Современные проблемы строительного материаловедения. – Ч. 1: Перспективные направления в теории и практике минеральных вяжущих и материалов на их основе / Акад. чтения РААСН: материалы междунар. конф. – Самара, 1995. – С. 7–10.
2. Мчедлов-Петросян, О.П. Химия неорганических строительных материалов [Текст] / О.П. Мчедлов-Петросян. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1988. – 304 с.
3. Инструкция. Прибор для измерения коэффициента внутреннего трения типа ИКВТ-2 [Текст]. – Л.: ЛЭТИ, 1967. – 32 с.
4. Ахвердов, И.Н. Основы физики бетона [Текст] / И.Н. Ахвердов. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
5. Сычев, М.М. Некоторые вопросы химии бетона и цементного камня [Текст] / М.М. Сычев // ЖПХ АН СССР. – 1981. – Т. LIV. – С. №

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДЕФОРМАТИВНОСТИ МАТРИЧНОЙ ФАЗЫ КЕРАМЗИТОБЕТОНА

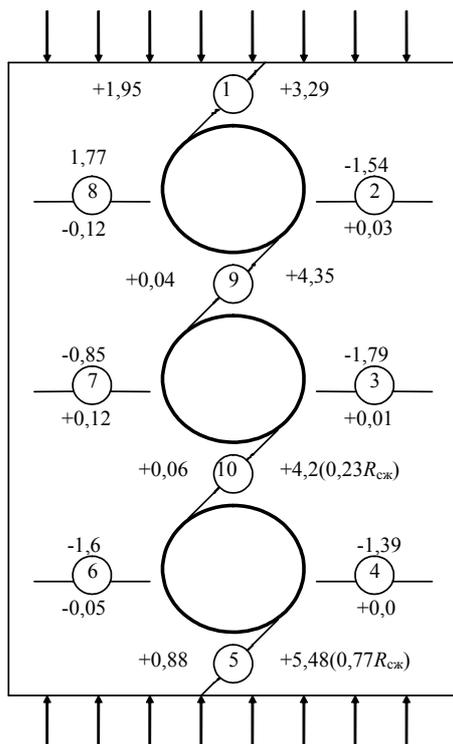
И.Н. Максимова, Н.И. Макридин, П.С. Романова, Е.В. Блохина
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Приведены результаты исследований напряженно-деформированного состояния структуры матричной фазы легкого бетона при осевом сжатии на плоских моделях.

В работе [1] отмечается, что независимо от характера напряженного состояния в композитном материале возникает внутреннее поле истинных напряжений и деформаций, которые «рельефно» повторяют степень различия модулей упругости заполнителя и матричного материала.

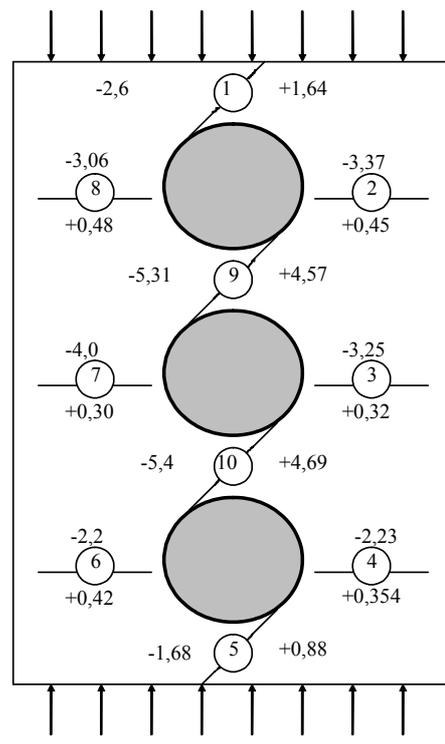
Целью нашего исследования является изучение продольных и поперечных деформаций структуры матричной фазы бетона в характерных точках плоской модели.

Деформационные особенности композитного материала мы изучали тензометрическим методом на плоских моделях. Было изготовлено три серии модельных образцов, представляющих собой прямоугольные пластины размером $100 \times 50 \times 15$ мм. Первая серия образцов – модель бетона с тремя отверстиями диаметром 20 мм (рис. 1), вторая – модель бетона с тремя металлическими бобышками диаметром 20 мм (рис. 2) и третья – эталонная модель бетона, выполненная полностью из матричной фазы.



○ – характерные зоны;
«-» – деформация сжатия в мм/м
(числитель);
«+» – деформация растяжения в мм/м
(знаменатель)

Рис. 1. Деформированное состояние характерных зон модели бетона с тремя пустотами при $\sigma=0,92 R_{сж}$



○ – характерные зоны;
«-» – деформация сжатия в мм/м
(числитель);
«+» – деформация растяжения в мм/м
(знаменатель)

Рис. 2. Деформированное состояние характерных зон модели бетона с тремя металлическими вкладышами при $\sigma=0,91 R_{сж}$

Матричная фаза всех трех серий образцов была одинаковой и состояла из цементно-песчаного раствора 1:1 по массе при В/Ц отношении, равном 0,4. При этом использовали портландцемент марки 400 Вольского завода и сурский речной песок с модулем крупности 1,57. После формования образцы бетона твердели в течение 28 суток в нормальных условиях в эксикаторе над водой с целью исключения возникновения в модели собственных внутренних напряжений от усадочных деформаций.

Механические испытания моделей бетона всех видов проводили в возрасте 28 суток. Сжимающая нагрузка с помощью гидравлического пресса с ручным управлением передавалась на короткие торцовые поверхности моделей. Нагружение осуществляли ступенями в 0,1 ожидаемой прочности на сжатие вплоть до разрушения. На каждой ступени нагружения давали 5-минутную выдержку с целью снятия показаний тензодатчиков с помощью измерителя деформаций АИД-1м.

Для оценки механических свойств матричной фазы на модели из чистого цементно-песчаного раствора с двух противоположных сторон крестом наклеивали тензодатчики с базой 50 и 30 мм для замера деформаций сжатия и поперечного растяжения соответственно. Механические испытания модели из матричного материала дали следующие результаты: прочность на сжатие – 62,5 МПа; модуль упругости – 23590 МПа; предельная сжимаемость и растяжимость при уровне обжатия 0,96 $R_{сж}$ – соответственно 4,18 и 1,21 мм/м и коэффициент Пуассона – в пределах 0,166...0,179.

На плоскости приведенных на рис. 1 и 2 образцов моделей первой и второй серий кружками обозначены десять характерных зон, в которых тензометрическим методом контролировали деформированное состояние матричной фазы с двух противоположных сторон модели. Для этого в каждой зоне в вертикальном и горизонтальном направлениях крестом наклеивали тензодатчики омического сопротивления базой 10 мм для замера относительных деформаций сжатия и растяжения.

В табл. 1 приведена кинетика численных значений деформаций сжатия ϵ_1 и растяжения ϵ_2 в характерных зонах модели с тремя пустотами в зависимости от уровня приложенной нагрузки сжатия, а на рис. 1 показано деформированное состояние характерных зон модели бетона с тремя пустотами при уровне обжатия образца 0,92 $R_{сж}$. При этом в числителе указаны деформации вертикальных тензодатчиков сжатия, а в знаменателе – деформации горизонтальных тензодатчиков растяжения в мм/м.

Т а б л и ц а 1

σ/R	$\epsilon_1 \cdot 10^5$, в зоне						$\epsilon_2 \cdot 10^5$, в зоне					
	1	3	5	7	9	10	1	3	5	7	9	10
0,23	+23	-28	+14	-19	-24	-4	+109	0	+256	-4	+435	+420
0,38	+61	-53	+23	-21	-11	-2	+186	-1	+364	-5	-	-
0,54	+113	-84	+52	-35	-5	0	+257	-4	+438	-5	-	-
0,70	+164	-105	+72	-47	0	+2	+306	0	+509	-6	-	-
0,85	+212	-150	+87	-70	+3	+6	+340	+3	-	+14	-	-

П р и м е ч а н и е . Знак (+) – деформация растяжения; знак (–) – деформация сжатия.

Из анализа данных, приведенных в табл. 1 и на рис. 1, следует, что в характерных зонах моделей «1» и «5» на всех этапах нагружения фиксировали деформации растяжения не только в поперечном направлении, но и в вертикальном, вместо предполагаемых деформаций сжатия вертикально наклеенных тензодатчиков, что, вероятно, в определенной мере обусловлено трансформацией круговых отверстий в эллипсоидные под действием сжимающих усилий. Это и вызывает растягивающие напряжения по вертикали в указанных зонах-перемычках.

В зонах «9» и «10», также расположенных в перемычках между пустотами, вертикально расположенные тензодатчики на начальных этапах нагружения показывали незначительные деформации сжатия, а затем – деформации растяжения. Наиболее опасными по деформациям поперечного растяжения оказались зоны «9» и «10». Уже при уровне нагружения, равном $0,23 R_{сж}$, поперечная деформация в этих зонах достигала соответственно 4,35 и 4,2 мм/м, что значительно превышает предельную растяжимость матричной фазы. Дальнейшее повышение нагрузки до следующего этапа приводило к разрыву тензодатчиков поперечного растяжения и возникновению видимой вертикальной микротрещины в этих зонах. Магистральная макротрещина, приводившая к разрушению модели, образовывалась путем раскрытия вертикальных трещин в зонах «1» и «5».

Сравнивая механические свойства образцов модели из матричного материала и модели с тремя пустотами, следует отметить, что введение в модель трех отверстий приводило к снижению прочности на сжатие до 20,6 МПа, т.е. примерно в 3 раза; к уменьшению предельной сжимаемости до 1,43 мм/м, т.е. к её снижению в 2,9 раза. В то же время модуль упругости, найденный по средней деформации зон «2», «3», «4», «6», «7» и «8», снизился незначительно и составил 22200 МПа.

В табл. 2 приведена кинетика деформаций сжатия ϵ_1 и растяжения ϵ_2 в характерных зонах модели с тремя металлическими бобышками в зависимости от уровня приложенной нагрузки сжатия σ/R , а на рис. 2 показано деформированное состояние характерных зон этой модели на уровне обжатия образца $0,91 R_{сж}$. При этом в десяти характерных зонах модели в числителе указаны деформации вертикально расположенных тензодатчиков сжатия, а в знаменателе – горизонтальных тензодатчиков растяжения в мм/м.

Проанализировав экспериментальные данные, приведенные в табл. 2 и на рис. 2, следует прежде всего отметить более четкое предполагаемое поле деформаций в характерных зонах модели. При анализе напряженно-деформированного состояния характерных зон данной модели, являющейся прототипом тяжелого конструкционного бетона, условно примем, что эта модель состоит как бы из трех вертикальных столбцов, деформированное состояние которых можно охарактеризовать деформированным состоянием характерных зон: соответственно для первого столбца – зоной «7», для второго столбца – зонами «9» и «10» и для третьего столбца – зоной «3».

Т а б л и ц а 2

σ/R	$\epsilon_1 \cdot 10^5$, в зоне						$\epsilon_2 \cdot 10^5$, в зоне					
	1	3	5	7	9	10	1	3	5	7	9	10
0,22	-28	-41		-55	-71	-64	+15	+5	+52	+3	+15	+13
0,33	-50	-63		-75	-110	-106	+27	+11	+61	+12	+29	+26
0,44	-78	-103		-97	-162	-158	+40	+19	+66	+21	+90	+77
0,58	-122	-150		-174	-235	-230	+68	+28	+75	+35	+172	+161
0,65	-146	-183		-228	-293	-275	+83	+28	+78	+40	+224	+210
0,76	-170	-223		-273	-360	-326	+101	+28	+82	+43	+302	+282
0,80	-204	-262		-310	-438	-386	+125	+28	+83	+48	+457	+398

П р и м е ч а н и е. Знак (+) – деформация растяжения; знак (–) – деформация сжатия.

Рассматривая численные значения деформаций сжатия в этих столбцах и кинетику изменения деформаций в зависимости от интенсивности напряжения с учетом совместности деформаций столбцов, в состав и структуру которых входят по-разному сопротивляющиеся деформированию компоненты, следует отметить, что на всех этапах нагружения матричная фаза столбца с включениями металлических бобышек, т.е. зоны «9» и «10», показывала большие значения деформаций

сжатия относительно столбцов с зонами «3» и «7». На последнем этапе нагружения, соответствующем уровню $0,91 R_{сж}$, это превышение составляло 28 %. Анализируя изменение скорости деформаций сжатия в рассматриваемых зонах на этапах нагружения, следует заметить, что до уровня обжатия $0,44 R_{сж}$ скорость деформирования в сравниваемых столбцах возрастала, а затем стала уменьшаться по мере роста интенсивности напряжения. Однако по абсолютной величине скорость деформирования в зонах «9» и «10» была выше, чем в зонах «3» и «7» на всех этапах нагружения.

При анализе поля деформаций заслуживают особого внимания деформации поперечного растяжения, возникающие в сравниваемых характерных зонах модели, так как именно эти деформации определяют очаги механического разрушения как материала, так и модели образца. Из данных, приведенных в табл. 2, отчетливо видно, что как по кинетике нарастания, так и по абсолютным значениям деформаций поперечного растяжения наиболее опасными зонами модели по напряженно-деформированному состоянию являлись перемычки между металлическими включениями, т.е. зоны «9», «10», «1» и «5».

В табл. 3 приведены экспериментальные значения коэффициента Пуассона в наиболее характерных зонах модели, численные значения которого определяют потерю несущей способности в этих объемах на соответствующих этапах нагружения.

Т а б л и ц а 3

σ/R	Коэффициент Пуассона в зонах				
	1	3	7	9	10
0,22	0,537	0,122	0,054	0,211	0,203
0,33	0,540	0,175	0,160	0,264	0,245
0,44	0,513	0,184	0,216	0,555	0,487
0,58	0,557	0,187	0,201	0,732	0,700
0,65	0,568	0,153	0,175	0,764	0,764
0,76	0,594	0,126	0,158	0,839	0,865
0,80	0,613	0,107	0,155	1,043	1,031

Сопоставление механических свойств данной модели с эталонной показало, что введение в структуру образца трех металлических бобышек практически не повлияло на изменение прочности на сжатие, но привело к уменьшению предельной деформативности на сжатие примерно на 15 % и, соответственно, к повышению модуля упругости на 12,5 %.

Таким образом, изучение деформационных особенностей композиционного материала на моделях, в том числе с высококомодульными включениями, показало, что основную нагрузку воспринимает матрица композита. Возникающее при этом поле напряжений даже на самых простых моделях и при исключении возникновения собственных внутренних напряжений свидетельствует о том, что структура композитного материала в целом представляет собой внутренне-напряженные статически неопределимые объемы. Следовательно, условием улучшения повышения механических свойств цементных композитов, обладающих полиструктурным строением, является совершенствование их надмолекулярной структуры, т.е. взаиморасположения структурных элементов, их объемного соотношения и адгезионного взаимодействия.

Литература

1. Ахвердов, И.Н. Моделирование напряженного состояния бетона и железобетона [Текст] / И.Н. Ахвердов, А.Е. Смольский, В.В. Скочеляс. – Минск: Наука и техника, 1993. –290 с.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

УДК 624.94.721

ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ

Т.И. Баранова, И.С. Гучкин, Д.В. Артюшин, Д.В. Попов
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Приводятся результаты обследования конструкций, расположенных в зоне обрушения сборно-монолитного перекрытия, анализируются причины обрушения; излагаются методы замены и усиления конструкций, получивших повреждения.

Важнейшими требованиями к строительству многоэтажных каркасных зданий в сборно-монолитном варианте являются строгое соблюдение последовательности ведения строительно-монтажных работ и качественное исполнение узловых сопряжений несущих элементов каркаса: «колонна-фундамент» и «колонна-ригель». Нарушение этих требований явилось основной причиной обрушения перекрытия первого этажа строящегося торгового центра в г. Пензе (рис. 1), что привело к значительным затратам по замене конструкций, расположенных в зоне обрушения и в примыкающих к ней участках здания.



Рис. 1. Разрушение конструкций перекрытия над первым этажом вблизи узлового сопряжения ригелей с колонной

значительно меньшей площади сечения колонны. Кроме того, крепление колонны в стакане осуществлялось посредством деревянных клиньев, которые не извлекались после омоноличивания стыка. Таким образом, из-за допущенных нарушений создавалась серьезная опасность разрушения стыка по причине смятия бетона в основании колонны, недостаточной длины заанкеривания рабочей арматуры колонны в теле фундамента и ослабления зоны стыка деревянными клиньями;

– в процессе монтажа ригелей, характерной особенностью которых является низкая прочность приопорных участков, выполняющих функцию несъемной

По словам очевидцев, обрушение произошло от бокового удара по перекрытию перемещаемой краном бадьи с бетоном; тогда еще не была омоноличена часть стыков в сопряжении ригелей с колоннами и практически не обеспечивалась пространственная жесткость каркаса здания.

Из анализа проектной документации и данных натурного обследования следует, что каркас возводился с серьезными отступлениями от проекта, а именно:

– при заделке колонн в стакан фундамента вместо подливки мелкозернистого бетона укладывался пакет стальных пластин толщиной до 120 мм и площадью,

опалубки, и неспособность воспринимать значительную нагрузку, использовались временные поддерживающие ригель стойки с недостаточной несущей способностью и в малом количестве. Кроме того, ригели еще до омоноличивания узлов сопряжения с колоннами догружались весом железобетонных элементов несъемной опалубки плиты перекрытия, что являлось грубым нарушением проекта. В результате перегрузки в опорной зоне ригелей (в стенках опалубки) появились сквозные трещины различного направления шириной раскрытия 0,1...5 мм. Напомним, что сечение опалубки учитывается расчетом её совместной работы с основным сечением ригеля, и появление в ней сквозных трещин недопустимо;

– грубо нарушалась последовательность строительных работ. Монтаж второстепенных балок и элементов опалубки перекрытия выполнялся раньше омоноличивания стыков ригелей с колоннами.

Обрушение перекрытия первого этажа привело к серьезным повреждениям колонн и ригелей в перекрытии подвала (рис. 2). При этом две колонны были сломаны и потребовалась их замена, а в ригелях в пролете и у опор появились опасные трещины шириной раскрытия 4...12 мм (рис. 3).

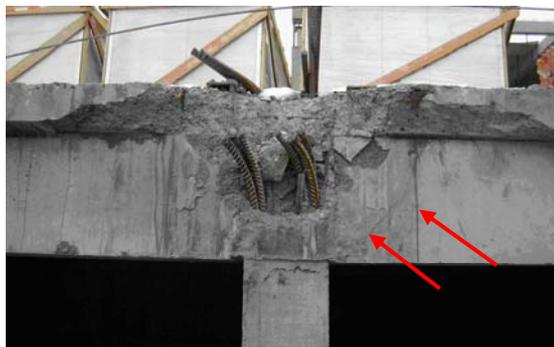


Рис. 2. Разрушение узла сопряжения основных ригелей перекрытия над подвалом с колонной. Стрелками отмечены трещины в ригеле шириной раскрытия до 0,3 мм



Рис. 3. Серия трещин в основном ригеле шириной раскрытия до 5,0 мм (в сопряжении с пасынковым ригелем)

Нами был предложен комплекс мероприятий по восстановлению и усилению несущих конструкций строящегося здания. В результате:

- заменены разрушенные колонны. Замена производилась с помощью раздвижных стоек «труба в трубе», включаемых в работу методом поддомкрачивания и используемых для вывешивания перекрытия над подвалом;
- усилены имеющие опасные трещины ригели перекрытия подвала. Усиление выполнялось посредством жестких промежуточных стальных опор кольцевого сечения;
- разработана конструкция усиления ослабленного при монтаже стыка колонны с фундаментом (рис. 4). При этом ставилась задача разгрузить дно стакана фундамента путем передачи части нагрузки от колонны на его стенки, а также увеличить высоту стакана слоем армированного бетона, обеспечив необходимую длину анкеровки арматуры колонны в фундаменте. Усиление выполняется следующим образом. К рабочей арматуре колонны привариваются стальные пластины (поз. 1). В стенках стакана сверлятся скважины, в которые на цементном растворе заделываются анкерные стержни (поз. 2) закладных деталей (поз. 3). Элементы поз. 1 и 2 соединяются на сварке, а зона усиления стыка омоноличивается слоем армированного бетона на высоту 250 мм;

- усилены опорные зоны ригелей, имеющие трещины в опалубке. Усиление производилось традиционными методами с использованием металлических конструкций, а именно:

- при небольшом раскрытии трещин (0,1...0,3 мм) на концевых участках ригеля применялась стальная обойма из уголков и планок;

- при раскрытии трещин более 0,3 мм и наличии смещения частей ригеля в плоскости трещины ригель усиливался подведением стальной консоли, нагрузка от которой передавалась через стальные стойки, расположенные по контуру колонны на фундамент.

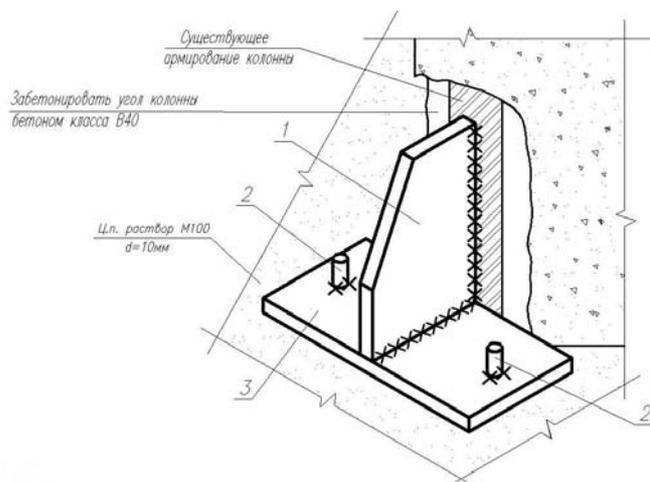


Рис. 4. Эскиз усиления узла сопряжения колонны со стаканом фундамента

Предложенные нами методы позволили провести работы по усилению конструкций без остановки строительства здания, в сроки, установленные техническим заданием.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ В КЛЕЁНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ КРОВЕЛЬНЫХ ШИТОВ

В.М. Вловин, В.Н. Карпов, А.К. Гаврилов

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Даны рекомендации по прогнозированию упругопрочностных свойств материала обшивок из древесно-стружечных плит по отношению к деревянным ребрам на основе выбора рациональных конструкций кровельных щитов.

Клеёная комбинированная конструкция индустриального кровельного щита, укладываемого на весь скат крыши деревянного дома, состоит из несущих деревянных ребер и обшивки, выполненной из листов древесноплитных материалов. Ниже рассматривается случай, когда обшивка выполнена из древесно-стружечных плит, которые легко склеиваются с древесиной и объем применения которых в строительстве достаточно широк. Предлагаемые исследования применимы и к конструкциям щитов с другими древесноплитными обшивками.

В работе [1] отмечается целесообразность применения кровельных щитов в масштабном строительстве полносборных деревянных домов. На рис. 1 представлены поперечные сечения таких щитов, а ниже приведены необходимые расчеты и обоснования.

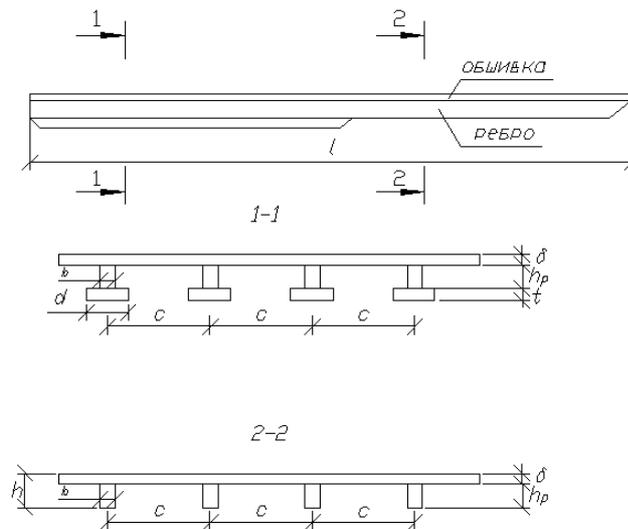


Рис. 1. Продольный разрез и поперечные сечения щита

Поиск рациональных решений конструкций щитов связан как с назначением их рациональных размеров δ , h_p , b_p , h , c , t и др., так и с выбором обоснованных прочностных и упругих характеристик древесно-стружечных плит.

В основу выбора рациональных геометрических параметров обшивок, ребер и всей конструкции щитов положено условие максимального использования работы материалов из древесины и древесно-стружечных плит при совместном достижении ребрами и обшивками предельного состояния исходя из действительного напряженного состояния всей конструкции щита в системе полносборного дома [1].

Кровельный щит в системе крыши дома работает как сжато-изгибаемый элемент, т.е. на расчетные усилия M , N и Q . Поскольку изгибающий момент M по

длине щита при неразрезной статической схеме может быть положительным и отрицательным, а продольная сила N всегда сжимающая, то фактически при несимметричном поперечном сечении щита (см. рис. 1) необходимо выполнить четыре проверки соответственно на положительный и отрицательный максимальные изгибающие моменты: две – по максимальным напряжениям в деревянном ребре и две – по максимальным напряжениям в обшивке (древесно-стружечная плита).

Прочностные проверки по древесине, как отмечено в [1], были учтены при назначении оптимальных параметров элементов обшивки и ребер щита и определении их влияния на предельную величину изгибающего момента, которую может воспринять кровельный щит. Для назначения рациональной прочности и модуля упругости материала обшивки необходимо воспользоваться условием прочности щита исходя из достижения максимальными нормальными напряжениями σ величины расчетного сопротивления древесно-стружечной плиты растяжению $R_p^{дсп}$ в обшивке и величины расчетного сопротивления древесины изгибу $R_{и}^{др}$ в ребре. Поскольку древесно-стружечные плиты обладают наименьшей прочностью при растяжении, чем при сжатии и изгибе, то в правой части неравенства (1) следует оставить величину $R_p^{дсп}$.

В общем виде условие прочности комбинированного клеёного сжато-изгибаемого элемента можно записать как

$$\sigma = \frac{N}{A_{расч}} \pm \frac{M}{\xi \cdot W_{расч}} = \frac{M}{\xi \cdot W_{расч}} \left(1 \pm \xi \frac{N \cdot W_{расч}}{M \cdot A_{расч}} \right) = \frac{M}{\xi \cdot W_{расч}} (1 \pm \Delta_N) \leq R_{и}^{др} (R_p^{дсп}), \quad (1)$$

где $\Delta_N = \xi \frac{N \cdot W_{расч}}{M \cdot A_{расч}}$ – поправочное число, выражающее долю напряжений, вызванных действием силы N ; $A_{расч}$ и $W_{расч}$ – приведенные значения площади и момента сопротивления поперечного сечения щита соответственно; ξ – коэффициент, подсчитываемый по формуле

$$\xi = 1 - \frac{\lambda^2 \cdot N}{3000 \cdot A_{расч} \cdot R_c};$$

здесь R_c – расчётное сопротивление древесины сжатию.

Для стропильной системы с ригелем-распоркой, поставленным на уровне середины высоты, опасным является отрицательный изгибающий момент в месте примыкания ригеля-распорки к щитам. Поскольку это соединение не допускает смещения, то в проверочной формуле (1) можно принять $\xi = 1,0$. Для других сечений (в пролете) величина коэффициента ξ находится в пределах 0,8...0,9, поэтому с достаточной степенью точности в дальнейших расчетах его можно принять равным 1,0.

Воспользуемся формулой (1) для прогнозирования прочностных характеристик древесно-стружечной плиты, поскольку технология её изготовления позволяет получать плиты различной плотности и прочности. За главный критерий, определяющий условие выбора рациональной прочности древесно-стружечной плиты, примем условие одновременного достижения предельного состояния и в ребрах, и в обшивке щита.

Запишем формулу (1) отдельно для обшивки и ребер:

$$\frac{M}{W_{расч}^{дсп}} (1 - \Delta_N) \leq R_p^{дсп}; \quad \frac{M}{W_{расч}^{др}} (1 + \Delta_N) \leq R_{и}^{др}. \quad (2)$$

Следует заметить, что $W_{расч}^{дсп} = \frac{J_{пр}^{дсп}}{h-y}$, а $W_{расч}^{др} = \frac{J_{пр}^{др}}{y}$. При этом приведенные моменты инерции связаны условием $J_{пр}^{дсп} = J_{пр}^{др} \frac{E_{др}}{E_{дсп}}$ (или $J_{пр}^{др} = J_{пр}^{дсп} \frac{E_{дсп}}{E_{др}}$).

Тогда из (2) нетрудно получить зависимость, определяющую условие требуемой прочности древесно-стружечной плиты:

$$R_p^{дсп} \geq R_{и}^{др} \frac{W_{расч}^{др}}{W_{расч}^{дсп}} \cdot \frac{(1-\Delta_N)}{(1+\Delta_N)} = R_{и}^{др} \cdot \frac{E_{дсп}}{E_{др}} \cdot \frac{(h-y)}{y} \cdot \frac{(1-\Delta_N)}{(1+\Delta_N)}. \quad (3)$$

Как показано в [1], величина $\Delta_N = 0,0248...0,0381$, т.е. составляет около 3 %, поэтому без учета Δ_N имеем

$$R_p^{дсп} \geq R_{и}^{др} \cdot \frac{E_{дсп}}{E_{др}} \cdot \frac{(h-y)}{y} = R_{и}^{др} \cdot \eta \cdot \frac{h-y}{y}, \quad (4)$$

где $\eta = E_{дсп} / E_{др}$.

Формулы (3) и (4) выражают связь между величинами расчетных сопротивлений древесины и древесно-стружечной плиты. Если учесть, что рост напряжений в обшивке и ребрах будет происходить пропорционально вплоть до достижения предельного состояния в условиях кратковременного нагружения кровельного щита, то формулы (3) и (4) будут справедливы, и для зависимости пределов прочности этих материалов $\sigma_p^{дсп}$ и $\sigma_{и}^{др}$ формула (4) будет иметь вид

$$\sigma_p^{дсп} \geq \sigma_{и}^{др} \cdot \eta \cdot \frac{h-y}{y}. \quad (5)$$

Для получения кратковременной прочности древесно-стружечной плиты в соответствии с формулой (5) необходимо величины $\sigma_{и}^{др}$ и η принимать с учетом их значений при кратковременном действии нагрузок и с учетом вариационной изменчивости показателей прочности.

Известно, что расчетное сопротивление древесноплитных материалов связано со средним значением кратковременного предела прочности $\sigma_p^{дсп}$ при доверительной надежности 99 % зависимостью

$$R_p^{дсп} = \sigma_p^{дсп} (1 - 2,33 \cdot C_V) \cdot k_{дс}, \quad (6)$$

где C_V – вариационный коэффициент; $k_{дс}$ – коэффициент длительного сопротивления.

Поэтому чтобы прийти к среднему значению показателя кратковременной прочности для оценки качества древесно-стружечных плит, необходимо в формуле (4) учесть выражение (6). Тогда получим

$$\sigma_p^{дсп} = R_{и}^{др} \cdot \eta \cdot \frac{h-y}{y} \cdot \frac{1}{k_{дс}(1 - 2,33 \cdot C_V)}. \quad (7)$$

Из многочисленных испытаний древесно-стружечных плит на растяжение, проведенных авторами работы [2] и другими исследователями, следует, что вариационный коэффициент C_V находится в пределах 0,15...0,21. По исследованиям ВНИИДрев и другим значение $k_{дс}$ при растяжении древесно-стружечных плит находится в пределах 0,32...0,4.

Тогда значение $\bar{\sigma}_p^{\text{дсп}}$ будут равны:

- при $C_V = 0,15$

$$\bar{\sigma}_p^{\text{дсп}} \geq R_{и}^{\text{др}} \cdot \eta \frac{h-y}{y} \cdot \frac{1,537}{k_{\text{дс}}} = (4,8 \dots 3,8) R_{и}^{\text{др}} \cdot \eta \left(\frac{h}{y} - 1 \right);$$

- при $C_V = 0,21$

$$\bar{\sigma}_p^{\text{дсп}} = R_{и}^{\text{др}} \cdot \eta \frac{h-y}{y} \cdot \frac{1,958}{k_{\text{дс}}} = (6,1 \dots 4,9) R_{и}^{\text{др}} \cdot \eta \left(\frac{h}{y} - 1 \right),$$

или в общем случае средняя величина кратковременной прочности древесно-стружечной плиты при растяжении будет находиться в пределах

$$\bar{\sigma}_p^{\text{дсп}} = (3,8 \dots 6,1) R_{и}^{\text{др}} \cdot \eta \left(\frac{h}{y} - 1 \right). \quad (8)$$

Как видно из (8), величина $\bar{\sigma}_p^{\text{дсп}}$ зависит от прочностной характеристики древесины $R_{и}^{\text{др}}$ и высоты сжатой зоны деревянного ребра y . Результаты практических расчетов кровельных щитов с применением несущих ребер сечением $44 \times (120 \dots 168)$ мм из сосновой древесины 2-го сорта при $R_{и}^{\text{др}} = 13$ МПа и обшивки из древесно-стружечных плит толщиной 16, 13, и 10 мм показали, что при $\eta = 0,1$

величина $\left(\frac{h}{y} - 1 \right)$ колеблется в пределах $0,92 \dots 0,94$, а при $\eta = 0,2$ величина

$\left(\frac{h}{y} - 1 \right)$ составляет $0,74 \dots 0,78$. Тогда средняя величина кратковременной прочности древесно-стружечной плиты при растяжении будет равна:

- при $\eta = 0,1$

$$\bar{\sigma}_p^{\text{дсп}} = (3,8 \dots 6,1) \cdot 13 \cdot 0,1 (0,92 \dots 0,94) = (3,5 \dots 5,731) \text{ МПа};$$

- при $\eta = 0,2$

$$\bar{\sigma}_p^{\text{дсп}} = (3,8 \dots 6,1) \cdot 13 \cdot 0,2 (0,74 \dots 0,78) = (2,81 \dots 4,75) \cdot 2,6 = (7,3 \dots 12,73) \text{ МПа},$$

т.е. прочностные требования к плите более чем в два раза возрастают при увеличении модуля упругости древесно-стружечной плиты в два раза. В то же время согласно [1, рис. 5] увеличение модуля упругости древесно-стружечной плиты в два раза приводит к увеличению несущей способности щита всего лишь на $10 \dots 12\%$, что по степени увеличения предельного изгибающего момента эквивалентно всего лишь переходу сечения ребер к более высокой ступени по сортаменту древесины, т.е. переходу с высоты ребра, равной 120 мм (125 мм), на высоту в 144 мм (150 мм).

Выше показан подход к определению критерия прочности древесно-стружечной плиты при растяжении как наиболее важному показателю при работе клеёного щита преимущественно на изгиб. Однако предприятия, выпускающие древесно-стружечные плиты, в основном при оценке качества изделия оперируют другим показателем прочности, а именно пределом прочности при поперечном изгибе. Этим же показателем лимитируют качество плит действующие ГОСТы. Очевидно, это связано с меньшими трудностями при проведении механических испытаний образцов.

Сделаем попытку перехода от регламентируемой прочности древесно-стружечной плиты при растяжении к прочности её при поперечном изгибе применительно для клеёной конструкции с несущими деревянными ребрами. С этой целью воспользуемся требованиями условия (5) и результатами исследований проч-

ностных характеристик древесно-стружечных плит, имеющихся в литературных источниках, при различных видах напряжений.

В таблице приведены данные нормативных и расчетных сопротивлений древесно-стружечных плит при изгибе, растяжении и сжатии, а также соотношения нормативных сопротивлений при изгибе и растяжении, полученные различными исследователями.

Т а б л и ц а

Величины нормативных и расчетных сопротивлений
древесно-стружечной плиты по данным литературных источников

Характеристика	Растяжение, МПа		Изгиб, МПа		Сжатие, МПа		$k = \frac{R_{и}^H}{R_p^H}$
	кратковременное	длительное	кратковременное	длительное	кратковременное	длительное	
R		2,0		4,0		3,0	
$R_{кр}^{вп}$	7,9		13,1		13,1		
$R_{кр}^H$	6,0		10,5		9,0		1,75
R^H	7,0		16,0		13,0		
R		1,2		2,2		2,0	
(R^H, R) ПС-1	7,2	2,9	10,2	3,0	10,2	2,5	1,42
(R^H, R) ПС-3	5,4	2,1	7,8	2,3	7,9	1,9	
(R^H, R) ПТ-1	9,0	3,6	13,0	3,9	13,0	3,2	1,44
(R^H, R) ПТ-3	7,2	2,9	10,2	3,0	10,2	2,5	1,42
R^H, R	5,96	1,55	18,3	4,94	13,94	3,77	
(R^H, R) гр. А	9,0	3,6	12,9	3,9	12,9	3,2	1,43
(R^H, R) гр. Б	7,2	2,9	10,2	3,0	10,2	2,5	1,42
$R_{кр}^H$	8,0		12,0		12,0		1,5
$R_{кр}$	5,0		7,2		7,5		1,5

При подсчете коэффициента $k = \frac{R_{и}^H}{R_p^H}$, указанного в таблице, использовались

значения нормативных сопротивлений древесно-стружечных плит, в то время как при переходе к средним показателям прочности необходимо учесть различия в вариационных коэффициентах показаний прочности при испытаниях плиты на

растяжение и изгиб. С учетом этого коэффициент $k = \frac{R_{и}^H}{R_p^H}$ рассчитывают как

$$k = \frac{R_{и}^H}{R_p^H} = \frac{\bar{\sigma}_{и}^{-пч} (1 - t \cdot C_{Vi})}{\bar{\sigma}_p^{-пч} (1 - t \cdot C_{Vp})}, \quad (9)$$

где $\bar{\sigma}_{и}^{-пч}$ и $\bar{\sigma}_p^{-пч}$ – средние значения кратковременных пределов прочности древесно-стружечной плиты соответственно при изгибе и при растяжении; C_{Vi} и C_{Vp} – вариационные коэффициенты соответственно при изгибе и при растяжении; t – коэффициент, учитывающий степень надежности или достоверности.

Из выражения (9) имеем:

$$\frac{\bar{\sigma}_n^{\text{пч}}}{\bar{\sigma}_p^{\text{пч}}} = \frac{R_n^{\text{н}}(1-t \cdot C_{Vp})}{R_p^{\text{н}}(1-t \cdot C_{Vi})} = k \cdot m, \quad (10)$$

где $m = \frac{1-t \cdot C_{Vp}}{1-t \cdot C_{Vi}}$.

Анализ результатов испытаний показал, что величина $m = (1...1,213)$, а коэффициент k , как видно из таблицы, изменяется в пределах 1,42...1,75. Тогда, подставляя эти величины в выражение (10), получим:

$$\frac{\bar{\sigma}_n^{\text{пч}}}{\bar{\sigma}_p^{\text{пч}}} = (1...1,213) \cdot (1,42...1,75) = 1,42...2,12.$$

Таким образом, средний предел кратковременной прочности древесно-стружечных плит при изгибе может превышать в 2,12 раза средний предел прочности её при растяжении, т.е. $\bar{\sigma}_n^{\text{пч}} = 2,12 \cdot \bar{\sigma}_p^{\text{пч}}$.

Принимая во внимание, что при $\eta = 0,1$ $\bar{\sigma}_p^{\text{пч}} = (3,5...5,73)$ МПа, получим средний предел кратковременной прочности древесно-стружечной плиты при изгибе:

$$\bar{\sigma}_n^{\text{пч}} = (3,5...5,73) \cdot 2,12 = (7,42...12,15) \text{ МПа.}$$

Поскольку прочностные расчеты ориентируются на высокую степень надежности работы материала, следует рекомендовать показатель прочности древесно-стружечных плит при изгибе $\bar{\sigma}_n^{\text{пч}}$ равным 12,5 МПа.

Доверительный интервал с надежностью 95 %, т.е. величина кратковременного нормативного сопротивления (или отбраковочного минимума), будет равен:

$$R_{кр}^{\text{н}} = \bar{\sigma}_n^{\text{пч}} (1 - 1,64 \cdot C_{Vi}),$$

или при $C_V = 0,15$ $R_{кр}^{\text{н}} = 0,754 \bar{\sigma}_n^{\text{пч}} = 9,5$ МПа,

при $C_V = 0,21$ $R_{кр}^{\text{н}} = 0,656 \bar{\sigma}_n^{\text{пч}} = 8,2$ МПа.

Как видно из полученных результатов, требуемый показатель прочности при изгибе древесно-стружечной плиты, используемой в кровельных щитах, почти в два раза меньше, чем аналогичный показатель для более нагруженных конструкций, – с симметричным сечением (с двумя обшивками), например, плит перекрытий, хотя на практике при строительстве деревянных домов для всех конструктивных элементов применяют плиту с одинаковыми механическими характеристиками (как правило, с повышенными). Дифференцированный подход к выбору материалов для обшивок конструкций панели и кровельных щитов мог бы дать положительный экономический эффект.

Литература

1. Вдовин, В.М. Оптимизация конструкций кровельных щитов полносборных деревянных домов [Текст] / В.М. Вдовин, В.Н. Карпов // Региональная архитектура и строительство. – 2006. – №1. – С. 27–32.
2. Вдовин, В.М. Оценка физико-механических свойств древесно-стружечных плит, применяемых в панельном деревянном домостроении [Текст] / В.М. Вдовин, В.Н. Карпов, К.В. Козлов // Сб. тр. ЦНИИЭПсельстрой «Конструкции и расчет жилых и промышленных зданий сельскохозяйственного назначения». – М., 1987. – С. 64–70.

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА «ЗДОРОВЫХ» ЗДАНИЙ С ОГРАЖДЕНИЯМИ РАЗЛИЧНОЙ ТЕПЛОВОЙ ИНЕРЦИИ

А.М. Береговой

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Путем сравнения ряда рассчитанных критериев теплоустойчивости стенки из разных материалов и на расчетных моделях здания показан диапазон амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности, влияющий на формирование теплового режима помещений.

Введение

При создании энергоэффективных и «здоровых» (*Healthy Building*) типов зданий в реальных (нестационарных) условиях температурных воздействий окружающей среды большое значение приобретает поиск комплекса теплотехнических показателей ограждающих конструкций, которые позволят значительно уменьшить расход энергоресурсов на формирование комфортного теплового режима помещений. В большинстве методик в основе расчета энергоэффективности ограждающих конструкций лежит показатель их теплоизолирующей способности, улучшение которого достигается существенным снижением плотности материала конструкции, использованием эффективного утеплителя. Однако результаты опубликованных теоретических исследований и опыт эксплуатации показывают, что уровень теплоизоляции наружных ограждений является недостаточным критерием оценки их теплозащитной способности. В реальных условиях эксплуатации не менее важными являются показатели тепловой инерции ограждения и теплоусвоения ее внутренней поверхности.

В исследованиях зарубежных и отечественных специалистов отмечается, что степень массивности ограждений имеет преимущественное значение для условий теплого и жаркого климата, а степень теплоизоляции – для холодного климата. Поэтому здание с хорошим уровнем теплоизоляции, но имеющее при этом малую тепловую инерцию, может оказаться совершенно непригодным для проживания в нём в условиях жаркого климата, тогда как здание с массивными конструкциями предотвращает опасность перегрева помещений.

Такая же аналогия наблюдается для зимних и летних, ночных и дневных условий эксплуатации. Если для зимы наиболее важна теплоизолирующая способность ограждающих конструкций, то для лета – теплоаккумулирующая. В связи с этим возникает противоречивость основных функций ограждающих конструкций: конструктивные решения по повышению теплоизоляции ограждений обеспечивают уменьшение потребления тепловой энергии зимой, но могут вызвать рост расходов в системе охлаждения здания летом, и наоборот.

Как известно, при стационарном режиме теплопередачи теплоаккумулирующая способность материала не влияет на тепловой поток, проходящий через конструкцию. В этих условиях конструкции, изготовленные из различных материалов, пропускают одну и ту же величину теплового потока. Однако реальные условия эксплуатации характеризуются, как известно, постоянными колебаниями температуры наружного воздуха и эпизодическими колебаниями температуры внутренней воздушной среды.

Поэтому выполнять расчеты теплопотерь, теплового баланса и в целом оценивать энергоэффективность зданий, основываясь только на стационарном режиме теплопередачи, было бы весьма ошибочно. Эффект тепловой аккумуляции ограж-

дающей конструкции и ее материала наиболее полно проявляется в условиях окружающей среды, отличающихся значительными колебаниями температуры и интенсивности солнечной радиации.

Температура наружного воздуха все время колеблется в суточном, сезонном и годовом циклах. Анализ средних многолетних климатических показателей позволяет сделать вывод, что климат в ряде городов Среднего Поволжья характеризуется значительными амплитудами температуры наружного воздуха в течение всего отопительного периода [1]. Надежно функционирующая система регулирования микроклимата помещений может минимизировать амплитуду колебания температуры внутреннего воздуха.

Как известно, основная цель расчета на теплоустойчивость заключается в том, что конструкция ограждения должна обеспечить относительное постоянство температуры внутреннего воздуха помещений в реальных условиях эксплуатации.

Достаточно полную оценку теплотехнической эффективности ограждающей конструкции можно получить с помощью следующих критериев теплоустойчивости: объемной теплоемкости материала $C_0 \cdot \gamma$, тепловой инерции D и величины затухания температурных колебаний в конструкции ν .

Как показывает опыт эксплуатации зданий, многие ограждающие конструкции с надежными теплоизоляционными качествами не обладают необходимой теплоустойчивостью для использования их в гражданских и промышленных зданиях. К таким конструкциям относятся наружные стены с большим количеством легчайшего эффективного утеплителя (панели типа «сэндвич», деревянные панели с утеплителем из минеральной ваты, а также наружные ограждения, возводимые по западной строительной технологии с использованием несъемной пенополистирольной опалубки). При значительных колебаниях температуры наружного воздуха такие конструкции, даже с высокими теплоизоляционными качествами, не могут надежно защитить помещения от перегрева летом (например, в условиях сильной солнечной радиации) и переохлаждения зимой (например, при аварийных отключениях системы центрального отопления).

1. Критерии теплоустойчивости стенки из эффективного местного материала

Всё большую актуальность приобретает создание легчайших эффективных утеплителей, которые имели бы вполне удовлетворительные критерии теплоустойчивости. Как известно, в Пензенском ГУАС были разработаны составы легкого эффективного местного материала арболитобетона (пеноарболита) с заполнителем из соломы [2]. Расчетным путем были определены критерии теплоустойчивости для однослойной наружной стенки толщиной 25 см, изготовленной из этого и ряда других распространенных материалов [3].

Результаты расчета показали, что пеноарболит несколько уступает по теплоаккумулирующей способности традиционным легким бетонам, но существенно превосходит по этому показателю пенополистирол: пеноарболит плотностью 450 кг/м^3 имеет $C_0 \cdot \gamma = 630 \text{ кДж/(м}^3 \cdot \text{°C)}$, $D = 5,82$, $\nu = 136,7$; у керамзитобетона на керамзитовом песке плотностью 1200 кг/м^3 $C_0 \cdot \gamma = 1008 \text{ кДж/(м}^3 \cdot \text{°C)}$, $D = 3,63$, $\nu = 16,86$; у пенополистирола плотностью 40 кг/м^3 $C_0 \cdot \gamma = 53,6 \text{ кДж/(м}^3 \cdot \text{°C)}$, $D = 2,62$, $\nu = 62,4$.

Более высокая плотность полученного теплоизоляционного арболитобетона по сравнению с легчайшими утеплителями типа пенополистирола или минеральной ваты предопределяет и большую величину его объемной теплоемкости $C_0 \cdot \gamma$, непосредственно влияющей на теплоаккумулирующие свойства конструкции, изготовленной из этих материалов. Такая конструкция поглощает много тепла, предотвращая перегрев помещения, и отдает ему это тепло при снижении темпе-

ратуры внутреннего воздуха. Вместе с тем конструкция стенки из пеноарболитобетона имеет гораздо бóльшую величину тепловой инерции D и коэффициента затухания температурной волны ν , чем эта же конструкция, изготовленная из других вышеупомянутых материалов.

Таким образом, разработанный пеноарболитобетон сочетает в себе хорошие теплоизоляционные свойства (коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,11$ Вт) и показатели теплоустойчивости: достаточную объемную теплоемкость $C_o \cdot \gamma$ и относительно высокие значения D и ν . Это и является одним из основных факторов, способных обеспечивать формирование комфортных условий микроклимата и их относительное постоянство в домах с наружными стенами из данного материала.

2. Теплоустойчивость помещений, огражденных конструкциями с различной тепловой инерцией

Как известно, свойство наружных ограждений поглощать тепло при периодически повторяющихся колебаниях теплового потока находится в зависимости от величины их теплотехнических показателей. Четко выраженный периодический характер имеет поток солнечной радиации, во многом определяющий процессы поглощения и отдачи тепла инсолируемыми конструкциями и элементами. Помимо этого, на теплопоглощение ограждений оказывают влияние изменения теплового потока со стороны отопительной системы здания, бытовые и производственные тепловыделения, работа систем кондиционирования и вентиляции.

Процессы поглощения и выделения тепла этими конструкциями связаны с колебаниями температуры внутренней поверхности A_t и воздуха помещений. При этом чем меньше величина последних, тем больше способность ограждений поглощать тепло и тем выше теплоустойчивость этих конструкций и помещения в целом. Данное свойство ограждений можно регулировать в широких пределах, используя материалы с различными значениями таких теплотехнических показателей, как плотность, коэффициент теплопроводности и теплоусвоения материала и внутренней поверхности ограждения.

Эти теплотехнические показатели, а также ряд параметров объемно-планировочного решения здания (площади наружных стен, верхнего и нижнего перекрытия, перегородок, окон) позволяют определить комплексный критерий, непосредственным образом формирующий микроклимат помещений энергоэффективных зданий, — показатель теплоусвоения ограждающих конструкций $Y_{огр}$ ($Y_{огр} = \sum Y_x \cdot F_x$, где Y_x — показатель теплоусвоения отдельно взятого ограждения; F_x — площадь ограждающих конструкций, м²).

На основании показателя $Y_{огр}$, Вт/°С, была найдена величина колебаний температуры поверхностей ограждающих конструкций (амплитуда A_t) при поступлении в помещение лучистого тепла солнечной радиации с амплитудой A_q .

При допущении, что в помещении отсутствует мебель, по следующему уравнению была определена величина A_t :

$$A_t = A_q / \sum Y_{огр} = A_q / \sum Y_x \cdot F_x, \quad (1)$$

где $Y_{огр} = Y_x \cdot F_x$ — показатель теплоусвоения помещения.

Анализ влияния комплексного критерия $Y_{огр}$ на энергоэффективность здания в климатических условиях г. Пензы проводился на основании двух расчетных моделей помещений, имеющих ограждающие конструкции с различными значе-

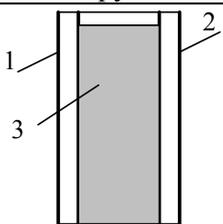
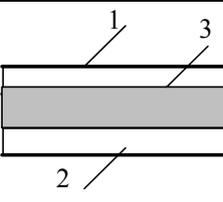
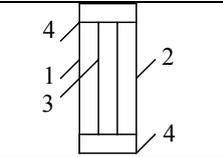
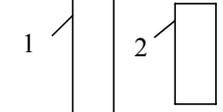
ниями вышеупомянутых теплотехнических показателей. Эти показатели характеризуют ограждающие конструкции по величине тепловой инерции как «легкие» (использованные в первой расчетной модели, табл. 1) и как «массивные» (использованные во второй расчетной модели, табл. 2). Для каждой расчетной модели плотность бетона одной из ограждающих конструкций помещения (перегородки) $\gamma_{пер}$, кг/м³, варьировалась в широких пределах. При этом условии показатель теплоусвоения помещения будет равен:

$$Y_{п} = Y_{огр}^* + Y_{пер}, \quad (2)$$

где $Y_{огр}^*$ – показатель теплоусвоения ограждающих конструкций помещения без учета перегородок.

Т а б л и ц а 1

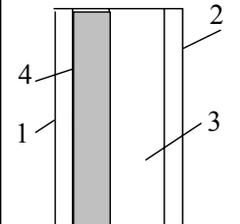
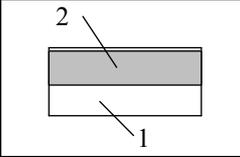
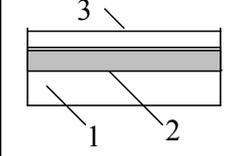
Первая расчетная модель

Номер схем	Конструктивная схема ограждения	Теплотехнические показатели материала: плотность бетона γ , кг/м ³ ; коэффициент теплопроводности материала λ , Вт/(м·°С); коэффициент теплоусвоения материала S , Вт/(м ² ·°С); толщина слоя ограждения δ , м
Наружные стены: трехслойные панели типа «сэндвич»		
1		1, 2 – плиты из ДСП: $\gamma = 600$; $\lambda = 0,13$; $S = 3,93$; $\delta = 0,019$; 3 – минеральная вата: $\gamma = 50$; $\lambda = 0,052$; $S = 0,42$; $\delta = 0,153$;
Чердачное и цокольные перекрытия: ограждение из панелей типа «сэндвич»		
2		1, 2 – плиты из ДСП: $\gamma = 600$; $\lambda = 0,13$; $S = 3,93$; $\delta = 0,019$; 3 – минеральная вата: $\gamma = 50$; $\lambda = 0,052$; $\delta = 0,235$ $S = 0,42$; $\delta = 0,153$;
Конструкция окна: два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах, $R_{пр} = 0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$		
3		1, 2 – спаренные стеклопакеты; 3 – воздушная прослойка; 4 – герметизированные переплеты
Внутренние стены		
4		1 – железобетон, $\gamma = 2400$; 2 – керамзитобетон, $\gamma = 500-1800$

П р и м е ч а н и е : параметры объемно-планировочного решения (площадь поверхности ограждений F_x , м²): наружная стена – 9,2; перекрытие – 24; пол – 24; окно – 2,8.

Т а б л и ц а 2

Вторая расчетная модель

Номер схем	Конструктивная схема стены	Теплотехнические показатели материала (см. табл. 1): γ , кг/м ³ ; λ , Вт/(м·°С); S , Вт/(м ² ·°С); δ , м
1		1, 2 – штукатурные слои: $\gamma = 1800$; $\lambda = 0,76$; $S = 9,06$; $\delta = 0,015$; 3 – кирпичная кладка: $\gamma = 1800$; $\lambda = 0,7$; $S = 9,2$; $\delta = 0,51$; 4 – утеплитель из пенополистирола: $\gamma = 40$; $\lambda = 0,041$; $S = 0,41$; $\delta = 0,098$
Чердачное перекрытие		
2		1 – железобетонная плита: $\gamma = 2500$; $\lambda = 1,92$; $S = 17,98$; $\delta = 0,22$; 2 – утеплитель из пенобетона: $\gamma = 400$; $\lambda = 0,14$; $S = 2,19$; $\delta = 0,2$; $\delta = 0,235$
Цокольное перекрытие		
3		1 – железобетонная плита: $\gamma = 2500$; $\lambda = 1,92$; $S = 17,98$; $\delta = 0,22$; 2 – плиты из ДСП: $\gamma = 600$; $\lambda = 0,13$; $S = 3,93$; $\delta = 0,019$; 3 – линолеум: $\gamma = 1600$; $\lambda = 0,33$; $S = 7,52$; $\delta = 0,003$

Примечание: конструкция окна и перегородок, а также параметры объемно-планировочного решения приняты те же, что и в первой модели.

В табл. 3 и 4 приведены полученные расчетные значения амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности A_{τ} , °С, при воздействии лучистого теплового потока A_q , Вт, различной величины.

Т а б л и ц а 3

Первая расчетная модель

$\gamma_{\text{пер}}$, кг/м ³	$Y_{\text{пер}}$	$Y_{\text{п}}$	A_{τ} , °С, при A_q , Вт					
			5000	4000	3000	2000	1000	500
2400	801,6	950,6	5,26	4,21	3,16	2,1	1,05	0,53
1800	504,0	653,0	7,66	6,13	4,59	3,06	1,54	0,77
1600	434,9	583,9	8,56	6,85	5,14	3,43	1,71	0,86
1400	372,0	521,0	10,0	7,68	5,76	3,84	1,92	0,96
1200	305,3	454,3	11,0	8,80	6,60	4,40	2,20	1,10
1000	241,4	390,4	12,8	10,3	7,68	5,12	2,56	1,28
800	183,8	332,8	15,0	12,0	9,01	6,0	3,0	1,5
600	145,4	294,4	17,0	13,6	10,2	6,8	3,4	1,7
500	122,4	271,4	18,4	14,7	11,1	7,37	3,68	1,84

Вторая расчетная модель

$\gamma_{\text{пер}},$ кг/м ³	$\gamma_{\text{пер}}$	$\gamma_{\text{п}}$	$A_t, \text{ }^\circ\text{C}$ при $A_q, \text{ Вт}$					
			5000	4000	3000	2000	1000	500
2400	801,6	1407,1	3,55	2,84	2,13	1,42	1,42	0,36
1800	504,0	1109,4	4,51	3,61	2,70	1,80	0,90	0,45
1600	434,9	1040,3	4,81	3,85	2,88	1,92	0,96	0,48
1400	372,0	977,4	5,12	4,09	3,07	2,05	1,02	0,51
1200	305,3	910,7	5,49	4,39	3,29	2,20	1,10	0,55
1000	241,4	846,8	5,90	4,72	3,54	2,36	1,18	0,59
800	183,8	789,2	6,34	5,07	3,80	2,53	1,27	0,63
600	145,4	750,8	6,67	5,33	4,00	2,66	1,33	0,67
500	122,4	727,8	6,87	5,50	4,12	2,75	1,37	0,69

Таким образом, сравнительный анализ расчетных моделей теплоустойчивости двух помещений показал, что для помещения, огражденного малоинерционными конструкциями (D до 2,3), характерны резкие колебания температуры их внутренней поверхности, а следовательно, и воздушной среды помещений при воздействии тепловых потоков разной интенсивности. Наибольшего значения ($18,4 \text{ }^\circ\text{C}$) они достигают при минимально принятой плотности (500 кг/м^3) материала ограждений и максимально заданной амплитуде лучистого теплового потока $A_q = 5000 \text{ Вт}$.

Заключение

Сравнение найденных критериев теплоустойчивости показывает, что ограждение из арболитобетона может обеспечить большее снижение амплитуды колебаний внутренней поверхности и меньшее количество поступающего в помещения летом тепла, чем ограждения из легких бетонов или наружные конструкции с большим количеством пенополистирола (например, ограждения с несъемной опалубкой из пенополистирола).

В помещении, огражденном конструкцией с большей тепловой инерцией (D до 6,6), наблюдаются сравнительно небольшие амплитуды температуры поверхности конструкций, достигающие минимальных значений ($0,36 \text{ }^\circ\text{C}$) при максимально принятой плотности внутренних ограждений (2400 кг/м^3) и минимально заданной амплитуде лучистого теплового потока $A_q = 500 \text{ Вт}$.

Литература

1. СНиП 23-01-99. Строительная климатология [Текст] / Госстрой России. – М.: ГУПЦПП, 2000. – 57 с.
2. Пенобетон (состав, свойства, применение) [Текст]: моногр. / А.П. Прошин, В.А. Береговой, А.А. Краснощеков, А.М. Береговой. – Пенза: ПГУАС, 2003. – 162 с.
3. Теплоизоляционный арболитобетон, изготовленный с использованием современных ПАВ [Текст] / А.П. Прошин, В.А. Береговой, А.М. Береговой, С.Н. Солдатов // Сб. науч. трудов НИИСФ «Проблемы строительной теплофизики, систем обеспечения микроклимата и энергосбережения в зданиях» / Шестая науч.-техн. конф.; Академические чтения, посвященные памяти В.Н. Богославского. – М., 2001. – С.45–50.

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 697.911

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ЛОКАЛЬНОЙ РАЗДАЧИ ВОЗДУХА МЕТОДОМ НЕПОЛНОГО ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.И. Ерёмкин, И.Н. Фильчакина

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Рассмотрен метод неполного физического моделирования тепловых и аэродинамических процессов в системах вентиляции и дана методика расчёта локальной раздачи воздуха на примере помещения прядильного производства.

Предлагаемый метод (при строгом соблюдении основных положений теории подобия) позволяет эффективно вести разработку новых и проверку существующих систем вентиляции.

Введение

Разработку новых эффективных систем вентиляции весьма удобно проводить на моделях. Модель следует выполнить в определённом геометрическом масштабе, и все явления, происходящие внутри неё, должны быть подобны явлениям, происходящим в реальном (натуральном) помещении. В таком случае, в соответствии с теорией подобия, должна соблюдаться определённая пропорциональность (масштабность) между соответствующими физическими величинами, характеризующими явления, происходящие в помещении и его модели. При этом у каждой моделируемой физической величины будет своя масштабность.

1. Теоретический анализ

Современные методы моделирования основываются на теории подобия и базируются на теореме Кирпичёва-Гухмана. Труды таких учёных, как А.А. Гухман, М.В. Кирпичёв, Е.О. Шилькрот и др. [2, 3], положили начало проведению исследований систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха на моделях. Методы, предложенные данными авторами, имеют допущения различного вида. Среди них:

1. Одновременный выбор численных значений масштабностей нескольких физических величин, например: линейных размеров $C_l < 1$; разностей температур среды $C_{\theta} = 1$; разностей поверхности нагрева и среды $C_{t_{\text{пн}}t_{\text{в}}} = 1$; четвёртых степеней абсолютных температур $C_{T^4} = 1$; степени черноты поверхностей $C_{\epsilon} = 1$.

2. Равенство характеризующих процесс однородных физических констант воздуха в модели и натуре.

3. Описание процесса лучистого теплообмена упрощённой эмпирической зависимостью вида

$$q_{\text{л}} \approx \epsilon_0 \cdot C_0 \cdot 0,185 \cdot (t_{\text{пн}} - t_{\text{в}})^{3/2} \cdot \varphi^*, \quad (1)$$

где ϵ_0 – степень черноты; $t_{\text{пн}}, t_{\text{в}}$ – соответственно температуры поверхности нагрева и внутреннего воздуха, °С; φ – угловой коэффициент излучения; C_0 – коэффициент излучения.

* Данная зависимость применяется только для того, чтобы сделать удобными математические преобразования.

4. Стремление обеспечить подобие лучистого теплообмена за счёт изменения коэффициента теплопередачи ограждающих конструкций модели, исходя из условия

$$(Q_{\text{л}} - Q_{\text{пот}}) / Q_{\text{изб}} = \text{idem}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{л}}$, $Q_{\text{пот}}$, $Q_{\text{изб}}$ – лучистое, потребляемое и избыточное тепло, Вт, соответственно.

Подобие всех условий однозначности (или краевых условий) и равенство всех определяющих критериев в модели и натуре подобия, как правило, невозможно. Использование явления «автомодельности» процессов конвективного теплообмена и вынужденных течений относительно чисел Релея Ra и Рейнольдса Re всё же позволяет сделать моделирование практически осуществимым. Такое моделирование, называемое неполным, вполне приемлемо тогда, когда ставится задача изучения параметров среды на удалении от поверхностей изучаемых объектов. Возникающие при этом трудности в основном связаны с тем, что не удаётся обеспечить строгое подобие граничного условия первого рода.

В воздушной среде теплообмен осуществляется как конвекцией, так и излучением. Их воспроизведение в модели является обязательным, поскольку оба вида переноса тепла, как правило, соизмеримы и оказывают определённое влияние на параметры среды. Исключение из области моделирования изучаемых поверхностей даёт возможность, на первый взгляд, «выбрать» такие их температуры, которые обеспечивали бы подобие граничных условий второго и третьего рода без нарушения процессов «автомодельности». Но этот «выбор» не может быть произвольным по ряду причин:

- 1) существуют сложные связи между физическими величинами, характеризующими явления тепло- и массопереноса, и описываемыми системами уравнений;
- 2) имеются различия в законах теплообмена излучением и конвекцией;
- 3) отсутствует область «автомодельности» процесса лучистого теплообмена;
- 4) накладываются практические ограничения верхнего предела степени черноты поверхностей и теплотехнических возможностей воспроизведения тепловых потоков в модели.

Такие учёные, как В.В. Батурин, А.М. Листов, В.Н. Талиев, внесли большой вклад в развитие и совершенствование методов моделирования процессов вентиляции помещений с источниками тепла. В своих работах данные авторы используют и применяют перечисленные выше допущения, которые хотя и упрощают расчёты, но не имеют достаточных обоснований, что приводит к существенным нарушениям подобия физических процессов в области моделирования. При выборе того или иного метода моделирования необходимо учитывать конкретные особенности решаемой задачи и оценивать степень его точности.

2. Методика

В основу методики расчёта локальной раздачи воздуха методом неполного физического моделирования положена методика, разработанная В.В. Дерюгиным [1], которая предусматривает моделирование тепловых и аэродинамических процессов в объёме помещения прядильного цеха, а именно: параметров внутреннего воздуха модели и всех видов тепlopоступлений (от солнечной радиации, оборудования, искусственного освещения). Приведённая методика позволяет повысить точность метода неполного физического моделирования и расширить области его практического применения при более строгом (по сравнению с другими методами) соблюдении основных положений теории подобия:

1. В систему уравнений, описывающих процессы зависимостей параметров воздуха от температуры, вводятся следующие параметры:

– температурный коэффициент объёмного расширения, $1/^\circ\text{C}$

$$\beta = \frac{1}{273+t}; \quad (3)$$

– коэффициент теплопроводности, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$

$$\lambda = (2,1 + 0,0065t) \cdot 10^{-2}; \quad (4)$$

– коэффициент кинетической вязкости, $\text{м}^2/\text{с}$

$$\nu = 0,415 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{(273+t)^{5/2}}{387+t}; \quad (5)$$

– удельная изобарическая теплоёмкость воздуха, $\text{ккал}/(\text{кг}\cdot\text{град})$

$$\gamma = \frac{353}{273+t}. \quad (6)$$

Удельная изобарическая теплоёмкость воздуха в широком диапазоне изменения температур с достаточной степенью вероятности может быть принята постоянной и равной $0,24 \text{ ккал}/(\text{кг}\cdot\text{град})$.

2. Для описания теплообмена излучением используется закон Стефана-Больцмана, а не эмпирические уравнения.

3. Строго соблюдаются условия $Q_{\text{л}}/Q_{\text{к}} = \text{idem}$ и равенства масштабов всех тепловых потоков.

4. Произвольно (исходя в первую очередь из практических соображений) выбираются только те величины, которые входят в условия однозначности.

Эти условия несколько усложняют метод, но дают возможность реализовать подобие в моделируемой области с минимальной долей ошибки.

Использование явления «автомодельности» при условии развитых турбулентных режимов течения в природе позволяет ввести понятие масштабов определяющих критериев Рейнольдса Re и Рэлея Ra , приняв $[Ra]_{\text{м}} \geq [Ra]_{\text{крит}} (2 \cdot 10^7)$, $[Re]_{\text{м}} \geq [Re]_{\text{крит}} (2000)$.

Критерий Рэлея для природы определяется по формуле

$$[Ra]_{\text{н}} = [Gr \cdot Pr]_{\text{н}}, \quad (7)$$

где Gr – критерий Грасгофа; Pr – критерий Прандтля.

Соответственно формула (7) принимает вид:

$$[Ra]_{\text{н}} = \left[\frac{g\beta\Delta t \cdot l^3}{\nu^2} \cdot \frac{\nu}{a} \right]_{\text{н}}, \quad (8)$$

где g – ускорение свободного падения, $9,81 \text{ м}/\text{с}^2$; β – температурный коэффициент объёмного расширения теплоносителя, $1/^\circ\text{C}$; Δt – характерный температурный напор, $^\circ\text{C}$; ν – кинетический коэффициент вязкости теплоносителя, $\text{м}^2/\text{с}$; a – коэффициент температуропроводности теплоносителя, $\text{м}^2/\text{с}$.

Критерий Рейнольдса для натуре определяется по формуле

$$[\text{Re}]_H = \left[\frac{w \cdot l}{\nu} \right]_H, \quad (9)$$

где ν – кинетический коэффициент вязкости теплоносителя, $\text{м}^2/\text{с}$; w – скорость воздуха на выходе из воздухораспределителя, $\text{м}/\text{с}$; l – ширина щели воздухораспределителя, м .

3. Экспериментальная часть

Расчёт модели ведётся в два этапа.

Первый этап заключается в вычислении масштабов физических величин, а также температур воздуха и поверхностей при условии $C_\lambda \approx C_\nu \approx C_\gamma \approx C_\beta \approx \dots \approx 1$.

В качестве задаваемого масштаба принимаем линейный масштаб C_l , который, как правило, выбирается из практических соображений методом последовательных приближений. Тогда при наличии источников тепла и неизотермических течений линейные масштабы разностей температур воздуха, обеспечивающие «автомодельность», соответственно будут равны:

$$(C_{\theta})_{\min_1} = C_l^{-3} \cdot C_{\text{Ra}}^{8/9} \text{ (относительно числа Рэлея);} \quad (10)$$

$$(C_{\theta})_{\min_2} = C_l^{-3} \cdot C_{\text{Re}}^2 \text{ (относительно числа Рейнольдса).} \quad (11)$$

Как правило, $(C_{\theta})_{\min_1} \neq (C_{\theta})_{\min_2}$, и в дальнейшие расчёты в качестве исходной включается большая из величин C_{θ} .

Из равенства масштабов переноса конвективного тепла следует, что масштаб разности температур поверхности нагрева и внутреннего воздуха можно определить по формуле

$$C_{t_{\text{пн}} t_{\text{в}}} = C_{\theta}^{9/8} \cdot C_l^{3/8}. \quad (12)$$

При известной температуре наружного (приточного) воздуха в модели на основании формул (10)–(12) задаваемые значения температур принимают следующий вид:

– внутренний воздух в модели

$$[t_{\text{в}}]_{\text{М}} = [t_{\text{н}}]_{\text{М}} + C_{\theta} \cdot [t_{\text{в}} - t_{\text{н}}]_{\text{Н}}; \quad (13)$$

– поверхность нагрева в модели

$$[t_{\text{пн}}]_{\text{М}} = [t_{\text{в}}]_{\text{М}} + C_{t_{\text{пн}} t_{\text{в}}} \cdot [t_{\text{пн}} - t_{\text{в}}]_{\text{Н}}; \quad (14)$$

– внутренняя поверхность в модели

$$[t_{\text{вп}}]_{\text{М}} = [t_{\text{в}}]_{\text{М}} - C_{t_{\text{пн}} t_{\text{в}}} \cdot [t_{\text{в}} - t_{\text{вп}}]_{\text{Н}}; \quad (15)$$

– масштаб разности абсолютных температур поверхности нагрева и внутренней поверхности

$$C_{T^4} = \frac{\left[(273 + t_{\text{пн}})^4 - (273 + t_{\text{вп}})^4 \right]_{\text{М}}}{\left[(273 + t_{\text{пн}})^4 - (273 + t_{\text{вп}})^4 \right]_{\text{Н}}}. \quad (16)$$

Условием, при котором соблюдается равенство $Q_{л}/Q_{к} = \text{idem}$ (т.е. $C_{Q_{л}} = C_{Q_{к}} = \dots C_{Q}$), является реализация масштаба степени черноты, равного:

$$C_{\varepsilon} = (C_{\beta} \cdot C_{\gamma})_{\text{в}}^{1/2} \cdot \frac{C_{\text{н}}^{3/2} \cdot C_{\text{л}}^{1/2}}{C_{\text{T}^4}} \approx \frac{C_{\text{н}}^{3/2} \cdot C_{\text{л}}^{1/2}}{C_{\text{T}^4}} = \frac{C_{\text{Q}}}{C_{\text{T}^4} \cdot C_{\text{л}}^2}. \quad (17)$$

Исходя из выражения (17), получаем формулы для расчёта следующих масштабов:

– конвективного излучения от оборудования

$$C_{Q_{к}} = C_{t_{\text{н}t_{\text{в}}}}^{4/3} \cdot C_{\text{л}}^2; \quad (18)$$

– лучистого излучения от оборудования

$$C_{Q_{л}} = C_{\text{л}}^2 \cdot C_{\text{T}^4} \cdot C_{\varepsilon}; \quad (19)$$

– общего теплового излучения от оборудования

$$C_{Q_{\text{о}}} = C_{\text{н}}^{5/2} \cdot C_{\text{л}}^{5/2} = C_{t_{\text{н}t_{\text{в}}}}^{4/3} \cdot C_{\text{л}}^2, \quad (20)$$

– скоростей

$$C_{\text{w}} = [C_{\text{н}} \cdot C_{\text{л}}]^{1/2}; \quad (21)$$

– кинетической вязкости

$$C_{\text{v}} = C_{\text{w}} \cdot C_{\text{л}}^2. \quad (22)$$

Среднее арифметическое значение определяющих абсолютных температур для природы, °С, находим по формуле

$$(T_{\text{м}})_{\text{н}} = 273 + ([t_{\text{нн}}]_{\text{н}} + [t_{\text{в}}]_{\text{н}}) / 2. \quad (23)$$

Второй этап расчёта является уточнением первого путём введения в общую систему уравнений (3)–(6) по данным вычислений (13)–(17), при сохранении полученного масштаба C_{Q} (18)–(20), масштабов физических констант воздуха при определяющих температурах $t_{\text{в}}$ и $t_{\text{м}}$, а именно масштабов:

– абсолютных температур при определяющей температуре внутреннего воздуха $t_{\text{в}}$

$$(C_{\beta, \rho})_{\text{в}} = (273 + [t_{\text{в}}]_{\text{н}}) / (273 + [t_{\text{в}}]_{\text{м}}); \quad (24)$$

– абсолютной температуры воздуха в модели при моделируемой температуре $t_{\text{м}}$

$$(T_{\text{м}})_{\text{м}} = 273 + ([t_{\text{нн}}]_{\text{м}} + [t_{\text{в}}]_{\text{м}}) / 2; \quad (25)$$

– абсолютных температур при моделируемой температуре $t_{\text{м}}$

$$(C_{\rho, \beta})_{\text{м}} = (T_{\text{м}})_{\text{н}} / (T_{\text{м}})_{\text{м}}; \quad (26)$$

– коэффициента кинетической вязкости воздуха относительно моделируемых абсолютных температур $t_{\text{м}}$

$$(C_{\text{v}})_{\text{м}} = [(T_{\text{м}})_{\text{м}} / (T_{\text{м}})_{\text{н}}]^{1,8}; \quad (27)$$

– коэффициента теплопроводности воздуха относительно моделируемых абсолютных температур t_m

$$(C_\lambda)_m = \left[(T_m)_M / (T_m)_H \right]^{0,88}; \quad (28)$$

– температурного коэффициента объёмного расширения

$$C_\beta = \frac{273 + [t]_H}{273 + [t]_M} = C_\gamma; \quad (29)$$

– коэффициента теплопроводности

$$C_\lambda = \frac{2,1 + 0,0065 \cdot [t]_H}{2,1 + 0,0065 \cdot [t]_M}; \quad (30)$$

– кинетической вязкости

$$C_\nu = \frac{387 + [t]_H}{387 + [t]_M} \cdot \frac{[273 + t]_M^{5/2}}{[273 + t]_H^{5/2}}. \quad (31)$$

В процессе уточнения масштабы соотношений натуральных и моделируемых величин примут следующий вид:

– разность температур

$$C'_H = (C_\beta \cdot C_\gamma^2)_B^{-1/3} \cdot C_Q^{2/3} \cdot C_l^{-5/3} = \left[\frac{1}{(C_{\beta,p})_B} \right] \cdot C_H; \quad (32)$$

– разность температур поверхности нагрева и внутреннего воздуха

$$C'_{t_{пн}t_b} = \left(\frac{C_\nu}{C_\beta \cdot C_\lambda^2 \cdot C_\gamma} \right)_m^{1/4} \cdot C_Q^{3/4} \cdot C_l^{-3/2} = \left(\frac{C_\nu}{C_{\beta,p} \cdot C_\lambda^2} \right)_m^{1/4} \cdot C_{t_{пн}t_b}; \quad (33)$$

– скорость движения воздуха

$$C'_w = \left[(C_{\beta,p})_B \cdot C_l \cdot C_H \right]^{1/2}; \quad (34)$$

– кинетическая вязкость

$$C'_\nu = C'_w \cdot C_l^2. \quad (35)$$

Соответственно новые формулы расчёта температур воздуха и поверхностей в модели примут вид:

– внутренний воздух в модели

$$[t_B]'_M = [t_H]_M + C'_H \cdot [t_B - t_H]_H; \quad (36)$$

– поверхность нагрева в модели

$$[t_{пн}]'_M = [t_B]'_M + C'_{t_{пн}t_b} \cdot [t_{пн} - t_B]_H; \quad (37)$$

– внутренняя поверхность в модели

$$[t_{вп}]'_M = [t_B]'_M - C'_{t_{пн}t_b} \cdot [t_B - t_{вп}]_H. \quad (38)$$

Эти значения используются для получения следующих масштабов:

– абсолютных температур

$$C'_{T^4} = \frac{\left[(273 + [t'_{\text{пн}}]_{\text{М}})^4 - (273 + (t'_{\text{вп}})_{\text{М}})^4 \right]}{\left[(273 + [t_{\text{пн}}]_{\text{Н}})^4 - (273 + [t_{\text{вп}}]_{\text{Н}})^4 \right]}; \quad (39)$$

– степени черноты на первом этапе расчёта относительно тепловых потоков

$$C'_\varepsilon = C_Q / (C'_{T^4} \cdot C_l^2); \quad (40)$$

– степени черноты на втором этапе расчёта

$$C''_\varepsilon = (C''_{\text{н}})^{1,5} \cdot C_l^{1/2} / C'_{T^4}; \quad (41)$$

– объёмного расхода воздуха

$$C'_V = C'_w \cdot C_l^2 = (C_{\beta,\gamma})_B^{1/2} \cdot (C''_{\text{н}})_{\text{опт}}^{1/2} \cdot C_l^{5/2}; \quad (42)$$

– массового расхода воздуха

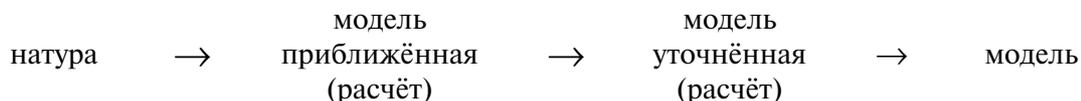
$$C'_G = (C_{\beta,\gamma})_B \cdot C'_V = (C_{\beta,\gamma})_B^{3/2} \cdot (C''_{\text{н}})_{\text{опт}}^{1/2} \cdot C_l^{1/2}. \quad (43)$$

Однако следует учесть, что слишком большие значения степени черноты могут оказаться практически неприемлемыми при условиях реализации C_Q . Поэтому при выборе масштаба степени черноты C_ε необходимо ориентироваться на реализуемую его величину и пределы $C_{\text{н}}$ от $(C_{\text{н}})_{\text{мин}}$ до 3...4, а не ограничивать C_ε единицей.

Решение, отвечающее заданному линейному масштабу и принятому C_ε , можно назвать оптимальным, если ему удовлетворяет определённое значение $(C_{\text{н}})_{\text{опт}}$. При $(C_{\text{н}})_{\text{опт}} > C_{\text{н}} > (C_{\text{н}})_{\text{опт}}$ ошибка моделирования будет возрастать.

4. Результаты

Сложность предлагаемого метода состоит в отыскании оптимального решения методом последовательных приближений. Однако эта задача решается довольно просто с помощью программы *Microsoft Excel*. Последовательность моделирования может быть представлена в виде электронной таблицы следующим образом:



В качестве исходных данных в программу вводятся численные значения следующих величин:

- линейный масштаб модели C_l ;
- температура наружного воздуха, натура $[t_{\text{н}}]_{\text{Н}}$;
- температура внутреннего воздуха, натура $[t_{\text{в}}]_{\text{Н}}$;
- температура поверхности нагрева, натура $[t_{\text{пн}}]_{\text{Н}}$;
- температура наружного воздуха, модель $[t_{\text{н}}]_{\text{М}}$;

- температура внутренней поверхности, натура $[t_{вп}]_н$;
- критическое значение числа Рэлея $[Ra]_{крит}$;
- критическое значение числа Рейнольдса $[Re]_{крит}$;
- степень черноты, натура ε ;
- критерий Рэлея, натура $[Ra]_н$;
- критерий Рейнольдса, натура $[Re]_н$;
- общие теплоизлучения, натура $[Q_o]_н$;
- конвективное теплоизлучение, натура $[Q_k]_н$;
- коэффициент теплопередачи, натура $[K]_н$.

Далее, по вышеприведённым формулам на основании вычисленных масштабов производится расчёт параметров для модели.

Если в результате расчёта получается практически невыполнимый масштаб C_Q (при $(C_{II})_{опт} > 4,0$), то необходимо увеличить линейный масштаб C_l .

Следует иметь в виду, что существенное влияние на численные значения масштабов оказывает температура окружающего (наружного) и приточного воздуха (при аэрации они совпадают) как в натуре, так и в модели. В лабораторных помещениях условие $t_в = [t_н]_м$ обычно не поддерживается, а устанавливается самопроизвольно в зависимости от ряда факторов. Поэтому расчёт модели корректируется по фактическим значениям $t_в = [t_н]_м$, а сам эксперимент проводится при стационарном тепловом режиме в лаборатории.

Вывод

Данная методика расчёта методом неполного физического моделирования была использована при расчете и конструировании локальной системы технологического кондиционирования воздуха с воздухоподогревателем по схеме «снизу вверх» в прядильном производстве (г. Сурск, Пензенская обл.).

Литература

1. Дерюгин, В.В. Методика моделирования стационарных тепловых и аэродинамических процессов при решении задач вентиляции [Текст] / В.В. Дерюгин // Сб. тр. ЛИСИ «Исследования в области отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха». – Л., 1975. – №10. – С. 34–47.
2. Кирпичёв, М.В. Тепловое моделирование [Текст] / М.В. Кирпичёв // Юбилейный сборник. – М.: АН СССР, 1947. – С. 3–18.
3. Шилькрот, Е.О. О моделировании лучисто-конвективного теплообмена в помещениях с естественной вентиляцией [Текст] / Е.О. Шилькрот // Тр. ЦНИИПромзданий «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». – М., 1974. – №37. – С. 78–88.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕАГЕНТОВ-КОМПЛЕКСООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

С.Ю. Андреев, М.В. Бикунова, Т.В. Алексеева, А.С. Кочергин
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Рассмотрены вопросы химической очистки сточных вод гальванопроизводств с использованием реагентов-комплексобразователей. Приведены результаты полупромышленных и лабораторных исследований технологии обезвреживания сточных вод гальванопроизводств с использованием реагентов-комплексобразователей. Показана высокая эффективность реагентов-комплексобразователей на основе сульфида.

Введение

В последнее десятилетие во всем мире наблюдается тенденция к ужесточению требований по защите поверхностных вод от различного рода загрязнений, в том числе от ионов тяжелых металлов. Высокая токсичность и способность ионов тяжелых металлов к накапливанию в живых организмах объясняет необходимость существенного снижения их концентраций в сбрасываемых в водоёмы сточных водах. Основная масса ионов тяжелых металлов попадает в окружающую среду со сточными водами гальванопроизводств.

Вода в цехах гальванопокрытий расходуется на приготовление электролитов, обезжиривающих и травильных растворов, на промывку деталей, охлаждение ванн и выпрямителей тока. Основной водопотребляющей операцией, от эффективности которой зависит качество и надежность гальванопокрытий, является промывка изделий. Образующиеся при этом промывные сточные воды, а также отработанные концентрированные технологические растворы поступают в канализационную сеть промпредприятий.

По содержанию загрязнений сточные воды гальванических производств делятся на: **щелочные** – от обезжиривания изделий; **кислотные** – от предварительного травления изделий, кислотного меднения, никелирования, кислотного цинкования; **циансодержащие** – от процессов цианистого меднения, цианистого цинкования и других операций; **хромсодержащие** – от процессов хромирования, пассивации, травления в хромпике и других операций; **фторсодержащие** – от процессов травления и оловянирования.

Промывные сточные воды из проточных ванн поступают в канализацию постоянно, режим сброса отработанных концентрированных растворов из основных ванн – периодический.

Теоретическая часть

Основным стандартным технологическим приёмом обезвреживания сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов, на протяжении многих лет является метод нейтрализации (химического осаждения), предусматривающий повышение уровня рН сточных вод до 9–10 и их последующее осаждение. При избытке ионов OH^- , возникающем за счет повышения уровня рН, происходит моляризация ионов тяжелых металлов и выпадение их в осадок в виде гидроксидов.

Многолетняя практика эксплуатации локальных очистных сооружений гальванических производств показала, что метод нейтрализации не позволяет существенно снизить концентрацию ионов тяжелых металлов. В очищенных сточных водах их остаточные концентрации составляют десятые доли миллиграмма и поэтому требуется глубокая доочистка.

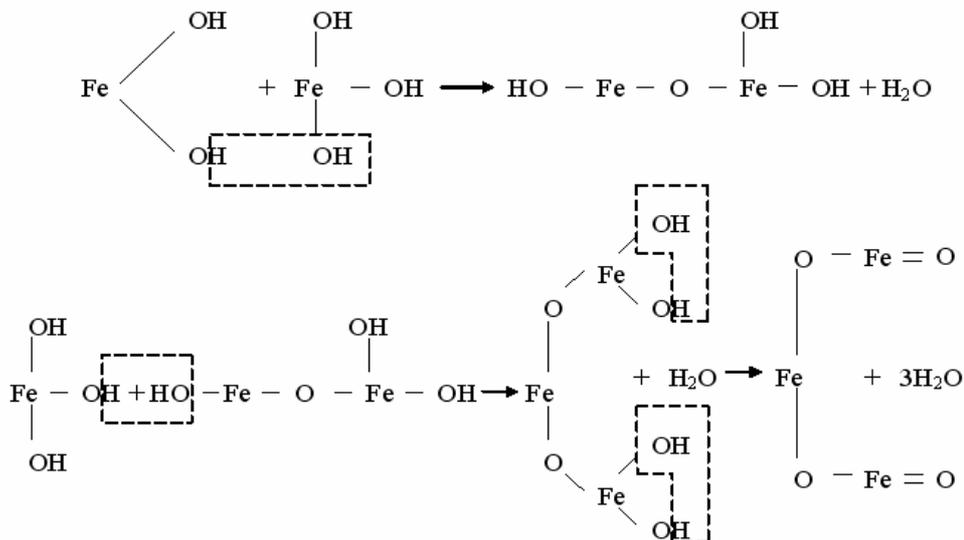
В литературных источниках имеются данные о высокой эффективности ферритного метода обработки промстоков [1].

Ферритный метод обработки промстоков позволяет производить удаление тяжелых металлов из сточных вод любых гальванопроизводств и претендует на универсальность. Он обеспечивает достаточно полное удаление тяжелых металлов из сточных вод независимо от их качественного и количественного состава.

Данный метод предполагает использование высокой сорбционной способности соединений железа, в частности магнетита. Получить магнетит возможно из смеси гидроксидов двухвалентного и трехвалентного железа. Смесь готовится из раствора железного купороса с последующим добавлением в него подщелачивающего реагента (каустической соды) и окислителя (гипохлорита натрия).

Гидроокись трехвалентного железа – более слабое основание, чем гидроокись двухвалентного. Это выражается в том, что соли окиси железа сильно гидролизуются, а со слабыми кислотами (например, с угольной и сероводородной) гидроокись трехвалентного железа солей не образует. Гидролизом же объясняется цвет растворов солей трехвалентного железа. Несмотря на то, что ион трехвалентного железа почти бесцветен, растворы окрашены в желто-бурый цвет, что объясняется присутствием в растворе ионов основных солей или гидроокиси трехвалентного железа.

Отличительной особенностью смеси гидроокисей двух- и трехвалентного железа является то, что при температуре выше 65 °С протекают реакции взаимодействия гидроокиси и гидрозакиси железа с образованием магнетита. Суммарный результат можно выразить уравнением реакции между железной кислотой HFeO_2 (FeOOH или гидроокисью железа III) и гидрозакистью железа (гидроокисью железа II) в роли основания в соответствии со схемами:



или суммарно: $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{Fe}(\text{OH})_2 = \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$.

Данные уравнения показывают, что в процессе образования магнетита вначале возможно образование промежуточных соединений – так называемых зеленых ферро-ферритов или гидромагнетита. Таким образом, реакцию образования магнетита можно рассматривать как взаимодействие основания и кислоты, а сам магнетит можно представить как соль железистой кислоты. Механизм образова-

ния магнетита сложен и не сводится к вышеприведенным химическим реакциям. В нагретой смеси одновременно протекают два параллельных процесса: образование магнетита и окисление гидрозакиси железа.

Скорость обеих реакций различна и зависит от рН раствора, температуры, наличия примесей и других условий. Кроме того, возможны и обратные превращения магнетита в более устойчивые соединения железа. В случае присутствия ионов тяжелых металлов возможно формирование более сложных кристаллических структур типа шпинелей $MeFe_2O_4$.

С ростом значения температуры магнитные свойства образцов получаемых суспензий возрастают. Исходя из этого следует практический вывод о том, что для получения суспензий магнетита с достаточно высокими магнетитными свойствами (а следовательно, и повышенной реакционной способностью) необходимо проводить процесс синтеза при возможно больших значениях температуры (более $80\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Экспериментальная часть

С целью определения эффективности метода ферритной обработки сотрудниками кафедры «Водоснабжение и водоотведение» Пензенского государственного университета архитектуры и строительства были проведены исследования на локальных очистных сооружениях ПО «Старт» (г. Заречный Пензенской области).

Полупроизводственные исследования технологии глубокой доочистки сточных вод гальванопроизводств ПО «Старт» проводились на установке, смонтированной в помещении локальных очистных сооружений предприятия. Схема установки для исследования технологии глубокой доочистки представлена на рис. 1.

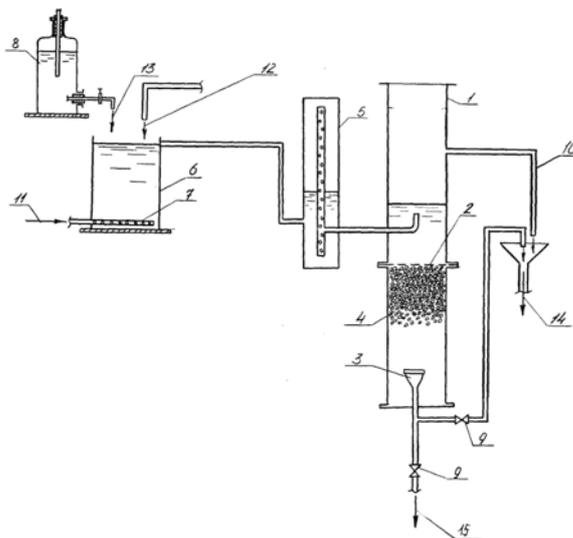


Рис. 1. Схема установки для исследования технологии глубокой доочистки сточных вод гальванопроизводств ПО «Старт»:

- 1 – скорый фильтр; 2 – поддерживающая сетка; 3 – дренажная система; 4 – зернистая загрузка из вспененного полистирола; 5 – воздухоотделитель; 6 – накопительный бак для сточных вод; 7 – система аэрирования сточных вод в накопительном баке; 8 – бак-дозатор суспензии магнетита; 9 – запорная арматура; 10 – переливной патрубок фильтра; 11 – подача сжатого воздуха в систему аэрации накопительного бака; 12 – подача сточных вод на доочистку; 13 – подача суспензии феррита; 14 – отвод очищенных сточных вод; 15 – сброс промывных сточных вод

Полупроизводственная установка включала в себя: накопительный бак для сточных вод 6; бак-дозатор суспензии магнетита 8; воздухоотделитель 5; скорый фильтр 1.

Установка работала следующим образом. Сточные воды гальванопроизводств, прошедшие предварительную очистку на локальных очистных сооружениях предприятия, подавались в накопительный бак 6. Этот бак снабжен системой аэрации сточных вод 7, выполняющей функцию перемешивающей системы и препятствующей выпадению оставшихся в сточных водах взвешенных веществ.

При необходимости в накопительный бак 6 могла подаваться суспензия магнетита из бака-дозатора 8. Из накопительного бака сточные воды самотеком поступали в воздухоотделитель 5 и далее в скорый фильтр 1. В качестве скорого фильтра было принято открытое фильтровальное сооружение конструкции ФПЗ-3 с направлением фильтруемого потока сточных вод сверху вниз. В фильтрах конструкции ФПЗ-3 используется принцип фильтрования через слой плавающей зернистой загрузки с убывающей крупностью фильтрующего материала, что обуславливает его повышенную грязеемкость.

Скорый фильтр 1 снабжен дренажной системой 3. Функцию дренажной системы выполнял фильтроэлемент ФЭЛ-0,2-8,7-1-Н, представляющий собой шелевой колпачок из нержавеющей стали с пониженным гидравлическим сопротивлением, изготовленный по ТУ 3113-02-04688393-96.

Сточные воды, прошедшие глубокую доочистку, сбрасывались в канализационную сеть предприятия. Пробы поступающих на установку и очищенных на ней сточных вод периодически отбирались на химический анализ.

Были проведены два этапа исследований технологии глубокой доочистки сточных вод гальванопроизводств ПО «Старт».

В ходе проведения первого этапа исследований полупроизводственная установка глубокой доочистки сточных вод выполняла функцию скорого фильтра с зернистой загрузкой из вспененного полистирола с диаметром гранул 0,8–2 мм. Загрузка не подвергалась предварительной обработке. На установку подавались реальные сточные воды гальванопроизводств ПО «Старт», прошедшие предварительную очистку реагентным методом на локальных очистных сооружениях предприятия. Скорость фильтрования поддерживалась на уровне 10 м/ч. С периодичностью два раза в сутки отбирались пробы сточных вод, поступающих на установку и очищенных на ней.

Химические анализы качества сточных вод проводились в экспресс-лаборатории очистных сооружений.

Контролировались следующие показатели сточных вод: содержание меди, никеля и железа; уровень рН сточных вод.

В ходе проведения второго этапа исследований изучалась возможность интенсифицирования процесса глубокой доочистки сточных вод гальванопроизводств путем модифицирования зернистой загрузки фильтра магнетитовой суспензией.

Данная суспензия готовилась из навески железного купороса (0,5 г сухой соли FeSO_4 на 1 литр зернистой загрузки фильтра). Железный купорос растворялся в водопроводной воде, вода доводилась до кипения. Затем производилось подщелачивание раствора до уровня рН 11,0–11,5 и окисление двухвалентного железа раствором гипохлорита натрия. Об окончании процесса приготовления суспензии магнетита свидетельствовало изменение окраски раствора (раствор из бурого-зеленого становился черным). Приготовленная суспензия имела ярко выраженные ферромагнитные свойства. Суспензию дозированно добавляли в поступающие на установку сточные воды, в результате чего происходило задерживание взвеси в слое загрузки. Модифицированная таким образом загрузка фильтра сохраняла свои свойства в течение недели непрерывной работы фильтра, после чего фильтр выводился на регенерацию; затем процесс модификации загрузки повто-

рялся. Регенерацию фильтра проводили путем резкого сброса в канализацию объема воды, накопившегося в надфильтровом пространстве.

Результаты первого этапа исследований, предусматривающего фильтрование сточных вод через полистирольную загрузку, не модифицированную магнетитом, представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Результаты исследований работы скорого фильтра с полистирольной загрузкой

№ п/п	Место отбора проб	Показатели			
		рН	концентрация загрязнений, мг/л		
			Ni	Cu	Fe
1	До очистки	9,0	0,24	0,4	1,14
	После очистки	8,8	0,11	0,18	0,92
	Эффект очистки, %		54	55	19
2	До очистки	9,2	0,24	0,40	1,92
	После очистки	9,0	0,10	0,20	1,38
	Эффект очистки, %		58	50	28
3	До очистки	9,3	0,56	0,96	1,46
	После очистки	9,2	0,34	0,48	1,0
	Эффект очистки, %		39	50	32
4	До очистки	9,2	0,16	0,23	1,08
	После очистки	8,9	0,10	0,12	0,48
	Эффект очистки, %		38	48	56
Средний эффект очистки, %			47	48	34

Результаты второго этапа исследований, предусматривающего фильтрование сточных вод через полистирольную загрузку, модифицированную магнетитом, представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Результаты исследований работы скорого фильтра с полистирольной загрузкой, модифицированной магнетитом

№ п/п	Место отбора проб	Показатели			
		рН	концентрация загрязнений, мг/л		
			Ni	Cu	Fe
1	До очистки	8,9	0,28	0,42	1,3
	После очистки	8,8	0,08	0,13	0,44
	Эффект очистки, %		71	69	66
2	До очистки	9,0	0,20	0,42	1,36
	После очистки	8,8	0,06	0,15	0,74
	Эффект очистки, %		70	64	46
3	До очистки	9,0	0,30	0,62	2,06
	После очистки	8,9	0,06	0,42	0,48
	Эффект очистки, %		80	32	77
4	До очистки	9,1	0,18	0,38	0,68
	После очистки	8,9	0,06	0,10	0,38
	Эффект очистки, %		67	74	44
Средний эффект очистки, %			72	60	58

Проведенные исследования показали крайне низкую эффективность метода ферритной доочистки сточных вод гальванопроизводств ПО «Старт». Полученные

Т а б л и ц а 4

Результаты лабораторных исследований технологии обработки сточных вод ПО «Старт» реагентом-комплексобразователем METALSORB ZT

№ п/п	Место отбора проб	Показатели		
		концентрация загрязнений, мг/л		
		Ni	Cu	Fe
1	До очистки	4,6	7,8	3,2
	После очистки	0,012	0,009	0,09
	Эффект очистки, %	99,7	99,9	97,2
2	До очистки	3,9	6,2	2,8
	После очистки	0,009	0,008	0,08
	Эффект очистки, %	99,8	99,9	97,1
3	До очистки	5,1	7,2	3,3
	После очистки	0,014	0,009	0,08
	Эффект очистки, %	99,7	99,9	97,6
4	До очистки	2,7	4,1	2,4
	После очистки	0,009	0,007	0,06
	Эффект очистки, %	99,7	99,8	97,5
Средний эффект очистки, %		99,7	99,9	97,4

В ходе проведения второго этапа исследований в качестве реагента-комплексобразователя использовался сульфид натрия Na_2S .

Доза сульфида натрия составляла 10 мг/л. Использовался катионовый флокулянт КП-555 дозой 1 мг/л. Сточные воды после обработки фильтровались через бумажный фильтр.

Результаты лабораторных исследований технологии обработки сточных вод ПО «Старт» реагентом-комплексобразователем Na_2S представлены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Результаты лабораторных исследований технологии обработки сточных вод ПО «Старт» реагентом-комплексобразователем Na_2S

№ п/ п	Место отбора проб	Показатели		
		концентрация загрязнений, мг/л		
		Ni	Cu	Fe
1	До очистки	3,7	5,8	2,6
	После очистки	0,009	0,006	0,06
	Эффект очистки, %	99,8	99,9	97,8
2	До очистки	4,3	6,4	3,1
	После очистки	0,011	0,009	0,08
	Эффект очистки, %	99,7	99,9	97,4
3	До очистки	4,8	6,1	3,6
	После очистки	0,012	0,009	0,09
	Эффект очистки, %	99,8	99,9	97,6
4	До очистки	3,1	5,4	2,8
	После очистки	0,008	0,005	0,07
	Эффект очистки, %	99,7	99,9	97,5
Средний эффект очистки, %		99,8	99,9	97,6

Во всех обработанных пробах сточных вод сульфид-ион не обнаруживался.

Проведенные исследования показали, что использование реагентов-комплексобразователей METALSORB ZT и сульфида натрия позволяет получить высокую степень очистки сточных вод гальванопроизводств. Поскольку стоимость сульфида натрия на порядок ниже стоимости реагента-комплексобразователя METALSORB ZT, при использовании первого реагента себестоимость процесса очистки будет гораздо меньшей.

Выводы

1. Метод ферритной обработки не может быть рекомендован для глубокой доочистки сточных вод гальванопроизводств вследствие недостаточной его эффективности.

2. Значительно повысить эффективность обезвреживания сточных вод гальванопроизводств методом нейтрализации можно, используя реагенты-комплексобразователи METALSORB ZT или сульфид натрия.

3. Экономически целесообразно использовать в качестве комплексобразователя сульфид натрия, имеющий значительно меньшую стоимость, чем реагент METALSORB ZT.

Литература

1. Ковалёв, В.В. Интенсификация электрохимических процессов водоочистки [Текст] / В.В. Ковалёв. – Кишенёв: ШТИИНЦА, 1986. – 135 с.

2. Виноградов, С.С. Экологически безопасное гальваническое производство [Текст] / С.С. Виноградов. – М.: Глобус, 1998. – 302 с.

3. Мацнев, А.И. Водоотведение на промышленных предприятиях [Текст] / А.И. Мацнев. – Львов: Вища шк., 1986. – 200 с.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОТЫ МЕЛКОПУЗЫРЧАТЫХ СИСТЕМ АЭРАЦИИ АЭРОТЕНКОВ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРЕМЕШИВАЮЩИХ ЭРЛИФТНЫХ УСТРОЙСТВ

С.Ю. Андреев, А.М. Исаева, Т.В. Малютина

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
И.В. Пантюшов

Пензенский областной фонд научно-технического развития

Дано описание новой технологии интенсификации работы пневматических систем аэрации за счет использования перемешивающих эрлифтных устройств. Представлены конструктивные и технологические параметры указанных устройств. Показано, что применение перемешивающих эрлифтных устройств в аэротенках-смесителях позволяет не только повысить эффективность мелкопузырчатых пневматических систем аэрации, но и улучшить качество очищенных сточных вод.

Практика эксплуатации современных сооружений аэробной биологической очистки сточных вод показывает, что себестоимость процесса очистки на 60–80 % зависит от эффективности применяемой системы аэрации, являющейся наиболее энергоемким элементом очистных сооружений. В связи с этим оптимизация процессов расчета и эксплуатации аэрационных систем является весьма актуальной задачей.

Для надежного расчета сооружений аэрации сточных вод необходимо применение современных методов моделирования. Наиболее точными прогнозирующими свойствами, позволяющими добиться корректных результатов в широком диапазоне условий проведения процесса, обладают теоретические модели. Они дают возможность получить количественную характеристику процесса на основе его внутренних физических закономерностей и как бы являются его математическим отражением – «портретом». Поэтому теоретические модели принято называть «портретными моделями». Одна из них приведена в [1].

В соответствии с этой моделью скорость массопередачи кислорода dm/dt , кг/с, из газовой фазы описывается уравнением

$$\frac{dm}{dt} = K_L A (C_H - C), \quad (1)$$

где K_L – коэффициент массопередачи жидкой пленки, м/с; A – площадь межфазового контакта, м²; C_H – концентрация насыщения жидкости газом, кг/м³; C – концентрация растворенного в жидкости газа, кг/м³.

Коэффициент массопередачи жидкой пленки K_L определяется по уравнению Хигби:

$$K_L = \sqrt{\frac{D_H \cdot v_{\Pi}}{\pi \cdot d_{\Pi}}}, \quad (2)$$

где D_H – коэффициент нестационарной диффузии кислорода в жидкость, м²/с; v_{Π} – скорость всплывания пузырька воздуха, м/с; d_{Π} – диаметр пузырька воздуха, м.

Формула Хигби описывает процесс нестационарной молекулярной диффузии через тонкую жидкостную пленку, часть поверхности которой движется вместе с

набегающим на пузырек потоком жидкости. Описываемые формулой (2) процессы протекают при переходном режиме всплывания газового пузырька (переход от ламинарного режима к турбулентному). Нижняя граница переходного режима всплывания воздушного пузырька характеризуется следующими условиями: диаметр пузырька воздуха $d_{\Pi} = 0,12 \cdot 10^{-3}$ м; скорость всплывания пузырька воздуха $v_{\Pi} = 0,0082$ м/с; критерий Рейнольдса $Re = v_{\Pi} d_{\Pi} / \nu = 1$. (Здесь ν – кинематический коэффициент вязкости, м²/с. Коэффициент гидравлического сопротивления $\zeta = 24/Re = 24$.) Верхняя граница переходного режима всплывания воздушного пузырька характеризуется следующими условиями: $d_{\Pi} = 0,83 \cdot 10^{-3}$ м; $v_{\Pi} = 0,38$ м/с; $Re = 315$; $\zeta = 0,076$.

Пневматические системы аэрации тонкодиспергированным воздухом позволяют получить пузырьки диаметром d_{Π} от $2,5 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ м, в связи с чем для описания процесса массопередачи этих систем более корректно использовать формулу Данквертса. Теория Данквертса описывает турбулентный режим массопередачи ($d_{\Pi} > 0,83 \cdot 10^{-3}$ м), при котором турбулентные вихри, зарождающиеся на поверхности пузырька воздуха, контактируют с ней в течение короткого промежутка времени, в результате чего происходит обновление поверхности границы раздела фаз.

В соответствии с теорией Данквертса

$$K_L = \sqrt{D_T \cdot S}, \quad (3)$$

где D_T – коэффициент турбулентной диффузии, м²/с; S – фактор обновления поверхности раздела фаз, с⁻¹.

В своих работах Данквертс не предлагает какого-либо конкретного подхода для определения величины S . Одна из попыток определения численного значения S , исходя из анализа баланса энергий (термодинамический подход), сделана в [2]. Было высказано предположение, что процесс обновления поверхности раздела под действием турбулентных вихрей должен быть связан с работой, совершаемой на границе раздела фаз. Поскольку работа, совершаемая при обновлении поверхности, обусловлена наличием поверхностного натяжения, величина новой поверхности, образующейся в единицу времени S , с⁻¹, за счет турбулентного обмена элементов жидкости на единице поверхности, может быть определена как

$$S = \frac{P}{\sigma}, \quad (4)$$

где $P = \frac{\zeta \rho v_{\Pi}^3}{2}$ – работа, совершаемая на единице поверхности в единицу времени,

Вт/м²; σ – коэффициент поверхностного натяжения, Дж/м².

Тогда

$$S = \frac{\zeta \rho v_{\Pi}^3}{2\sigma}, \quad (5)$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м³.

Поскольку S является величиной, обратной среднему значению времени экспозиции, и может быть интерпретирована как частота обновления поверхности, было предложено определять S не в виде отношения элементарной работы P к коэффициенту поверхностного натяжения σ , а как отношение секундной работы,

совершаемой силами гидродинамического сопротивления A_T , Дж/с, к поверхностной энергии пузырька воздуха E , Дж:

$$A_T = F_{Г.С} \cdot \frac{\Delta l}{\Delta T} = F_{Г.С} \cdot v_{\Pi} \cdot \frac{\Delta T}{\Delta T} = F_{Г.С} \cdot v_{\Pi} = f_{\Pi} \cdot \zeta \cdot \frac{v_{\Pi}^2}{2} \cdot v_{\Pi} = f_{\Pi} \cdot \zeta \cdot \rho \cdot \frac{v_{\Pi}^3}{2}; \quad (6)$$

$$E = \sigma_{\Pi} \cdot S_{\Pi}, \quad (7)$$

где $F_{Г.С} = \frac{f_{\Pi} \zeta \rho v_{\Pi}^3}{2}$ – сила гидродинамического сопротивления, Н; Δl – расстояние, м, на которое перемещается пузырек воздуха за время ΔT , с; f_{Π} – площадь поперечного сечения пузырька воздуха, м²; S_{Π} – площадь поверхности пузырька воздуха, м².

Тогда

$$S = A_T / E = \left(\frac{f_{\Pi}}{S_{\Pi}} \right) \cdot \zeta \cdot \rho \cdot \frac{v_{\Pi}^3}{2} \cdot \sigma = \zeta \cdot \rho \cdot \frac{v_{\Pi}^3}{2} \cdot \sigma \cdot K_{\Phi}, \quad (8)$$

где $K_{\Phi} = S_{\Pi} / f_{\Pi}$ – коэффициент формы пузырька воздуха.

Предложенное для вычисления значения фактора обновления границы раздела фаз всплывающего пузырька воздуха уравнение (8) отличается от формулы (5) лишь наличием дополнительного коэффициента K_{Φ} .

Введение коэффициента формы пузырька воздуха K_{Φ} учитывает специфику сил поверхностного натяжения $F_{\Pi,Н}$ и гидродинамического сопротивления $F_{Г.С}$. Силы гидродинамического сопротивления действуют на площадь поперечного сечения пузырька воздуха f_{Π} , а силы поверхностного натяжения – на поверхность раздела фаз пузырька воздуха.

С учетом равенства (8) формула (1) примет вид:

$$\frac{dm}{dt} = A \sqrt{D_T \cdot \zeta \cdot \frac{\rho \cdot v_{\Pi}^3}{2\sigma K_{\Phi}}} \cdot (C_H - C). \quad (9)$$

Интегрируя уравнение (9) в интервале переменных dm (от 0 до Δm) и dt (от 0 до ΔT), имеем:

$$\Delta m = A \sqrt{D_T \cdot \zeta \cdot \frac{\rho \cdot v_{\Pi}^3}{2\sigma K_{\Phi}}} \cdot (C_H - C) \cdot \Delta T, \quad (10)$$

где Δm – масса растворившегося кислорода, кг; T – время контакта воздуха с водой, с.

Для одиночного пузырька воздуха, имеющего площадь поверхности S_{Π} и объем W_{Π} , величина снижения концентрации кислорода ΔC , кг/м³, в газовой фазе будет описываться уравнением

$$\Delta C = \frac{\Delta m}{W_{\Pi}} = \frac{S_{\Pi}}{W_{\Pi}} \cdot \sqrt{D_T \zeta \frac{\rho \cdot v_{\Pi}^3}{2\sigma K_{\Phi}}} \cdot (C_H - C) \cdot \Delta T = \frac{1}{\delta_{\Pi}} \cdot \sqrt{D_T \zeta \frac{\rho \cdot v_{\Pi}^3}{2\sigma K_{\Phi}}} \cdot (C_H - C) \cdot \Delta T, \quad (11)$$

где $\delta_{\Pi} = W_{\Pi} / S_{\Pi}$ – дисперсный размер пузырька воздуха, м.

Коэффициент использования кислорода воздуха $K_{И} = dm/m_{к.в}$, определяемый как отношение массы кислорода воздуха Δm , растворенного в воде, к массе кислорода воздуха $m_{к.в}$, подаваемого в систему аэрации, может быть вычислен по формуле

$$K_{И} = \frac{\Delta C}{C_{к.в}} = \frac{1}{\delta_{П}} \cdot \sqrt{D_{Т} \cdot \zeta \cdot \frac{\rho \cdot v_{П}^3}{2\sigma K_{Ф}}} \cdot \frac{(C_{Н} - C)}{C_{к.в}} \cdot \Delta T, \quad (12)$$

где $C_{к.в}$ – концентрация кислорода в воздухе, кг/м³.

Время контакта воздуха с водой в случае всплывания одиночного пузырька со скоростью $v_{П}$ в слое жидкости высотой H определяется по соотношению $\Delta T = H/v_{П}$.

Время контакта ΔT при одновременном всплывании группы пузырьков уменьшается из-за возникновения эрлифтного эффекта, приводящего к тому, что пузырьки всплывают в слое жидкости, движущейся вместе с пузырьками; приближенно время ΔT может быть вычислено по эмпирической зависимости

$$\Delta T = H^{0,667}/v_{П}.$$

Тогда

$$K_{И} = \frac{\Delta C}{C_{к.в}} = \frac{1}{\delta_{П}} \cdot \sqrt{D_{Т} \cdot \zeta \cdot \frac{\rho \cdot v_{П}^3}{2\sigma K_{Ф}}} \cdot \frac{(C_{Н} - C)}{C_{к.в}} \cdot \frac{H^{0,667}}{v_{П}}. \quad (13)$$

Зависимость (13) может быть использована для инженерных расчетов окислительной способности ОС пневматических систем аэрации с различной дисперсностью пузырьков воздуха:

$$ОС = K_{И} C_{к.в} Q_{В}, \quad (14)$$

где $Q_{В}$ – расход воздуха, подаваемого в систему аэрации, м³/ч.

Как видно из формулы (13), увеличение глубины погружения аэраторов приводит к повышению эффективности работы пневматических систем аэрации.

Например, увеличение глубины погружения аэратора в два раза (с двух до четырех метров) приведет к повышению окислительной способности аэрационной системы при неизменной интенсивности аэрации в 1,6 раза.

Подобный технологический приём реализуется в конструкции башенных аэротенков, высота которых может достигать 10–30 м, и шахтных аэротенков, глубина которых может превышать 100 м.

Предельная глубина аэротенков традиционных конструкций ограничивается технологией их строительства. Считается экономически нецелесообразным устройство аэротенков глубиной более 6 м.

Повысить эффективность пневматической системы аэрации аэротенка, не увеличивая его глубину, возможно, организовав движение иловой смеси навстречу всплывающему пузырьку воздуха (принцип противотока).

Впервые в отечественной практике использовать противоток в пневматических системах аэрации предложил д.т.н., профессор С.К. Строганов. Противоток позволяет значительно увеличить продолжительность контакта жидкости с воздухом благодаря снижению скорости подъема воздушных пузырьков, способствует более эффективному обновлению диффузионной поверхности границы раздела фаз «газ-жидкость».

Как правило, противоток создается за счет выделения в аэрационном объеме аэротенка специальных эрлифтных зон, занимающих 0,15–0,25 площади аэротенка.

В этих зонах за счет эрлифтного эффекта создается восходящий поток иловой смеси. Эта смесь поступает в верхнюю часть зоны аэрации и движется навстречу всплывающим пузырькам воздуха.

В этом случае скорость движения пузырька относительно зеркала жидкости будет определяться как разность скорости всплывания пузырька v_{Π} и скорости нисходящего потока v_{Σ} , т.е. $v = v_{\Pi} - v_{\Sigma}$.

Эффективность противотока может быть проиллюстрирована простым примером.

При рабочей глубине аэротенка 4 м, средней скорости всплывания воздушных пузырьков 0,3 м/с и скорости нисходящего потока в аэрационной зоне 0,2 м/с время контакта в противоточной системе аэрации составит 40 с, а в традиционной системе аэрации с учетом создания попутного потока жидкости – 8 с. Таким образом, продолжительность процесса массопередачи в противоточных системах аэрации будет больше в 9 раз.

В Пензенском государственном университете архитектуры и строительства на кафедре «Водоснабжение и водоотведение» была разработана конструкция вихревого эрлифтного устройства (ВЭУ), которое предлагается использовать в качестве пневматического перемешивающего устройства. ВЭУ устанавливается по центру аэротенка и создает в своем стволе закрученный восходящий поток иловой смеси.

Закручивание потока происходит за счет поступления иловой смеси по тангенциально присоединенным к стволу ВЭУ патрубкам входа. Предусматривается подавать в ВЭУ до 10 % от общего расхода сжатого воздуха.

Мелкодисперсные пневматические аэраторы (штатная система аэрации) устанавливаются вдоль бортов аэротенка. Над штатной системой аэрации (за счет работы ВЭУ) создается закрученный нисходящий поток иловой смеси, и таким образом реализуется принцип противоточной аэрации.

В связи с тем, что поток иловой смеси имеет не только вертикальную, но и тангенциальную (окружную) составляющую вектора скорости, процесс массопередачи значительно интенсифицируется.

Использование ВЭУ позволяет не только повысить эффективность системы пневматической аэрации, но и организовать более выгодный гидравлический режим в аэротенке без изменения его конструкции – режим ячеистого аэротенка.

В зоне действия каждого ВЭУ с шагом, равным ширине аэротенка, создаётся гидравлическая ячейка, в которой закрученный поток реализует режим аэротенка-смесителя. Между собой отдельные ячейки соединяются по принципу аэро-тенка-вытеснителя.

Создается гидравлический режим ячеистого аэротенка, позволяющий более плавно распределить нагрузку на активный ил по длине сооружения.

Таким образом, дополнительное оснащение коридорных аэротенков-вытеснителей, используемых для полной биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод вихревыми эрлифтными перемешивающими устройствами, позволяет не только существенно повысить эффективность штатной мелкопузырчатой аэрации, но и оптимизировать гидравлический режим аэротенка без изменения его конструкции.

Производственное внедрение технологии перемешивания аэрационного объема аэротенков вихревыми эрлифтными устройствами проводилось в г. Каменке Пензенской области на канализационных очистных сооружениях производительностью

8700 м³/сут. Входящие в состав очистных сооружений два двухкоридорных аэротенка были оснащены пневматической мелкопузырчатой системой аэрации.

С целью интенсификации работы аэрационной системы и обеспечения эффективного перемешивания аэрационного объема в аэротенках были установлены вихревые эрлифтные устройства.

Общий вид ВЭУ представлен на рисунке.

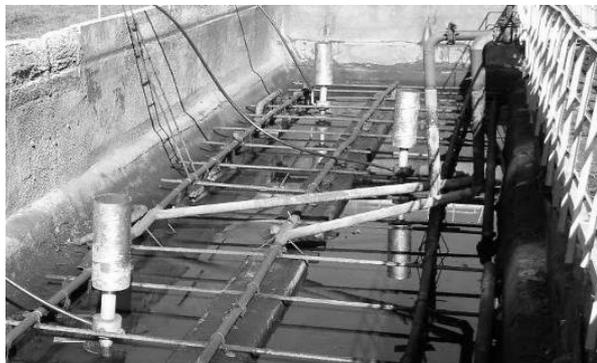


Рисунок. Общий вид вихревых эрлифтных устройств в аэротенке

Основной расход сжатого воздуха (90 % от общего расхода) подавался на штатную систему тонкого диспергирования воздуха. Подача оставшихся 10 % сжатого воздуха на ВЭУ позволила организовать интенсивное перемешивание аэрационного объема и повысить эффективность работы пневматической системы аэрации. Внедрение технологии дополнительного перемешивания иловой смеси вихревыми эрлифтными устройствами обеспечило снижение удельного расхода воздуха, подаваемого в аэротенк, с 8,1 до 6,3 м³/м³. Показатели массообменных характеристик систем аэрации до и после реконструкции представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Массообменные характеристики систем аэрации

Вид системы аэрации	Объемный коэффициент массопередачи кислорода в жидкость $K_{La}, \text{ч}^{-1}$	Интенсивность аэрации $J, \text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Удельный расход воздуха, подаваемого в систему аэрации, $Q_{ув}, \text{м}^3/\text{м}^3$	Коэффициент использования кислорода воздуха $K_{и}$	Эффективность системы аэрации $\Theta, \text{кг}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$
Пневматическая система аэрации до реконструкции	3,7	5,3	8,1	0,085	1,8
Комбинированная система аэрации после реконструкции	3,9	4,1	6,3	0,11	2,5

Результаты, полученные от внедрения технологии перемешивания иловой смеси аэротенков на КОС в г. Каменке Пензенской области, представлены в табл. 2.

Результаты внедрения технологии перемешивания иловой смеси вихревыми эрлифтными устройствами на КОС в г. Каменке

№ п/п	Среднемесячные показатели	Концентрация загрязнений в сточных водах, поступающих на КОС, мг/л	Концентрация загрязнений в сточных водах на выходе с КОС до реконструкции, мг/л	Концентрация загрязнений в сточных водах на выходе с КОС после реконструкции, мг/л
1	Взвешенные вещества	215	17	10
2	БПК _{пол}	230	14	9
3	ХПК	300	42	34
4	NH ₄ ⁺	20	9	4,4
5	PO ₄ ³⁻	9	6	2,5
6	Иловый индекс, см ³ /г		190	130

Проанализировав полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Эффективность пневматических систем аэрации аэротенков зависит от продолжительности контакта пузырьков с жидкостью.

2. Повысить продолжительность контакта пузырьков с жидкостью можно путём увеличения глубины аэротенка или организации режима противотока всплывающего пузырька и нисходящего потока иловой смеси.

3. Вихревое эрлифтное устройство позволяет эффективно перемешивать иловую смесь в аэротенках и организовывать режим противотока.

4. Технология комбинированной аэрации иловой смеси аэротенков, предусматривающая совместное использование мелкопузырчатых пневматических аэраторов и перемешивающих ВЭУ, внедрена и отработана в г. Каменке Пензенской области на промышленных сооружениях биологической очистки производительностью 8700 м³/сут. Внедрение предложенной технологии позволило повысить эффективность пневматической системы аэрации в 1,4 раза.

Литература

1. Мешенгиссер, Ю.М. Моделирование процесса массопередачи при аэрации воды [Текст] / Ю.М. Мешенгиссер, Ю.Г. Марченко // Водоснабжение и санитарная техника. – 2000. – № 6. – С. 24–27.

2. Брагинский, Л.Н. Моделирование аэрационных сооружений очистки сточных вод [Текст] / Л.Н. Брагинский, М.А. Евилевич. – Л.: Химия, 1980. – 144 с.

3. Гамм, В.М. Адсорбция газов [Текст] / В.М. Гамм. – М.: Химия, 1966. – 267 с.

4. Броунштейн, Б.И. Гидродинамика массо- и теплообмена в колонных аэраторах [Текст] / Б.И. Броунштейн, В.В. Шеголев. – Л.: Химия, 1988. – 304 с.

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

УДК 539.313

НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЛУПРОСТРАНСТВА ПРИ РАДИАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАПРЯЖЕНИЙ

С. В. Бакушев

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Рассматривается напряженно-деформированное состояние полупространства, описываемое геометрически нелинейным аналогом модели линейной теории упругости. В качестве основной гипотезы принято допущение о радиальном распределении обобщённых напряжений. Показано, что учёт геометрической нелинейности существенно влияет на характер распределения напряжений как в количественном, так и в качественном отношении.

Будем рассматривать напряженно-деформированное состояние полупространства, математическая модель которого описывается геометрически нелинейным аналогом модели линейной теории упругости [1]:

$$\sigma^* = K^* \cdot \varepsilon; \quad T^* = G^* \cdot \Gamma. \quad (1)$$

Здесь σ^* – первый инвариант тензора обобщённых напряжений; T^* – интенсивность обобщённых касательных напряжений; ε – первый инвариант тензора нелинейных деформаций; Γ – интенсивность нелинейных деформаций сдвига; K^* – геометрически нелинейный аналог модуля объёмного расширения (сжатия); G^* – геометрически нелинейный аналог модуля сдвига.

В соответствии с принципом эквивалентности формы записи замыкающих уравнений [1] положим

$$K^* = K_0 = \text{const}; \quad G^* = G_0 = \text{const}. \quad (2)$$

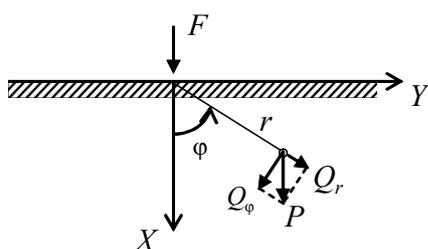


Рис. 1

Здесь K_0 – модуль объёмного расширения (сжатия), G_0 – модуль сдвига материала упругого полупространства.

Пусть полупространство находится в условиях плоской деформации, то есть на его поверхности действует сосредоточенно-полосовая нагрузка интенсивностью F (рис. 1).

При этом

$$\begin{aligned} \sigma^* &= \sigma_{xx}^* + \sigma_{yy}^* + \sigma_{zz}^*; \quad \varepsilon = \varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy}; \\ T^* &= \frac{1}{\sqrt{6}} \sqrt{(\sigma_{xx}^* - \sigma_{yy}^*)^2 + (\sigma_{yy}^* - \sigma_{zz}^*)^2 + (\sigma_{zz}^* - \sigma_{xx}^*)^2 + 6 \cdot (\sigma_{xy}^*)^2}; \\ \Gamma &= \sqrt{\frac{2}{3}} \sqrt{(\varepsilon_{xx} - \varepsilon_{yy})^2 + \varepsilon_{xx}^2 + \varepsilon_{yy}^2 + \frac{3}{2} \varepsilon_{xy}^2}. \end{aligned} \quad (3)$$

Компоненты тензора обобщённых напряжений σ_{ij}^* связаны с истинными напряжениями σ_{ij} , действующими по граням элементарного косоугольного параллелепипеда, который в состоянии до деформации был прямоугольным, с рёбрами, параллельными осям декартовой системы координат. Эта связь устанавливается формулами [2]:

$$\sigma_{xx} = \sigma_{xx}^* \sqrt{\frac{1+2\varepsilon_{xx}}{1+2\varepsilon_{yy}}}; \quad \sigma_{yy} = \sigma_{yy}^* \sqrt{\frac{1+2\varepsilon_{yy}}{1+2\varepsilon_{xx}}}; \quad \sigma_{zz} = \frac{\sigma_{zz}^*}{\sqrt{(1+2\varepsilon_{yy}) - \varepsilon_{xy}^2}}; \quad (4)$$

$$\sigma_{xy} = \sigma_{xy} = \sigma_{xy}^* = \sigma_{xy}^*.$$

Нелинейные деформации ε_{ij} связаны с обобщёнными напряжениями σ_{ij}^* при помощи физических соотношений, которые после элементарных преобразований приводятся к виду

$$\varepsilon_{xx} = \frac{1}{E^*}(\sigma_{xx}^* - \nu \cdot \sigma_{yy}^*); \quad \varepsilon_{yy} = \frac{1}{E^*}(\sigma_{yy}^* - \nu \cdot \sigma_{xx}^*); \quad \varepsilon_{xy} = \frac{1}{G^*} \sigma_{xy}^*; \quad (5)$$

$$\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy} = \sigma_{zz}^* \frac{3}{K^* - 2 \cdot G^*}.$$

Здесь $E^* = \frac{4 \cdot G^* (K^* + G^*)}{K^* + 4 \cdot G^*}$; $\nu^* = \frac{K^* - 2 \cdot G^*}{K^* + 4 \cdot G^*}$ – геометрически нелинейные аналоги модуля упругости и коэффициента поперечной деформации.

Будем считать, что закон распределения обобщённых напряжений в геометрически нелинейном полупространстве таков же, как и закон распределения напряжений в упругом геометрически линейном полупространстве. В частности, имеет место радиальное распределение обобщённых напряжений:

$$\sigma_{rr}^* = \sigma_{rr}^*(r, \varphi); \quad \sigma_{\varphi\varphi}^* = 0; \quad \sigma_{r\varphi}^* = \sigma_{\varphi r}^* = 0, \quad (6)$$

причём для нагрузки, перпендикулярной к поверхности полупространства,

$$\sigma_{rr}^* = -\frac{2 \cdot F}{\pi \cdot r} \cos \varphi, \quad (7)$$

а для нагрузки, касательной к поверхности полупространства,

$$\sigma_{rr}^* = -\frac{2 \cdot F}{\pi \cdot r} \sin \varphi. \quad (8)$$

Уравнения равновесия в цилиндрической системе координат (r, φ) в терминах перемещений записываются в следующем виде:

$$\begin{cases} \sigma_{rr}^* \frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + \left(1 + \frac{\partial u_r}{\partial r}\right) \frac{\partial \sigma_{rr}^*}{\partial r} + \frac{1}{r} \left(1 + \frac{\partial u_r}{\partial r}\right) \sigma_{rr}^* + Q_r^* = 0; \\ \sigma_{rr}^* \frac{\partial^2 u_\varphi}{\partial r^2} + \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} \cdot \frac{\partial \sigma_{rr}^*}{\partial r} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} \sigma_{rr}^* + Q_\varphi^* = 0. \end{cases} \quad (9)$$

Здесь Q_r^* и Q_φ^* – проекции объёмной силы, вычисляемые в радиальном и тангенциальном направлениях в точке M^* . Для объёмной силы, являющейся силой тяжести P , имеем (см. рис. 1):

$$Q_r^* = D \cdot P \cdot \cos \varphi; \quad Q_\varphi^* = D \cdot P \cdot \sin \varphi. \quad (10)$$

Здесь $D = \left(1 + \frac{\partial u_r}{\partial r}\right) \cdot \left(1 + \frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi}\right) - \frac{\partial u_r}{\partial \varphi} \cdot \frac{\partial u_\varphi}{\partial r}$.

Уравнения (9) с учётом соотношений (7) или (8) представляют собой систему двух дифференциальных уравнений второго порядка относительно функций перемещений $u_r = u_r(r, \varphi)$; $u_\varphi = u_\varphi(r, \varphi)$. Другими словами, система (9) устанавливает связь между функциями перемещений, при которой в полупространстве (при плоской деформации) возможно радиальное распределение напряжений.

Система уравнений (9) с учётом зависимостей (10) значительно упрощается как для нагрузки, перпендикулярной к поверхности полупространства (7), так и для нагрузки, касательной к поверхности полупространства (8), и приводится к соотношению

$$\operatorname{tg} \varphi \cdot \frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} = \frac{\partial^2 u_\varphi}{\partial r^2}. \quad (11)$$

Итак, для того чтобы в полупространстве, математическая модель которого учитывает геометрическую нелинейность (по мнению В.В. Новожилова), имело место радиальное распределение обобщённых напряжений, функции перемещений $u_r = u_r(r, \varphi)$; $u_\varphi = u_\varphi(r, \varphi)$ должны удовлетворять дифференциальному уравнению (11).

В силу принятого радиального распределения напряжений (6), физические уравнения в цилиндрической системе координат приводятся к соотношениям

$$\sigma_{rr}^* = 4G^* \cdot \varepsilon_{rr}; \quad \sigma_{\varphi\varphi}^* = -4G^* \cdot \varepsilon_{\varphi\varphi}; \quad \varepsilon_{r\varphi} = 0. \quad (12)$$

Установим связь между обобщёнными напряжениями в декартовой (X, Y) и цилиндрической (r, φ) системах координат (рис. 2).

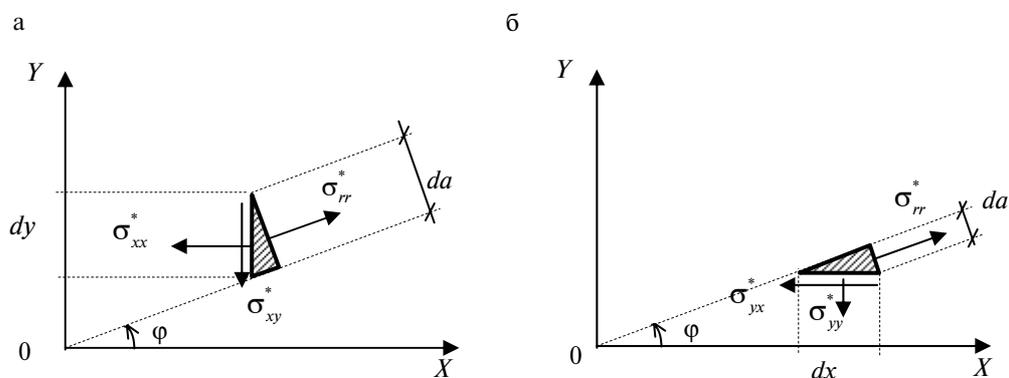


Рис. 2

В соответствии с рис. 2а получаем:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{rr}^* \cdot da \cdot \cos \varphi &= \sigma_{xx}^* \cdot dy; \\ \sigma_{rr}^* \cdot da \cdot \sin \varphi &= \sigma_{xy}^* \cdot dy. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Аналогично, в соответствии с рис. 2б будем иметь:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{rr}^* \cdot da \cdot \cos \varphi &= \sigma_{yx}^* \cdot dx; \\ \sigma_{rr}^* \cdot da \cdot \sin \varphi &= \sigma_{yy}^* \cdot dx. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Решая совместно системы (13) и (14) и учитывая, что $\cos \varphi = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}$;
 $\sin \varphi = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}}$, получаем связь между обобщёнными напряжениями:

$$\sigma_{xx}^* = \sigma_{rr}^* \frac{x^2}{x^2 + y^2}; \quad \sigma_{yy}^* = \sigma_{rr}^* \frac{y^2}{x^2 + y^2}; \quad \sigma_{xy}^* = \sigma_{yx}^* = \sigma_{rr}^* \frac{x \cdot y}{x^2 + y^2}. \quad (15)$$

Здесь для нагрузки, перпендикулярной к поверхности полупространства,

$$\sigma_{rr}^* = -\frac{2 \cdot F}{\pi} \cdot \frac{x}{x^2 + y^2}, \quad (16)$$

а для нагрузки, касательной к поверхности полупространства,

$$\sigma_{rr}^* = -\frac{2 \cdot F}{\pi} \cdot \frac{y}{x^2 + y^2}. \quad (17)$$

Следует отметить, что формулы (15) вполне тождественны соответствующим соотношениям для модели упругой, геометрически линейной сплошной среды.

Радиальное обобщённое напряжение σ_{rr}^* связано с радиальным истинным напряжением σ_{rr} соотношением $\sigma_{rr} = \sigma_{rr}^* \sqrt{\frac{1 + \varepsilon_{rr}}{1 - \varepsilon_{\varphi\varphi}}}$. С учётом формул (12) получаем

$$\sigma_{rr} = \sigma_{rr}^* \sqrt{\left(1 + \frac{\sigma_{rr}^*}{2G^*}\right) / \left(1 - \frac{\sigma_{rr}^*}{2G^*}\right)}. \quad (18)$$

Сопоставляя характер поведения обобщённых и истинных напряжений, отмечаем, что учёт геометрической нелинейности существенно влияет на характер их распределения в полупространстве не только в количественном, но и в качественном отношении, причём чем более деформативным является материал полупространства, тем это влияние проявляется в большей мере [3].

Для сосредоточенно-полосовой внешней нагрузки, действующей на полупространство перпендикулярно к его поверхности, уровень напряжений σ_{rr} , σ_{xx} , являющихся сжимающими, в упругой среде, описываемой геометрически нелинейной моделью, как правило, ниже уровня напряжений в упругой среде, описываемой геометрически линейной моделью. Эта же тенденция просматривается и для инвариантов σ и T . Для напряжений σ_{yy} эта закономерность нарушается.

В области полупространства, непосредственно под местом приложения сосредоточенно-полосовой нагрузки, наблюдается резкое уменьшение по абсолютной величине сжимающих напряжений σ_{rr} и σ_{xx} , а также инвариантов σ и T (рис. 3). При увеличении интенсивности внешней нагрузки или при более слабом материале полупространства эти напряжения стремятся к нулю.

При нагрузке, действующей касательно к поверхности полупространства, уровень сжимающих напряжений σ_{rr} , σ_{yy} и инвариантов σ и T в упругой среде, описываемой геометрически нелинейной моделью, также, как правило, ниже уровня напряжений в упругой среде, описываемой геометрически линейной моделью. Для растягивающих напряжений наблюдается другая закономерность: уровень растягивающих напряжений σ_{rr} , σ_{yy} и инвариантов σ и T при учёте геометрической нелинейности выше уровня напряжений для геометрически

линейной среды. Эти обстоятельства приводят к нарушению кососимметричности графиков напряжений σ_{rr} , σ_{yy} и инвариантов σ и T при нагрузке, касательной к поверхности полупространства (рис. 4). Для напряжений σ_{xx} указанная закономерность не соблюдается.

Следует отметить, что при плоской деформации учёт геометрической нелинейности на характер касательных напряжений σ_{xy} не влияет.

Ниже приведены графики, на которых сплошная линия соответствует истинным напряжениям, точечная – обобщённым напряжениям. Другими словами, точечная линия соответствует модели упругой геометрически линейной сплошной среды, сплошная линия – модели упругой среды с учётом геометрической нелинейности.

В качестве механических характеристик материала полупространства приняты характеристики пылевато-глинистых нелёссовых грунтов с коэффициентом пористости $e = 0,75 \dots 1,05$ [4]: модуль деформации $E_0 \cong 10000$ Па; коэффициент поперечной деформации $\nu \cong 0,2$; модуль сдвига $G_0 \cong 15000$ Па; $K_0/G_0 = 1,1547$. Интенсивность поверхностной сосредоточенно-полосовой нагрузки $F = 15000$ Н/м.

На рис. 3 (а, б, в, г, д) графики обобщенных σ_{rr}^* , σ_{xx}^* , σ_{yy}^* и истинных σ_{rr} , σ_{xx} , σ_{yy} напряжений, а также инвариантов σ , T и их аналогов, сконструированных из истинных напряжений, построены на горизонтальном сечении для $x_0 = 1$ м при действии на полупространство сосредоточенно-полосовой нагрузки, приложенной перпендикулярно к его поверхности.

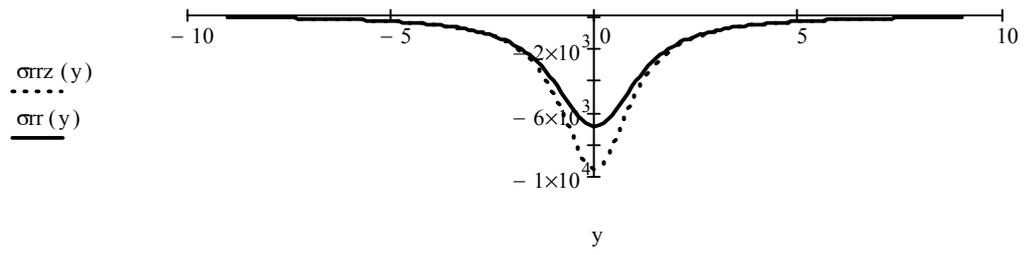
На рис. 4 (а, б, в, г, д) графики обобщенных σ_{rr}^* , σ_{xx}^* , σ_{yy}^* и истинных σ_{rr} , σ_{xx} , σ_{yy} напряжений, а также инвариантов σ , T и их аналогов, сконструированных из истинных напряжений, построены для $x_0 = 1$ м при действии на полупространство сосредоточенно-полосовой нагрузки, приложенной по касательной к его поверхности (нагрузка действует слева направо). В силу принятого направления внешней касательной нагрузки напряжения для $y > 0$ будут сжимающими, для $y < 0$ – растягивающими.

Принятые на рис. 3 и 4 обозначения сведены в табл. 1.

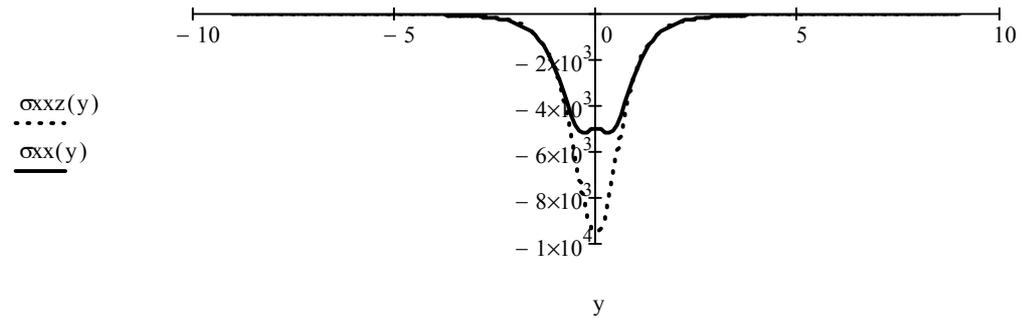
Т а б л и ц а 1

Обобщённые напряжения	Истинные напряжения
$\sigma_{rr}^* \Rightarrow \sigma_{rrz}(y)$	$\sigma_{rr} \Rightarrow \sigma_{rr}(y)$
$\sigma_{xx}^* \Rightarrow \sigma_{xxz}(y)$	$\sigma_{xx} \Rightarrow \sigma_{xx}(y)$
$\sigma_{yy}^* \Rightarrow \sigma_{yyz}(y)$	$\sigma_{yy} \Rightarrow \sigma_{yy}(y)$
$\sigma^* \Rightarrow \sigma z(y)$	$\sigma \Rightarrow \sigma(y)$
$T^* \Rightarrow Tz(y)$	$T \Rightarrow T(y)$

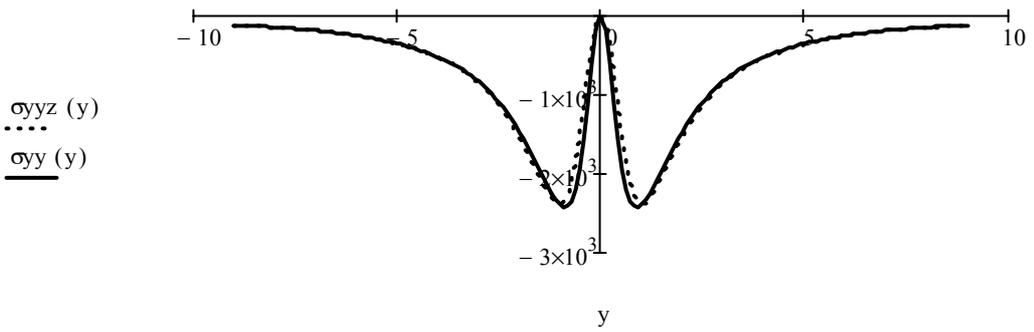
а



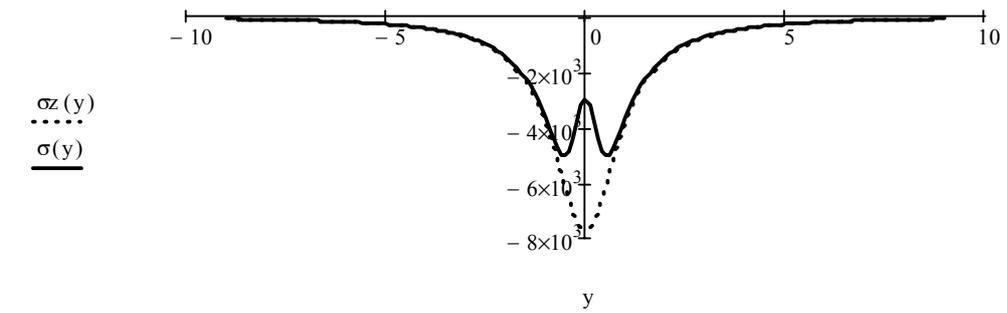
б



в



г



д

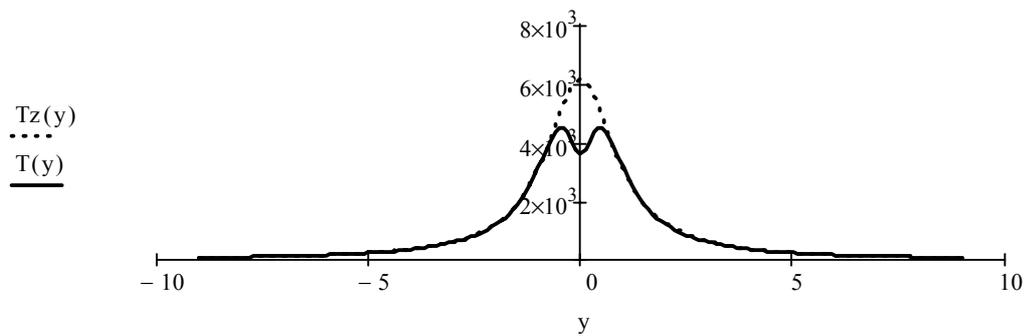
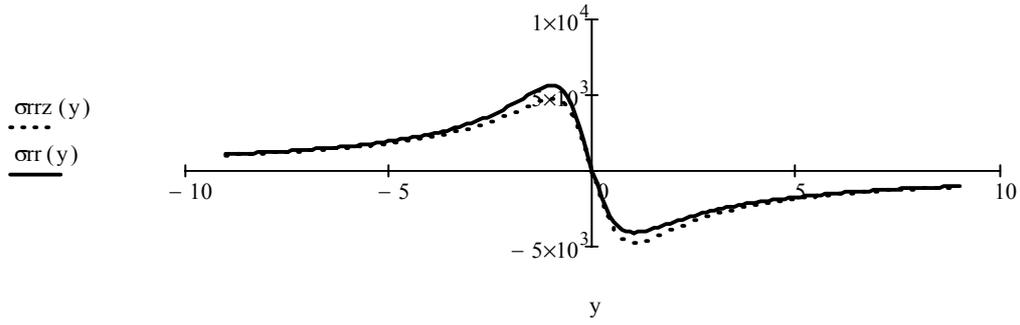
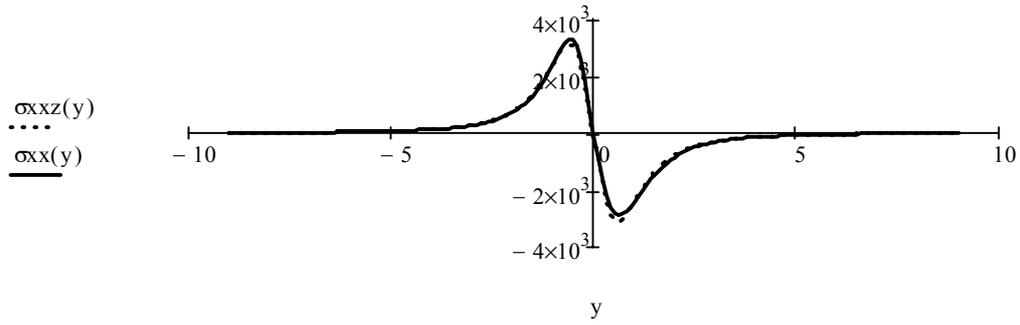


Рис. 3

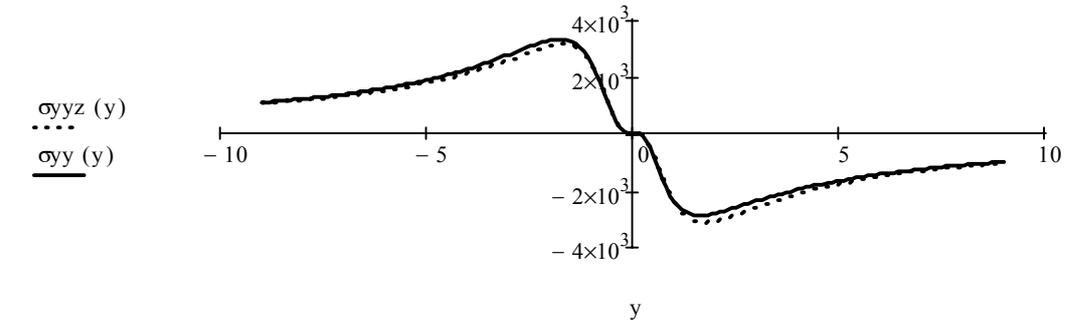
а



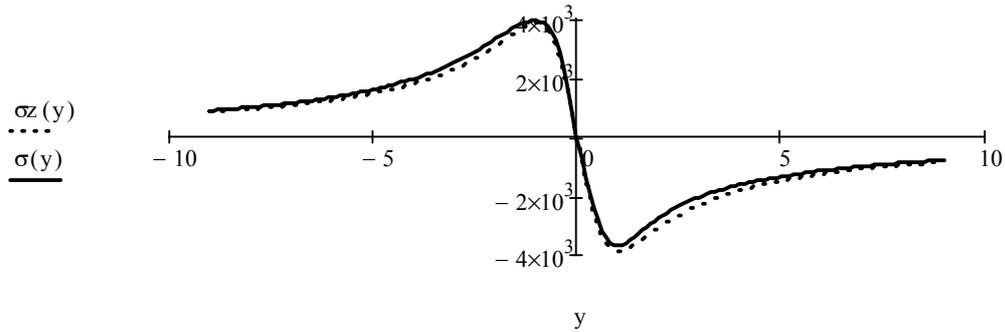
б



в



г



д

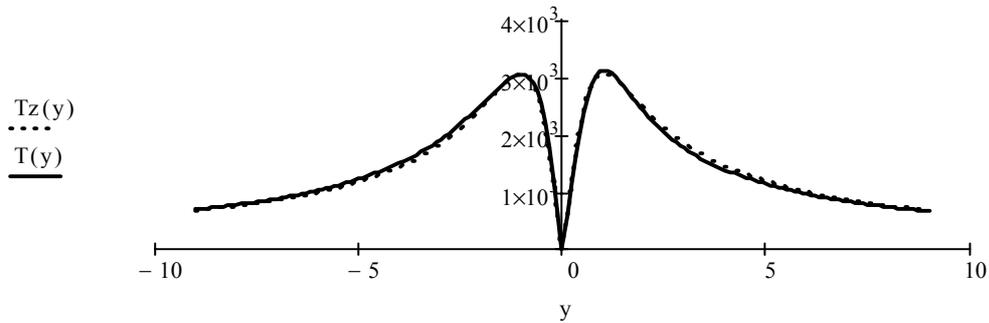


Рис. 4

В табл. 2 сведены максимальные относительные отклонения характеристик напряжённого состояния в точке, подсчитанные с учётом и без учёта геометрической нелинейности, а также указана координата (x или y) точки полупространства, в которой эти «максимумы» достигаются.

Т а б л и ц а 2

Характер нагрузки	Сечение	Относительное отклонение и координата	σ_{rr}	σ_{xx}	σ_{yy}	σ_{xy}	σ	T
Нагрузка действует перпендикулярно к поверхности полупространства	$x_0 = 1,0$ м	Относительное отклонение, %	28,1	47,8	2,5	0,0	61,1	41,3
		Координата y , м	0,0	0,0	0,9	---	0,0	0,0
	$y_0 = 0,8$ м	Относительное отклонение, %	18,3	10,1	9,9	0,0	5,1	2,4
		Координата x , м	0,8	1,3	0,5	---	0,8	0,8
Нагрузка действует по касательной к поверхности полупространства	$x_0 = 1,0$ м	Относительное отклонение, %	14,8	7,9	8,6	0,0	3,7	1,7
		Координата y , м	1,0	0,6	0,6	---	1,0	1,0
	$y_0 = -0,8$ м	Относительное отклонение, %	52,4	1,7	29,9	0,0	44,2	23,7
		Координата x , м	0,0	0,9	0,0	---	0,0	0,0
	$y_0 = +0,8$ м	Относительное отклонение, %	34,4	11,7	76,1	0,0	181,5	6,9
		Координата x , м	0,0	0,6	0,0	---	0,0	0,0

Материалы статьи могут быть использованы при разработке методов расчёта слабых оснований под здания и сооружения, максимально учитывающих природные свойства грунтов. Расчётные теории для высокодеформативных оснований должны быть основаны на максимальном отказе от всевозможных допущений, посылок, упрощений и предположений. В [5] отмечено: «...Возможно, что вообще решить поставленную задачу в условиях линейной теории упругости невозможно. Тогда следует сделать попытку решить её в рамках нелинейной задачи. При этом желательно использовать условия геометрически нелинейной задачи ...».

Литература

1. Бакушев, С.В. Вариант построения расчётных моделей геометрически-нелинейных сплошных сред [Текст] / С.В. Бакушев // Изв. вузов. Стр-во и архитектура. – 1991. – №9. – С. 24–29.
2. Новожилов, В.В. Теория упругости [Текст] / В.В. Новожилов. – М.: Судпромгиз, 1958. – 370 с.
3. Бакушев, С.В. К вопросу о расчёте слабых оснований [Текст] / С.В. Бакушев // Материалы междунар. НТК «Опыт строительства и реконструкции зданий и сооружений на слабых грунтах». – Архангельск: АГТУ, 2003. – С. 15–19.
4. СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений [Текст] // Прил. 1., табл. 3. – М., 1983.
5. Горбунов-Посадов, М.И. Расчёт конструкций на упругом основании [Текст] / М.И. Горбунов-Посадов, Т.А. Маликова, В.И. Соломин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1984. – 679 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОМАССОВЫХ ГАСИТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЙ

А.И. Шеин, О.Г. Елистратова

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Рассматривается задача оптимизации параметров многомассового гасителя при гармоническом возмущении. В замкнутом виде с помощью метода множителей Лагранжа из условия минимума величины перемещения главной массы получены формулы оптимальных жесткостей для двух-, трех- и четырехмассовых гасителей колебаний. С помощью метода конечных разностей выполнен численный эксперимент по исследованию колебаний системы с различными гасителями для представления уравнений движений системы. На основе результатов численного эксперимента даны рекомендации по оптимизации параметров системы.

Введение

Современное развитие техники характеризуется значительным ростом уровня динамических нагрузок на конструкции, приборы, обслуживающий персонал и т.д. В связи с этим возникает проблема уменьшения уровня колебаний, которая связана с необходимостью выполнения условий прочности и снижения материалоемкости конструкций, а также с соблюдением технологических и санитарно-гигиенических требований.

В настоящее время для борьбы с нежелательными и недопустимыми колебаниями имеется значительный выбор средств: отстройка от резонанса с помощью изменения жесткостных и инерционных параметров конструкции, виброизоляция (пассивная и активная), балансировка и уравнивание машин и механизмов, экранирование, ограничители хода, конструкционное демпфирование, разнообразные гасители колебаний и многое другое. Каждый из способов имеет свою область применения. Однако благодаря высокой эффективности при относительно малых затратах и возможности непосредственного использования в процессе эксплуатации сооружений весьма выгодно применять динамические гасители колебаний. Очевидно, что область их применения будет только расширяться.

В общем случае гасители колебаний можно рассматривать как дополнительные динамические устройства, присоединенные к объекту виброзащиты с целью изменения его вибрационного состояния [1]. Для эффективной работы гасителя необходимым условием является оптимизация его характеристик, т.е. выбор собственной частоты (настройки) и демпфирования при заданной массе гасителя (иногда оптимизируется также его масса и расположение).

Изучению гасителей колебаний и, в частности, вопросам оптимизации их параметров и оценке эффективности посвящена обширная литература. Одной из основных работ в области оптимизации считается описание результатов оптимизации динамических гасителей колебаний с вязким трением, полученных из условия минимума максимального перемещения главной массы при нестабильной частоте гармонического воздействия Дж. П. Ден-Гартога, Дж. Е. Брока и др. Вопросам оптимизации параметров динамических гасителей колебаний, но в других постановках задачи (различные критерии качества, характер воздействия), посвящены работы В.А. Баженова, В.И. Гуляева, Л.М. Резникова, Г.М. Фишмана. Исследованию и оптимизации ударных гасителей колебаний уделено большое внимание в работах А.В. Дукарта и А.И. Олейника [2, 3]. В частности, ими разработан принцип подбора оптимальных параметров для двухмассового динамического гасителя с ударным звеном, а также для динамических, каскадных и пакетных гасителей колебаний в различных режимах работы. Вопросом опти-

мального проектирования многомассовых динамических гасителей занимались Б.Г. Коренев, А.И. Олейник и др. Так, А.В. Степанов в цикле своих книг провел классификацию оптимального гашения по виду колебаний. Тема подбора оптимальных параметров гасителей колебаний также затронута и рядом зарубежных авторов – К. Iwanami, N. Popplewell, N. Osamu, A. Toshihiko и многими другими.

Результатом большинства исследований в области оптимизации являются таблицы оптимальных параметров гасителей при различных характеристиках системы.

1. Теоретический анализ

В настоящее время широкое распространение получают каскадные, пакетные и каскадно-пакетные гасители. Их основой являются типовые элементы в виде многомассовых гасителей. В данной работе решается задача нахождения оптимальных параметров многомассовых гасителей в замкнутом виде из условия минимума величины перемещения главной массы. Для одномассовых гасителей существует известное классическое решение: $c_{\text{гас}} = m_{\text{гас}} \omega^2$, однако попытка перейти от многомассовой к статически эквивалентной упругой системе гасителей ожидаемых результатов не дает.

2. Методика

Рассмотрим вынужденные колебания упругой системы «основная масса – многомассовый гаситель» при гармоническом воздействии.

Пусть на упругую систему массой m_1 и жесткостью c_1 действует сила $H \sin(\omega t)$. К системе присоединен многомассовый гаситель, состоящий из $(n-1)$ масс m_j , последовательно соединенных упругими связями жесткостью c_j ($j = 2, \dots, n$). Рассмотрим вопрос оптимизации параметров многомассового гасителя.

Уравнения движения такой системы будут иметь вид [4]:

$$\begin{cases} c_1 y_1 - c_2 (y_2 - y_1) + m_1 \ddot{y}_1 = H \sin(\omega t); \\ c_j (y_j - y_{j-1}) - c_{j+1} (y_{j+1} - y_j) + m_j \ddot{y}_j = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где $j = 2, \dots, n$; y_j – перемещение j -й массы; m_1 – колеблющаяся масса; m_2, m_3, \dots, m_n – массы многомассового гасителя; $n-1$ – количество масс многомассового гасителя.

Учитывая, что для установившихся вынужденных колебаний

$$y_j = A_j \sin(\omega t) \quad (2)$$

и что гаситель настроен на частоту вынужденных колебаний, получаем следующую систему уравнений движения:

$$\begin{cases} (c_1 + c_2 - m_1 \omega^2) A_1 - c_2 A_2 = H; \\ (c_j + c_{j+1} - m_j \omega^2) A_j - c_j A_{j-1} - c_{j+1} A_{j+1} = 0, \end{cases} \quad (3)$$

где $j = 2, \dots, n$.

Пусть $A_j = x_j$ и c_n – свободные переменные. В оптимальной системе перемещение основной массы должно быть минимальным. Чтобы исключить область отрицательных значений, запишем целевую функцию в виде квадрата минимизируемой величины.

Таким образом, получаем задачу оптимизации функции $f_0(x)$ с ограничениями-равенствами $f_j(x)$:

$$\begin{cases} \min f_0 = x_1^2; \\ f_1 = (c_1 + c_2 - m_1\omega^2)x_1 - c_2x_2 - H; \\ f_j = (c_j + c_{j+1} - m_j\omega^2)x_j - c_jx_{j-1} - c_{j+1}x_{j+1}, \end{cases} \quad (4)$$

где $j = 2, \dots, n$.

Для решения задачи оптимизации используем метод множителей Лагранжа [5]. Применяя к функции Лагранжа

$$\Phi = \Phi(x_j, \lambda_j) = f_0(x_j) + \sum \lambda_j f_j(x_j) = x_1^2 + \sum_{j=1}^n \lambda_j f_j(x_j) \quad (5)$$

теореме Ферма, получим систему вида

$$\frac{\partial \Phi(x_j, \lambda_j)}{\partial x_j} = 0, \quad (6)$$

которую дополним уравнениями связи

$$f_j(x) = 0. \quad (7)$$

Решая полученную систему относительно x_j , λ_j , c_n , находим оптимальные жесткости.

Примем в качестве оптимизируемого параметра жесткость j -го гасителя. Тогда система разрешающих уравнений примет следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial \Phi}{\partial x_1} = 2x_1 + \lambda_1(c_1 + c_2 - m_1\omega^2) - \lambda_2c_2 = 0; \\ \frac{\partial \Phi}{\partial x_j} = -\lambda_{j-1}c_j + \lambda_j(c_j + c_{j+1} - m_j\omega^2) - \lambda_{j+1}c_{j+1} = 0; \\ \frac{\partial \Phi}{\partial \lambda_j} = f_j(x) = 0; \\ \frac{\partial \Phi}{\partial c_j} = \lambda_{j-1}x_{j-1} - \lambda_{j-1}x_j + \lambda_jx_j - \lambda_jx_{j-1} = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Решение этой системы в общем виде позволяет получить формулы для многомассового гасителя. Для одномассового гасителя ($n=2$) решение системы дает известный результат: величина перемещения основной массы равна нулю при жесткости гасителя $c_{\text{гас}} = m_{\text{гас}}\omega^2$.

При решении задач с многомассовым гасителем для удобства вычислений примем в качестве оптимизируемого параметра жесткость последнего (настроечного) гасителя c_n . Все остальные характеристики системы, кроме перемещений масс, будем считать известными.

Вводя обозначение $m_j\omega^2 = c_j^0$, получаем решения системы уравнений в случае многомассового гасителя в виде

$$c_n = c_n^0 \cdot k, \quad (9)$$

где $k = k(c_j, c_j^0)$, $j = 2 \dots n$.

Результаты решения системы нелинейных уравнений, составленной по вышеуказанному пути, представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

n	Оптимальная жесткость c_n
2	c_2^0
3	$c_3^0 \cdot \frac{-c_2 + c_2^0}{-c_2 + c_2^0 + c_3^0}$
4	$c_4^0 \cdot \frac{c_2 c_3 - c_2^0 c_3 - c_2 c_3^0 - c_3 c_3^0 + c_2^0 c_3^0}{c_2 c_3 - c_2^0 c_3 - c_2 c_3^0 - c_3 c_3^0 + c_2^0 c_3^0 - c_2 c_4^0 - c_3 c_4^0 + c_2^0 c_4^0}$
5	$c_5^0 \cdot \frac{c_2 c_3 c_4 - c_3 c_4 c_2^0 - c_2 c_4 c_3^0 - c_3 c_4 c_3^0 - c_2 c_3 c_4^0 - c_2 c_4 c_4^0 - c_3 c_4 c_4^0 + c_2 c_3 c_4^0 - c_3 c_4 c_2^0 - c_2 c_4 c_3^0 - c_3 c_4 c_3^0 - c_2 c_3 c_4^0 - c_2 c_4 c_4^0 - c_3 c_4 c_4^0 + c_4 c_2^0 c_3^0 + c_4 c_2^0 c_3^0 + c_3 c_2^0 c_4^0 + c_4 c_2^0 c_4^0 + c_2 c_3^0 c_4^0 + c_3 c_3^0 c_4^0 - c_3 c_2^0 c_4^0 + c_4 c_2^0 c_4^0 + c_2 c_3^0 c_4^0 + c_3 c_3^0 c_4^0 - c_2^0 c_3^0 c_4^0 + c_2 c_3 c_5^0 + c_2 c_4 c_5^0 + c_3 c_4 c_5^0 - c_2 c_3^0 c_5^0 - c_3 c_2^0 c_5^0 - c_3 c_3^0 c_5^0 - c_4 c_2^0 c_5^0 + c_2^0 c_3^0 c_5^0}{-c_2^0 c_3^0 c_4^0}$

3. Экспериментальная часть

На эффективность работы многомассового гасителя помимо жесткости его звеньев оказывает влияние целый ряд факторов. Для того чтобы количественно показать это влияние и подобрать оптимальные значения величин, проведем численный эксперимент.

Рассмотрим упругую систему массой m_1 и жесткостью c_1 , находящуюся под воздействием гармонической возмущающей силы. К системе присоединен многомассовый гаситель, состоящий из $(n-1)$ масс m_j , последовательно соединенных упругими связями жесткостью c_j ($j=2, \dots, n$).

Для проведения численного эксперимента воспользуемся конечно-разностным представлением уравнений движения (1) по временной координате:

$$\begin{cases} m_1 \frac{y_{1,t-1} - 2y_{1,t} + y_{1,t+1}}{\Delta t^2} + c_1 y_{1,t} - c_2 (y_{2,t} - y_{1,t}) = H \sin(\omega t); \\ m_j \frac{y_{j,t-1} - 2y_{j,t} + y_{j,t+1}}{\Delta t^2} + c_j (y_{j,t} - y_{j-1,t}) - c_{j+1} (y_{j+1,t} - y_{j,t}) = 0, \end{cases} \quad (10)$$

где $j=2, \dots, n$.

Система уравнений (10) позволяет на каждом временном шаге определять координаты масс системы для момента времени $t+\Delta t$. Решение системы уравнений (10) имеет следующий вид:

$$\begin{cases} y_{1,t+1} = \frac{-m_1 y_{1,t-1} + 2m_1 y_{1,t} - c_1 y_{1,t} \Delta t^2 + c_2 y_{2,t} \Delta t^2 - c_2 y_{1,t} \Delta t^2 + H \sin(\omega t) \Delta t^2}{m_1}; \\ y_{j,t+1} = \frac{-m_j y_{j,t-1} + 2m_j y_{j,t} - c_j y_{j-1,t} \Delta t^2 + c_j y_{j,t} \Delta t^2 - c_{j+1} y_{j+1,t} \Delta t^2 + c_{j+1} y_{j,t} \Delta t^2}{m_j}, \end{cases} \quad (11)$$

где $j=2, \dots, n$; $y_{j,t}$ – перемещение j -й массы в момент времени t ; m_1 – колеблющаяся масса; m_2, m_3, \dots, m_n – массы многомассового гасителя; $n-1$ – количество масс многомассового гасителя.

С помощью полученных в символьном виде выражений определим перемещения $y_{1,t+1}$ основной массы и построим амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) для системы со следующими параметрами: $m_1=10$ кг, $c_1=10$ Н/м, $H=10$ Н, $\omega_0 = 1 \text{ с}^{-1}$ (рис. 1).

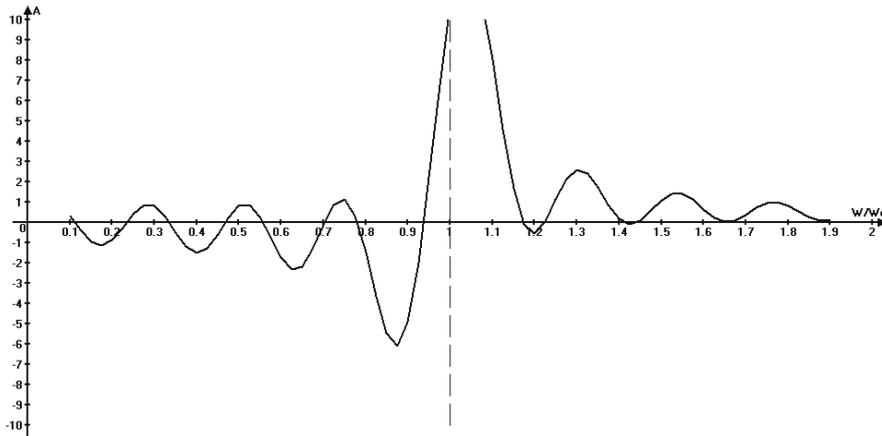


Рис. 1. АЧХ упругой системы без гасителя

Присоединим к заданной системе одномассовый гаситель массой $m_2=2$ кг с оптимальной жесткостью (см. табл. 1) $c_2=2$ Н/м (рис. 2).

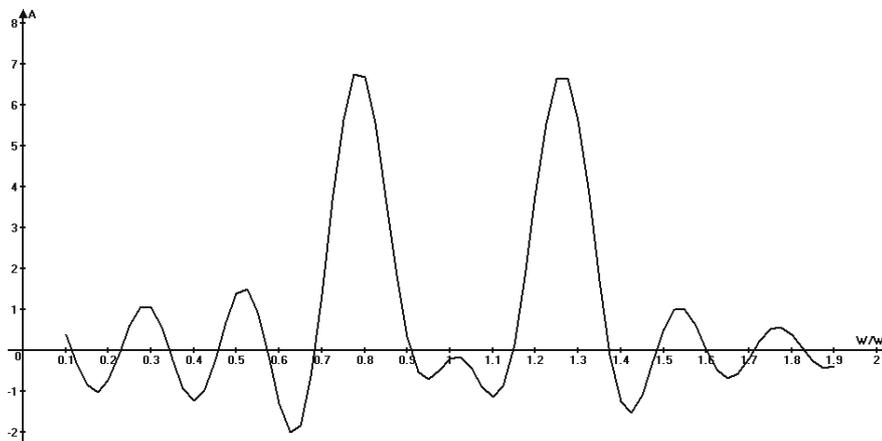


Рис. 2. АЧХ упругой системы с оптимальным одномассовым гасителем

Для системы с двухмассовым гасителем примем $m_2 = m_3 = 2$ кг, $c_2 = 1$ Н/м, тогда оптимальная жесткость $c_3 = 0,667$ Н/м (рис. 3).

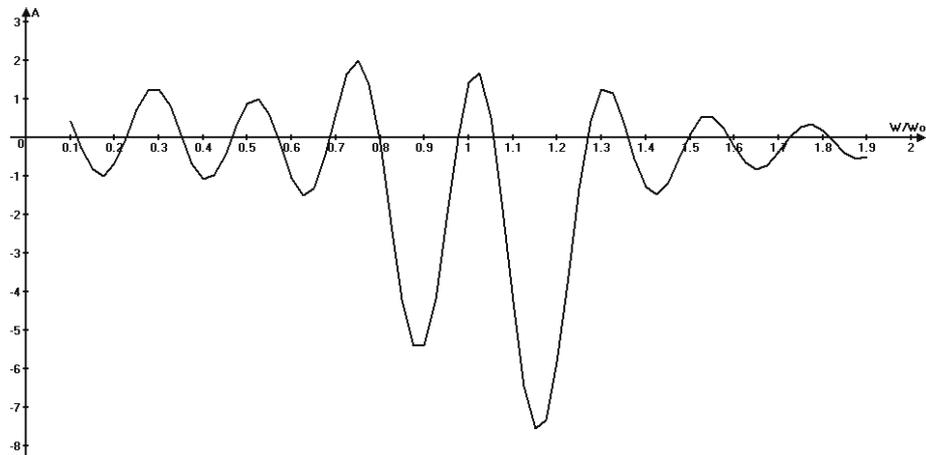


Рис. 3. АЧХ системы с оптимальным двухмассовым гасителем

Анализ приведенных построений показывает, что применение гасителя значительно снижает амплитуду основной массы системы при заданной частоте возмущающей нагрузки, практически вдвое уменьшает общий размах амплитуды на выбранном частотном участке, однако создает всплески амплитуд на собственных частотах, что, в частности, может проявиться в пуско-остановочном режиме.

Для снижения возникающих пиков применим гаситель с вязким трением (рис. 4). Рассмотрим систему, к которой присоединен многомассовый гаситель с демпфирующими элементами. Дифференциальные уравнения движения, записанные в конечно-разностной форме, имеют следующий вид:

$$\left\{ \begin{aligned} & m_1 \frac{y_{1,t-1} - 2y_{1,t} + y_{1,t+1}}{\Delta t^2} + c_1 y_{1,t} - c_2 (y_{2,t} - y_{1,t}) + \\ & + \alpha_2 \left(\frac{x_{1,t} - x_{1,t-1}}{\Delta t} - \frac{x_{2,t} - x_{2,t-1}}{\Delta t} \right) = H \sin(\omega t); \\ & m_j \frac{y_{j,t-1} - 2y_{j,t} + y_{j,t+1}}{\Delta t^2} + c_j (y_{j,t} - y_{j-1,t}) - c_{j+1} (y_{j+1,t} - y_{j,t}) + \\ & + \alpha_j \left(\frac{x_{j,t} - x_{j,t-1}}{\Delta t} - \frac{x_{j-1,t} - x_{j-1,t-1}}{\Delta t} \right) + \alpha_{j+1} \left(\frac{x_{j,t} - x_{j,t-1}}{\Delta t} - \frac{x_{j+1,t} - x_{j+1,t-1}}{\Delta t} \right) = 0, \end{aligned} \right. \quad (12)$$

где $j=2, \dots, n$.

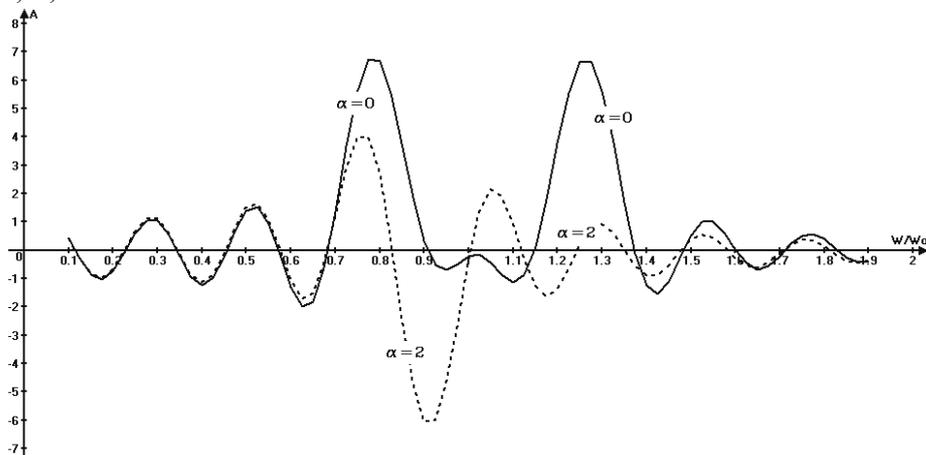


Рис. 4. АЧХ системы с оптимальным одномассовым гасителем с трением и без него

Рассмотрим влияние параметра относительной массы гасителя на эффективность его работы. Построим амплитудно-частотные характеристики для системы с заданными параметрами, но различными относительными массами (рис. 5). Малая относительная масса ($1/20 \dots 1/15$ массы основной системы) сводит эффективность использования гасителя к нулю. Увеличение массы гасителя приводит к уменьшению общего размаха амплитуды системы, однако самое большое значение относительной массы не является оптимальным: если при соотношении масс $1/5$ размах амплитуды снижается на 54 %, то при соотношении $1/2$ – уже на 41 %.

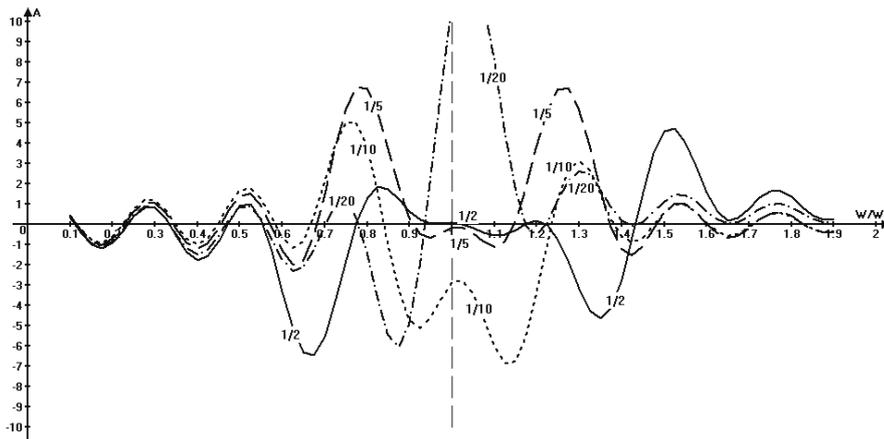


Рис. 5. АЧХ системы с одномассовым гасителем при различных значениях относительной массы гасителя

При исследовании работы гасителя необходимо учитывать и расположение демпфирующего элемента в многомассовой системе (рис. 6, 7).

Для двухмассового гасителя (рис. 6) наиболее оптимальным является расположение демпфирующих устройств в обоих звеньях – уменьшение общего размаха амплитуд происходит на 57 %, при этом демпфер, установленный только во втором звене, снижает этот показатель лишь на 15 %. Применение демпфера только в первом звене дает значительное снижение амплитуд (50 %); учитывая экономический и технологический факторы, такое размещение демпфирующего устройства следует отнести к оптимальным параметрам.

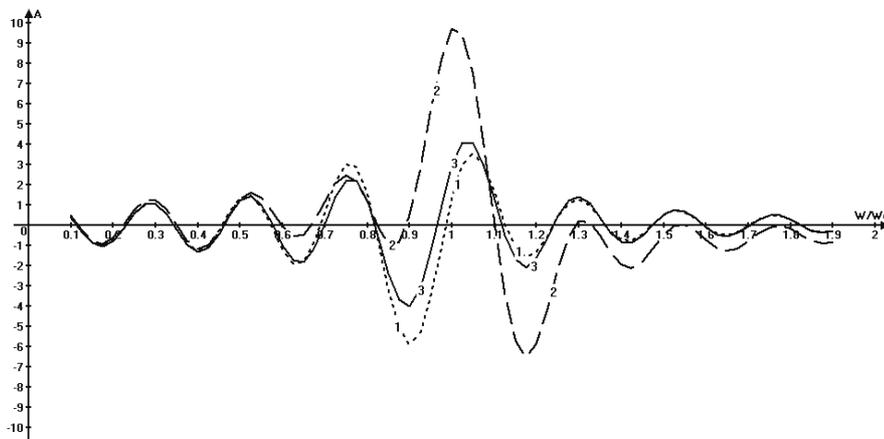


Рис. 6. АЧХ системы с двухмассовым гасителем при различном положении демпфирующих устройств:
1 – в первом гасителе; 2 – во втором гасителе; 3 – в обоих гасителях

Для трехмассового гасителя (рис. 7) применение демпфирующих устройств в первом или втором звене сравнительно малоэффективно – 25...27 %, а в третьем звене или во всех звеньях – оптимально (50 и 52 % соответственно).

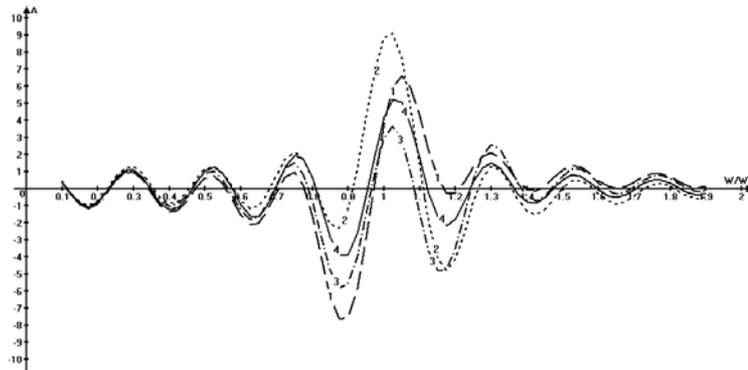


Рис. 7. АЧХ системы с трехмассовым гасителем при различном положении демпфирующих устройств: 1 – в первом гасителе; 2 – во втором гасителе; 3 – в третьем гасителе; 4 – во всех гасителях

Для гасителей с трением существенным показателем является коэффициент сопротивления движению α . Для примера рассмотрим двухмассовый гаситель с трением в обоих звеньях (рис. 8).

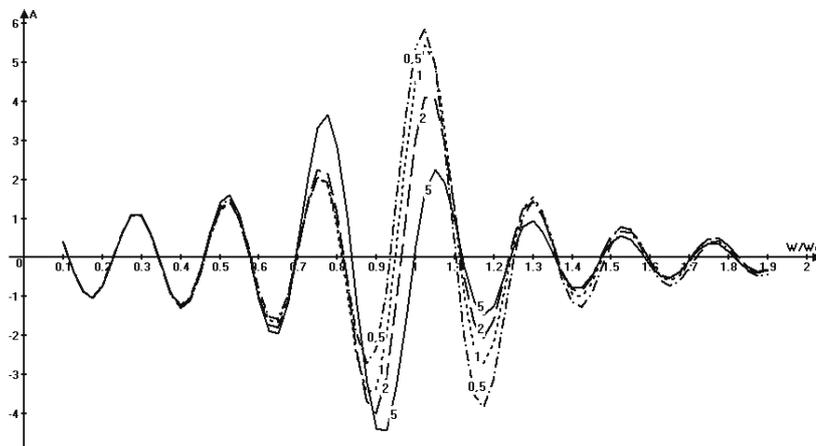


Рис. 8. АЧХ системы с двухмассовым гасителем при различных значениях коэффициента сопротивления движению α

Увеличение коэффициента затухания до некоторого предельного значения уменьшает размах всплесков амплитуд, дальнейшее его возрастание неэффективно или дает противоположный эффект.

4. Результаты

Проведенные численные эксперименты влияния различных факторов на эффективную работу одномассового и многомассовых гасителей для системы с указанными характеристиками позволили рекомендовать некоторые параметры гасителей (табл. 2).

Параметр Гаситель	Относительная масса, ($m_{\text{гас}} / m_{\text{упр.сист}}$)	Расположение демпфера	α
Одномассовый	1/5	В одном звене	0,5...1
Двухмассовый	1/10...1/5	Во всех звеньях, в первом звене	2
Трехмассовый	1/5	Во всех звеньях, в третьем звене	2

Рассмотренный путь вычислений дает возможность получить конкретные оптимальные параметры для систем с другими характеристиками и сравнить эффективность использования различных видов гасителей.

Литература

1. Справочник по динамике сооружений [Текст] / Под ред. Б.Г. Коренева, И.М. Рабиновича. – М.: Стройиздат, 1972. – 511 с.
2. Дукарт, А.В. Задачи теории ударных гасителей колебаний [Текст] / А.В. Дукарт. – М.: Изд-во АСВ, 2006. – 205 с.
3. Дукарт, А.В. Оптимизация параметров и эффективность пакетных гасителей колебаний с многомассовыми типовыми элементами [Текст] / А.В. Дукарт, А.И. Олейник // Изв. вузов. Стр.-во. – 2002. – №3. – С. 26–32.
4. Вибрации в технике [Текст]: справочник: в 6 т. / Под ред. В.В. Болотина. – М.: Машиностроение, 1978. – Т.1. Колебания линейных систем. – 352 с.
5. Шеин, А.И. Основы оптимизации строительных конструкций [Текст] / А.И. Шеин. – Пенза: ПГАСА, 2000. – 106 с.

АРХИТЕКТУРА И ДИЗАЙН

УДК 741/743:37.025

ПОЗНАВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС В ПРАКТИКЕ ОБУЧЕНИЯ АКАДЕМИЧЕСКОМУ РИСУНКУ В СИСТЕМЕ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ (состояние, проблемы и перспективы)

Н.Г. Ли

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Рассматриваются актуальные вопросы познавательного процесса в учебно-изобразительной деятельности. Раскрываются сложные психические процессы, сдерживающие развитие у студентов познавательной активности в ходе обучения. Дается обоснование необходимой актуализации знаний психологии в профессиональной педагогической деятельности. Предлагаются принципы, методы и приемы обучения рисунку, способствующие развитию у студентов мыслительной активности в учебно-познавательном процессе.

Одной из приоритетных задач в области образования является повышение его качества, которое, несмотря на наметившуюся в последние годы активизацию научно-педагогической мысли и некоторое улучшение содержания образования (форм, методов обучения и педагогических технологий) все еще остаётся на прежнем уровне, особенно в художественной сфере. Об этом свидетельствует состояние системы обучения рисунку: на протяжении многих десятилетий качество обучения рисунку не только не улучшается, но и заметно снижается, а те имеющиеся отдельные попытки внести изменения в образовательную практику в лучшем случае ограничиваются внедрением лишь новых форм и средств обучения, что не является решением проблемы.

Изначально процесс обучения рисунку предполагал осмысленную работу с натурной моделью. Однако, как показывает практика, студенты и преподаватели учебных заведений давно сталкиваются со сложнейшей психолого-педагогической проблемой – так называемой психологической зависимостью рисовальщиков от природы в ходе работы с ней. Речь идет о сложном психическом процессе, ограничивающем развитие мыслительной способности студентов при обучении. В результате знания усваиваются неглубоко и сводятся к поверхностному изучению рисунка – к срисовыванию природы, что не способствует развитию познавательной деятельности студентов. В связи с этим проблема изучения протекающих у студентов во время учебно-изобразительной деятельности психофизиологических процессов является актуальной. Особую остроту она приобретает сегодня, когда интеллектуальная деятельность становится все более востребованной обществом, когда человек испытывает всё большие и большие психические нагрузки.

К сожалению, до настоящего времени глубокие исследования в этой области не проводились. В результате в сфере художественного образования накопилось множество вопросов, требующих незамедлительного решения. Однако устоявшиеся взгляды, инертность сдерживают этот процесс.

Позитивные перемены, на наш взгляд, смогут произойти лишь при существенном улучшении качества профессиональной подготовки педагогов-художников. В

первую очередь это относится к методической, профессионально-художественной и особенно психологической подготовке.

Многолетняя практика исследования показывает, что незнание педагогами основ психологии является серьезным недостатком в современной системе художественного образования и часто приводит к негативным результатам в обучении рисунку. Ответственность за это ложится прежде всего на художественно-графические факультеты педагогических университетов, призванные обеспечить высокий уровень качества профессиональной подготовки художников-педагогов. Без знания психологических аспектов качество обучения будет существенно снижено, что, собственно, и происходит. Поэтому, учитывая важность данной проблемы и тот факт, что большинство преподавателей, работающих на местах, имеют слабое представление о механизме и развитии психофизиологических процессов, характерных для учебно-познавательной деятельности, обратимся к некоторым аспектам этой проблемы.

Итак, что представляет собой ощущение как психический процесс? Человек с рождения начинает познавать окружающие предметы, объекты и явления благодаря чувственному восприятию. Предметы и явления, воздействуют на наши органы чувств (зрение, обоняние, осязание и т.п.), что приводит к возникновению различных ощущений и представлений. Однако ощущения имеют субъективный характер, поэтому способны исказить объективную действительность.

Процесс рисования с натуры находится в прямой зависимости от того, как мы видим предметы. Законы зрительного восприятия таковы, что наш глаз не всегда видит то, что есть на самом деле. Исследования психологов и физиологов показывают, что ощущение как первичный элемент отражения реальной действительности характеризуется отдельными свойствами предметов и явлений, непосредственно воздействующих на органы чувств. Познание наше было бы ограничено, если бы мы основывались лишь на чувственном восприятии. Проиллюстрируем это утверждение рисунками, при рассмотрении которых возникают некоторые иллюзии.

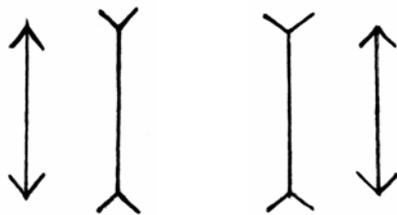


Рис. 1

Рис. 2

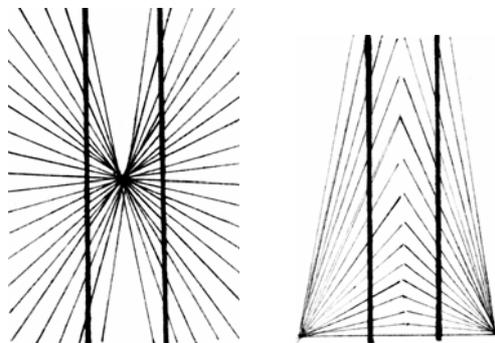


Рис. 3

Рис. 4

1. Возьмем два одинаковых по длине отрезка со скобами на концах в виде разнонаправленных стрел (рис. 1). При их рассмотрении создается иллюзия неравнозначности их величин: левый отрезок воспринимается короче правого. Стоит поменять скобы местами, иллюзия будет обратной (рис. 2).

2. На фоне исходящих лучей (иллюзия веера) параллельные прямые линии, проведенные под линейку, воспринимаются искривленными вовнутрь (рис. 3).

3. Две параллельные линии, проведенные под линейку, на фоне двух исходящих лучей вызывают иллюзию изгиба прямых наружу (рис. 4).

4. Рисунки с разными по величине окружностями на периферии и одинаковыми в центре. Создается впечатление, что окружности, расположенные в центре, кажутся разными: правая больше левой (рис. 5).

5. Одинаковые по диаметру окружности, одна из которых окрашена в темный тон, воспринимаются по-разному — темная окружность кажется меньше, чем

светлая. С точки зрения тяжести темная окружность воспринимается тяжелее светлой (рис. 6).

Подобные закономерности восприятия встречаются довольно часто в практике рисования с натуры, особенно в рисовании сложных по форме объектов. Например, в изображении фигуры человека (рис. 7) пропорции головы по отношению к телу по мере окончания рисунка не совпадают с абрисными пропорциями в начальной стадии рисунка.

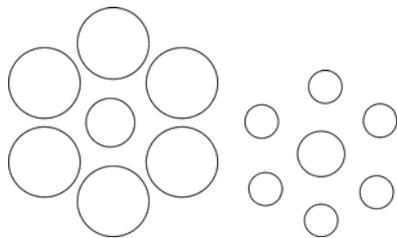


Рис. 5



Рис. 6



Рис. 7

Несмотря на одинаковый рост, при большой голове возникает ощущение низкого роста

Студенты, как правило, ощущая и воспринимая предметы изображения, не выходят за грани чувственного (сенсорного), тем самым ограничивают возможность познания в процессе обучения, что, в свою очередь, приводит рисовальщиков к поверхностному постижению натуры и, следовательно, слабому рисунку. Познание в том и состоит, чтобы двигаться в глубь явлений, к раскрытию их сущности, т.е. идти путем осознания и осмысления своих чувственных впечатлений. Поэтому ощущение как первоэлемент структуры познавательных процессов не может относиться непосредственно к самому мышлению: оно принадлежит чувственному отражению.

Ощущения мы получаем через различные органы чувств (зрения, осязания, обоняния, внутренних и внешних анализаторов). С помощью раздражителей, влияющих на органы чувств, вызывается возбуждение нервных клеток, в том числе головного мозга, в результате возникает то или иное ощущение. Ощущение в отличие от восприятия и мышления, которые служат неразрывными частями единого процесса отражения реальной действительности, все же является начальным источником познавательного процесса. Поэтому руководствоваться ощущениями в практике рисования с натуры следует предельно осторожно, лишь в тех случаях, где это крайне необходимо! Например, большое значение имеют эмоции, вызванные объектом изображения в самом процессе работы над рисунком: они позволяют разглядеть изысканную красоту формы, пластики, пропорции.

Общий эмоциональный подъем в изобразительной деятельности играет свою особую роль. Однако чувства могут быть как активными, так и пассивными, в зависимости от разных условий и состояний. К активным относятся такие чувства и эмоции, которые позитивно влияют на познавательную или иную деятельность. Пассивные, наоборот, снижают настрой и расслабляют волю и ум человека. Специфика изобразительной деятельности такова, что, с одной стороны, важность эмоционального возбуждения очевидна, но, с другой стороны, эти чувства могут заслонить процесс абстрактного мышления, который является высшим этапом познавательного процесса. Необходимы гармоничное сочетание двух психических процессов и, конечно, разумный компромисс между ними.

Эмоциональное возбуждение, как отмечалось, повышает тонус, энергию и силу, желание выполнить работу над рисунком лучше. Но чрезмерная эмоцио-

нальная возбудимость без хороших знаний и умения контролировать свои чувства там, где это необходимо, приведёт не к позитивному результату, а, скорее, к полной растерянности рисовальщика, который не знает, что же дальше делать. Такое положение в сложной учебно-изобразительной практике — явление обычное, поэтому важно научиться осмысливать, осознавать и управлять всем многообразием этих процессов.

Восприятие как психический процесс занимает промежуточное положение между ощущением и мышлением в единой структуре познавательного процесса и представляет собой более высокий уровень чувственного познания. Чем же отличается восприятие от ощущения? Рассмотрим это на примере. Мы можем ощущать тишину, шум, горечь, сомнения, яркость, падение, равновесие и т.п., а при восприятии возникает целостное представление образа в видимых объектах и предметах, включая комплекс различных взаимосвязанных ощущений.

Таким образом, восприятие — это сложный психический процесс, тесно взаимодействующий с различными видимыми ощущениями (зрительное, слуховое, обонятельное), в том числе включающий в себя элементы мышления в комбинированном виде при участии систем анализаторов. В зависимости от количества анализаторов могут возникать относительные комбинированные восприятия. В научных исследованиях по гештальтпсихологии, проведённых в начале XX века М. Вертгеймером, выделены описанные ниже факторы, влияющие на формирование восприятия.

Например, на рис. 8 представлены восемь вертикальных отрезков равной длины, выстроенных в ряд и расположенных на разном удалении друг от друга («А»). Близко расположенные отрезки (линии) имеют тенденцию к объединению.

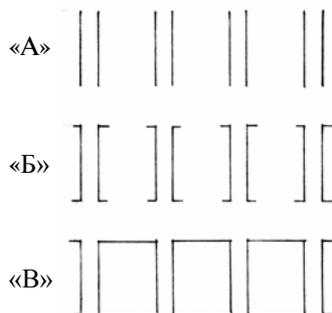


Рис. 8

Нанеся на рисунок короткие горизонтальные разнонаправленные отрезки, расположенные далеко друг от друга на концах вертикальных линий, получим иллюзию изображения целостных квадратных или прямоугольных фигур (образов) («Б»). При соединении горизонтальных линий (в замкнутом состоянии) образ квадрата или прямоугольника становится очевидным, т.е. необратимым («В»). Таким образом, восприятие как сложный психический процесс определяется конкретными взаимодействиями различных ощущений и зависит от своеобразия связей и отношений, свойств, качеств, сторон, частей предметов и явлений.

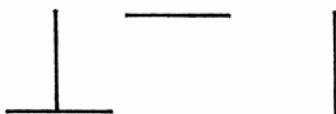


Рис. 9

Несмотря на одинаковую длину, отрезки в горизонтальном положении воспринимаются короче, чем отрезки, расположенные в вертикальном положении

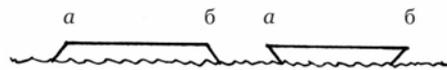


Рис. 10

Два одинаковых по длине отрезка (аб) с различными боковыми скосами создают ощущение разности их величин

В восприятии важную роль играют зрительно-двигательные функции. Еще в свое время известный русский физиолог И.М. Сеченов писал о важности значения движения глаз в чувственном познании, называя их «щупалом»: «...благодаря поворотам головы и глаз, сложный зрительный образ распадается на части, связанные между собой пространственными отношениями и фактором, связующим зрительные звенья в пространственную группу, являющую «мышечное чувство». Наблюдая за движущимся объектом, глаз тоже движется. Чем быстрее

перемещается объект, тем быстрее движение мышц глаза, повторяющих направление траектории движения объекта в поле зрения.

Психофизиологический анализ движений глаз, проведенный А.Л. Ярбусом, показывает, что в процессе восприятия глаз человека время от времени «пробегают» по всему контуру объекта. Очевидно, что именно контуры несут важную информацию, дающую общее представление о характере объекта, предмета. Поэтому рисунок, как правило, начинают с контура, т.к. начало образа закладывается именно с абриса. Было также зафиксировано, что при рассмотрении объекта глаз движется от одной характерной точки к другой. Так, например, при рассматривании головы человека движение глаз чаще останавливается на лицевой её части, в частности, на глазах, носу, губах, т.е. на наиболее подвижных и выразительных элементах лица, и реже на таких, как уши, щеки, волосы, шея. Применительно к обнаженной фигуре движение глаз в первые секунды останавливается на теле, а затем переходит к голове, далее — к ноге, руке и различным мелким деталям.

Насколько тщательно было проведено это исследование, нам не известно, как и то, была ли учтена степень опыта рисовальщиков. Одно дело — испытывать опытных, прошедших большую практику рисовальщиков, другое — неопытных, начинающих студентов.

Дело в том, что процесс восприятия опытных рисовальщиков имеет свою специфику. Они, в силу практического опыта, воспринимают предметы более или менее осмысленно или целенаправленно (преднамеренно), хотя это не всегда бывает так; неопытные рисовальщики воспринимают предметы на бытовом уровне, то есть непосредственно (непреднамеренно). Из этого следует, что восприятие может быть непреднамеренным и преднамеренным. И в этом смысле результаты исследований А.Л. Ярбуса (по записям движений глаз) применительно к изобразительной деятельности, на наш взгляд, кажутся недостаточными.

При обучении рисунку восприятие имеет свою специфику, так как относится не только к объекту, предмету изображения, но и одновременно к самому изображению. Часто, сосредоточивая внимание на восприятии предмета (натуры), художник мало или совсем не уделяет внимания процессу восприятия самого изображения. Между этими видами восприятия при всей их общности есть некоторые отличия, что, собственно, и вызывает определенные трудности в обучении рисунку. Окружающие нас предметы мы воспринимаем в трехмерном виде, тогда как в изображении или в его процессе — в виде иллюзии на двухмерной плоскости. Таким образом, закономерность ощущения и восприятия предмета (натуры) в отраженном виде, тесно взаимодействуя с закономерностью ощущения и восприятия (двухмерного) изображения, вызывает у рисовальщика сложное ощущение типа «я же хотел изобразить (предмет) как в натуре», «что из этого получилось» и «почему так получилось». И, не находя ответа, рисовальщик остается один на один со своими мыслями.

В действительности у изображенного предмета и предмета изображения в силу различных технических тонкостей, включая такое явление, как двухмерность, есть вполне закономерные признаки и свойства, отличающие искусство от механического «зеркального» отражения действительности.

В современной психологии представления о восприятии, особенно в сфере изобразительного искусства, еще недостаточно изучены. Восприятие как психический процесс протекает по-разному и на разных уровнях психики. Благодаря особым свойствам восприятия, образ предмета всегда представляется целостным, обобщенным. Такая зрительная способность формируется в процессе практического опыта и не является врожденной, о чём свидетельствуют результаты исследований психологов и физиологов.

Процесс восприятия протекает во времени и в определенной последовательности кратковременных и относительно длительных этапов. В изобразительной деятельности, наряду с длительным восприятием, исключительно важное значение имеет и кратковременное восприятие, например, мгновенная зрительная фиксация увиденного образа. Такой процесс восприятия носит целевую установку и позволяет за считанные секунды или минуты зафиксировать, запечатлеть характерные признаки и свойства натурной модели для запоминания или в целях наброска или зарисовок, что не всегда бывает возможным при длительном (преднамеренном) восприятии. Изобразительная деятельность, как было сказано вначале, неразрывно связана с наблюдением, поэтому без конкретной и определенной цели восприятия немислим успех в рисунке. Во многом он зависит от того, как организовано наблюдение. Оно развивается в процессе систематических упражнений, а также на основе жизненного опыта, знаний и умения контролировать деятельность психики.

Физиологический процесс наблюдения протекает согласно сложным взаимоотношениям первой и второй сигнальных систем. В свое время И.П. Павлов считал, что «слово» есть «сигнал сигналов» и относил его ко второй сигнальной системе. К первой сигнальной системе в физиологии относят окружающие предметы и явления. Поэтому для целенаправленного восприятия с самого начала важной считают вторую сигнальную систему, а именно словесную формулировку целевых задач, что позволяет определить те или иные стороны качеств рассматриваемых предметов или явлений в действительности. При этом вторая сигнальная система направленно воздействует на первую и наоборот. Таким образом, вторая и первая сигнальные системы находятся в тесной взаимосвязи, постоянно взаимодействуют друг с другом и служат основой мышления, тем самым влияя на развитие сознания человека и обеспечивая наиболее полное отражение психикой окружающей действительности.

Наблюдательность как целенаправленный процесс восприятия не возможна без активного участия мышления. Поэтому не случайно в изобразительной деятельности процессу наблюдательности придают особое значение.

Итак, в структуре познавательного процесса ощущение и восприятие как чувственные категории закладывают основу в познании окружающего мира. Однако при всей их огромной значимости без включения в них мыслительной деятельности полноценное познание окружающей действительности будет невозможным. Дело в том, что функции органов чувств существенно отличаются от функций мышления. Например, если в ощущениях предметы отражают отдельные стороны, признаки и свойства, а в восприятиях — совокупности всех этих качеств, признаков и свойств, то посредством мышления осуществляется такое отражение действительности, которое не поддается познанию на уровне органов чувств. Глаз человека, несмотря на его огромную возможность получения информации извне, все же имеет ограниченную способность к познанию. И в этом смысле решающую роль в познании играет процесс мышления.

В свою очередь мышление, являясь высшим уровнем познавательных процессов, направлено на раскрытие сущностных сторон, свойств, признаков и их закономерных связей. Так, например, для грамотного освоения рисунка рисовальщику прежде всего необходимо осмыслить изучаемую натуру, понять ее конструктивно-анатомическую сущность, т.е. провести анализ и синтез.

Большинство проблемных вопросов в жизни решается с помощью мышления. Все попытки решить проблему в учебной или в какой-либо другой деятельности с помощью чувств будут крайне затруднительны, если вообще возможны. В то же время мышление не ограничено самим собой; оно находится в тесной связи с чувственным познанием. Но в действительности в изобразительной практике

чувственное познание доминирует над мыслительным, что и создает большие трудности в учебно-познавательном процессе.

Всякая мыслительная деятельность осуществляется в практической деятельности и неразрывно связана с ней. Так, на практике проверяется достоверность результатов мыслительной деятельности.

Проблема эта усугубляется еще и тем, что значительная часть преподавательского состава, обучая рисунку и живописи, продолжает утверждать преимущество чувственного начала в познании. Такие необоснованные суждения мешают развитию познавательной активности студентов. Мыслительная активность в учебном процессе является основным и решающим фактором познания, причем не только изображаемых объектов и предметов, но и закономерностей самого изображения. П.П. Чистяков писал: «Овладение знаниями – вечное занятие... рисование с натуры на плоскости одними глазами, чувствами, талантом, без всякого рассуждения, конечно, есть не более как набивка руки, как говорится, и пользы образовательной от него мало. Потому что рисующий не думает, а смотрит, видит и переносит, что и как ему кажется. Здесь в преподавании опущена одна половина искусства, а именно – передавать предмет следует не только, как он вам кажется, а как он есть, как существует в натуре. Вот тут человек и несвободен. Тут-то ему и мало одного чувства, таланта, тут требуется и соображение, и мозгами шевельнуть». Другими словами, П.П. Чистяков говорил о необходимости включения в учебно-изобразительный процесс анализа и синтеза.

Анализ – мышление или практическое расчленение предметов изображения с целью раскрытия существенных характеристик, свойств и признаков. Процесс анализа выявляет существенные характеристики изучаемых предметов: структуру строения, характер, пропорции, объемно-пространственные и светотональные характеристики, уровни горизонта, степень перспективного сокращения и др.

Синтез – мысленное построение целого из аналитически расчлененных составных элементов.

В работе над рисунком, кроме анализа и синтеза, важным является процесс сравнения. **Сравнение** – это мысленное сопоставление предметов и их характерных признаков. Сравнивая, рисовальщик устанавливает различие предметов, их сходство между собой, тем самым учится контролировать ход работы над рисунком. Не менее важным является также процесс обобщения. **Обобщение** – это мысленное объединение схожих по каким-либо признакам, качествам изображаемых предметов.

В процессе обобщения рисовальщику приходится время от времени отвлекаться от разного рода признаков, свойств и сторон. Отвлечение может быть мысленным или практическим. Этот процесс называется абстрагированием. **Абстрагирование** – это мыслительная операция по выделению существенных свойств и связей предмета и отвлечение от второстепенных на данный момент. Абстрагированными могут стать свойства или действия, которые заключаются в способах осознанного, осмысленного решения задач.

Например, рисуя голову человека, рисовальщику в процессе работы приходится на данный момент все внимание сосредоточить на каком-то отдельном аспекте рисунка (на характере, на пропорции, на тональном решении или на конструкции и т.д.), абстрагируясь при этом от остальных.

Кроме того, большое значение имеет процесс конкретизации, который выступает как операция, обратная обобщению. Абстракция как высшая ступень мышления обуславливает в изобразительном процессе использование схем построения рисунка. Это позволяет выявить скрытые внутренние закономерности строения предметов. Применение подобных схем в рисунке требует активизации мышления, то есть значительного участия процесса абстракции. Например, изучая законы и закономерности формо- и структурообразования на реальных пред-

метах, студент быстрее усваивает их, сопоставляя с аналогичными им по форме простыми геометрическими предметами (шарообразные – с шаром, цилиндрические – с цилиндром, конические – с конусом, прямоугольные – с кубом и т.д.).

Мышление как высший познавательный процесс представляет собой способ получения новых знаний, активную форму творческого отражения и преобразования человеком действительности. Мышление, в отличие от других психологических процессов, прежде всего связано с наличием проблемной ситуации. Мышление, находясь непосредственно во взаимосвязи с ощущением и восприятием, выходит далеко за пределы чувственного, тем самым существенно расширяя границы познания. В изобразительном процессе, особенно в традиционном рисовании с натуры, как показывают опыт и наблюдение, границы познания ограничены пределами чувственного познания. Такое явление ввиду особенностей изобразительной деятельности, с одной стороны, и отсутствия новых форм, принципов, методов и приемов обучения, с другой, существенно ограничивает познавательный процесс в художественном и архитектурном образовании. В изобразительной деятельности и чувства, и мысли должны составлять единый познавательный процесс, так как они взаимосвязаны друг с другом. Вопрос заключается в том, насколько чувства преобладают над разумом. С.Л. Рубинштейн по этому поводу пишет: «Подчиняясь деспотическому господству слепого чувства, мысль начинает порой регулироваться стремлением к соответствию с субъективным чувством, а не объективной реальностью... следует «принципу удовольствия» вопреки «принципу реальности»... эмоциональное мышление с более или менее страстной предвзятостью подбирает доводы, говорящие в пользу желанного расширения».

Таким образом, подводя итоги, можно сделать вывод, что активно-познавательный процесс в учебно-изобразительной деятельности, ограниченный лишь чувственным познанием (ощущением и восприятием), явно недостаточен, а иногда даже вреден. К нему необходимо применять мыслительные действия.

Известный в практике метод срисовывания натуры в системе обучения рисунку является тем наглядным примером, когда в процессе деятельности опираются больше на чувственное познание (ощущение и восприятие), а не на умственную основу (мышление). Поэтому выполненные студентами рисунки в большинстве своем не отвечают поставленным задачам, что незамедлительно сказывается на качестве образования в целом.

С целью решения исследуемой нами проблемы был разработан и внедрен в практику обучения рисунку в качестве основного и взаимодополняющего традиционные усовершенствованный, научно обоснованный геометрально-аналитический метод. Преимущества данного метода состоят в том, что он позволяет существенно активизировать мыслительную способность студентов. Одновременно этот метод позволяет рационально использовать время освоения рисунка.

Универсальность данного метода заключается еще и в том, что использование его в изучении анатомических основ способствует пониманию студентами скрытых конструктивно-анатомических закономерностей (формо- и структурообразования); также метод может быть успешно использован при обучении живописи, в частности при анализе свето- и цветотональных, конструктивно-перспективных и объемно-пространственных закономерностей.

Результаты внедрения данного метода в течение ряда лет в профильных вузах и на факультетах, включая графические, в художественных училищах и школах позволяют судить, в целом, о его эффективности.

Однако с течением времени при дополнительном и всестороннем исследовании в ряде вузов, училищ и школ результаты оказались неоднозначными. Так, например, в одних вузах результаты оказались успешными, в других – слабыми, а в некоторых – крайне неудовлетворительными, за исключением отдель-

ных групп, где мастерство и умение педагога незамедлительно дало положительные результаты.

Также было выявлено, что значительная часть преподавательского корпуса не была готова к реализации принципа линейно-конструктивного изображения; по всей вероятности, причиной этого явился предыдущий традиционно-эмпирический опыт рисования, что, собственно, и сказалось на результатах обучения.

Для успешной реализации метода линейно-конструктивного изображения от преподавателей требуется наличие не только профессиональных знаний, но и умения наглядно показать студенту непонятные для него узлы, конструкции, положения и т.п.; не стоит ограничиваться словесными объяснениями, столь распространенными на практике. В этом и заключается особенность художественной педагогики, включающей совершенное владение преподавателем технологией педагогического рисунка. Иначе говоря, неоднозначность результатов, полученных нами, говорит о том, что проблема упирается в педагогические кадры, в уровень их профессиональной подготовки, в их возможность успешно и эффективно осуществлять учебный процесс, используя не только формы и средства обучения, но и различные адекватные методы и технологии. Следует отметить, что предлагаемый нами геометрально-аналитический метод является основным среди используемых в обучении рисунку методов. Этот метод, в зависимости от конкретных педагогических ситуаций, может выступать в качестве методического приема в виде линейно-конструктивного принципа изображения и наоборот.

Активное применение данного метода (приема) при условии, если педагог самолично овладеет этим приемом с учетом знаний педагогических технологий, позволит существенно активизировать мыслительную деятельность студентов. Применение метода в художественных вузах ни в коей мере не означает замену традиционного рисунка, а служит его вспомогательной основой. Поэтому при условии правильной организации с использованием адекватной технологии осуществления учебного процесса результаты обучения могут быть обнадеживающими. При выполнении учебных заданий целесообразно чередовать линейно-конструктивное изображение с полнотональным, с последующим корригированием по их результатам.

Возвращаясь к педагогическим рисункам, учитывая их важность в наглядном обучении, хочется подчеркнуть, что рисовальщики, неплохо владеющие академической школой рисунка, также должны освоить принцип линейно-конструктивного изображения. Это позволит им понять глубину сущности рисунка и тем самым значительно расширить свой профессиональный диапазон, включив в него знание основ анатомии и многообразие технических возможностей рисунка. В этом смысле было бы правильным, если бы педагогические вузы, занимающиеся профессиональной подготовкой художников-педагогов, не ограничивались многочасовым рисунком, а активно внедряли в учебный процесс линейно-конструктивный принцип изображения, позволяющий значительно повысить профессиональный уровень выпускников, что непременно скажется на качестве обучения рисунку.

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 339.187.62

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ И ФОРМИРОВАНИЕ АРЕНДНОЙ СТАВКИ ЗА ПОЛЬЗОВАНИЕ КОММЕРЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ (на примере г. Пензы)

Н.Я. Кузин, В.С. Люлькин

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Проанализировано существующее положение на рынке коммерческой недвижимости, разработана классификация факторов, влияющих на величину арендной ставки, предложена методика расчёта арендной платы за пользование коммерческими объектами в г. Пензе.

Практически каждой организации (фирме, компании, учреждению и т.д.), независимо от рода её деятельности, необходим удобно расположенный и комфортный офис. Однако сориентироваться в предлагаемых рынком недвижимости помещениях бывает сложно, поэтому каждому продавцу и покупателю, арендатору и арендодателю важно знать и учитывать очень многое.

Прежде чем сдать, снять, купить или продать офис, необходимо подробно ознакомиться с предложениями на рынке и выбрать наиболее подходящие варианты. Такая информация особенно важна для инвестиционных компаний, которые строят офисные помещения. Изучив состояние рынка недвижимости, эти компании могут с выгодой для себя принимать решения по строящимся объектам, например, непроданные помещения сдавать в аренду. Таким образом, меняющиеся условия рынка требуют новых подходов к управлению инвестиционным проектом. Именно такие задачи ставит перед собой современные инвестиционно-строительные компании.

Одним из направлений управления проектами в инвестиционно-строительном комплексе является девелопмент, или управление бизнесом, недвижимостью, строительством, ориентированное на увеличение стоимости объектов и, соответственно, приносимых ими доходов посредством учета изменяющейся ситуации, оценки рисков, использования возможностей их дальнейшего развития. Организация инвестиционно-строительной деятельности с учётом современных требований открывает более широкие горизонты для взаимоотношений между участниками инвестиционно-строительного проекта [1].

В рамках девелоперского проекта не только создаётся объект недвижимости, но и происходит постоянное развитие самого объекта и системы управления им, повышается эффективность его использования, ведётся постоянный поиск путей соответствия объекта требованиям рынка и вариантов его возможного применения и перспектив развития.

Для собственников недвижимости одним из важнейших является вопрос эффективного использования строительного объекта в течение всего периода владения им. Наибольшую значимость он приобретает, если объект используется в коммерческой сфере (стадия эксплуатации – аренды).

Нами была сделана попытка анализа факторов, влияющих на экономическую эффективность реализации инвестиционного проекта на стадии эксплуатации. Объектом исследования стали процессы, происходящие в сфере строительства и управления недвижимостью, а предметом исследования – коммерческие помещения в условиях формирования и развития концепции современного девелопмента.

В рыночной экономике недвижимость занимает особое место и может выступать не только в качестве средства производства (земля, административные, производственные, складские, торговые и прочие здания и помещения), но и как предмет или объект потребления (земельные участки, жилые дома, дачи, квартиры, гаражи). При этом существуют реальные возможности для перехода права собственности на недвижимость частным лицам. Поэтому рынок недвижимости так привлекателен для инвестирования. Это едва ли не самая надежная и высокодоходная форма инвестиций, причём наибольший доход приносят инвестиции в коммерческую недвижимость.

Среди факторов, влияющих на рыночную стоимость коммерческих объектов, можно выделить прежде всего такие: местоположение объекта относительно наиболее оживленных улиц, пешеходных маршрутов, подъездных путей, остановок общественного транспорта, а также объектов конкурентов и т.д. С финансовой точки зрения на рыночную стоимость коммерческого объекта влияет прогнозируемый период его окупаемости. Кроме того, учитываются такие показатели, как прибыль, доход, затраты, рентабельность, индекс доходности.

Арендная плата, являясь основной формой экономических отношений собственника и арендатора, выполняет функции возмещения стоимости объекта недвижимости, накопления, стимулирования предпринимательской деятельности, перераспределения доходов. Арендная плата может выступать в виде одной из экономических форм реализации права собственности [1].

Для расчета арендной платы за пользование собственностью в настоящее время применяются различные методики, в частности:

1. Методика расчёта арендной платы за пользование собственностью в Пензенской области.

2. Методика расчёта арендной ставки Госстроя РФ.

3. Первая методика расчета арендной ставки за нежилые помещения государственной, федеральной и муниципальной собственности Минимущества РФ от 28 мая 2001 г. №461-р «О порядке расчета годовой арендной платы за временное владение и пользование находящимся в федеральной собственности нежилыми помещениями в зданиях, расположенных на территории города Москвы».

4. Методика расчёта арендной платы за пользование нежилыми помещениями, разработанная в г. Владивостоке.

Однако указанные методики отличаются сложностью и противоречивостью. Так, определение величины арендной ставки по вышеприведенным методикам не позволяет адекватно оценить рыночную стоимость аренды объекта и прогнозировать рост его стоимости с учетом перспектив его развития. Рентабельность инвестиций, как правило, определяется с учётом возврата денежных средств от аренды, однако при этом не берётся во внимание рост стоимости существующего или вновь создаваемого объекта. Таким образом, имеющиеся методики не позволяют в рамках девелопмента ответить на вопрос, *какое* здание необходимо для данной инвестиционной площадки и *какую* прибыль оно может принести в будущем с учетом фактора развития объекта недвижимости и прилегающей селитебной территории.

Современный подход к управлению проектом расширяет значение понятия «проект» (объект управления, обладающий некоторыми специфическими чертами) и раскрывает его смысл с позиций проектирования, строительства, эксплуа-

тации, продажи, сдачи в аренду, то есть рассматривает объект на протяжении всего жизненного цикла.

Применение концепции девелопмента опирается на определенную организационную основу. Основной смысл ее состоит в еще большем «облегчении» управляющей структуры проекта, повышении специализации участников управленческой деятельности различных уровней, расширении диапазона применения проектного управления, включая и стадию эксплуатации, когда получение дохода связано со сдачей объекта в аренду. Подобная схема управления представлена на рис.1.

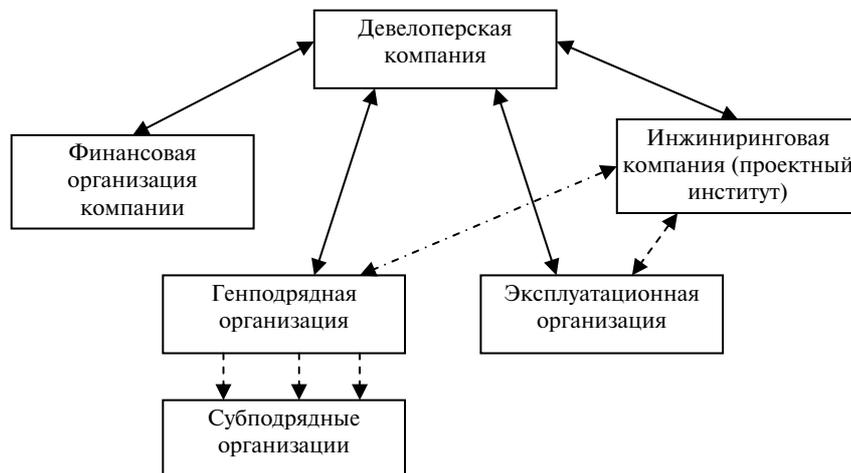


Рис. 1. Организационная схема девелоперской компании

Из рисунка следует, что девелоперская компания должна иметь подразделения с различными функциональными обязанностями, обслуживающие весь строительно-производственный цикл проекта. Эффективность работы структурной управляющей компании определяется ее специализацией в области управления, повышенной компетентностью и сосредоточенностью на главных (узких) специализированных направлениях.

Российский рынок коммерческой недвижимости имеет определенные особенности, влияющие на ситуацию в секторе крупных сделок:

- молодость (отсутствие опыта), в сравнении с европейскими странами, отечественного рынка коммерческой недвижимости, на котором сделки по завершенным строительным объектам начали заключаться лишь несколько лет назад;
- дефицит качественного продукта во всех сегментах рынка коммерческой недвижимости, соответствующего международным стандартам, хотя в крупных городах эта проблема решается быстрее, чем в регионах, где такие объекты существуют пока в единичных экземплярах.

Для анализа сложившейся ситуации следует рассмотреть процесс взаимодействия спроса и предложения на рынке недвижимости, выяснить, что определяет арендную плату. Соотношение спроса и предложения влияет на цену не только купли и продажи, но и аренды объектов недвижимости.

Важно оценить, на какой стадии развития находится рынок недвижимости, каковы перспективы его развития и как существующие объекты могут быть представлены и адаптированы на этом рынке. Для этого целесообразно провести маркетинговый анализ, или комплекс последовательно реализуемых мероприятий, направленных на:

- изучение текущего и прогнозируемого состояния целевых рынков недвижимости, на которых предполагается продвигать проектируемый объект;
- определение привлекательного варианта проекта девелопмента, в большей степени соответствующего разработанной стратегии маркетинга.

Для примера проанализируем существующую ситуацию на рынке торгово-офисных помещений г. Пензы (рис. 2).

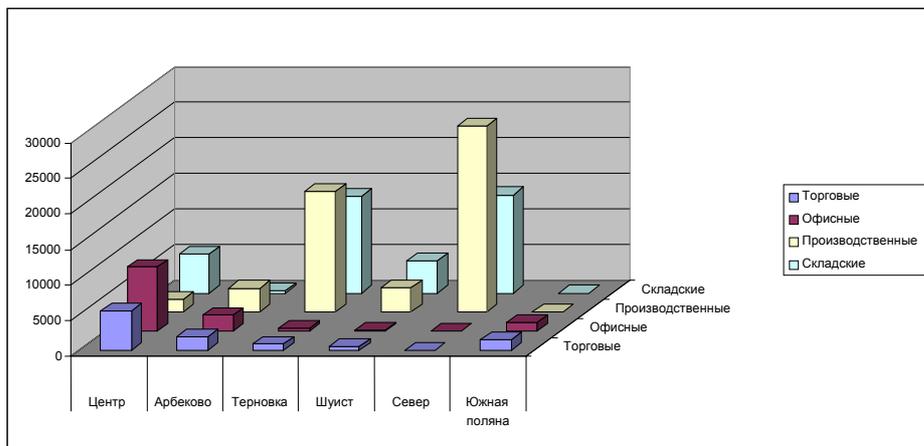


Рис. 2. Анализ предложений коммерческих площадей по различным районам города (в абсолютных величинах, кв.м)

Данные о предложениях торговых, офисных, производственных и складских площадей в г. Пензе (в кв.м) сведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Площади	Центр	Арбеково	Терновка	Шуист	Север	Южная поляна
Торговые	5505	1922	935	538	-	1478
Офисные	9032	2239	422	195	-	1240
Производственные	1922	3444	17065	3561	26197	-
Складские	5463	450	13673	4545	13846	-

Проведённый анализ выявил структуру предложений коммерческих площадей по различным районам г. Пензы. Основное предложение торгово-офисных площадей сконцентрировано в центре города и в районе Арбеково. Наибольшее сосредоточение производственных и складских площадей наблюдается в районах Терновка, Шуист, Север. Рост предложений аренды коммерческих объектов в центральной части города и Арбекове связан с развитой транспортной и социальной сферой, а также с расположением административных органов управления. Вокруг уже сформированной социальной инфраструктуры и бизнес-центров идёт формирование новой жилой застройки и новой социальной инфраструктуры.

Выявление факторов, влияющих на экономическую эффективность эксплуатации здания, требует внимательной проработки вопросов градостроительства, расположения будущих и имеющихся производств, учёта розы ветров, направления течения реки, концентрации городских транспортных потоков. От того, как по генеральному плану будет формироваться и развиваться городская среда, зависит стоимость земли, объектов недвижимости, их арендная плата. Определение этих факторов и их чёткая классификация помогут определить местоположение районов перспективной застройки.

Факторы, представленные на рис. 3, следует учитывать при прогнозировании размера арендной платы, стоимости квадратного метра в проектируемом здании, что позволяет вносить в проектное решение изменения, направленные на увеличение прибыли.

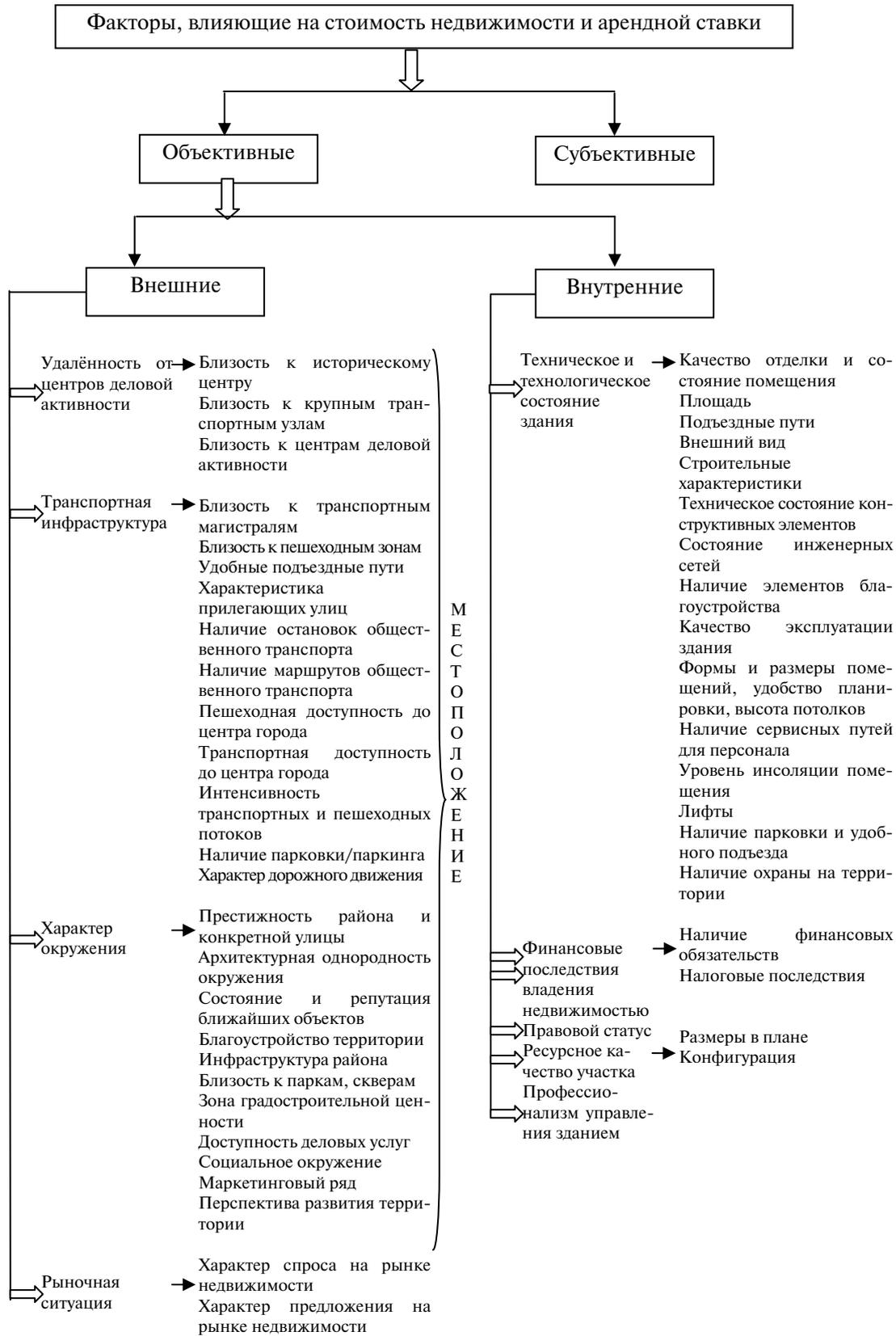


Рис. 3. Классификация факторов, влияющих на стоимость недвижимости и арендной ставки

Пенза представляет собой рассредоточенный тип города с развитой инфраструктурой. Анализ существующей застройки и нового генерального плана позволяет выделить основные направления развития города. В этой ситуации наибольший эффект можно получить при условиях:

- функционального преобразования освоенных территорий с целью их наиболее эффективного использования;
- проведения мероприятий по реконструкции зданий в районах города со сложившейся капитальной застройкой с целью более эффективного использования перспективных земельных участков;
- сноса существующей малоэтажной застройки с целью использования центрального района под строительство торгово-офисных и многоэтажных жилых помещений, что позволит разгрузить транспортные потоки города;
- развития уже существующих новых районов города, создания в них собственной инфраструктуры, состоящей из объектов социального обеспечения и представительств крупных организаций, имеющих головные офисы в центре города;
- выноса производственных и складских помещений за пределы центра города и формирование отдельных районов их сосредоточения с целью создания благоприятной экологической обстановки в центре города;
- освоения существующих, подготовки новых инвестиционных площадок с детальной проработкой их будущего назначения и учетом перспектив рационального развития города.

Существующая в Пензенской области региональная методика определения арендной ставки не позволяет объективно определить размер арендной платы за пользование помещениями, так как не учитывает всего многообразия факторов, влияющих на стоимость аренды.

В предлагаемой методике вместо коэффициента территориальной зоны и базовой ставки арендной платы за нежилое помещение используем полученную в результате маркетингового анализа среднюю стоимость аренды квадратного метра коммерческих помещений по различным районам города. Стоимость аренды квадратного метра в различных районах города определяем методами сравнительного подхода.

Среднюю стоимость аренды в данном районе и для определённого объекта недвижимости определяем методом рыночного анализа.

Районирование секторов в г. Пензе следует провести по принципу сосредоточения и территориальной близости, т.е. объединить объекты недвижимости, находящиеся на близлежащих территориях в прямой доступности и создающие собственный деловой микроцентр жизнеобеспечения. К таким районам могут быть отнесены: Автовокзал, Арбеково, Ахуны+ГПЗ, Окружная, Терновка, Центр, Южная поляна, Север (фото на цветной вкладке).

Предлагается следующая классификация недвижимого имущества, по которому будет проводиться маркетинговый анализ:

- торговые помещения;
- офисы;
- производственные помещения;
- склады;
- культурно-развлекательные помещения;
- жилые помещения.

Методику расчета арендной платы за пользование нежилыми помещениями в г. Пензе можно представить формулой:

$$A_{пл} = S \times C_m \times K_{из} \times K_m \times K_{вд} \times K_{нж} \times K_{мп} \times K_{уд} \times K_{пл} \times K_{дл} \times K_{эт} \times K_{инд},$$

где $A_{пл}$ – размер арендной платы в руб. за нежилое здание (помещение) за 1 мес;
 S – общая площадь здания (помещения); C_m – ставка арендной платы за нежилое

помещение, полученная в результате проведенного маркетингового анализа по районам города с учётом назначения помещения; $K_{из}$ – коэффициент износа здания (при величине износа здания не более 25 % коэффициент равен 1,0; при величине износа здания более 25 % – 0,75); K_m – коэффициент вида строительного материала: кирпичное – 1,0; железобетонное – 0,8; смешанное (кирпич + дерево) – 0,7; дерево и прочие материалы – 0,6; $K_{вд}$ – коэффициент вида деятельности (прил. №к «Методике расчёта арендной платы за пользование собственностью в Пензенской области»); вид деятельности арендатора определяется на основании свидетельства о регистрации, лицензии и устава (положения); в данном случае этот коэффициент учитывается при эксплуатации здания не по его прямому назначению, и эксперт самостоятельно принимает решение, учитывать его или нет; $K_{нж}$ – коэффициент качества нежилого помещения:

$$K_{нж} = K1 + K2 + K3 + K4 ;$$

здесь $K1$ – расположение помещения: отдельно стоящее здание – 0,4; встроенно-пристроенное – 0,3; полуподвал – 0,2; чердак, подвал, прочие помещения – 0,1; открытые стоянки, площадки, навесы – 0,05; $K2$ – техническое обустройство: отопление, горячая вода, канализация, водопровод – 0,5; отопление, канализация, водопровод – 0,4; отопление – 0,3; канализация, водопровод – 0,3; $K3$ – высота потолков в помещении: свыше 3-х метров – 0,3; от 2,6 до 3,0 м – 0,2; менее 2,6 м – 0,1; $K4$ – удобство коммерческого использования: огороженная прилегающая территория – 0,25; неогороженная прилегающая территория – 0,15; возможность использовать прилегающую территорию – 0,2; отсутствие возможности использовать прилегающую территорию (-0,1); $K_{мп}$ – коэффициент, учитывающий престижность окружения, наличие объектов соцкультбыта, близость к остановкам общественного транспорта, наличие сформировавшегося делового района, близость к жилым зданиям. Определяется экспертным методом и варьируется в пределах от 0,5 до 1,5; $K_{уд}$ – коэффициент, учитывающий удобство подъезда, наличие автостоянок, охраны и прочие удобства (табл. 2); $K_{пл}$ – коэффициент, учитывающий площадь арендуемого помещения (табл. 3); $K_{дл}$ – коэффициент, учитывающий длительность аренды (табл. 4); $K_{эт}$ – коэффициент, учитывающий этаж, на котором располагается помещение (табл. 5); $K_{инд}$ – коэффициент, учитывающий индивидуальную особенность объекта, определяется экспертным методом (как правило, равен 1).

Т а б л и ц а 2

Тип удобства	Значение коэффициента	Примечание
Отдельный вход с улицы	1,0	
Общий вход с улицы	0,92	
Вход с торца	0,81 при относительно свободном доступе	0,9 при свободном доступе
Отдельный вход со двора	0,75	
Общий вход со двора	0,72	
Наличие стоянки	1,15	Для торговых и складских помещений
Наличие стоянки	1,08	Для офисных помещений
Охраняемая территория	1,1 – охранник 1,05 – сигнализация	Для торговых и складских помещений
Охраняемая территория	1,09 – охранник 1,05 – сигнализация	Для офисных помещений

Т а б л и ц а 3

Площадь арендуемого помещения, от и до, м ²	Значение коэффициента	Примечание
0–50	1,2	
51–100	1,06	
101– 400	1,0	
400–1000	0,95	
Свыше 1000	0,9	Для производственных зданий $K_{пл} = 0,85$

Т а б л и ц а 4

Срок предоставления аренды, годы	Значение коэффициента
1,0	1,15
3,0	1,1
5,0	1,08
10,0	0,95
15,0	0,92
20,0	0,9
Свыше 20 лет	0,9

Т а б л и ц а 5

Расположение	Значение коэффициента	Примечание
Подвал	0,8	
Цоколь	0,86	С высоким цоколем $K_{эт} = 1,0$
Первый этаж	1,03	
Второй этаж	0,9	
Третий этаж и выше	0,84	

В основу предлагаемой методики положен сравнительный подход, учитывающий рыночное значение стоимости аренды 1 кв.м коммерческих площадей в зависимости от их местоположения и назначения. Данная методика требует более точного определения различных факторов, влияющих на стоимость аренды и последующей их корректировки.

Пример расчёта арендной платы за пользование нежилым помещением (г. Пенза, ул. Московская, 1) приведён в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

Элемент сравнения	Площадь, кв. м	Объект оценки
1	2	3
Средняя цена аренды в данном районе, руб. за кв.м		1000
Общая площадь, м ²	315	
Полезная площадь, м ²	315	
$K_{из}$		Здание новое
Корректировка		1,0
Скорректированная цена		1000
$K_{м}$		Кирпичное
Корректировка		1,0
Скорректированная цена		1000
$K_{вд}$		

1	2	3
Корректировка		1,0
Скорректированная цена		1000
$K_{нж}$		
Корректировка		1,15
Скорректированная цена		1150
$K_{мп}$		
Корректировка		1,0
Скорректированная цена		1150
$K_{уд}$		
Корректировка		1,0-1,08-1,09
Скорректированная цена		1354
$K_{эт}$		
Корректировка		0,86
Скорректированная цена		1164
$K_{пл}$		
Корректировка		0,85
Скорректированная цена		989
$K_{дл}$		
Корректировка		0,9
Скорректированная цена		890
$K_{инд}$		
Корректировка		1,00
Скорректированная цена		890
Итоговая цена за кв. м	315	890
<i>Итоговая цена аренды за помещение</i>	280 350	

По результатам проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

1. Усовершенствованная методика позволяет более точно определить стоимость арендной платы с учётом рыночных особенностей объекта, его местоположения, коммерческой ценности и привлекательности.
2. Возможно более точное определение используемых коэффициентов на основе мониторинга изменения арендных отношений.
3. Величина арендной платы будет зависеть от величины дохода объекта, интенсивности его коммерческого использования.

Литература

1. Материалы I, II инвестиционного форума Пензенской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.investinpenza.ru.
2. Методика расчёта арендной платы за пользование собственностью в Пензенской области [Текст]: утв. Постановлением Правительства Пензенской области от 30 сентября 2004 г. №885-пП.
3. Недвижимость: экономика и управление [Текст]: международный научно-технический журнал / Под ред. П.Г.Грабового. – М.: АСВ, 2007. – №3-4. – 108 с.
4. Орешко, А. Обзор современной ситуации на рынке коммерческой недвижимости [Текст] / А. Орешко // Имущественные отношения в РФ. – 2007. – №10 (73). – 9 с.

УДК 94 (470)

ГРАЖДАНСКАЯ ВОЙНА В РОССИИ: ПЕРЕКРЕСТОК МНЕНИЙ

С.А. Морозов

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

В статье анализируются основные этапы Гражданской войны, представлены различные взгляды политических и военных деятелей на её события.

Девяносто лет назад началась Гражданская война в России. Тема Гражданской войны никогда не предавалась забвению в СССР и звучала в научных книгах и статьях, документальных сборниках, кинофильмах и театральных спектаклях, очерках, рассказах, повестях, поэмах, балладах, песнях, то утихая немного, отступая на задний план перед новыми событиями и явлениями, то ярко вспыхивая вновь и вновь, тревожа старые раны, порождая мучительные раздумья у старшего поколения, смущая неожиданными открытиями юные души.

Несколько поколений граждан СССР были воспитаны на героике и романтике Гражданской войны. Еще молодые, но уже повидавшие войну люди в 1920-х гг. декламировали «Гренаду» М. Светлова. Героем миллионов мальчишек 1930-х гг., по многу раз смотревших фильм братьев Васильевых, был В.И. Чапаев.

Не сосчитать, сколько юношей и девушек вступили на пылавшие дороги Великой Отечественной войны под звуки полюбившихся песен о Гражданской: «Каховка» и «Орленок», «Дан приказ ему на Запад» и «Боевой восемнадцатый год». Отзвуки этих песен, хотя и приглушенные громовыми раскатами войны, продолжали жить в народе в 1950-х, 1960-х, 1970-х гг. ...

Бесстрашные разведчики, лихие конники, комиссары в пыльных шлемах, комсомольцы-«орлята», беззаветно сражавшиеся за власть Советов, громившие «псов-атаманов» и «польских панов», наймитов Антанты и саму Антанту, кайзеровских солдат и японских самураев, рубившие головы «гидре контрреволюции», труженики тыла, ковавшие победу в нетопленных цехах, герои «великого почина» со станции «Москва-Сортировочная» — все они десятилетиями служили примером для подражания.

А тем временем за рубежом писались воспоминания, научные труды, слагались оды в честь героев и мучеников «белого» движения. Воспевались их отвага, преданность долгу, верность несчастной Родине в борьбе с «извергами-большевиками», готовность нести «мученический крест» через подвалы Лубянки. Ненависть, непримиримость пронизывали все, что писалось, декламировалось, говорилось, пелось о Гражданской войне.

И в послевоенные годы в СССР рождались новые фильмы и романы, стихи и рассказы о Гражданской. Не случайно Б. Окуджава пел: «Какие б новые сраженья не покачнули шар земной, я все равно паду на той, на той единственной Гражданской...».

Неизгладимость памяти свидетельствует только об одном: Октябрьская революция и Гражданская война прошли настоящей лавиной через жизнь всего народа. Смешно полагать, что это было вызвано к жизни какой-то ничтожной горсткой людей. Волны революционных событий, явившиеся отражением противоречий общества, неизбежно порождали всё новые и новые взрывы насилия — еще более жестокие и грубые. Революция и Гражданская война, сконцентрировав в одном порыве энергию исторического процесса, стали, таким образом, величайшим потрясением, когда в коротком хронологическом отрезке выплеснулись накопленные веками и порожденные вновь враждебность и непримиримость.

Социально-экономические и политические переломы, радикальные перемены и огромные потери, смена всего жизненного уклада, крушение привычных устоев

и понятий, возникновение новых, небывалых отношений, когда тот, «кто был ничем», становился «всеми», и напротив, кто был «всеми», превращался в «ничто», привели к невиданному психологическому потрясению. Поэтому память о революции и Гражданской войне стала не просто памятью, а навсегда вошла в народное сознание, стала неотъемлемой частью общенационального менталитета.

Гражданскую войну видели, отражали, изучали с двух противоположных сторон – со стороны победителей и со стороны побежденных. С обеих сторон допускались искажения, тенденциозность, что было естественно и неизбежно. Однако позади уже девять десятилетий.

Мудрые римляне давно подметили простую истину: «Времена меняются, и мы меняемся вместе с ними». Произошли коренные переломы в общественном сознании, состоялось национальное примирение. Раскол общества, случившийся 90 лет назад, преодолен. Во-первых, потому что время залечило раны тех далеких лет, выросли новые поколения, свободные от взаимных гнева и ярости. Во-вторых, в самом нашем обществе за последние годы произошли революционные преобразования. Теперь стало возможным писать о революции и Гражданской войне иначе. Назрела необходимость объективного показа всех враждовавших сил, противоборствующих сторон, «белых», «красных», «зеленых», с красной звездой и двуглавым орлом... Все они были субъектами истории, участвовали в событиях, и независимо от того, кого мы любим, а кого ненавидим, надо освещать их деятельность в соответствии с фактами, с их действительной ролью и значением.

Однако снова появились перекосы и фальсификации, опять наблюдается отход от исторической правды. Новая тенденциозность как реакция на тенденциозность прежних лет не служит ни науке, ни справедливости. Примирение требует терпимости – политической, исторической, социальной. Следует воздать должное всем героям и мученикам, всем участникам давней борьбы, людям своего времени с их страстями, с их верой и заблуждениями, ошибками и грехами – идеалистам и материалистам, коммунистам и монархистам.

Без правды, лишенной старых фальсификаций и новой лжи, не только наука будет хромать на обе ноги, но и общество. История, воспринятая как политика, опрокинутая в прошлое, нанесет только ущерб. История Октября и Гражданской войны – это своего рода камертон, который определяет тональность всей исторической науки, поэтому столь важно объективное освещение Гражданской войны.

Крупнейшая драма XX столетия – Гражданская война в России – на протяжении девяти десятилетий привлекает внимание ученых, политиков, писателей. Однако и поныне нет и, вероятно, никогда не будет однозначных ответов на вопросы о том, что же это за исторический феномен – Гражданская война в России, когда она началась и когда закончилась.

Гигантский разброс мнений существовал и до сих пор существует в отечественной и зарубежной историографии. Иначе и быть не могло при той острой поляризации, которая расколола не только российское общество, но и весь мир. Если граждане одного государства с невиданным ожесточением обратили оружие друг против друга, если шла стрельба, гибли миллионы людей и длилось это не один год, то исторические оценки происшедшего не могут быть однозначными. Неизбежно обнаруживаются полярные взгляды, а между ними – широкий спектр разнообразных мнений и суждений. Политические оценки противоборствующих сторон готовыми клише входили в историографию, а инерционность мышления передавала их из поколения в поколение.

На протяжении десятилетий основным оставался вопрос: кто виноват в развязывании войны; ответы на него, разумеется, диаметрально противоположны. «Братоубийственную Гражданскую войну развязали фанатики-большевики», – говорят одни. «Свергнутые революцией эксплуататоры при помощи международного империализма развязали Гражданскую войну», – говорят другие. Этот вопрос волновал многие поколения граждан России.

Объективный ответ на него возможен при сопоставлении многих факторов, при исследовании различных обстоятельств, условий, в зависимости от которых развертывалась вооруженная борьба. Ответ не сводится к тому, чтобы примирить противоположные точки зрения или вывести нечто среднее, равноудаленное от крайностей. Ответ не может быть одномерным, он должен основываться на комплексном рассмотрении огромного, туго сплетенного узла проблем. Само понятие Гражданской войны вызывает различные суждения.

При этом важнейшими проблемами, необходимыми для понимания сущности и особенностей Гражданской войны являются: время начала войны, исторические корни насилия и его эскалация, иностранное вмешательство. Почему придается такое значение времени начала войны? Потому что от этого, на первый взгляд, относительно частного вопроса, зависит сама концепция Гражданской войны, понимание того, какие силы и почему оказались в нее втянутыми.

Октябрь, обнажив и обострив классовые противоречия, развязав насилие, пролив кровь, положил начало Гражданской войне в России. Так кто же виноват? С формальной точки зрения, виноват народ, начавший революцию. При этом ни одна из политических партий не может быть признана ответственной за руководство революцией. Каждая из оппозиционных партий – от большевиков до кадетов – по своему расшатывала, ослабляла царизм, приближала его падение – это верно. Но от оппозиционного расшатывания до совершения революции – «дистанция огромного размера». Революцию совершил народ – рабочие и солдаты, то есть в массе своей крестьяне, одетые в солдатские шинели. Их повели на революцию объективные причины – накопленная за долгие годы неудовлетворенность своим положением, довольно смутное, но сильное стремление к перемене строя, к созданию нового общества, в котором хозяевами были бы люди труда, а не прежние властители, реакция на бесправие и насилие.

Адекватной ли была эта реакция? Трудно сравнивать, ибо насилие над народом длилось столетиями, а насилие со стороны народа было сравнительно кратким, сконцентрированным во времени и поэтому – более наглядным, заметным, ощутимым. Насилие революции не подчинялось старым законам, презирая и отбрасывая их. В этом смысле оно было особенно опасным и не может быть оправдано с морально-этической точки зрения. Но было бы наивно полагать, что революция произойдет в неких академических формах и ее будут совершать люди в белых перчатках. Так или иначе, можно одобрять или не одобрять действия масс, но эти действия вполне объяснимы и естественны. Таким образом, первопричина Гражданской войны – в социальной несправедливости, существовавшей в мире, в том числе в России.

Ярко и эмоционально в этом контексте звучат слова А. Блока в его знаменитой статье «Интеллигенция и революция» (1918 г.): «Почему дырявят древний собор? – Потому что сто лет здесь ожиревший поп, икая, брал взятки и торговал водкой. Почему гадят в любезных сердцу барских усадьбах? – Потому что там насиловали и пороли девок; не у того барина, так у соседа. Почему валят столетние парки? – Потому что сто лет под их развесистыми липами и кленами господина показывали свою власть...» Да, классовая ненависть копится долго, а выплескивается мгновенно.

Есть ли возможность другого, мирного пути совершенствования общества, если не устранения, то ослабления, смягчения насилия, придания ему цивилизованных форм, может быть, превращения насилия в разумное и необходимое обществу принуждение? Да, исторический опыт показывает, что такая возможность в мировом сообществе существует. Она приобрела реальные очертания, которые стали особо зримыми во второй половине XX в. в связи с поразительными достижениями технологий, изменивших облик мира и благосостояние людей.

Демократическое развитие, эволюционное изменение экономических и общественных структур, безусловно, обладают преимуществом. Однако этот явно предпочтительный путь не дается человечеству с легкостью, как Божественная

награда за примерное поведение. Он появляется в результате трудного, специфического для каждой страны или мира в целом развития.

Таким образом, правилом является объективная сложность исторического процесса, определенная закономерность распространения немирных, революционных форм движения, соответственно отрицание демократии и преобладание насилия. Вероятно, итогом развития человечества является демократия, но путь к ней в подавляющем большинстве случаев является не прямым, а зигзагообразным, сопровождается мучительными схватками. А революция, путем насилия отрицающая прежнее насилие, есть явление прогрессивное,двигающее общество вперед, хотя и с большими жертвами, лишениями, потерями.

Необходимо разобраться в вопросе, который все послереволюционные десятилетия не переставал волновать и участников событий, и историков. Была ли альтернатива Октябрьской революции и Гражданской войне? Альтернативы существуют всегда, их множество. Любая революция может остановиться на половине пути, может свернуть влево или вправо. Дело не в наличии и возможности альтернатив, а в их реальности.

Можно ответить с уверенностью, что путь перевода революции на мирные, эволюционные, демократические, парламентские рельсы имел немалые реальные основания. Народ получил полную политическую свободу, существовало демократическое правительство, функционировали более или менее репрезентативные учреждения (Советы, Предпарламент), активно действовали достаточно мощные политические партии, отстаивавшие парламентскую демократию.

Однако реально существовавшая демократия не сумела разрешить противоречия жизни, удовлетворить народные требования. Она была атакована и слева, и справа. Главная причина падения демократии – нарастание поляризации, усиление противостояния. Массы не были удовлетворены достигнутым, их радикализация происходила с огромной быстротой и приобретала под влиянием политической агитации целенаправленный, классово-отчетливый характер. Считая, что на пути к народной власти, получению земли, взятию под контроль промышленных предприятий стоят контрреволюционные, классово-враждебные силы, массы готовы были добиваться своего при помощи насилия.

С другой стороны, высшие и средние слои общества – офицерство, чиновничество, значительная часть интеллигенции, зажиточное крестьянство, владельцы промышленных и торговых предприятий – готовы были твердой рукой защищать свои права. Но одна часть общества пришла к выводу о необходимости ответить на насилие насилием, другая стремилась к наведению порядка без его применения; единства между ними не было. Попытка сторонников насилия справа (Корниловский мятеж) была отбита демократическими противниками насилия. Это усилило положение сторонников насилия слева, опиравшихся на все продолжавшуюся радикализацию масс.

Октябрьская революция стала крупнейшим рубежом Гражданской войны. Взятие власти было актом насильственным, что никогда не отрицалось самими большевиками. Численность жертв, конечно, имеет значение, но в принципе не так уж важно, сколько жертв было в Петрограде. Важно то, что велась вооруженная борьба. Одна сторона мобилизовала и повела против другой армейские и флотские боевые соединения, вооруженные отряды рабочих (Красная гвардия); другая сторона приготовила к активной обороне свои вооруженные воинские соединения, вызвала на помощь фронтовые части.

Взятие власти в столице было, безусловно, актом Гражданской войны. С еще большей наглядностью это видно на примере всей страны. Здесь переход власти в руки Советов был сложным, относительно длительным и повсеместно сопровождался ожесточенным противостоянием. Советы под руководством большевиков и левых эсеров брали власть и жестоко подавляли противников. Для оценки сути происходившего не имеет принципиального значения, мирным или немирным путем переходила власть к Советам в том или ином городе. Конечно, там, где шли

бои, взаимное ожесточение приняло небывалый до того характер; пролитая кровь звала к отмщению; пропасть, разделявшая стороны, была особенно глубокой. В большинстве мест, где власть бралась Советами мирно, в дальнейшем контрреволюция, сохранившая силы, через некоторое время начинала вооруженную борьбу.

Сама Октябрьская революция, установление Советской власти, свершившееся не в один день, а потребовавшее примерно 3-4 месяца и сопровождавшееся борьбой, ожесточенной, в большинстве случаев вооруженной, новым витком ненависти, дальнейшей эскалацией насилия – все это было Гражданской войной.

Мы видим, что столь острый и мучительный вопрос – кто виноват в Гражданской войне – вновь остается без ответа. Если подойти к нему формально, то можно сказать, что в новом витке гражданского противоборства, начатого Октябрем, виноваты массы рабочих и солдат, совершившие революцию, виноваты большевики, ими руководившие, виноваты Советы, взявшие власть. Но мы знаем, что Октябрь стал логическим развитием событий лета-осени 1917 г., те, в свою очередь, упираются в Февраль, а обстоятельства, обусловившие Февральскую революцию, уходят своими корнями в предшествующую историю России. Поэтому нет логических оснований обвинять трудовые массы и большевиков в том, что они, совершив Октябрьскую революцию, тем самым развязали Гражданскую войну.

После победы революции и установления Советской власти Гражданская война практически не прекращалась ни на день; менялся ее характер, менялась ее направленность. Теперь ее вели силы, потерпевшие поражение в Октябре, вели за восстановление потерянной власти. Ответ на вопрос, кто повинен в развязывании войны на этом этапе, очевиден. Но очевидно и то, что данная фаза войны не может рассматриваться изолированно от предшествовавших событий. Да, на этом витке войну развязали контрреволюционные силы, но их действие – логическое следствие революции, которая разбила их и поставила перед дилеммой: полностью капитулировать или продолжать сопротивление. Они выбрали второй путь.

Позиция «красных»: победа одержана, власть завоевана, мир, хотя и тяжелый, достигнут, крестьяне получили землю, рабочие контролируют фабрики и заводы. Но контрреволюция – помещики, капиталисты, кулаки – хочет лишить народ его завоеваний. Она вооружается, она стреляет из-за угла в вождей рабочего класса, организует саботаж, голод, готовится жестоко покарать рабочих и крестьян, осмелившихся стать хозяевами своей судьбы. Необходимо беспощадно разгромить все очаги контрреволюции. Иначе трудящихся ждет новая кабала и физическое уничтожение. Позиция «белых»: шайка узурпаторов-насильников захватила власть. Комиссары-большевики разогнали политические партии, избранное народом Учредительное собрание, продали Россию Германии, установили жестокий террор, истребляя русских патриотов, ввергли экономику в хаос. Необходимо сплотить все патриотические силы, повести беспощадную войну до полного истребления большевиков и ликвидации «Совдепии».

Эти позиции были непримиримы и по оценкам положения в стране, и по провозглашенным целям, и по психологическому настрою обеих сторон. Борьба неизбежно должна была продолжиться до полного поражения одной из них. Однако война, если судить по послеоктябрьской расстановке сил, по тому, как проходило установление Советской власти на местах, не обещала быть длительной и трудной. Силы были явно неравны: превосходство Советов было очевидным. Конечно, в союзе с меньшевиками и эсерами оно было бы подавляющим. Эсеры и меньшевики не стали союзниками большевиков, но они не стали и союзниками Л.Г. Корнилова, А.И. Деникина, П.Н. Врангеля. Действительно, перевес военный, моральный, политический был на стороне Советов.

Однако здесь следует учесть еще одно обстоятельство – фактор интервенции. Можно долго спорить о причинах, поводах и масштабах международного вторжения в Россию. Но одно представляется несомненным: интервенция изменила соотношение сил в России не в пользу Советов, сделала исход борьбы неопределенным, затянула войну, в огромной степени умножила жертвы и страдания

народа, наложила огромный отпечаток на психологию масс, на политику руководства по обе стороны фронта.

Поразительной особенностью Гражданской войны в России было присутствие крупных сил интервентов не где-то на окраине, а в самом сердце страны. Мятеж чехословацкого корпуса, начавшийся в конце мая 1918 г., охватил огромную территорию от Пензы и Сызрани до Тихого океана. Без труда можно определить синхронность действий иностранных войск в различных районах России и возникновение антисоветских армий и правительств. С лета 1918 г. Гражданская война вступала в новую фазу, когда появились военные фронты, начались сражения регулярных армий. Гражданская война превратилась в подлинную войну во всем страшном значении этого слова. С осени 1918 г. после поражения Германии интервенция Антанты приобрела самые широкие масштабы и, несомненно, стала фактором, обусловившим еще большее затягивание Гражданской войны. Не меньшее значение имело иностранное снабжение белогвардейских войск. Без доставки оружия, боеприпасов, амуниции белогвардейские армии в 1919 и 1920 гг. воевать попросту не могли – это было совершенно очевидно. Составной частью интервенции являлась военно-экономическая блокада, установленная Антантой против Советской России. Морская блокада, включавшая перехват нейтральных судов, была грубым нарушением международного права, акцией по существу террористической; это была акция немилосердная и варварская. Лишив население России возможности получать необходимые промышленные товары, продовольствие, медикаменты, страны Антанты способствовали распространению эпидемий, усилению голода и тем самым – гибели большой массы населения страны.

Именно в такой обстановке сформировались и укрепились руководящие кадры партии, иерархические организационные формы, психологическая однозначность, непримиримость к классовым врагам, нетерпимость ко всякой другой идеологии, кроме коммунистической. Сам характер борьбы – не на жизнь, а на смерть – выработывал в партийных кадрах твердость, жестокость, двухцветное, «красно-белое» видение мира. Конечно, в партии были сильны и демократические традиции – на съездах, конференциях открыто высказывались различные мнения, в адрес руководителей раздавалась нелюбезная критика, порой развертывались жаркие дискуссии.

После окончания Гражданской войны возникла объективная возможность осуществить демократизацию партии и на этой основе ввести и развить демократические традиции в стране. Однако трудности первых послевоенных лет затормозили этот процесс, а в дальнейшем И.В. Сталин сознательно использовал административно-командные традиции и навыки периода Гражданской войны для укрепления партаппарата, свертывания внутрипартийной демократии. Именно Гражданская война создала мощную психологическую и организационную основу для этого процесса.

Во время войны получили своеобразную апробацию принципы и методы руководства страной, жизнью общества, рожденные революцией. Они казались надежными и верными. Об их правильности и целесообразности можно было спорить до Гражданской войны, но после неё споры прекратились. О чем спорить, если победа доказала их надежность. Поэтому система государственного управления и общественно-политических структур, сложившаяся во время войны, сохранились и после её окончания. Изменения затронули лишь экономическую сферу. Победа способствовала, таким образом, укреплению и заостренности марксистско-ленинских догм, появлению инерции, которая с годами не исчезала, а набирала силу, что привело в итоге к серьезным негативным последствиям.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 691-022.532

Баженов Ю.М., Королев Е.В.

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ НАНОТЕХНОЛОГИИ
В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ**

Обсуждаются принципы нанотехнологии в приложении к синтезу строительных материалов со специальными свойствами. Приводится пример реализации.

Строительное материаловедение, практическая нанотехнология

Региональная архитектура и строительство. – 2008. – №2(5). – С.3–9.

UDC 691-022.532

Bazhenov Yu.M., Korolev E.V.

**TECHNICAL AND ECONOMICAL BASIS OF PRACTICAL NANOTECHNOLOGY
IN MATERIAL SCIENCE**

The principles of nanotechnology in application to synthesis of building materials with special properties are discussed. The example of implementation is presented.

Material science, practical nanotechnology

Regional architecture and engineering. – 2008. – №2(5). – Pp. 3–9.

УДК 691.3

Лесовик Р.В., Алфимова Н.И., Ковтун М.Н., Ластовецкий А.Н.

**О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПЕСКОВ
В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Рассмотрена возможность использования отходов алмазобогащения как сырья для производства строительных материалов, в частности, применения их в качестве заполнителя мелкозернистого бетона.

Техногенные пески, отходы алмазобогащения, мелкозернистый бетон, композиционные вяжущие

Региональная архитектура и строительство. – 2008. – №2(5). – С.10–15.

UDC 691.3

Lesovik R.V., Alfimova N.I., Kovtun M.N., Lastovezkiy A.N.

**ON POSSIBILITY OF TECHNOGENEOUS SANDS USE AS RAW MATERIAL
FOR BUILDING MATERIALS PRODUCTION**

Possibility of diamond mining industry tails use as raw material for building materials production is considered. It is shown that diamond mining industry tails can be used as aggregates in fine-aggregate concrete.

Technogeneous sand, diamond mining industry tails, fine-aggregate concrete, composite binder

Regional architecture and engineering. – 2008. – №2(5). – Pp.10–15.

УДК 519.7; 691; 681.51.015; 517.958

Гарькина И.А., Данилов А.М., Королев Е.В.

**КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
СЛОЖНЫХ СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СИСТЕМ:
ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ**

Рассматриваются приложения теории систем и когнитивного моделирования сложных слабоструктурированных систем к разработке радиационно-защитных композитов.

Когнитивное моделирование, слабоструктурированные системы, радиационно-защитные композиты

Региональная архитектура и строительство. – 2008. – №2(5). – С.16–21.

UDC 519.7; 691; 681.51.015; 517.958

Garkina I.A., Danilov A.M., Korolev E.V.

**COGNITIVE MODELING OF COMPLEX WEAK-DEFINED SYSTEMS:
THE EXAMPLE OF IMPLEMENTATION**

The applications of system theory and cognitive modeling of complex weak-defined systems for development of radiation-protective composites are discussed.

Cognitive modeling, radiation-protective composites, weak-defined systems

Regional architecture and engineering. – 2008. – №2(5). – Pp.16–21.

УДК 666.97.015

Максимова И.Н., Макридин Н.И., Симаков М.В.

СТРУКТУРА И КОНСТРУКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНА

На основе полученных кинетических зависимостей коэффициента внутреннего трения и динамического модуля упругости определено влияние добавки суперпластификатора С-3 на формирование реальной структуры бетонов повышенной прочности.

Бетон, структура, конструкционные свойства

Региональная архитектура и строительство. – 2008. – №2(5). – С.22–27.

UDC 666.97.015

Maximova I.N., Makridin N.I., Simakov M.V.

STRUCTURE AND CONSTRUCTIONAL PROPERTIES OF CONCRETE

The influence of super plasticizers C-3 additive on formation of super durable concrete real structure is defined on the basis of received kinetic dependence, coefficient of internal friction and dynamic elasticity modulus.

Concrete, structure, constructional properties

Regional architecture and engineering. – 2008. – №2(5). – Pp.22–27.

УДК 691.327:666.973.2:666.64-492.3

Максимова И.Н., Макридин Н.И., Романова П.С., Блохина Е.В.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДЕФОРМАТИВНОСТИ
МАТРИЧНОЙ ФАЗЫ КЕРАМЗИТОБЕТОНА**

Приведены результаты исследований напряженно-деформированного состояния структуры матричной фазы легкого бетона при осевом сжатии на плоских моделях.

Керамзитобетон, деформативность матричной фазы, экспериментальная оценка

Региональная архитектура и строительство. – 2008. – №2(5). – С.28–31.

Maximova I.N., Makridin N.I., Romanova P.S., Blokhina Y.V.

**EXPERIMENTAL EVALUATION OF CERAMIC CONCRETE MATRIX
PHASE DEFORMATION**

The results of strained deformed state of light concrete matrix phase structure at axial compression on flat models are given in the article.

Ceramic concrete, matrix phase deformation, experimental evaluation

Regional architecture and engineering. – 2008. – №2(5). – Pp.28–31.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

УДК 624.94.721

Баранова Т.И., Гучкин И.С., Артюшин Д.В., Попов Д.В.

**ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ПОВРЕЖДЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ**

Приводятся результаты обследования конструкций, расположенных в зоне обрушения сборно-монолитного перекрытия, анализируются причины обрушения; излагаются методы замены и усиления конструкций, получивших повреждения.

Железобетонное каркасное здание, повреждение конструкций, методы восстановления конструкций

Региональная архитектура и строительство. – 2008. – №2(5). – С.32–34.

UDK 624.94.721

Baranova T.I., Guchkin I.S., Artyushin D.V., Popov D.V.

**ENGINEERING METHODS OF DAMAGED DESIGNS RESTORATION
IN BUILDING OF FERRO-CONCRETE FRAME BUILDINGS**

Inspection results of the designs located in a zone of modular-monolithic overlapping collapse are informed, the collapse reasons are analyzed; methods of designs replacement and strengthening which have received damages are stated.

Ferro-concrete frame building, damage of designs, methods restoration of designs

Regional architecture and engineering. – 2008. – №2(5). – Pp.32–34.

УДК 69.024.15:674

Вдовин В.М., Карпов В.Н., Гаврилов А.К.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ
ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ В КЛЕЁНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ
КРОВЕЛЬНЫХ ШИТОВ**

Даны рекомендации по прогнозированию упругопрочностных свойств материала обшивок из древесно-стружечных плит по отношению к деревянным ребрам на основе выбора рациональных конструкций кровельных щитов.

Древесно-стружечная плита, кровельные щиты, прогнозирование прочности

Региональная архитектура и строительство. – 2008. – №2(5). – С.35–40.

UDK 69.024.15:674

Vdovin V.M., Karpov V.N., Gavrilov A.K.

**RATIONAL DURABILITY PROGNoses OF WOOD-CHIPBOARD SLAB
IN GLUED STRUCTURES OF ROOFING BOARDS ABSTRACT**

We give recommendation on how to define elastic properties of roofing materials from wood-chipboard slabs in relation to wooden ribs on the basis of roofing boards rational constructions choice.

Wood-chipboard slabs, roofing-boards, durability prognoses

Regional architecture and engineering. – 2008. – №2(5). – Pp.35–40.

УДК 697.146

Береговой А.М.

**ФОРМИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА «ЗДОРОВЫХ» ЗДАНИЙ
С ОГРАЖДЕНИЯМИ РАЗЛИЧНОЙ ТЕПЛОВОЙ ИНЕРЦИИ**

Путем сравнения ряда рассчитанных критериев теплоустойчивости стенки из разных материалов и на расчетных моделях здания показан диапазон амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности, влияющий на формирование теплового режима помещений.

Тепловой режим зданий, тепловая инерция, амплитуда колебаний температуры

Региональная архитектура и строительство. – 2008. – №2(5). – С.41–46.

UDK 697.146

Beregovoi A.M.

**THE FORMATION OF THERMAL CONDITIONS OF HEALTHY BUILDINGS
WITH ENCLOSURE STRUCTURES OF DIFFERENT THERMAL LAG**

Comparing some calculated criteria of thermal resistan wall from different materials and using simulated buildings we show the range of amplitude temperature fluctuations of internal surface, affecting thermal mode formation of dwelling-houses.

Thermal mode formation of buildings, thermal lag, amplitude temperature fluctuations

Regional architecture and engineering. – 2008. – №2(5). – Pp.41–46.

УДК 697.911

Ерёмкин А.И., Фильчакина И.Н.

**МЕТОДИКА РАСЧЁТА ЛОКАЛЬНОЙ РАЗДАЧИ ВОЗДУХА
МЕТОДОМ НЕПОЛНОГО ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Рассмотрен метод неполного физического моделирования тепловых и аэродинамических процессов в системах вентиляции и дана методика расчёта локальной раздачи воздуха на примере помещения прядильного производства.

Предлагаемый метод (при строгом соблюдении основных положений теории подобия) позволяет эффективно вести разработку новых и проверку существующих систем вентиляции.

Метод неполного физического моделирования, методика расчёта локальной раздачи воздуха

Региональная архитектура и строительство. – 2008. – №2(5). – С.47–54.

UDC 697.911

Yeriomkin A.I., Filchakina I.N.

**CALCULATION METHODOLOGY OF LOCAL AIR DISTRIBUTION OF AIR
BY INCOMPLETE PHYSICAL MODELING METHOD**

The method of incomplete physical modeling of heating and aerodynamic processes in ventilating systems is investigated and calculating methodology of local air distribution on the example of spinning production is given.

This method (in case of strict following the basic points of similarity) allows to successfully develop new systems of ventilation and to test the existing ones.

Incomplete physical modeling method, calculation methodology of local distribution of air

Regional architecture and engineering. – 2008. – №2(5). – Pp.47–54.

УДК 628.34.034.2

Андреев С.Ю., Бикунова М.В., Алексеева Т.В., Кочергин А.С.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕАГЕНТОВ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАТЕЛЕЙ
ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

Рассмотрены вопросы химической очистки сточных вод гальванопроизводств с использованием реагентов-комплексообразователей. Приведены результаты полупромышленных и лабораторных исследований технологии обезвреживания сточных вод гальванопроизводств с использованием реагентов-комплексообразователей. Показана высокая эффективность реагентов-комплексообразователей на основе сульфида.

Эффективность очистки сточных вод, реагенты-комплексообразователи на основе сульфида, гальванопроизводство

Региональная архитектура и строительство. – 2008. – №2(5). – С.55–62.

UDK 628.34.034.2

Andreev S.Y., Bikunova M.V. Alekseeva T.V., Kochergin A.S.

COMPOUND REAGENTS USE FOR THE PURIFICATION INTENSIFICATION OF GALVANIC PRODUCTION SEWAGE FROM HEAVY METAL IONS

The problems of galvanic production sewage chemical purification with the use of compound reagents are considered. The results of semi-industrial and laboratory researches of technologies that render galvanic production sewage harmless with the use of compound reagents are presented. High efficiency of compound reagents on the basis of sulphide is shown.

Sewage efficiency of purification, compound reagents on the basis of sulphide, galvanic production

Regional architecture and engineering. – 2008. – №2(5). – Pp.55–62.

УДК 628.356.35

Андреев С.Ю., Исаева А.М., Малютина Т.В., Пантюшов И.В.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОТЫ МЕЛКОПУЗЫРЧАТЫХ СИСТЕМ АЭРАЦИИ АЭРОТЕНКОВ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРЕМЕШИВАЮЩИХ ЭРЛИФТНЫХ УСТРОЙСТВ

Дано описание новой технологии интенсификации работы пневматических систем аэрации за счет использования перемешивающих эрлифтных устройств. Представлены конструктивные и технологические параметры указанных устройств, описывающие повышение эффективности мелкопузырчатых пневматических систем аэрации. Показано, что применение перемешивающих эрлифтных устройств в аэротенках-смесителях позволяет не только повысить эффективность системы аэрации, но и улучшить качество очищенных сточных вод.

Качество очищенных сточных вод, мелкопузырчатая пневматическая система аэрации, перемешивающие эрлифтные устройства, аэротенк-смеситель

Региональная архитектура и строительство. – 2008. – №2(5). – С.63–69.

UDK 628.356.35

Andreev S.Y., Isaeva A.M., Malyutina T.V., Pantyushov I.V.

INTENSIFICATION OF SMALL-BUBBLE AEROTANKS AERATION SYSTEMS FUNCTIONING BY MEANS OF AEROLIFTING MIXING DEVICES USE

The new intensification technology description of pneumatic aeration systems functioning by means of aerolifting mixing devices use is given. Constructive and technological parameters of the given devices describing small-bubble pneumatic aeration systems efficiency increase are presented. Aerolifting mixing devices use in aerotanks-mixers allows not only to increase the aeration system efficiency but to improve purified sewage quality.

Quality of purified sewage, small-bubble pneumatic aeration systems, aerolifting mixing devices, aerotank-mixer

Regional architecture and engineering. – 2008. – №2(5). – Pp.63–69.

УДК 539.313

Бакушев С.В.

НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЛУПРОСТРАНСТВА ПРИ РАДИАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАПРЯЖЕНИЙ

Рассматривается напряженно-деформированное состояние полупространства, описываемое геометрически нелинейным аналогом модели линейной теории упругости. В качестве основной гипотезы принято допущение о радиальном распределении обобщённых напряжений. Показано, что учёт геометрической нелинейности существенно влияет на характер распределения напряжений как в количественном, так и в качественном отношении.

Расчёт оснований, геометрически нелинейная модель, напряженное состояние в точке

Региональная архитектура и строительство. – 2008. – №2(5). – С.70–77.

UDK 539.313

Bakushev S.V.

DEFLECTED MODE OF HALF-SPACE AT RADIAL PRESSURE DISTRIBUTION

The author examines deflected mode of half-space described by vectorially-nonlinear model analogue of linear theory of elasticity. As a basic hypothesis we accept assumption of radial distribution of generalized pressure. The research shows the geometrical nonlinearity account essentially influences the character of pressure distribution, both quantitatively and qualitatively.

Basis calculation, geometrical nonlinear model, the intense condition in a point

Regional architecture and engineering. – 2008. – №2(5). – Pp.70–77.

УДК 624.042.8 : 62-752.2

Шеин А.И., Елистратова О.Г.

ОПТИМИЗАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОМАССОВЫХ ГАСИТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЙ

Рассматривается задача оптимизации параметров многомассового гасителя при гармоническом возмущении. В замкнутом виде с помощью метода множителей Лагранжа из условия минимума величины перемещения главной массы получены формулы оптимальных жесткостей для двух-, трех- и четырехмассовых гасителей колебаний. С помощью метода конечных разностей выполнен численный эксперимент по исследованию колебаний системы с различными гасителями для представления уравнений движений системы. На основе результатов численного эксперимента даны рекомендации по оптимизации параметров системы.

Многомассовый гаситель колебаний, оптимизация параметров

Региональная архитектура и строительство. – 2008. – №2(5). – С.78–86.

UDK 624.042.8 : 62-752.2

Shein A.I., Elistratova O.G.

OPTIMIZATION OF SOME MULTIUNIT VIBRATION DAMPER PARAMETERS

The problem of multiunit vibration damper parameters optimization is considered at harmonious excitation. The formulas of optima hardness for two-, three- and four mass vibration dampers are got in closed form by means of Lagrange multipliers from condition of minimum size of main weight movement. Numerical experiment on the research of system vibration with different dampers for representation the system movements equation is done with the use final difference method. On the results of numerical experiment recommendations on the system parameters optimization are given.

Multiunit vibration damper, optimization of parameters

Regional architecture and engineering. – 2008. – №2(5). – Pp.78–86.

АРХИТЕКТУРА И ДИЗАЙН

УДК 741/743:37.025

Ли Н.Г.

ПОЗНАВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС В ПРАКТИКЕ ОБУЧЕНИЯ АКАДЕМИЧЕСКОМУ РИСУНКУ В СИСТЕМЕ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ (состояние, проблемы и перспективы)

Рассматриваются актуальные вопросы познавательного процесса в учебно-изобразительной деятельности. Раскрываются сложные психические процессы, сдерживающие развитие у студентов познавательной активности в ходе обучения. Дается обоснование необходимой актуализации знаний психологии в профессиональной педагогической деятельности. Предлагаются принципы, методы и приемы обучения рисунку, способствующие развитию у студентов мыслительной активности в учебно-познавательном процессе.

Художественное образование, академический рисунок, познавательный процесс

Региональная архитектура и строительство. – 2008. – №2(5). – С.87–95.

UDK 741/743:37.025

Lee N.G.

COGNITIVE PROCESS IN THE PRACTICE OF ACADEMIC DRAWING TEACHING IN THE SYSTEM OF ARTISTIC EDUCATION (state, problems and perspectives)

Vital problems of cognitive process in the training drawing activity are considered. Latent mental processes constraining the students' cognitive activity development while training are described. The necessity of the psychology knowledge of the professional pedagogical activity is proved.

Principals, methods and ways of teaching drawing, promoting the students' mental activity development in the learning process are suggested.

Art education, academy drawing, process of cognition

Regional architecture and engineering. – 2008. – №2(5). – Pp.87–95.

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 339.187.62

Кузин Н.Я., Люлькин В.С.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ И ФОРМИРОВАНИЕ АРЕНДНОЙ СТАВКИ ЗА ПОЛЬЗОВАНИЕ КОММЕРЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ (на примере г. Пензы)

Проанализировано существующее положение на рынке коммерческой недвижимости, разработана классификация факторов, влияющих на величину арендной ставки, предложена методика расчёта арендной платы за пользование коммерческими объектами в г. Пензе.

Анализ факторов, инвестиционные проекты, арендная ставка.

Региональная архитектура и строительство. – 2008. – №2(5). – С.96–104.

UDK 339.187.62

Kuzin N.Y., Lulkin V.S.

THE FACTORS INFLUENCING INVESTMENT PROJECTS REALIZATION EFFICIENCY AND FORMATION OF RENT RATE FOR COMMERCIAL OBJECTS USE (on Penza city example)

The analysis of the state in the market of commercial real estate is carried out, classification of the actors influencing the size of the rent rate is developed, and the rent forming procedure for use of commercial premises in Penza city is offered.

Analysis of the factors, investment projects, rent

Regional architecture and engineering. – 2008. – №2(5). – Pp.96–104.

*К 90-летию окончания
Гражданской войны*

УДК 94 (470)

Морозов С.Д.

ГРАЖДАНСКАЯ ВОЙНА В РОССИИ: ПЕРЕКРЕСТОК МНЕНИЙ

В статье анализируются основные этапы Гражданской войны, представлены различные взгляды политических и военных деятелей на её события.

Гражданская война, Россия, противостояние, «красные» и «белые» армии

Региональная архитектура и строительство. – 2008. – №2(5). – С.105–109.

UDK 94 (470)

Morosov S.D.

THE CIVIL WAR IN RUSSIA: CROSSING OPINIONS

The main stages of the civil war, different views and appraisals of the events, political and military figures are analysed in this article.

The Civil war, Russia, opposition, Red and White Army men

Regional architecture and engineering. – 2008. – №2(5). – Pp.105–109.

Сведения об авторах

1. Алексеева Татьяна Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение» ПГУАС.
2. Алфимова Наталия Ивановна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры строительного материаловедения изделий и конструкций Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова. E-mail: alfimovan@mail.ru.
3. Андреев Сергей Юрьевич, кандидат технических наук, профессор кафедры «Водоснабжение и водоотведение» ПГУАС.
4. Артюшин Дмитрий Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций ПГУАС.
5. Баранова Тамара Ивановна, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН, заслуженный деятель науки и техники, зав. кафедрой строительных конструкций ПГУАС.
6. Баженов Юрий Михайлович, доктор технических наук, профессор, академик РААСН, заслуженный работник ВШ РФ, зав. кафедрой технологии вяжущих веществ и бетонов МГСУ.
7. Бакушев Сергей Васильевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой сопротивления материалов и теории упругости ПГУАС.
8. Береговой Александр Маркович, доктор технических наук, профессор кафедры «Городское строительство и архитектура» ПГУАС.
9. Бикунова Марина Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение» ПГУАС.
10. Блохина Екатерина Владимировна, студент 5 курса ПСМ-51.
11. Вдовин Вячеслав Михайлович, кандидат технических наук, профессор кафедры строительных конструкций ПГУАС.
12. Гаврилов Александр Константинович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций, декан факультета открытого образования ПГУАС.
13. Гарькина Ирина Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры математики и математического моделирования ПГУАС.
E-mail: danilov@gasa.penza.com.ru
14. Гучкин Игорь Сергеевич, кандидат технических наук, профессор кафедры строительных конструкций ПГУАС.
15. Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой математики и математического моделирования ПГУАС.
E-mail: danilov@gasa.penza.com.ru.
16. Елистратова Ольга Григорьевна, ассистент кафедры «Строительная и теоретическая механика» ПГУАС. E-mail: elis19852008@rambler.ru
17. Еремкин Александр Иванович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Теплогасоснабжение и вентиляция», советник РААСН, почетный работник ВПО РФ, ректор ПГУАС.
E-mail: postmaster@pgasa.penza.com.ru
18. Исаева Антонина Михайловна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение» ПГУАС.
19. Карпов Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций ПГУАС.
20. Королев Евгений Валерьевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные материалы», советник РААСН, проректор по НИР.

21. Ковтун Максим Николаевич, кандидат технических наук, ассистент кафедры строительного материаловедения изделий и конструкций Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова.

E-mail: maksimkovtun@yandex.ru

22. Кочергин Александр Сергеевич, ассистент кафедры «Водоснабжение и водоотведение» ПГУАС.

23. Кузин Николай Яковлевич, кандидат технических наук, профессор, зав.кафедрой «Экспертиза и управление недвижимостью» ПГУАС.

24. Ластовецкий Андрей Николаевич, аспирант кафедры строительного материаловедения изделий и конструкций Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова.

25. Лесовик Руслан Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения изделий и конструкций Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова.

E-mail: ruslan@intbel.ru

26. Ли Николай Геннадьевич, член Союза художников России, кандидат педагогических наук, профессор, зав.кафедрой рисунка, живописи и скульптуры ПГУАС.

27. Люлькин Виктор Сергеевич, ассистент кафедры «Экспертиза и управление недвижимостью» ПГУАС. E-mail: lulkin@yandex.ru

28. Максимова Ирина Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Стандартизация, сертификация и аудит качества» ПГУАС.

29. Макридин Николай Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология бетонов, керамики и вяжущих» ПГУАС.

30. Малютина Татьяна Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение» ПГУАС.

31. Морозов Сергей Дмитриевич, доктор исторических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой истории ПГУАС.

32. Пантюшов Игорь Владимирович, директор Пензенского областного фонда научно-технического развития.

33. Попов Денис Владимирович, аспирант кафедры строительных конструкций ПГУАС.

34. Симаков Михаил Васильевич, студент 4 курса ПСМ-41.

35. Романова Полина Сергеевна, магистр.

36. Фильчакина Ирина Николаевна, ст.преподаватель кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция» ПГУАС.

37. Шеин Александр Иванович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Строительная и теоретическая механика» ПГУАС.

Указатель статей, опубликованных в 2008 г.

1. **Андреев С.Ю., Бикунова М.В., Алексеева Т.В., Кочергин А.С.** Использование реагентов-комплексообразователей для интенсификации очистки сточных вод гальванических производств от ионов тяжелых металлов. — №2(5). — С.55–62.
2. **Андреев С.Ю., Гришин Б.М., Алексеева Т.В., Титов Е.А., Савицкий Е.А.** Новые технологические решения по интенсификации биологической очистки сточных вод малых населенных пунктов и локальных объектов. — №1(4). — С.98–103.
3. **Андреев С.Ю., Исаева А.М., Малютина Т.В.** Интенсификация работы мелкопузырчатых систем аэрации аэротенков за счет использования перемешивающих эрлифтных устройств. — №2(5). — С.63–70.
4. **Ахмедова Е.А.** Градостроительные аспекты улучшения жизненных стандартов и качества жизни населения. — №1(4). — С.13–19.
5. **Баженов Ю.М., Королёв Е.В.** Техничко-экономические основы практической нанотехнологии в строительном материаловедении. — №2(5). — С.3–9.
6. **Баженов Ю.М., Королев Е.В.** Технология наномодифицирования в строительном материаловедении. — №1(4). — С.4–7.
7. **Бакушев С.В.** Напряжённно-деформированное состояние полупространства при радиальном распределении напряжений. — №2(5). — С.70–77.
8. **Бакушев С.В., Пугачёв А.А.** Напряжённно-деформированное состояние бетонного массива вокруг арматурного стержня, поражённого коррозией. — №1(4). — С.132–138.
9. **Баранова Т.И., Гучкин И.С., Артюшин Д.В., Попов Д.В.** Инженерные методы восстановления поврежденных конструкций в период строительства железобетонных каркасных зданий. — №2(5). — С.32–34.
10. **Береговой А.М., Береговой В.А.** Оценка тепловой эффективности зданий при использовании традиционной и альтернативной энергии. — №1(4). — С.91–97.
11. **Береговой А.М.** Формирование теплового режима «здоровых» зданий с ограждениями различной тепловой инерции. — №2(5). — С.41–46.
12. **Вдовин В.М., Карпов В.Н., Гаврилов А.К.** Прогнозирование рациональной прочности древесно-стружечных плит в клеёных конструкциях кровельных щитов. — №2(5). — С.35–40.
13. **Гарибов Р.Б.** Методология организации прочностного мониторинга железобетонных строительных конструкций в реальной эксплуатационной среде. — №1(4). — С.110–117.
14. **Гарькина И.А., Данилов А.М., Королев Е.В.** Когнитивное моделирование сложных слабоструктурированных систем: пример реализации. — №2(5). — С.16–21.
15. **Гарькина И.А., Данилов А.М., Королев Е.В., Смирнов В.А.** Эволюция дисперсных систем с сольватными слоями. — №1(4). — С.118–123.
16. **Гарькина И.А., Данилов А.М., Королев Е.В., Смирнов В.А.** Флокулообразование в композиционных материалах: предельные системы. — №1(4). — С.124–131.
17. **Данилов А.М., Гарькина И.А., Королев Е.В.** Оптимизация структуры и свойств композиционных материалов с позиций строительного материаловедения и теории систем. — №1(4). — С.84–90.
18. **Ерёмкин А.И., Кошев А.Н., Зиганшин М.Г., Зиганшин А.М.** Моделирование инерционного захвата частиц при фильтрации дисперсного потока. — №1(4). — С.28–34.
19. **Ерёмкин А.И., Фильчакина И.Н.** Методика расчёта локальной раздачи воздуха методом неполного физического моделирования. — №2(5). — С.47–54.

-
20. **Ерофеев В.Т., Митина Е.А., Матвиевский А.А., Емельянов Д.В., Юдин П.В.** Активированная вода затворения как особый жидкий компонент для строительных материалов. – №1(4). – С.41–45.
21. **Идрисов И.Х., Макридин Н.И.** Равновесные и неравновесные испытания опытных образцов бетона. – №1(4). – С.52–54.
22. **Калашников В.И., Мороз М.Н.** Нанотехнология гидрофобизации минеральных порошков стеаратами металлов. – №1(4). – С.46–51.
23. **Кругляков П.М.** Адсорбционное концентрирование и разделение растворенных веществ в «сухой» пене. – №1(4). – С.68–83.
24. **Кузин Н.Я., Люлькин В.С.** Факторы, влияющие на эффективность реализации инвестиционных проектов и формирование арендной ставки за пользование коммерческими объектами (на примере г. Пензы). – №2(5). – С.96–104.
25. **Лапшина Е.Г.** Уникальность и универсалии нового города. – №1(4). – С.20–27.
26. **Лесовик Р.В., Алфимова Н.И., Ковтун М.Н., Ластовецкий А.Н.** О возможности использования техногенных песков в качестве сырья для производства строительных материалов. – №2(5). – С.10–15.
27. **Ли Н.Г.** Познавательный процесс в практике обучения академическому рисунку в системе художественного образования (состояние, проблемы и перспективы). – №2(5). – С.87–95.
28. **Максимова И.Н., Макридин Н.И., Симаков М.В.** Структура и конструкционные свойства бетона. – №2(5). – С.22–27.
29. **Максимова И.Н., Макридин Н.И., Романова П.С., Блохина Е.В.** Экспериментальная оценка деформативности матричной фазы керамзитобетона. – №2(5). – С.28–31.
30. **Морозов С.Д.** Гражданская война в России: перекресток мнений. – №2(5). – С.105–109.
31. **Морозов С.Д.** Первая мировая война: политика и демография. – №1(4). – С.139–144.
32. **Овчинников И.Г.** Модель деформирования и расчет сжато-изогнутой железобетонной балки в условиях сульфатной агрессии. – №1(4). – С.55–62.
33. **Рахимова Н.Р., Рахимов Р.З.** Свойства композиционных шлакощелочных вяжущих и строительных растворов на их основе с добавками молотого боя керамического кирпича. – №1(4). – С.35–40.
34. **Соколова Ю.А., Готлиб Е.М.** Особенности пластификации материалов на основе частично-кристаллических полимеров. – №1(4). – С.8–12.
35. **Фокин Г.А., Карасёва Я.А.** Влияние физических параметров акустически активированной воды на свойства цементных систем. – №1(4). – С.104–109.
36. **Хозин В.Г.** Принципы создания научно-производственного экологического комплекса «Вторстройресурс» в республике Татарстан. – №1(4). – С.63–67.
37. **Шеин А.И., Елистратова О.Г.** Оптимизация некоторых параметров многомассовых гасителей колебаний. – №2(5). – С.79–87.

Для заметок