

Министерство образования и науки Украины
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сборник научных трудов

Выпуск 46

БУДІВНИЦТВО ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Збірник наукових праць
Випуск 46

Зареєстрован 21.11.2005 г. серія КВ № 10650 Государственным комитетом информационной политики, телевидения и радиовещания Украины.

Постановлением президиума ВАК Украины от 08.07.2009 г. №1-05/2 включен в перечень научных специализированных изданий Украины, в которых могут публиковаться основные результаты диссертационных работ на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (отрасли наук: архитектура, технические науки).

Симферополь
«Национальная академия природоохранного
и курортного строительства»
2013

Збірник наукових праць
«Будівництво та техногенна безпека»

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

Редакційна колегія:

Ажермачов Г.А., канд. техн. наук, Бекіров Е.А., докт. техн. наук, Боровський Б.І., докт. техн. наук, Бугаєвський Г.М., докт. фіз.-мат. наук, Ветрова Н.М., докт. техн. наук, Дворецкий О.Т., докт. техн. наук, Зайцев О.М., докт. техн. наук, Захаров Р.Ю., канд. техн. наук (відповідальний секретар), Лінченко Ю.П., канд. техн. наук, Любомирський М.В., канд. техн. наук, (заст. головного редактора), Морозов О.Д., канд. техн. наук, Нагаєва З.С., докт. архітектури, Ніколенко І.В., докт. техн. наук, Пашенцев О.І., докт. екон. наук, Саломатін В.М., докт. геол.-мін. наук, Сапронова З.Д., канд. геол.-мін. наук, Сіроджа І.Б., докт. техн. наук, Стоянов В.У., докт. техн. наук, Чемодуров В.Т., докт. техн. наук, Федоркін С.І., докт. техн. наук, (головний редактор), Шаленний В.Т., докт. техн. наук, (заст. головного редактора), Ячменьова В.М., докт. екон. наук

Затверджено до друку згідно протоколу засідання вченої ради НАПКБ № 9 від 30.05.2013 р.

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

© Національна академія
природоохоронного та
курортного будівництва,
2013

Сборник научных трудов
«Строительство и техногенная безопасность»

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

Редакционная коллегия:

Ажермачёв Г.А., канд. техн. наук, Бекиров Э.А., докт. техн. наук, Боровский Б.И., докт. техн. наук, Бугаевский Г.Н., докт. физ.-мат. наук, Ветрова Н.М., докт. техн. наук, Дворецкий А.Т., докт. техн. наук, Зайцев О.Н., докт. техн. наук, Захаров Р.Ю., канд. техн. наук (ответственный секретарь), Линченко Ю.П., канд. техн. наук, Любомирский Н.В., канд. техн. наук (зам. главного редактора), Морозов А.Д., канд. техн. наук, Нагаева З.С., докт. архитектуры, Николенко И.В., докт. техн. наук, Пашенцев А.И., докт. екон. наук, Саломатин В.Н., докт. геол.-мин. наук, Сапронова З.Д., канд. геол.-мин. наук, Сироджа И.Б., докт. техн. наук, Стоянов В.У., докт. техн. наук, Чемодуров В.Т., докт. техн. наук, Федоркин С.И., докт. техн. наук, (главный редактор), Шаленный В.Т., докт. техн. наук, (зам. главного редактора), Ячменева В.М., докт. екон. наук

Утвержден к печати согласно протокола заседания ученого совета НАПКС № 9 от 30.05.2013 г.

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

© Национальная академия
природоохранного и
курортного строительства,
2013

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1.

АРХИТЕКТУРА

- Куликов Г.В., Куликов Г.Г. Тентовая архитектура Крыма: вчера, сегодня, завтра 5
- Стехина А.С., Клиндухова Ю.В. Принципы формирования функциональных связей детского дошкольного учреждения 9

РАЗДЕЛ 2.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

- Ажермачёв Г.А. Шухов Владимир Григорьевич – гений инженерной мысли 14
- Митрофанов С. В. Работа узловых соединений структурной конструкции с элементами решетки, выполненной из круглой трубы. 20
- Пушкарёв Б. А., Кореньков П. А. Сборно-монолитные железобетонные конструкции. сферы применения и особенности расчёта 24
- Чемодуров В.Т., Кузьмина Ю.С. Методы системного анализа в проектировании технических систем 30

РАЗДЕЛ 3.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- Кошлак Г.В. Особливості термічного спучення гідросилікатів 39
- Любомирский Н.В. , Бахтин А.С. , Бахтина Т.А. , Джелал А.Э. Роль известнякового наполнителя в формировании прочностных характеристик известковых материалов карбонизационного твердения 43
- Павлуненко Л.Е., Губа Л.Н. Характеристика свойств титановых пигментов для лакокрасочных материалов 51

РАЗДЕЛ 4.

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, МЕХАНИКА И СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ

- Абдурахманов А. З. Эффективность использования энергопоглотителя кольцевого типа в стальных каркасах 58
- Дьяков И.М. Живучесть фундаментов и ее роль в прогрессирующем разрушении зданий и сооружений 63
- Саломатин В.Н. Электромагнитные явления в гетерогенных твердых телах и решение ряда практических задач в строительстве 71

РАЗДЕЛ 5.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

- Герман А.С., Шаленный В.Т., Чубукчи Э.С., Тупицын Д.А. Развитие технологии мокрой штукатурки стен путем создания нового инструмента для провешивания поверхностей и установки маяков 76

РАЗДЕЛ 6.
ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Исаенко О. В. Эколого-географический анализ процесса ренатурализации ландшафтов Крымского Предгорья (в связи с использованием территории под застройку)	80
Стоянов В.У., Бакулина М.В. Новые подходы к реформированию системы подготовки студентов вузов в направлении гражданской защита	85

РАЗДЕЛ 7.
**ВОДООБЕСПЕЧЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ, ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯ,
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИКА**

Юровский Ю.Г. Определение расхода пресных вод в полузатопленных морем карстовых полостях	90
Боровский Б.И. Размерные комплексы природных газов в системе газоснабжения	94
Боровский Б.И., Баранова Г.Н. Определение часового расхода газа для хозяйственно-бытовых нужд в отдельных домах при численности населения менее тысячи человек	101
Буркова Е. В., Макаров В. В. Оценка предотвращенного экологического ущерба при создании системы солнечного теплоснабжения Балаклавского района г. Севастополя на основе отработанного карьера	105
Аннотации на украинском языке	112

РАЗДЕЛ 1. АРХИТЕКТУРА

УДК 624.074.2,624.074.4

ТЕНТОВАЯ АРХИТЕКТУРА КРЫМА: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

Куликов Г.В., Куликов Г.Г.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В статье приведены этапы становления и перспективы развития тентовой архитектуры в Крыму, предложены виды тентовых сооружений для подъема экономики и динамичного развития полуострова.

тентовая архитектура, тентовые сооружения, экономика Крыма

ВВЕДЕНИЕ

Задачи современного строительства вызвали необходимость появления легких конструктивных систем отличающихся предельной гибкостью, мобильностью, коротким сроком возведения и регулируемым сроком эксплуатации. Они способны организовать конструктивные структуры в которых ограждающую функцию выполняют тонкий синтетический высокопрочный материал. На рубеже XX-XXI веков данные конструктивные системы образовали класс тентовых сооружений [3].

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Возникновение тентовой архитектуры обусловлено интересам к новому, не традиционному взаимоотношению «материал – конструкция – формообразование», отвечающему современным потребностям и ускоренным темпам научно-технического прогресса. В условиях современной эпохи полистилизма, наряду с хай-теком, для которого характерно применение прежде всего стекла и металла, в архитектурно-строительной практике сформировалось направление архитектуры высоких технологий – тентовая архитектура, являющаяся новым стилевым явлением и способом физического формирования и понимания архитектурно – организованного пространства. Высокие технологии современности дают возможность использовать преимущество индустриальных методов строительства [2].

Среди первых созданных человеком артефактов были простые укрытия, использовавшиеся охотниками более ста тысяч лет назад и сделанные подобно другим их инструментам, из побочных продуктов охоты. Остатки этих укрытий - покрытые кожей «тентовые» постройки с костяными или деревянными каркасами найдены на археологических участках во всем мире.

Первые значительные проявления тентовой архитектуры были прямым результатом развития технологии и техники. Латинский «велариум» был тканевым покрытием, укрепленным на мачтах над амфитеатром Колизея в Риме.

Подобные выдвигающиеся навесы, называемые *толдос*, и сейчас еще устанавливаются поперек узких улиц испанского города Севилья для их затенения [3].

Опыт проектирования и строительства, основные сферы использования тентовых сооружений в СССР (с частичным учетом зарубежной практики) в 1960-1980-х гг. анализировался в публикациях Ю.И. Блинова и его докторской диссертации (1991), в которых основное внимание уделено техническим параметрам сооружений и их индустриальному производству.

Архитектурно-конструктивные решения тентовых покрытий рассмотрены в публикациях и диссертациях того же времени Т.М. Дымковой, И.Х. Мифтахутдинова, В.А. Сладкова, Е.М. Удлера, Р.Т. Хана, В.Г. Штолько, Г.В. Куликова. [1].

На Украине в 90-х годах прошлого столетия развитием тентовых сооружений занимался д. т. н. В.Г. Штолько (Киев ЗНИИЭП) [6].

В Крыму вопросами практического внедрения тентовых конструкций занимается Г.В. Куликов (НАПКС).

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Поскольку вопросы развития и использования тентовой архитектуры в Крыму не отражены в научной, нормативной и справочной литературе, не определены направления и потребности ее внедрения, то задача потенциального применения быстровозводимых, мобильных, легко трансформирующихся в соответствии с изменением функции и относительно дешевых тентовых сооружений для подъема динамичного развития экономики полуострова актуальна и требует всестороннего исследования.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа охватывает опыт развития тентовой архитектуры в Крыму 1990 – 2010г.г. и основана на комплексном изучении зарубежных и отечественных сооружений этого периода и определении тенденции дальнейшего развития и сферы применения на полуострове.

Тентовая архитектура Крыма: вчера. До начала 90-х годов прошлого столетия в Крыму имелось весьма ограниченное количество тентовых конструкций и сооружений. Все они были либо зарубежного производства, либо местного кустарного, незначительных размеров, невысокого качества – пляжные солнцезащитные навесы, маркизы, зонты, покрытия площадок кафе и ресторанов на южном берегу в районе Большой Ялты. Имелось также несколько тентовых покрытий производственного назначения ТК-12 и ТК-15 изготовленных на Ангренском заводе тентовых конструкций (Узбекской ССР). Это были ангары с металлическим рамным каркасом пролетом 12м и 15м и цельносваренной мягкой оболочкой из материала российского производства «Банксив» (г. Иваново), которая набрасывалась на металлический каркас практически не крепясь к нему и, соответственно, не принимала участия в работе сооружения. Каркас был очень мощный из металлопроката больших размеров и при необходимости тентовую оболочку можно было заменить деревянным настилом или покрыть металлическими профильными листами.

В 1989г. группой специалистов Симферопольского филиала Днепропетровского инженерного строительного института под руководством доцента кафедры «Архитектура», к.т.н. Куликова Г.В. было создано научно-производственное кооперативное объединение «ТЕНТ». Работы в нем проходили по замкнутому циклу с выдачей конечной продукции - «научные исследования – проектные работы – опытно-конструкторское производство – доработка – выдача продукции заказчику (либо серийное производство)». Долгое время предприятие занимало доминирующее положение по производству и внедрению тентовых сооружений и конструкций не только в Крыму, но и на Украине. Было изготовлено и внедрено большое количество тентовых сооружений:

- покрытия машинного двора совхоз-заводов «Заветное» и «Виноградный» (Симферопольский район);
- покрытие зернового тока совхоза «Дальний» (Черноморский район);
- четыре павильона вещевого рынка «Свобода» (г. Симферополь);
- торговые павильоны рынков «Центральный», «Аэропорт», «Железнодорожный вокзал» (г. Симферополь);
- девять павильонов продовольственных и вещевых рынков (г. Евпатории);
- покрытия площадок по продаже автомобилей на территориях стадиона «Локомотив», центра по продаже и ремонту автомобилей «Жигули» (г. Симферополь);
- покрытие летнего кинотеатра «Мыс Айя» (ЮБК);
- покрытие площадок для игры в настольный теннис, бильярд и др.;
- солнцезащитные навесы на пляжах ЮБК;
- большое количество покрытий летних площадок, ресторанов, кафе, баров.

Множество тентовых сооружений различного назначения было установлено в городах: Мариуполь, Бердянск, Николаев, Киев (Украина), Кишинев и Окница (Молдавия), Тверь (Россия).

Тентовая архитектура Крыма: сегодня. Расширение сфер использования тентовых сооружений объясняется изменением отношения заказчиков, архитекторов, потребителей к этому типу покрытий – теперь тентовые сооружения не рассматриваются только как технические объекты используемые ограниченное время и потом демонтируемые, а воспринимаются как полноценные сооружения, обладающие возможностью долговременной эксплуатации [1].

В настоящее время в мире различными видами тентовых сооружений ежегодно перекрывается площадь равная небольшому государству. При этом функциональным особенностям тентовых сооружений одного типа могут соответствовать несколько конструктивных схем и наоборот, одна конструктивная система может применяться в зданиях с различным функциональным назначением. Применяемые современным высокоразвитым технологическим сообществом типы сооружений все активнее осваиваются тентовой архитектурой. Более того, тентовая архитектура дает возможность формирования новых типов объектов [2].

Начало XXI века принесло в экономику Крыма большие изменения. Политическая нестабильность на Украине и в Крыму вызвала ее ухудшение, что способствовало спаду производства и внедрения тентовых конструкций.

Крупные производители пива, алкогольных и безалкогольных напитков, мороженого и др. начали выпускать тентовые торговые палатки и павильоны с нанесением своих рекламных брендов на них. Эти палатки и павильоны бесплатно поставлялись реализаторам их продукции. Поэтому у владельцев кафе и баров отпала необходимость в использовании индивидуальных тентовых покрытий для летнего расширения торговых площадей.

В тоже время появилась потребность в большепролетных покрытиях значительных площадей. В 2003 году специалистами НПКО «ТЕНТ» было разработано и внедрено тентовое покрытие танцпола культурно-развлекательного комплекса – «Солнышко» (пригород г. Евпатория) пролетом 26 м и площадью более 1200 кв.м

В 2005 году было разработано и возведено тентовое покрытие летнего кинотеатра туристско-оздоровительного комплекса «СУДАК» пролетом 56м.

В этом же году в было возведено тентовое покрытие теннисного корта размером 18х36м (пгт. Орловка), основной особенностью данного объекта является двухслойная мягкая оболочка. Введены в эксплуатацию тентовое покрытие дельфинария (г. Ялта), комплекс развлекательных павильонов аквапарка «Голубой залив» (п. Симеиз).

Необычайную конструкцию и архитектурную выразительность имеет тентовое покрытие летней площадки кафе «Сидней» (с. Новofедоровка) (рис. 1)



Рис. 1. Тентовое покрытие летней площадки кафе «Сидней».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Тентовая архитектура: завтра. На основании вышеизложенного можно сказать о том, что в Крыму есть потенциальные потребности и возможности применения тентовых структур для подъема динамичного развития Крыма. При этом необходимо решение ряда стратегических хозяйственных задач [5]:

- реформирование санаторно-курортного и туристского сектора путем всесторонней реализации их потенциала за счет внедрения инновационных технологий;
- формирование агросектора на основе развития высококачественного сельскохозяйственного производства на базе современных экологически чистых технологий для обеспечения продовольствием населения и рекреантов;
- модернизация отраслевой структуры промышленности путем использования передовых достижений науки и техники;
- развитие транспортного потенциала обеспечения крымчан и гостей региона;
- создание среды, благоприятной для жизни, снижение уровня бедности, развитие систем образования и здравоохранения.

Дальнейшее освоение и одновременное развитие тентовых сооружений окажет значительное влияние на решение выше поставленных задач[4].

В связи с этим особую значимость приобретают малобюджетные индустриальные сооружения – каркасно-тентовые, быстровозводимые, мобильные, унифицированного характера, простых форм в плане и поперечном сечении. Эти решения позволяют использовать конструктивные приемы в виде плоских конструктивных элементов – арок, рам. Арочные и рамные схемы статически определимы позволяют производить членение их на транспортабельные части и использовать при монтаже простейшие механизмы. Тентовые мягкие оболочки сооружений просты в раскрое и изготовлении.

В настоящее время несущие конструктивные элементы возводимых тентовых сооружений составляют:

- арочный каркас – 37,1%;
- рамный каркас – 48,1 %;
- тросостоечный каркас – 14,8%.

Для таких тентовых сооружений ставится задача дальнейшей разработки и внедрения стандартных конструкций. Для решения этого необходимы два направления исследований и конструктивных разработок:

- расширение номенклатуры тентовых изделий;
- разработка и внедрение типовых и унифицированных узлов и конструктивных решений.

Ко второму приоритетному направлению относится разработка уникальных тентовых конструкций и их систем.

Это разработка сооружений занимающих доминантное положение в градостроительной системе полуострова и требующих высокого эмоционального прочтения в среде, например таких большепролетных тентовых конструкций и систем как покрытия стадионов и крытых спортивных сооружений, выставок и городских площадей, для организации праздников и общественных мероприятий.

В этом направлении деятельности помимо разработки непосредственно единичных уникальных тентовых конструкций и сооружений, необходимо решать комплексные вопросы формирования крупных градостроительных комплексов и системных объектов архитектурно-пространственной среды.

Тентовые сооружения найдут свое применение во всех сферах народного хозяйства Крыма: рекреационной (киноконцертные залы и развлекательные комплексы, летние кафе и рестораны), торговой (крытые рынки и павильоны), сельскохозяйственной (ангары, склады, зернохранилища, животноводческие комплексы), производственной (цеха, склады), транспортной (аэропорты, вокзалы), спортивных сооружений и сооружений специального назначения.

ВЫВОДЫ

1. В Крыму есть потенциальные возможности применения тентовых сооружений - быстровозводимых, мобильных, легко трансформирующихся в соответствии с изменением функции, относительно не дорогих, а значит более востребованных.

2. Номенклатура тентовых сооружений для Крыма находится в прямой зависимости от экономического развития его основных хозяйственных сфер – рекреационной, агросектора, промышленности. Особую значимость приобретают малобюджетные тентовые сооружения массового использования.

3. Тентовые сооружения используют новейшие материалы с максимально облегченным весом, разработки универсальных конструктивных систем, принципы трансформации, что позволяет формировать тентовую архитектуру практически любой конфигурации неограниченной протяженности и объема.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мыскина О.В. Архитектура тентовых сооружений: проблемы формообразования. Дисс. ... канд. архитектуры.-М2003.- 279с.
2. Скопенко В.А. Тентовая архитектура: вчера, сегодня, завтра. Академический вестник УралНИИпроект РААСН., 2010.- №1, -С.30-36.
3. Скопенко В.А. Тентовая архитектура: индустриальные возможности. Академический вестник УралНИИпроект РААСН., 2010.-№3, -С.64-69.
4. Хайрулин А.А. Тентовые конструкции современный этап развития. Взгляд из центральной России. СЭТС. Кам.ПИ., 2007.-№2.-С.29-40.
5. Крым. Инвестиции в будущее. Консультационный справочник предпринимателя. Симферополь: Общие информационные технологии, 2006.- 34с.
6. Штолько В.Г. Архитектура сооружений с висячими покрытиями.-Киев.- Будівельник.-1979.,- 151с.

УДК 725.573

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ ДЕТСКОГО ДОШКОЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

Стехина А.С., студентка группы АРХ-304, Клиндухова Ю.В., ассистент кафедры Градостроительства

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В данной статье рассматривается процесс формирования функциональных связей детского дошкольного учреждения, его влияние на объемно-планировочное решение здания.

Функциональные связи, функциональная структура, планировка, зонирование помещений, дошкольное учреждение

ВВЕДЕНИЕ

Главное условие для осуществления учебно-воспитательной деятельности дошкольников - это архитектурная среда. Одним из важных моментов при проектировании зданий является учет особенностей восприятия архитектурной среды детьми при формировании пространства для учебно-воспитательной деятельности дошкольных образовательных учреждений. Особенность детской психики такова, что ребенок, в отличие от взрослого, воспринимает мир в соответствии с собственным представлением об окружении, информация по которому постоянно дополняется. Ребенок познает мир, а именно окружающую среду, через «свое представление» о размерах предметов, дальности расстояний, высоте и ширине. Следовательно, необходимо создать

такие условия пребывания ребенка в детском саду, какие позволят ему комфортно себя чувствовать, находясь в любом месте здания.

Объемно-планировочное решение непосредственно зависит от тщательно продуманной схемы функциональных связей. Пространство здания делится на функциональные зоны, которые группируются в наиболее целесообразной последовательности, определяемой последовательностью происходящих процессов.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Исследование происходящих функциональных процессов в дошкольном учреждении и рассмотрение принципов их взаимосвязи.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Классическая функциональная модель дошкольного учреждения общего типа состоит из набора групповых ячеек, дополнительных помещений специального профиля (музыкальные и спортивные залы, бассейны и т.д.), а также обслуживающих помещений (администрация, медицинские, пищеблок, постирочная).

В дошкольном учреждении общего типа степень групповой изоляции должна быть достаточно высокой. В функциональном отношении каждая групповая ячейка в здании автономна. Детские группы поочередно и организованно выводятся в залы для музыкальных и гимнастических занятий или на участок для прогулок или занятий на общей физкультурной площадке. Готовую пищу из пищеблока персонал доставляет непосредственно в групповую ячейку (в буфетную), где происходит порционирование с использованием комплекта столовой посуды. Следовательно, должна быть организована удобная связь между пищеблоком и буфетными групповых ячеек.

Принципиальная модель функциональной структуры дошкольного учреждения заключается в том, что групповые ячейки распределяются по периферии здания, имея хороший фронт естественного освещения, а специализированные и сопутствующие помещения, для удобства пользования, размещаются в центре здания, при сохранении удобных и коротких связей с каждой групповой ячейкой.

На рис.1. представлена функциональная схема детского дошкольного учреждения, в которой могут быть выделены группа помещений, используемых детьми и группа помещений, предназначенных для административно-хозяйственного обслуживания.

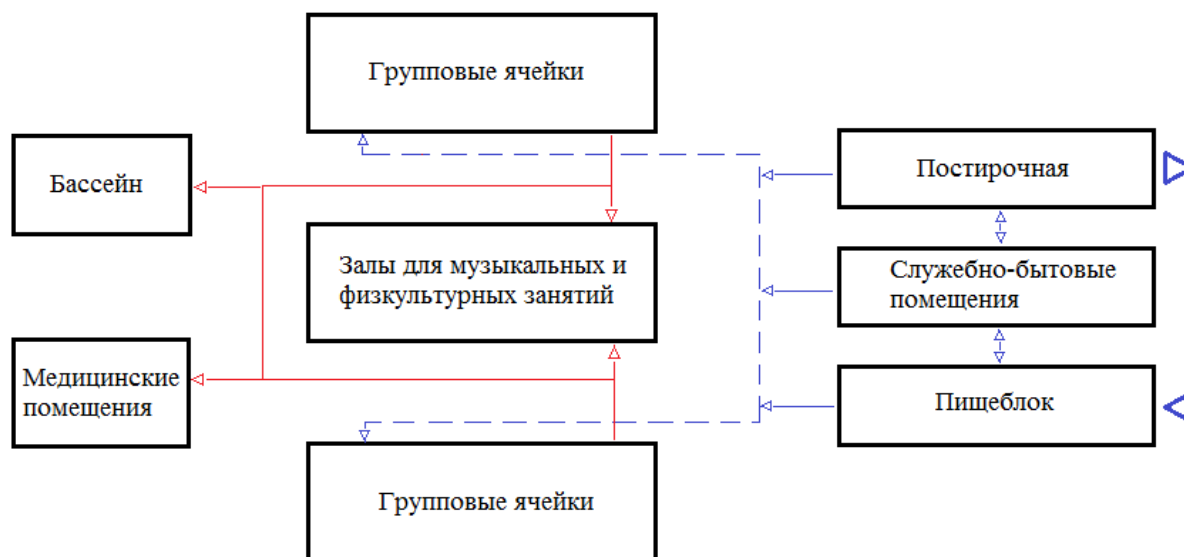


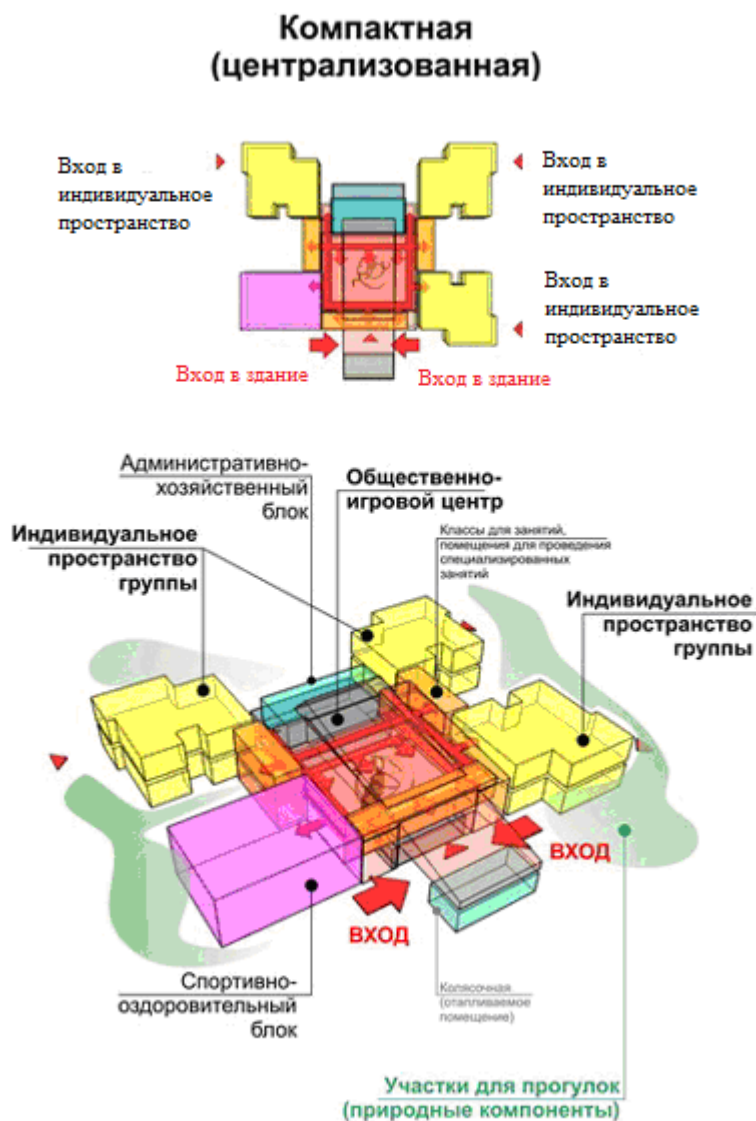
Рис.1. Схема функциональных связей дошкольного учреждения

К первой группе помещений относятся: групповые ячейки, количество и тип которых определяется назначением, вместимостью и комплектацией учреждения; помещения для музыкальных, физкультурных и специализированных занятий с детьми

(зал для музыкальных и гимнастических занятий, плавательный бассейн, логопедический кабинет, класс предметно-практического обучения и др.); медицинские помещения. Между этими помещениями должна быть удобная функциональная связь, обеспечивающая более короткий путь для детей внутри здания.

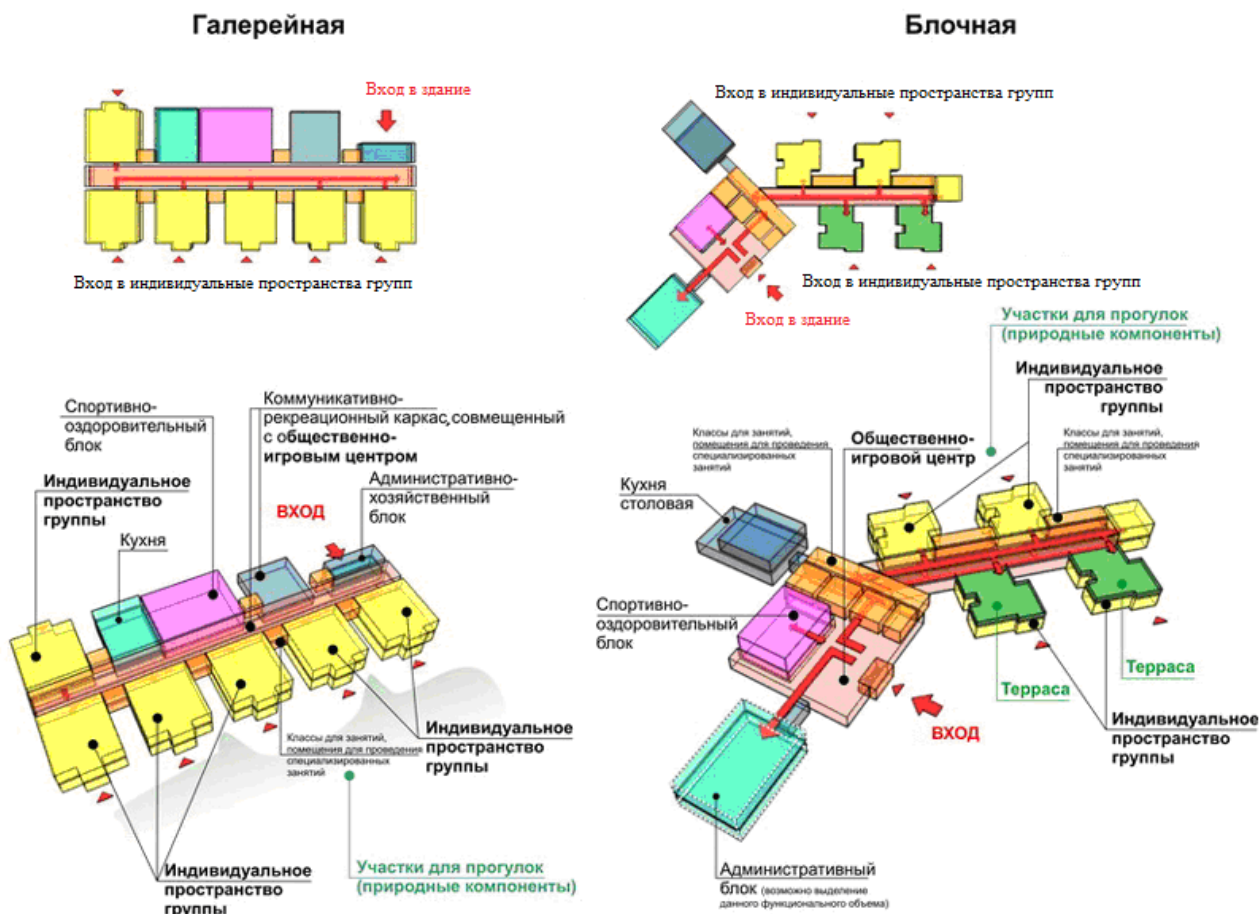
Ко второй группе помещений относятся: служебно-бытовые помещения, пищеблок и постирочная, технические помещения.

Основные функциональные связи в дошкольном учреждении дают основания для разработки объемно-пространственных схем зданий, соответствующих современному учебно-воспитательному процессу (рис. 2).



а) Компактная схема

Рис.2а Схемы объемно-пространственных композиций дошкольного учреждения



б) Галерейная схема

в) Блочная схема

Рис.2 б,в. Схемы объемно-пространственных композиций дошкольного учреждения

Формирование объемно-пространственной структуры здания определяется размещением его на участке. Взаимосвязи основных функциональных элементов архитектурной среды строятся согласно принципу группировки основных помещений, которые могут быть расположены:

- в одном объеме на одном или в разных уровнях (компактная схема);
- в одном объеме с концентрацией групповых ячеек в одном месте и последующим размещением всех функциональных зон в одном или в разных уровнях (галерейная схема);
- в разных объемах на одном или разных уровнях (блочная схема).

Архитектурный объем типового дошкольного учреждения может создаваться по нескольким пространственным схемам (компактной, галерейной и блочной). Все схемы отображают единство комплекса с различным взаиморасположением одинаковых функций внутри здания. С точки зрения функционального зонирования, наилучшим вариантом является компактная (централизованная) схема здания. Так как административно-хозяйственные помещения и залы для спортивных и музыкальных занятий размещаются в центре здания, при этом сохраняя удобные и короткие связи с каждой групповой ячейкой.

Групповая ячейка – одна из самых важных составляющих детского сада, в ней протекает учебно-воспитательный процесс, и здесь дети проводят большую часть своего времени.

Все групповые ячейки в дошкольном учреждении должны проектироваться универсальными. Для этого необходимо в составе групповой ячейки иметь пять помещений (раздевальная, групповая, спальня, буфетная и туалетная) с соответствующими площадями. Блоки групповых ячеек целесообразно делать с

идентичным планировочным решением поэтажных планов, тогда легче решаются вертикальные коммуникации.

Помещения групповой ячейки рекомендуется проектировать таким образом, чтобы взаимосвязь всех помещений осуществлялась через групповую, которая функционально должна быть связана с раздевальной, спальней, туалетной и буфетной (рис. 3)

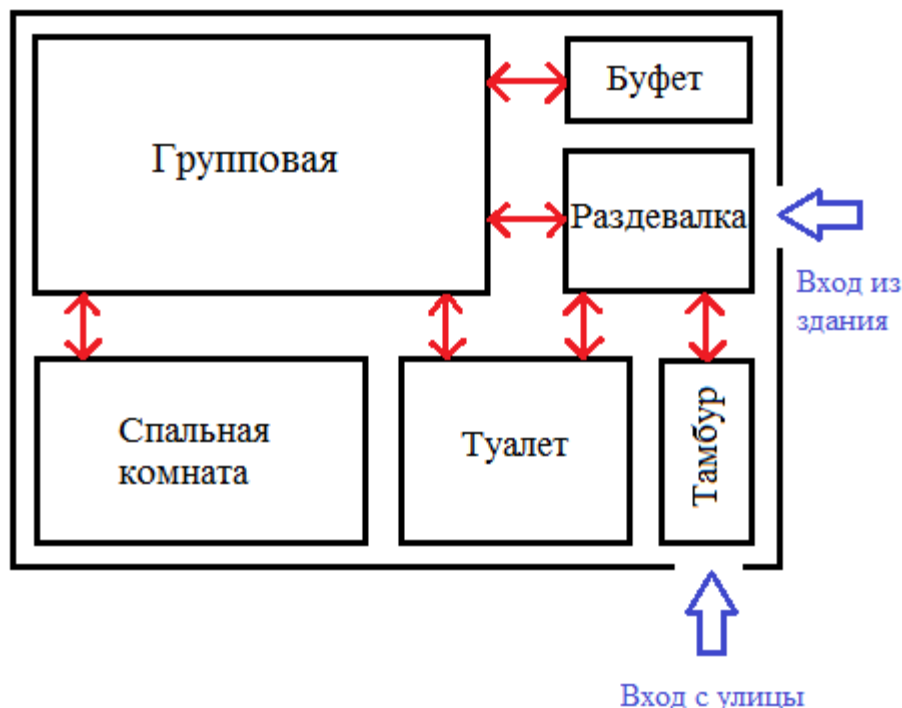


Рис. 3. Схема взаимосвязи помещений в групповой ячейке

Пространственная среда помещений, предназначенных для детей, должна быть ограничена зонами, доступными для визуального освоения их ребенком.

Важнейшее требование, предъявляемое к групповой, - наличие хороших условий для игр и занятий детей, в соответствии с чем, помещение должно иметь зонирование на игровое пространство и пространство, отведенное для занятий и питания детей.

ВЫВОДЫ

Функциональные связи детского дошкольного учреждения непосредственно оказывают влияние на создание объемно-планировочного решения здания.

Функционально-планировочная композиция должна отражать назначение здания в зависимости от контингента воспитанников и иметь четкую структуру, обеспечивающую максимальный комфорт для детей и обслуживающего персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система нормативных документов в строительстве. Московские городские строительные нормы. Дошкольные учреждения. МГСН 4.07-96. ТСН 31-307-96. Дата регистрации: 18.09.96.
2. Пособие к МГСН 4.07-96. Дошкольные учреждения. Москомархитектура от 1997-06-25.
3. ДБН В.2.2-4-97 Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів. Держкоммістобудування, Київ 1998.
4. Гельфонд А.Л. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений – Москва: "Архитектура-С", 2007.
5. Лемихова Н.В. Психология восприятия как формообразующий фактор в архитектуре детских дошкольных учреждений [Электронный ресурс] Доступ к статье: http://archvuz.ru/2009_4/2.

РАЗДЕЛ 2.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

УДК [624.07(092)+929](477)

ШУХОВ ВЛАДИМИР ГРИГОРЬЕВИЧ – ГЕНИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ МЫСЛИ

Гордость отечественной науки
Академик И.П. Бардин
(к 160-летию со дня рождения)

Ажермачёв Г.А., к.т.н., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Герой Социалистического труда, член-корреспондент Академии наук СССР И.М. Рабинович сказал о В.Г. Шухове: «Поражает огромное количество разработанных сооружений, спроектированных и возведенных под руководством одного человека, уверенно взвалившего на свои плечи, на свою ответственность и легко несущего этот груз, как бы не замечая его тяжесть». Это больше пятисот объектов: резервуары для нефтепродуктов, танкеры, насосы, крекинг-заводы, нефтепроводы, паровые котлы, платформы для орудий, водонапорные башни, маяки, заводские цеха, гражданские здания, мосты, доменные печи и т.д. Но наибольший вклад Шухов В.Г. внес в строительную науку. Очень многое из того, что сделал Владимир Григорьевич, отмечено эпитетами: «впервые в мире», «крупнейший в мире», «самый совершенный в мире», «наиболее экономичный».



Рис. 1. В.Г. Шухов – студент МИТУ

Академик, Герой Социалистического труда Владимир Григорьевич Шухов родился 26 августа 1853 г. в старинном городке Гайворон Курской губернии.

Володя Шухов с отличием окончил гимназию в Петербурге, блестяще выдержал вступительные экзамены и поступил на механический факультет Московского Императорского Технического училища (ныне МВТУ) «казеннокоштным» студентом, который с отличием и золотой медалью окончил в 1876 г. (он даже был освобожден от защиты дипломного проекта) и командирован в США для изучения американской техники.

Совет МИТУ постановил оставить В.Г. Шухова при училище для подготовки к профессорской деятельности. Выдающийся академик П.Л. Чебышев предложил ему совместно работать в области теоретической математики и аналитической механики (рис.1.)

Вернувшись из поездки в США, Шухов отклонил все лестные предложения и избрал путь практической инженерной деятельности.

В 1878 г. В.Г. Шухов поступил на должность главного инженера в контору А.В. Бари, с которым познакомился на выставке в Филадельфии, посвященной столетию независимости США. Инженерный гений В.Г. Шухова превратил небольшую вначале

контору в одну из передовых технических фирм России. Недаром фирму А.В. Бари называли «конторой по эксплуатации изобретений Шухова».

Отец русской авиации профессор МИТУ Николай Егорович Жуковский с гордостью писал о воспитаннике технического училища: «В разрешение всех вопросов, с которыми Владимиру Григорьевичу пришлось соприкасаться за продолжительное время его технической деятельности, он вносил тонкое научное исследование и оригинальность мысли».

При разработке проектов разных сооружений В.Г. Шухов всегда обсуждал со своими ближайшими сотрудниками, инженерами поставленную задачу. Такие совещания проходили интересно, живо. Своими остроумными предложениями он увлекал весь коллектив. Обычно В.Г. Шухов предлагал всем подумать над решением задачи несколько дней. Снова коллективно заслушивали предложения каждого сотрудника. В конце обсуждения Владимир Григорьевич знакомил со своим вариантом решения. Этого момента всегда ждали с нетерпением.

В 1878 г. В.Г. Шухову предлагается самостоятельное руководство филиалом фирмы в Баку, продолжая работать главным инженером конторы Бари. Здесь, знакомясь с развивающейся молодой нефтяной промышленностью России, он увидел, как десятки отечественных и зарубежных предприятий варварски используют несметные нефтяные богатства, увидел убогую, примитивную технику добычи, хранения, перевозки, переработки и сжигания нефти, увидел жесточайшую эксплуатацию рабочих.

Деятельность В.Г. Шухова оказала огромное влияние на развитие нефтяной промышленности. Вот как охарактеризовал его работы крупный ученый, директор Всесоюзного нефтегазового научно-исследовательского института член-корреспондент Академии наук СССР А.П. Крылов: «В сравнительно короткий срок изобретения и усовершенствования В.Г. Шухова коренным образом изменили технику нефтяного производства. Его предложения были поддержаны Д.И. Менделеевым. Уровень техники хранения и транспорта нефти соответствовал архаическим методам ее добычи. В.Г. Шуховым были рассчитаны, сконструированы и построены первые цилиндрические резервуары из металла, первый нефтепровод с подогревом для перекачки нефти, форсунки для сжигания нефти, распыленной паром. Глубокий математический анализ и инженерный расчет в сочетании с экономическими соображениями позволили В.Г. Шухову дать законченную теорию сооружения резервуаров минимального веса. В результате сложных исследований и расчетов им были получены простые формулы расчета нефтепроводов, которые стали классическими».

Паровые котлы В.Г. Шухова – эпоха в котлостроении, классика, ставшая незыблемым достоянием всей литературы, от учебной и специальной до популярной.

Мировая история техники занесла замечательные изобретения В.Г. Шухова в свои скрижали. Но шуховские котлы – это не только история. Некоторые из них служат еще и сейчас. Поразительный пример редчайшего долголетия для века стремительного прогресса техники, когда многие инженерные творения, едва успев появиться, устаревают, уступая дорогу новому.

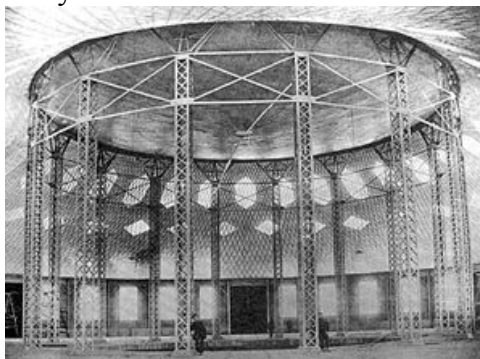


Рис.2. Большепролетный павильон в Нижнем Новгороде на Всероссийской промышленной выставке

В период первой мировой войны контора Бари выполняла ряд важных военных заказов. И здесь инженерный гений В.Г.Шухова позволил блестяще решить поставленные задачи. Он создал несколько типов плавающих мин с сетями заграждения, спроектировал батопорты – плавучие ворота, закрывающие доступ воде в сухой судоремонтный док, разработал оригинальную конструкцию орудийной платформы и др.

Творчество В.Г. Шухова оставило особенно большой след в строительной технике. Блестящие, подлинно пионерские теоретические работы Шухова по теории устойчивости и прочности пространственных упругих систем позволили ему спроектировать уникальные по сложности сетчатые сооружения.

В 1899 г. Владимир Григорьевич получил две привилегии на новые конструктивные решения сетчатых покрытий. В 1896 г. в Нижнем Новгороде на Всероссийской промышленной выставке он демонстрирует шесть большепролетных павильонов, перекрытых висячими сетчатыми мембранными системами (рис.2). Это было настолько неожиданно и оригинально, что даже специалисты удивились таким сооружениям. Позднее такие системы Шухов применил в покрытиях промзданий.

Висячие покрытия В.Г. Шухова примерно на 50 лет опередили другие страны в применении подобных конструктивных решений. Широкое применение висячих покрытий началось только с 50-х гг. XX века.

Профессор Худяков П.К. писал: «Изыскание вида такой поверхности явилось у изобретателя результатом самостоятельного математического анализа: в существующих курсах инженерного и строительного искусства бесполезно было бы искать на этот случай каких-либо указаний. Поэтому ясно, что подобные покрытия не могли быть созданы заурядным инженером. Для этого нужна была особая, неутомимая пытливость ума самостоятельного инженера, широкая деятельность которого оказала развитию русской промышленности ряд других, не менее важных, услуг... У всех специалистов по инженерному и строительному делу, осматривающих выставочные здания, покрытия инженера Шухова возбудили к себе захватывающий интерес, и особенно потому, что идея их устройства не могла быть позаимствована ни в Европе, ни в Америке».

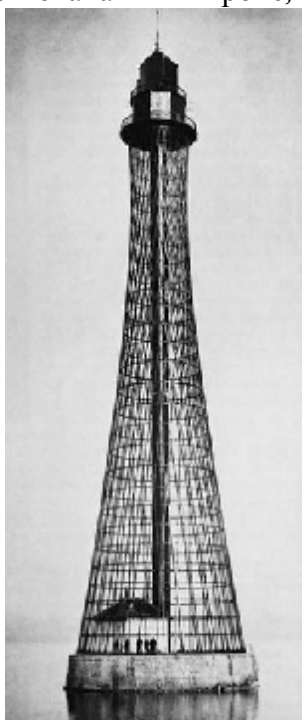


Рис.3. Аджигольский маяк

Еще одно замечательное сооружение привлекало посетителей выставки 1896 г. «Резервуар на 10 тысяч ведер питьевой воды помещается на вершине высокой башни, представляющей своего рода «гвоздь» нынешней выставки», - писалось в ее путеводителе.

«Гвоздь» выставки – это результат дальнейшего развития плодотворной идеи использования в различных конструкциях сетчатых покрытий. Вот как описывает идею сам В.Г. Шухов (в тексте заявки на привилегию): «Ажурная башня, характеризующаяся тем, что остов ее состоит из пересекающихся между собой прямолинейных деревянных брусков, или железных труб, или уголков, расположенных по производящим тела вращения, форму которого имеет башня, склеиваемых между собой в точках пересечения и, кроме того, соединяющих горизонтальными кольцами».

Показанные сооружения в натуральную величину получили широкий резонанс. Даже в зарубежной прессе подробно сообщалось о шуховских конструкциях («The Nijni-Novgorod exhibition: Water tower, romm under construction, springing of 91 feet span». The Engineer, London, 83, 1897, 19.3 – p.292-294).

Гиперболоидная форма нашла широкое применение в практике проектирования и строительства не только металлических, но и железобетонных конструкций (градирни, резервуары для хранения жидкостей и т.д.).

Около 200 металлических водонапорных башен и маяков такой формы были построены по всей стране и за рубежом. Большое количество башен привело к частичной типизации общей конструкции и ее отдельных элементов. Тем не менее, эти серийно изготавливаемые башни демонстрируют поразительное разнообразие форм.



Рис. 4. Башня высотой 108 м в порту Кобе (Япония)

В.Г. Шухов с нескрываемым удовольствием использовал свойство гиперболоида, применяя самые разные формы, например, изменяя положение раскосов или диаметры верхнего и нижнего краев. И каждая башня имела свой, отличный от других внешний вид и свою несущую способность.

Сложная, в том числе и в конструктивном отношении, задача заключалась в том, чтобы установить тяжелые баки на необходимой в каждом случае высоте, зрительно не подавив при этом предельно легкую опору, и всегда решалась с удивительным ощущением формы. Наибольшую высоту среди гиперболоидных башен имела башня Аджигольского маяка – 68 м. Это прекрасное сооружение сохранилось и находится в 80 км к юго-западу от Херсона (рис.3).

Идеи конструктивных решений шуховских башен находят применение и в современных сооружениях. В 1963 г. в порту Кобе (Япония) была построена 108-метровая гиперболическая шуховская башня. Архитекторы Даниэль Рот и Александр Ком в 2003 г.

построили гиперболическую башню Шухова в Цюрихе. 610-метровая гиперболическая башня Шухова была построена в 2005-2009 гг. в Гуанчжоу (Китай).



Рис.5. Покрытие дебаркадера Киевского вокзала в Москве

Сейчас шуховская башня признана международными экспертами одним из высших достижений инженерного искусства. На международной научной конференции «Heritage at Risk. Сохранение архитектуры XX века и всемирное наследие», прошедшей в апреле 2006 г. в Москве с участием более 160 специалистов из 30 стран мира, ученые в своей декларации назвали шуховскую башню в числе семи архитектурных шедевров русского авангарда, рекомендованных на включение в список Всемирного наследия ЮНЕСКО.

В последующие годы были запроектированы и построены по всей стране сотни сооружений с шуховскими конструкциями: в Москве – покрытие дебаркадера Киевского вокзала (рис.5; пролет – 48 м, высота 30 м, длина 230 м), центрального зала Главного почтамта, зала ресторана «Метрополь», музея изобразительных искусств, пассажей ГУМа на Красной площади, цехов на заводах «Динамо», «АМО» и многие другие. На Выксунском чугуноплавильном заводе цех был впервые перекрыт сводом двоякой кривизны.

Особенно следует остановиться на конструктивном решении покрытия пассажей ГУМа на Красной площади, где В.Г. Шухов применил ажурное сводчатое покрытие из арочных элементов, имеющих высоту сечения $1/400$ от пролета, «заставив» их воспринимать одностороннюю снеговую нагрузку за счет преднапряжения арок тонкими наклоненными струнными затяжками (рис.6).



Рис.6. Конструкции покрытия ГУМа на Красной площади в Москве

После гражданской войны под руководством В.Г. Шухова было восстановлено 30 крупных и построено более 400 различных железнодорожных мостов, запроектированы и возведены покрытия мартеновских цехов Кузнецкого и Магнитогорского металлургических заводов, построены доменные цеха и т.д.

В 1919 г. молодое правительство России ставит перед инженерами задачу – обеспечить возможность непосредственной связи с внешним миром и окраинами страны.

По первоначальному замыслу специалистов Государственного объединения радиотехнических заводов для выполнения поставленной задачи требовались радиотехнические сооружения высотой не менее 350 м. В это время в мире существовало единственное сооружение высотой 300 м – Эйфелева башня.

Разработку проекта башни было поручено В.Г. Шухову. Он пошел оригинальным путем, запроектировал башню высотой 350 м. Таких сооружений в мире еще не было. В.Г. Шухов доложил проект в правительстве страны, и, будучи гражданином с большой буквы, высказал свои опасения. Если Эйфелева башня при высоте 300 м имеет массу 8000 т, а запроектированная башня при высоте 350 м – 2200 т, то сможет ли государство при настоящем экономическом состоянии найти столько металла?

Этот довод на заседании правительства сыграл решающую роль. Проект был кардинально переработан. Высота башни составила 148 м. Сократилась дальность приема радиосигналов. Но с уменьшением высоты башни в два с лишним раза вес требуемого металла сократился в десять раз.

Сначала предполагалось разместить московскую радиостанцию в Кремле. Однако вскоре стало понятно, что металлические купола Ивана Великого и Успенского собора, крыши и металлические конструкции Кремлевского дворца помешают радиосигналам, дальность действия которых не превышает в среднем 600-800 км. Поэтому выбрали более подходящее место для строительства по соседству с Шаболовкой.

19 марта 1922 г. вступил в эксплуатацию мощный радиопередатчик Шаболовской радиостанции, а 1 апреля состоялся митинг по случаю выдающегося строительного достижения не только для РСФСР, но и для всего мира (рис.7).



Рис.7. Башня В.Г. Шухова на Шаболовке

Шаболовская радиостанция оставалась главной радиостанцией до 1967 г., когда в Москве был построен новый радиотелевизионный центр с башней высотой 533 м.

В 1417-1420 гг. в г. Самарканде было построено медресе два минарета средневекового астронома и математика Улугбека. На протяжении пяти веков они выдержали несколько катастрофических землетрясений. К началу XX века они имели отклонения от вертикали. В одном это отклонение составляло 1,8 м и требовало немедленного спасения сооружения. В 1932 г. при консультации В.Г. Шухова этот минарет был выправлен. Минарет был отрезан от своего основания и временно закреплен на металлической раме, а затем его установили на железобетонной плите. Выправление минарета высотой 32 м заняло всего несколько дней.

В.Г. Шухов более пятидесяти лет занимался проектированием и созданием оригинальных сооружений. Он является основателем исследовательского и проектного института металлических конструкций – ЦНИИПроектстальконструкция, коллектив которого вместе с дочерними подразделениями насчитывал несколько тысяч специалистов высокого класса. В этом коллективе Владимир Григорьевич проработал до 1939 г. На фасадной стене института установлена мемориальная доска Шухова.

Автору этих строк очень приятно, что, работая в этом институте многие годы, ему посчастливилось встречаться с теми, кто еще работал с В.Г. Шуховым, учиться у них. Это лауреаты многих государственных премий в области металлостроительства: Н.П. Мельников, Г.Д. Попов, А.Г. Соколов, З.И. Брауде и многие другие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стрелецкий Н.С., Гениев А.Н., Балдин В.А., Беленя Е.И., Лессиг Е.Н. Стальные конструкции. / Под общ. ред. Н.С. Стрелецкого. – М., Госстройиздат, 1952. – 852 с.
2. Мельников Н.П. Металлические конструкции. – М., Стройиздат, 1983. – 543 с.
3. Труды III Международной конференции по предварительно напряженным металлическим конструкциям. Т.1, 2, 3. – М., «Мир», 1971.
4. Шухов В.Г. Строительная механика. / Под ред. А.Ю. Ильшинского. – М., 1977. – 192 с.

УДК 624.016

РАБОТА УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТРУКТУРНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ЭЛЕМЕНТАМИ РЕШЕТКИ, ВЫПОЛНЕННОЙ ИЗ КРУГЛОЙ ТРУБЫ

Митрофанов С. В., ассистент каф. МДК

Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

Статья посвящена исследованиям работы узловых соединений структурных плит. Представлены результаты теоретических расчетов и практических испытаний. Выполнен анализ, полученный данных. Произведено сравнение практических и теоретических значений. Сделаны выводы по результатам исследований.

Ключевые слова: структуры, узел структуры, стержневые элементы, метод конечного элемента .

ВВЕДЕНИЕ

После распада Советского Союза основная часть заводов по производству элементов для легких структурных конструкций осталась на территории России. Возможности Украины по быстрому наращиванию производственных мощностей по производству конструкций из эффективных быстровозводимых структурных покрытий значительно снизились. К этому времени появилась необходимость в разработке зданий с уменьшенной сетки колонн с небольшой ячейкой и эффективным защитным покрытием всех элементов структурных конструкций.

Разработанные при участии автора структурные конструкции с ячейкой средних размеров позволяют значительно ускорить выпуск конструкций, которые имеют высокую эффективность при изготовлении и минимальные эксплуатационные расходы. Для их изготовления было создано фасонное узловое соединение, позволяющее быстро выполнить соединение стержневых элементов, не нарушая защитного покрытия [1, 2].

ЦЕЛЬЮ ИССЛЕДОВАНИЙ ЯВЛЯЕТСЯ

численные и экспериментальные исследования узловых соединений структурных конструкций для определения наиболее вероятных причин отказа.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

- разработать компьютерные модели узла соединения структурной системы, определить их напряженно-деформированное состояние (НДС) и возможные схемы разрушения элементов узлового соединения;
- изготовить и провести испытания новых натуральных узлов соединения стержней структурных систем для определения НДС и основных схем разрушения;
- выполнить сопоставление и анализ численных и экспериментальных исследований узлов и схем их разрушения;

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Численные исследования пространственных моделей и элементов структурных конструкций выполнялись на ПК «Ли́ра». Испытания узловых соединений структурной на сжатие выполняли в прессе П-125, а на растяжение в разрывной машине Р-50.

Фасонное узловое соединение серии УФ состоит из восьми стержневых элементов имеющих вилкообразный конец и узлового элемента, в который входят восемь фасонки жестко соединенных между собой [4]. Стержневые элементы представляют собой четыре трубы диаметром 57мм толщиной 3,5мм, и четыре трубы диаметром 47мм толщиной 3мм, каждая из которых имеет вилочный узел. Фасонки выполнены из пластин толщиной 10мм. (Рис.1)

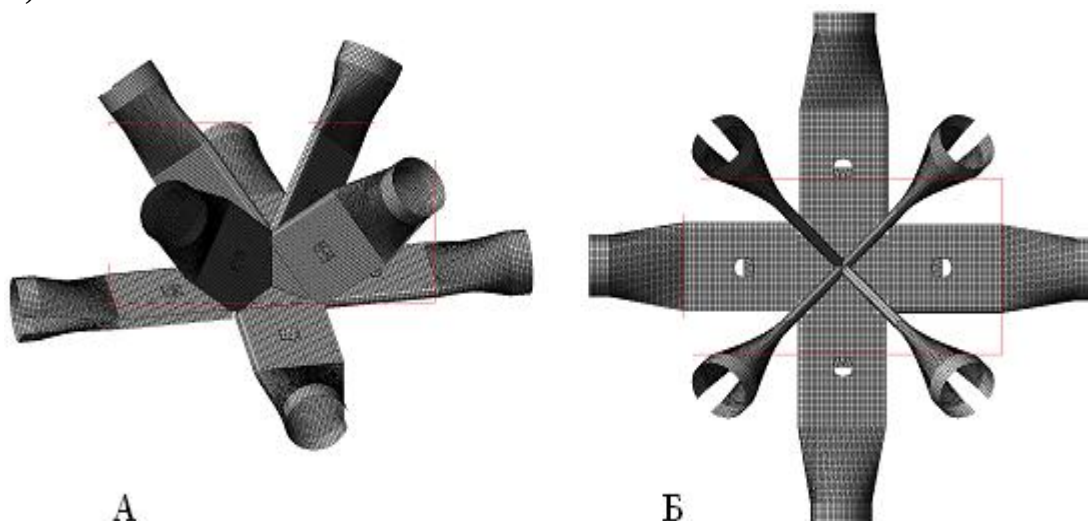
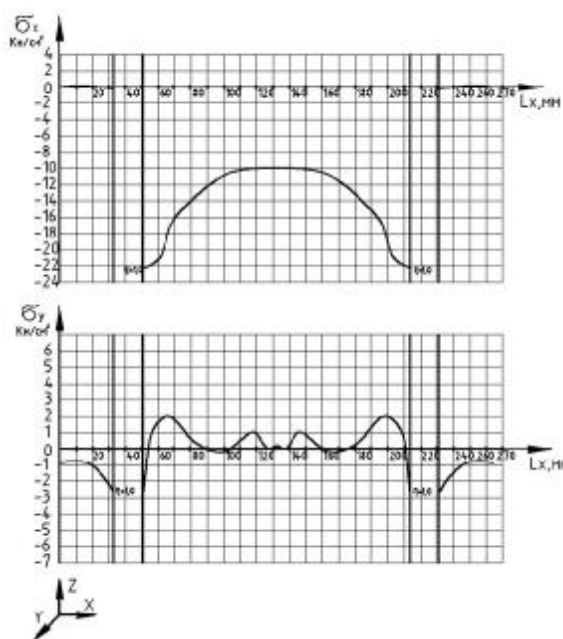


Рис. 1. Расчетная модель узлового соединения системы УФ: А – общий вид расчетной модели узлового соединения системы УФ; Б – вид сверху модели узлового соединения

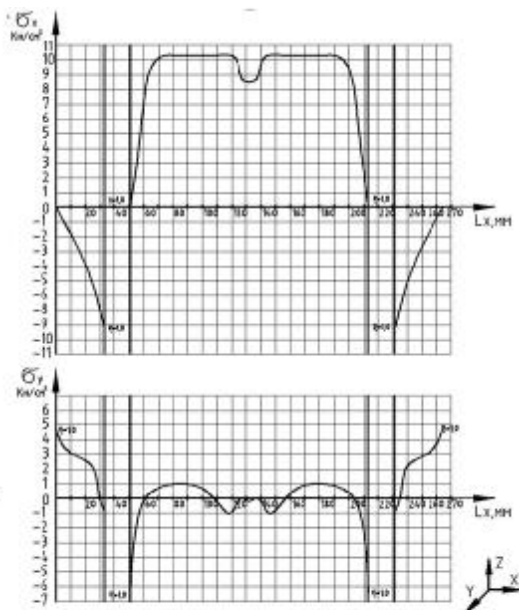
Численные исследования при испытании на сжатие получили, что распределение нормальных напряжений по длине фасонки узлового соединения УФ не равномерно. Продольные напряжения имеют максимальное значение у мест расположения болтовых соединений и уменьшаются к центральной части узла. Уровень продольных сжимающих напряжений у мест расположения болтового крепежа достигает величин смятия металла и достаточно велик в других конечных элементах нижних фасонках. Поперечные напряжения нижних фасонках на участке между болтами имеют знакопеременный характер. График отображает характер напряжений возникающих по наиболее нагруженной плоскости элемента. Плоскость проходит через болтовые соединения и центр стержневого элемента (Рис. 2А).

При численном исследовании на растяжение получили, что максимальными напряжениями являются напряжения растяжения. Их максимальная величина возникает в конечных элементах вблизи отверстия, расположенных на его диаметрально противоположных участках перпендикулярно от направления действующей нагрузки [3].

График отображает характер напряжений возникающих по наиболее нагруженной плоскости элемента. (Рис. 2Б).



А.

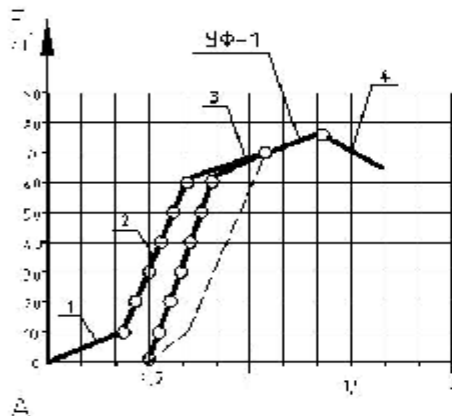


Б.

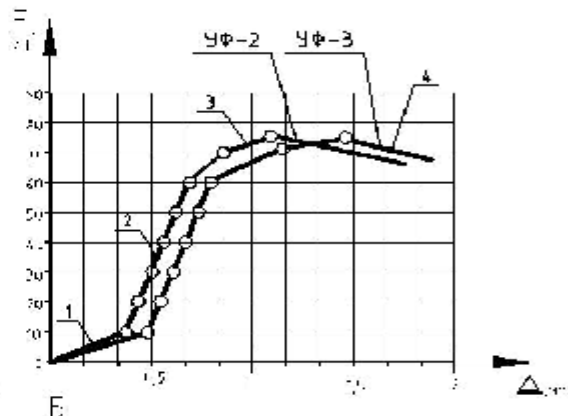
Рис. 2. Графики распределения напряжений в узловом элементе системы УФ на сжатие и растяжение: А - нормальные напряжения σ_x и σ_y в нижней фасонке узла, при сжатии; Б - нормальные напряжения σ_x и σ_y в нижней фасонке узла, при растяжении

По величине напряжения в этих конечных элементах превышают прочность металла на разрыв, и очевидно здесь будут зарождаться трещины. Вместе контакта болта со стержневым элементом по направлению действующей нагрузки возникают большие локальные напряжения близкие к прочности металла на смятие. Далее расположена зона в которой возникают напряжения сжатия достаточно большой величины. Эта область распространяется от места расположения болтового соединения по направлению действующей нагрузки к свободному торцу элемента. Наиболее вероятным разрушением этого элемента будет - вырыв. (Рис. 2Б).

Графики зависимости деформаций смещения стержневых элементов от осевых нагрузок для узловых соединений 1, 2, 3 представлены на Рис. 3 и 4. Из графиков видно, что узловые соединения, при испытании на сжатие (рис. 3), имеет четыре стадии работы.



А



Б

Рис. 3. Графики зависимости деформаций смещения стержневых элементов в узловых соединениях структурной системы УФ от сжимающих нагрузок: А – Узловое соединение 1; Б – Узловые соединения 2, 3; 1, 2, 3, 4 – стадии работы узлового соединения

На первой стадии работы происходят смещения нагружаемых элементов, связанные с податливостью болтового соединения. Эти смещения не большие, поскольку при центровке образца основная величина этих смещений была выбрана. На второй стадии соединения работает упруго, деформации узла пропорциональны прикладываемой нагрузке на узел. На третьей стадии работы при нагрузке более 62кН появляются неупругие деформации узлового соединения. Это связано со смятием металла стенок стержней, а также деформациями изгиба и смятия болта.

На четвертой стадии работы соединение переходит в упруго пластическую стадию работы, увеличиваются деформации смятия металла на границе контакта болта и отверстия, а также в крайних фибрах нагружаемых фасонки критические напряжения достигают напряжений, равных напряжениям предела текучести. Причина разрушения узлов является потеря устойчивости нагружаемых фасонки и смятия металла стенок стержневых элементов вместе контакта с болтом.

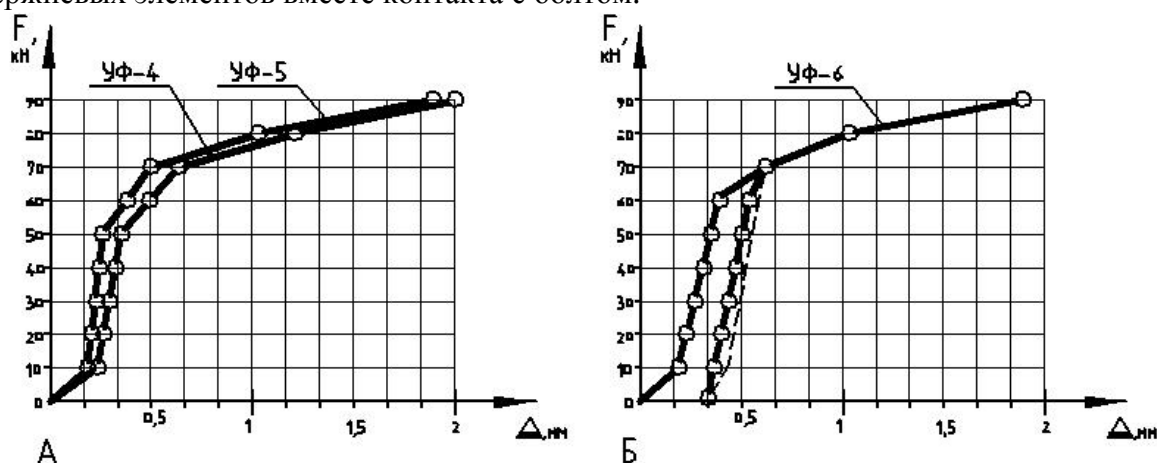


Рис. 4. Графики зависимости деформаций смещения стержневых элементов в узловых соединениях структурной системы УФ от растягивающей нагрузки: А – Узловое соединение УФ-4, УФ-5; Б – Узловые соединения УФ-6.

Узловые соединения, при испытании на растяжение (рис. 4), при первой ступени нагружения были зафиксированы деформации смещения элементов равные 0,3мм. На второй, третьей и последующих ступенях загрузки деформации смещения элементов узлового соединения уменьшились. Показания приборов свидетельствовали о том, что соединение работает в упругой стадии. Изменений деформаций при выдержке узлового соединения под нагрузкой не происходило.

При пятой ступени нагружения индикаторы показали увеличение деформаций взаимного смещения стержневых элементов узлового соединения. При этом начало происходить деформирование стержневого элемента в месте нахождения продольной прорези

Дальнейшее увеличение нагрузки приводит к потере местной устойчивости деформированного торцевого участка стержня. Потеря местной устойчивости вызвала поперечные деформации стенок вилочного соединения стержневого элемента и как не странно способствовала увеличению разрушающего усилия соединения при растяжении. При поперечной деформации стенок вилочного соединения головка болта и его гайка начинают контактировать с деформированными стенками вилочного соединения, что приводит к включению их в работу. Поскольку размеры головки болта и его гайки значительно превышают диаметр стержня, то несущая способность узлового соединения на растяжение оказалась выше несущей способности на сжатие.

Сопоставление результатов численных и экспериментальных исследований показало, что наиболее вероятной формой отказа узловой системы УФ при сжатии будет потеря устойчивости пластины узлового соединения. При растяжении наиболее вероятной

формой отказа будет смятие с последующей местной потерей устойчивости стенки стержневого элемента.

Выводы:

Причиной разрушения узловых соединений структурной конструкции при действии осевых усилий является потеря устойчивости фасонки узлового элемента от сжимающих усилий. Форма потери устойчивости совпадает с первой формой потери устойчивости, полученной на расчетной численной модели узлового соединения. Разрушающие нагрузки при экспериментальных испытаниях незначительно превышают расчетные усилия, полученные на компьютерных моделях узловых соединений.

Анализ напряженно деформированного состояния узлов, полученный на электронных моделях, позволяет с достаточной точностью прогнозировать наиболее вероятный отказ узлового соединения. Характер разрушения узлов, полученный на электронных моделях, совпадает с результатами, полученными при натурных испытаниях узлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трофимов В. И., Бегун Г. Б., Структурные конструкции. – М.: Стройиздат, 1972. - 172с.
2. Металлические перекрестно стержневые пространственные конструкции покрытий. Файбишенко В.К.// Обзорная информация. – М.: ВНИИТПИ, Серия, Строительные конструкции. Выпуск. 6.-1990г.-83с.
3. Пакет прикладных программ «Лира W. 9.4». К., НИИАС, 2008.
4. Митрофанов В.А., Синцов В.П., Митрофанов С.В., Пространственная стержневая конструкция.// Патент Украины №32150. - К.: УКРПАТЕНТ, Бюл. № 9, -2008.- 4 с.

УДК 69.057; 69.07

СБОРНО-МОНОЛИТНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ. СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТА

Пушкарёв Б. А., к.т.н., доц., Кореньков П. А., аспирант

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Обоснована актуальность широкого применения сборно-монолитных конструкций в сложных условиях, в том числе при сейсмических воздействиях, с целью индустриализации строительства. Приведены особенности расчёта сборно-монолитных конструкций – т. е. необходимости расчёта сборной конструкции до приобретения заданной прочности бетоном замоноличивания и расчёта сборно-монолитной конструкции в целом после приобретения бетоном замоноличивания заданной прочности. Предложена новая конструкция сборно-монолитного перекрытия с применением предварительно напряжённых панелей с выступами (опалубкой) и выпусками арматуры.

Сборно-монолитные железобетонные конструкции, себестоимость, сроки строительства, индустриализация, особенности расчёта, конструирование

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время актуальной задачей является снижение стоимости строительства за счёт увеличения его индустриализации. Это означает максимально возможный перенос трудоёмких ручных работ, выполняемых на строительной площадке, на не загруженные мощности существующих заводов по производству строительных конструкций, в том числе железобетонных.

Постановка такой задачи связана с неоправданно большим применением монолитного строительства обычных зданий, которые вполне могут быть выполнены в сборном или сборно-монолитном исполнении. При монолитном строительстве сроки строительства увеличиваются в полтора – два раза, а себестоимость строительно-монтажных работ увеличивается от 30 до 50%. Поэтому возвращение к сборному и сборно-монолитному строительству в условиях дефицита бюджетных средств и относительно небольших доходов населения в настоящее время является актуальной задачей.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Исследования сборно-монолитных железобетонных конструкций проводятся, в основном в области конструирования различных систем и обеспечения надёжности соединения сборного элемента с бетоном омоноличивания.

Ещё в 1936 году А.А. Гвоздев, А.П. Васильев, С. А. Дмитриев в своей работе [1] предложили модель для изучения сцепления нового бетона со старым. Они изучали прочность склеенного бетона на сжатие, растяжение, сдвиг при применении эпоксидных и акриловых клеев. Учёные Полтавского института О.О. Довженко, В.В. Погребний, Т.Ю. Качан, А.Р. Скубицкий [2, 3] в 2010 - 2011 году провели экспериментальные исследования клеевого соединения нового бетона со старым на примере образцов Гвоздева и Мерша и установили, что при применении современного клея УП-5-207М ТУ6-05-242-221-83 прочность соединения шва, расположенного на линии действия внешней нагрузки, превышает прочность монолитной конструкции и достигает 22 МПа. Такой результат позволил им сделать вывод о целесообразности применения этого клея для клеевых соединений железобетонных сборно-монолитных конструкций. Е.П. Гуров из Санкт-Петербурга в своей работе [7] предложил новую конструкцию сборно-монолитных ригелей вписанных в толщу перекрытия (со скрытыми опорными консолями) и как вариант — сборно-монолитный ригель, выступающий за нижнюю плоскость перекрытия (с открытыми опорными консолями). А.С. Семченков [8] обосновывает целесообразность применения сборно-монолитных систем для многоэтажных зданий. Белорусские строители впервые в мировой практике разработали и построили девятиэтажные здания с монолитными ригелями из напрягающего бетона и предварительно напряжёнными многопустотными плитами дисков перекрытий с хорошими технико-экономическими показателями. Исследованиями в области сборно-монолитных конструкций занимались В.Н. Байков, В.И. Таркатюк, Н.М. Золотова, В.Г. Микульский, В.В. Козлов А.Н. Шутенко, Н.А. Псурцева, В.В. Душин и др. [4 – 6,10].

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

В настоящей статье авторы поставили перед собой цель обратить внимание заказчиков (инвесторов) а также проектировщиков и строителей на промежуточный между сборными и монолитными конструкциями класс сборно-монолитных конструкций. Показать его преимущества, сферы применения и особенности расчёта.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ нормативной и технической литературы по вопросам сферы применения и особенности расчёта сборно-монолитных железобетонных конструкций.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Сборно-монолитные конструкции представляют собой экономически обоснованное сочетание сборных железобетонных конструкций и монолитного бетона с дополнительным армированием. Применение монолитного бетона позволяет восстановить неразрезность конструкций, использовать сборные конструкции как несъёмную опалубку, включив их при помощи несложных мероприятий (шпонки, выпуски арматуры) в совместную работу. Этот класс конструкций сочетает в себе положительные свойства сборного и монолитного железобетона, повышая качество и снижая сроки строительства [9].

Сборные элементы, как правило, целесообразно применять с предварительным напряжением, как специально запроектированные, так и типовые обычные элементы сборных конструкций, (перекрытия, пояса, балки, ригели, панели дна и стен резервуаров и др.). Дополнительную арматуру при монтаже можно укладывать на остоу из сборных элементов или в инвентарной опалубке. Размеры сборных элементов назначают из условий простоты их изготовления, эффективного расположения в конструкции и обеспечения необходимой прочности швов сопряжения с монолитным бетоном (рис.1). Сборные элементы изготавливают из бетона относительно высоких классов, бетон же монолитных участков может быть класса С12/15.

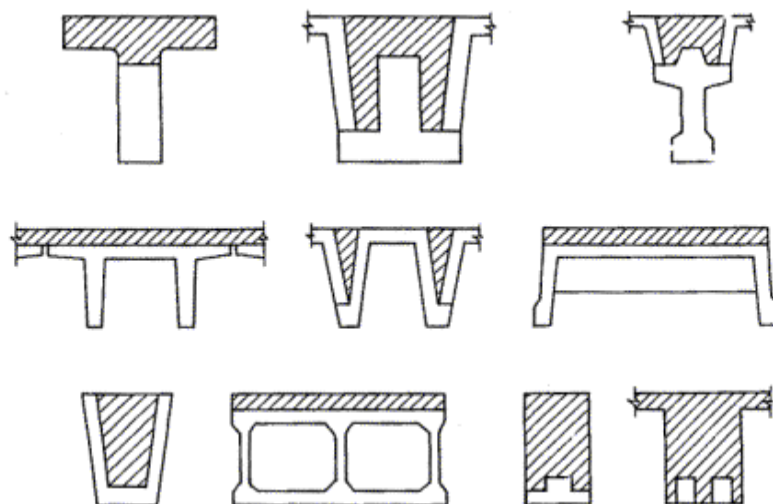


Рис. 1. Сечения сборно-монолитных конструкций (заштрихован монолитный бетон)

В сборно-монолитных конструкциях весьма эффективно применение самонапрягающегося монолитного бетона и высокопрочной арматурной стали. Работа сборно-монолитных конструкций характеризуется тем, что деформации монолитного бетона следуют за деформациями бетона сборных элементов, и трещины в монолитном бетоне не могут развиваться до тех пор, пока они не появятся в предварительно напряжённом бетоне сборных элементов. Опыты показали, что совместная работа сборных предварительно напряжённых элементов и монолитных частей возможна и при бетонах на пористых заполнителях [10]. Сборно-монолитные конструкции, также как и монолитные конструкции, следует применять в особых условиях, в том числе при сейсмических воздействиях.

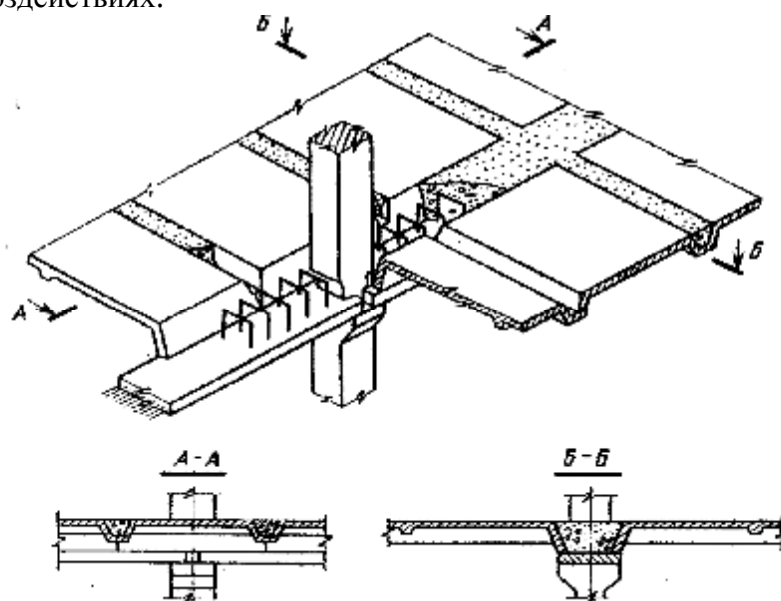


Рис. 2. Ребристые сборно-монолитные перекрытия с остовом из железобетонных панелей

Особенности расчёта. Сборно-монолитные конструкции следует рассчитывать по прочности, образованию, раскрытию трещин и по деформациям для следующих двух стадий работы конструкций:

- до приобретения заданной прочности бетоном, уложенным на месте использования конструкции (бетоном омоноличивания), на воздействие массы этого бетона и других нагрузок, действующих на данном этапе возведения конструкции;
- после приобретения заданной прочности бетоном, уложенным на месте использования конструкции (бетоном омоноличивания), на нагрузки, действующие на этом этапе возведения и при эксплуатации конструкции.

Расчёт сборных элементов до приобретения бетоном омоноличивания заданной прочности производится в соответствии с требованиями ДБН В.2.6-98, расчёт элементов сборно-монолитных конструкций после приобретения бетоном омоноличивания заданной прочности – в соответствии с ДСТУ Б В.2.6-154:2010, включая расчёт сцепления шва между сборным элементом и монолитным бетоном. Значения нагрузок и воздействий, коэффициентов надёжности по нагрузкам, коэффициентов сочетаний, а также разделение нагрузок на постоянные и временные (длительные и кратковременные) следует принимать в соответствии с требованиями ДБН В.1.2—2: 2006; значения прогибов и перемещений по ДСТУ Б В.1.2—3:2006.

Материалы для сборно-монолитных конструкций и их характеристики принимают в соответствии с ДСТУ Б В.2.7-43, ДБН В.2.6-98, ДСТУ 3760, ГОСТ 23478, ГОСТ 10922.

Надёжную связь бетона омоноличивания с бетоном сборных элементов рекомендуется осуществлять с помощью арматуры, выпускаемой из сборных элементов, путём устройства бетонных шпонок или шероховатой поверхности, или с помощью других надёжных, проверенных способов. При этом в проектах рекомендуется предусматривать меры по обеспечению проектного положения выпущенной из сборных элементов арматуры, а также по защите её от коррозии и давать указание о том, что поверхности сборных элементов конструкции, подлежащие омоноличиванию, должны быть тщательно очищены и промыты.

При проектировании сборно-монолитных конструкций необходимо обеспечивать их класс огнестойкости в соответствии с требованиями ДБН В.1.1-7 и других нормативных документов.

РАСЧЁТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ ПЕРВОЙ ГРУППЫ

В соответствии с ДБН В. 2.6-98:2009 (пункт 2.1.3.7) в качестве основного метода расчёта бетонных и железобетонных конструкций следует использовать метод сечений (нормальных, наклонных, пространственных) с учётом свойств материалов.

При соответствующем обосновании расчёт допускается выполнять на основе:

- специально разработанных и выполненных теоретических и (или) экспериментальных исследований на моделях или натурных конструкциях;
- численного метода, который основывается на методе конечных элементов;
- методов расчёта на основе вероятностного расчёта при наличии достаточных данных об изменчивости основных факторов, содержащих расчётные зависимости, и соответствующего обоснования точности расчётного аппарата.

В ДСТУ Б В.2.6-154:2010 приводятся основные положения, гипотезы, допущения и порядок следующих расчётов:

- расчёт железобетонных сборно-монолитных элементов по несущей способности деформационным методом по нормальным сечениям;
- расчёт прочности сечений, наклонных к продольной оси элемента;
- расчёт прочности контактных швов на сдвиг и на усталость.

РАСЧЁТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ ВТОРОЙ ГРУППЫ

Расчёт железобетонных сборно-монолитных конструкций по предельным состояниям второй группы выполняется на основании требований ДСТУ Б В.2.6-154:2010 в соответствии с ДБН В.2.6-98 и ДСТУ Б В.2.6-156 на образование, раскрытие трещин и по деформациям.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

При проектировании сборно-монолитных конструкций следует руководствоваться положениями и требованиями ДБН В.2.6-98, ДСТУ Б В.2.6-154:2010, ДБН В.1.1-7 и других нормативных документов. В целях повышения индустриализации изготовления сборно-монолитных конструкций целесообразно использовать крупные сборные элементы и располагать в них основную часть рабочей продольной растянутой арматуры. Особый интерес представляют собой решения по проектированию сборно-монолитных перекрытий зданий и сооружений, являющихся важнейшими элементами, в значительной мере обеспечивающими жёсткость каркаса.

В различных источниках приведено множество примеров по конструированию таких перекрытий, один из примеров приведен на рис. 3.

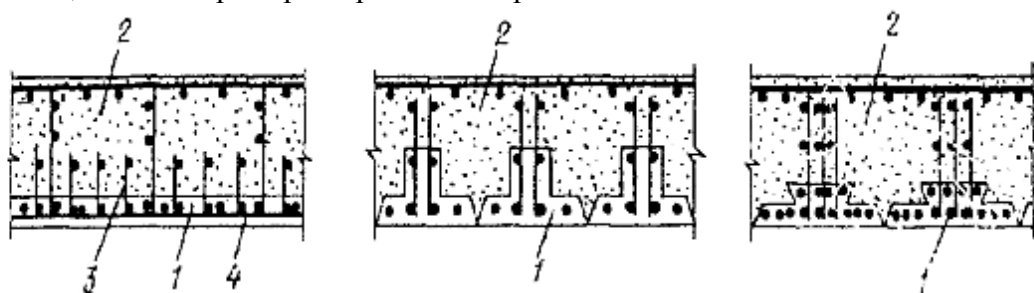


Рис. 3. Сборно-монолитные железобетонные панели под большие нагрузки (до 500 кН/м²):

1- сборные предварительно напряжённые элементы; 2 – монолитный бетон; 3 – дополнительная поперечная арматура; 4 – сетка

В сейсмических районах с целью снижения нагрузки на несущие элементы здания и основание часто применяются многопустотные панели с монолитными участками между ними, рис. 4.

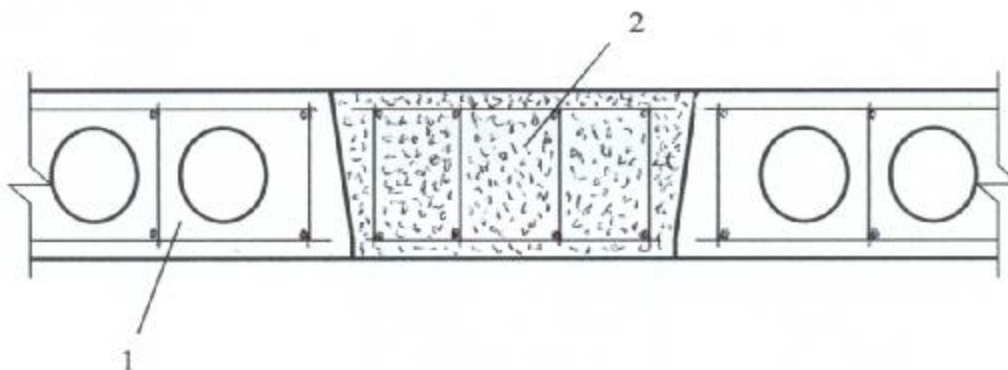


Рис. 4. Сборно-монолитное перекрытие:

1 - сборная многопустотная железобетонная панель; 2 – монолитный железобетонный участок

При этом сцепление монолитного участка со сборной панелью осуществляется при помощи выступов на продольной боковой стороне плиты, что в большинстве случаев недостаточно, кроме того монолитный участок требует устройства инвентарной опалубки с последующей дополнительной отделкой.

Для улучшения сцепления между сборной панелью и монолитным бетоном и ухода от инвентарной опалубки авторами настоящей статьи предлагается следующее решение, рис. 5:

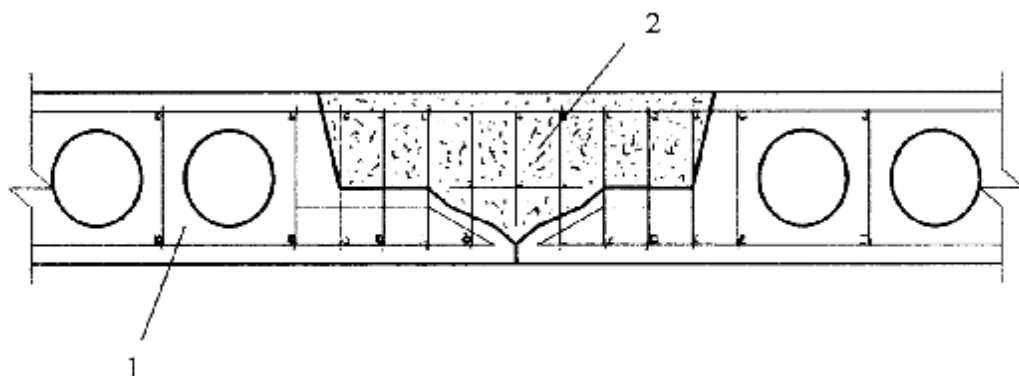


Рис. 5. Сборно-монолитное перекрытие:

1 – сборная многопустотная предварительно напряжённая железобетонная панель с выступами (опалубкой) и выпусками арматуры; 2 – монолитный бетон

Выводы

1. В соответствии с требованиями индустриализации строительства показана обоснованность широкого применения сборно-монолитных конструкций в сложных условиях, в том числе при сейсмических воздействиях;

2. Приведены особенности расчёта сборно-монолитных конструкций в соответствии с действующими нормами проектирования, т. е. необходимости расчёта сборной конструкции до приобретения заданной прочности бетоном омоноличивания и расчёта сборно-монолитной конструкции в целом после приобретения бетоном омоноличивания заданной прочности, включая расчёт контактного шва;

3. Предложена новая конструкция сборно-монолитного перекрытия с применением предварительно напряжённых многопустотных панелей с выступами (опалубкой) и выпусками арматуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гвоздев А.А. Изучение сцепления нового бетона со старым / А.А. Гвоздев, А.П. Васильев, С.А. Дмитриев. – М., Л.: ОНТИ. –1936. – 55 с.
2. Довженко О.О. Дослідження опору бетону зрізу на зразках Е. Мерша / О.О. Довженко, В.В. Погрібний, Т.Ю. Качан // Галузеве машинобудування, будівництво. Збірник наукових праць Полтавського національного техн. ун-ту Юрія Кондратюка. – Полтава: Полт. НТУ. – 2010. – Вип. 2 (27). – С. 31-38.
3. Довженко О.О. Экспериментальные исследования клеевого соединения нового бетона со старым при срезе на примере образцов Гвоздева / О.О. Довженко, В.В. Погребной, А.В. Скубицкий // Бетон и Железобетон в Украине – 2011. – № 3. – С. 13-15.
4. Золотов М.С. Соединение бетонных и железобетонных элементов акриловыми клеями / М.С. Золотов, Л.Н. Шутенко, Н.А. Псурцева, В.В. Душин. – Харьков. Харк. Обл. правление НТО СИ. – 1989. – 68 с.
5. Микульский В.Г. Склеивание бетона / В.Г. Микульский, В.В. Козлов –М.: Стройиздат, 1975. – 236 с.
6. Таркатюк В.И. Подготовка поверхности старого бетона для соединения с новым механизированным инструментом / В.И. Таркатюк, Н.М. Золотова // Сб. научн. тр. Строительство, материаловедение, машиностроение.– Днепропетровск: ПГАСА. – 2005. – Вып.35, ч. 3.– С. 13 – 21.
7. Гуров Е.П. Анализ и предложения по конструктивной надёжности и безопасности сборно-монолитных перекрытий в каркасе серии Б 1. 020.1 – 7 (в системе «АРКОС») / Е.П. Гуров. // Бетон и железобетон.– 2012. – №2. – С. 6-11.

8. Семченков А.С. Регионально-адаптированные сборно-монолитные строительные системы для многоэтажных зданий /А. С. Семченков // Бетон и железобетон.– 2010. – № 3. – С. 2-6.
9. Железобетонные конструкции. Основы теории, расчета и конструирования. Учебное пособие для студентов строительных специальностей. // Под ред. проф. Т.М. Петцольда и проф. В.В. Тура. – Брест, БГТУ, 2003. – 380 с, с ил.
10. Байков В.Н. Железобетонные конструкции. Общий курс: Учебн. для вузов. – 5-е изд. Перераб. и доп. / В.Н. Байков, Э.У. Сигалов – М. Стройиздат, 1991. – 767 с.: ил.
11. Проектирование железобетонных сборно-монолитных конструкций / Н.-и, проект.-конструкт. и технолог. ин-т бетона и железобетона. – М.: Строойиздат, 1991. – 69 с.: ил.
12. ДСТУ Б В.2.6 -154:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Збірно-монолітні конструкції. Правила проектування. К., Укрархбудинформ. 2011. – 20с.
13. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонные и железобетонные конструкции из тяжёлого бетона. Правила проектирования. К., Укрархбудинформ. 2011. – 118с.
14. ДБН В. 2.6-98:2009. Конструкции зданий и сооружений. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. К., Укрархбудинформ. 2011. – 70с.
15. ДБН В.1.1-7-2002. Защита от пожара. Пожарная безопасность объектов строительства. К., Укрархбудинформ. 2003. – 42с.
16. Пушкарев Б. А. Методические указания к расчёту и конструированию сборно-монолитных железобетонных конструкций для студентов специальности "Промышленное и гражданское строительство" 7.06010101 – специалисты и 8.06010101 – магистры всех форм обучения / Б. А. Пушкарев, П. А. Кореньков. – Симферополь : НАПКС, 2013. – 25 с.

УДК 519.8

МЕТОДЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА В ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Чемодуров В.Т., д.т.н., проф., Кузьмина Ю.С.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В статье дается краткий обзор методов системного анализа, применяемых в процессе проектирования механических объектов в различных отраслях техники. Рассматривается подход к методологии физического и математического моделирования. Наибольшее внимание уделено методам программирования математических моделей. Не смотря на существующее многообразие методов поиска экстремума целевой функции основное внимание уделено небольшому числу алгоритмов с целью понимания основ решения задач в детерминированной и стохастической постановках.

Нелинейное и стохастическое программирование, оптимизация, целевая функция, функции ограничений, моделирование, градиент, случайный поиск.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время создание совершенных объектов техники и строительства невозможно без применения современных методов исследования, особенно на этапе проектирования. Одним из таких методов, родившимся в первой половине двадцатого века для решения актуальных задач планирования боевых действий и постепенно внедренным в другие отрасли наук, стал системный анализ.

Данный метод предполагает два этапа действий:

- создание модели функционирования исследуемой системы или единичного объекта статического или динамического (моделирование);
- исследование разработанной модели тем или иным методом с целью получения наилучших результатов (программирование).

Рассмотрим суть данного метода исследования и покажем очень кратко некоторые его возможности.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В настоящее время все проектные работы производятся в строгом соответствии с нормативными и рекомендательными документами по основным элементам строительных сооружений. Причем все проектные работы выполняются для «наихудших» условий функционирования конструкции, то есть на сочетание предельно максимальных нагрузок, что, в принципе, является излишней «перестраховкой».

Рекомендации предназначены для всех организаций, независимо от формы их собственности и принадлежности, осуществляющих проектно-исследовательские и строительные работы. Такой подход удобен как для строительных организаций, так и для контролирующих органов.

В то же время во многих отраслях производства широко используются методы проектирования объектов, базирующиеся на методах системного анализа, позволяющих получить существенные выгоды, как в эффективности функционирования, так и в себестоимости продукции.

В связи с этим, несомненно, актуальным, является анализ строительных конструкций с использованием методов системного анализа. Такой подход позволит оптимизировать параметры элементов строительных конструкций и их конфигурацию.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью исследования является дать краткий обзор методов системного анализа, позволяющих проводить исследовательские и проектные изыскания с целью выявления резервов в экономии ресурсов и добиваться обоснованных выводов в принятии решений.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Из всего существующего многообразия моделей в дальнейшем остановимся на:

- физических моделях, которые сходны с оригиналом по физической природе и геометрической форме;
- математических моделях, которые конструируются из элементов иной физической природы, по сравнению с оригиналом, но описываются той же системой математических зависимостей, что и оригинал.

Физическое и математическое моделирование широко применяется в научных исследованиях. Это объясняется тем, что натурные эксперименты над реальными объектами зачастую невозможно организовать по различным соображениям (экономическим, временным, безопасности личного состава и так далее).

Для моделей, обладающих с натурой одной и той же физической природой, условия их соответствия с оригиналом разработаны в теории подобия. К числу таких условий относится необходимость сохранения геометрического, кинематического, динамического теплового и других элементов подобия, учитываемых в каждом конкретном случае.

Математическая модель реальной системы является тем абстрактным формально описанным объектом, изучение которого возможно математическими методами, в том числе и с помощью математического моделирования.

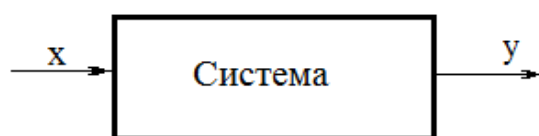


Рис. 1

Схема математической модели

Под математической моделью реальной системы будем понимать совокупность отношений (формул, уравнений, неравенств, логических условий, операторов и тому подобное), определяющих характеристики состояний системы (а через них и выходные сигналы) в зависимости от параметров системы,

входных сигналов, начальных условий и времени.

Схематично математическую модель системы можно представить в виде блока с входными и выходными сигналами (рис. 1). Выходные сигналы (y) часто называются откликом системы на входные сигналы (x). При моделировании систем мы сталкиваемся с задачами трех типов.

1). Если мы знаем уравнения, описывающие поведения системы, входные параметры, то путем решений прямой задачи можно найти отклик системы на заданный входной сигнал. Эту ситуацию моделировать наиболее просто. Уравнения можно вывести в ходе проектирования системы или же написать на основе предыдущего исследования подобных систем.

2). Известны описание математической модели и выходной сигнал, необходимо найти входной сигнал, вызывающий заданный отклик. Либо необходимо подобрать в заданных пределах входной сигнал, вызывающий максимальное или минимальное значение отклика. Эти задачи относятся к классу задач управления.

3). Более сложная задача возникает, когда заданы совокупности входных и соответствующих выходных сигналов, а необходимо найти математическое описание самой системы. Это задача идентификации или структурного синтеза системы. Если природа исследуемого процесса совершенно неизвестна или известна весьма слабо, мы имеем дело с задачей идентификации черного ящика.

Формализованное описание функционирования системы начинается с постановки задачи, где дается формулировка цели, для которой создается система, и определяются факторы $x_i, i = \overline{1, n}$ (входные сигналы), влияющие на состояния системы. Если определены цели и задачи исследования, можно ставить вопрос об оценке качества функционирования системы, которое производится с помощью показателя эффективности (критерия оптимальности). Под показателем эффективности понимают такую числовую характеристику системы, которая оценивает степень приспособленности системы к выполнению поставленных перед ней задач.

Выявление функциональной зависимости $f^0(x)$ происходит на этапе построения математической модели. Далее формируются ограничивающие условия на функционирование системы (система ограничений). Во-первых, определяют ограничение на вектор управляемых параметров. Эти пределы устанавливаются исследователем исходя из логики и физического смысла возможных значений от минимального до максимального $x_{\min} < x_i < x_{\max}, i = \overline{1, n}$. В векторной форме используют запись $x \in X$.

Вторая группа ограничений накладывается на состояния системы. Это могут быть ограничения по прочности материалов конструкции, габаритам, стоимости и так далее. Так как, в общем случае, состояния системы зависят от управляемых переменных, их называют функциональными. Эти ограничения обычно приводят к виду $f^i(x) \leq 0, i = \overline{1, m}$. Здесь m – число функциональных ограничений. Завершающим этапом формализации математической модели является выбор метода нахождения оптимального варианта системы (метода оптимизации). Задача оптимизации ставится так: Найти максимум (минимум) значения целевой функции

$$f^0(x) \tag{1}$$

при условиях

$$f^i(x) \leq 0, i = \overline{1, m}, \tag{2}$$

$$x \in X. \tag{3}$$

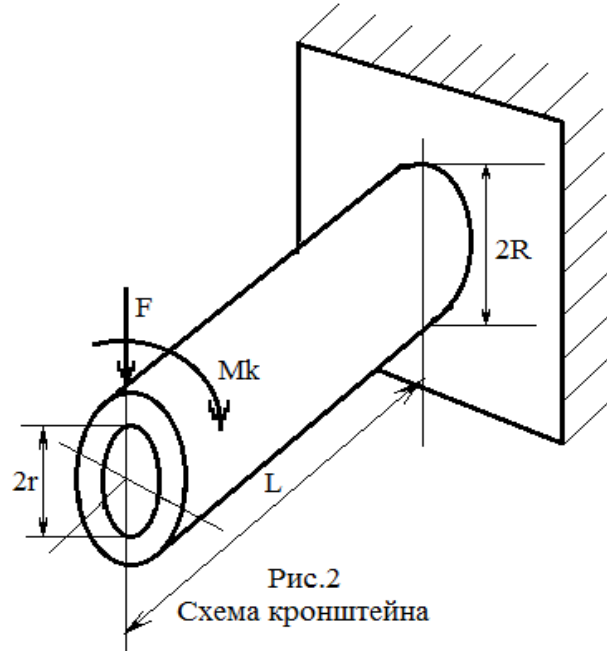
Ограничения (2), (3) определяют область допустимых значений варьируемых параметров или область решения D_x задачи оптимизации (1) – (3).

Пример. Определить реальные размеры (R, r) кронштейна трубчатого сечения длиной l , нагруженного на конце поперечной силой P и крутящим моментом M_k (рис. 2) для следующих условий:

а) наибольшее напряжение в сечении кронштейна не должно превышать допустимого $s \leq s_{\bar{a}}$;

б) прогиб балки и угол ее закручивания ограничены заданными допустимыми значениями ($d \leq d_{\bar{a}}, j \leq j_{\bar{a}}$).

Известны выражения для текущих значений напряжения в сечении балки, ее прогиба и угла закручивания:



$$s = \frac{M_p}{W}, \quad d = \frac{M_u l^2}{JE}, \quad j = \frac{M_k l}{J_p G}.$$

Здесь: $J = p(R^4 - r^4)/4$, $J_p = p(R^4 - r^4)/2$ – моменты инерции при изгибе и кручении; E, G – модули упругости материала при изгибе и кручении; $W = p(R^3 - r^3)/4$ – момент сопротивления; M_p – расчетный момент определим из условий прочности по теории наибольших нормальных напряжений: $M_{\sigma} = (M_u + \sqrt{M_u^2 + M_k^2})/2$; $M_u = Pl$ – изгибающий момент.

Критерием эффективности здесь служит масса балки, которая пропорциональна площади ее поперечного сечения $S = p(R^2 - r^2)$. Параметрами оптимизации являются радиальные размеры R и r . Приведем задачу к виду (1) – (3): минимизировать функцию

$$f^0(x) = S(x) \quad (4)$$

при условиях

$$\left. \begin{aligned} f^1(x) &= 4M_p / [p(R^3 - r^3)] - s_{\bar{a}} \leq 0, \\ f^2(x) &= 4M_u l^2 / [Ep(R^4 - r^4)] - d_{\bar{a}} \leq 0, \\ f^3(x) &= 2M_k l / [Gp(R^4 - r^4)] - j_{\bar{a}} \leq 0, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$$x = \begin{Bmatrix} R \\ r \end{Bmatrix} \in X = \begin{Bmatrix} R_{\min}, & R_{\max} \\ r_{\min}, & R \end{Bmatrix}. \quad (6)$$

Постановка задачи оптимизации выполнена. @

Перейдем ко второй части системного анализа, то есть к методам исследования разработанных математических моделей функционирования систем, причем нелинейных моделей. Анализ линейных моделей, как частный вид нелинейных опустим.

МЕТОДЫ НЕЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Стратегия численных методов нелинейного программирования заключается в том, чтобы из выбранного начального решения $x^0 \in D_x$, за некоторое количество шагов найти оптимальное значение критерия $f^0(x)$ с заданной точностью $\varepsilon > 0$. Характер стратегий поиска меняется по мере его развития. Вначале, когда о функции вообще нечего не известно, мы должны вести исследование в некоторой небольшой, случайным образом выбранной области с тем, чтобы расположить пробные воздействия там, где значения критерия ниже. В середине процесса поиска, когда накапливается информация о характере отклика, поиск ведется быстрее. В конце поиска (вблизи оптимума) необходимо интенсивно проводить исследования с целью достижения заданной точности решения задачи ε .

Стратегия численных методов основывается на рекуррентной зависимости:

$$x^{s+1} = p(x) [x^s + r^s g^s x^s]. \quad (7)$$

Здесь: x^s – приближения вектора варьируемых параметров после s -й итерации; r^s – величина шага в s -й итерации (шаговый множитель); g^s – нормированный множитель; ξ^s – вектор направления. $\pi(x)$ – операция проектирования x на множество X , то есть учитывает ограничения (1.6). Если множество X есть n -мерный параллелепипед, то есть

$x \in X = \{x = (x_1, \dots, x_n) : a_j \leq x_j \leq b_j, j = \overline{1, n}\}$, то $p(x) = \{p_1(x), \dots, p_n(x)\}$, а

$$p_j(x) = \begin{cases} a_j & \text{if } x_j < a_j \\ b_j & \text{if } x_j > b_j \\ x_j & \text{if } a_j \leq x_j \leq b_j \end{cases} \quad (8)$$

Формула поиска (16) удовлетворяет существующему многообразию методов нелинейного программирования, которые можно разделить на два класса:

- детерминированные (на каждом шаге поиска происходит улучшение целевой функции);

- стохастические (случайный поиск).

По способу добывания информации о целевой функции и определения ξ^s методы поиска делятся на:

- методы нулевого порядка (используют информацию только о значении целевой функции);

- методы первого порядка (градиентные);

- методы второго порядка (используют информацию о значениях вторых частных производных по варьируемым параметрам).

Чем выше порядок метода поиска, тем ближе определяемое направление ξ^s к истинному оптимуму задачи, однако, при этом, значительно увеличиваются затраты на добывание необходимой информации в каждой итерации.

ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКА

К ним относятся градиентный метод и его модификации. При чисто градиентном методе имеем следующее направление движения

$$x = \pm \nabla f^0(x), \quad (9)$$

где: $\nabla f^0(x)$ – градиент функции $f^0(x)$ в точке x , то есть

$$\nabla f^0(x) = \left(\frac{\partial f^0}{\partial x_1}, \dots, \frac{\partial f^0}{\partial x_n} \right)^T. \quad (10)$$

Знак в формуле (9) зависит от поиска максимума или минимума задачи. Данный метод есть результат аппроксимации нелинейной функции разложением ее в ряд по формуле Тейлора и удержанием только линейных членов. Если учесть квадратичные члены, то получим направление практически совпадающее с истинным направлением в точку оптимума, то есть

$$x = -[\nabla^2 f^o(x)]^{-1} \nabla f^o(x). \quad (11)$$

Здесь $\nabla^2 f^o(x)$ – матрица $n \times n$ вторых производных функции $f^o(x)$ (матрица Гессе).

В реальных инженерных задачах формулы (10) и (11) могут быть решены только с помощью метода конечных разностей. При этом для определения направления (10) необходимо решить задачу в одной точке $n+1$ раз, а для реализации формулы (11) необходимо выполнить $n \times n+1$ количество решений задачи в одной точке. Это существенно увеличивает ресурсные затраты.

СТОХАСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКА

Под случайным поиском понимается намеренное введение элемента случайности в алгоритм поиска. Эта случайность служит целям сбора информации о поведении объекта исследования. В ряде случаев введение такого случайного поведения в поиск дает возможность построить весьма простые и эффективные алгоритмы случайного поиска, которые в определенных случаях превосходят регулярные (в частности градиентные) алгоритмы поиска.

Особенно эффективно применение случайного поиска при оптимизации объектов с большим числом параметров и ограничений, то есть в задачах оптимального проектирования.

Рассмотрим простейший метод случайного поиска, который носит название метода удачной выборки. Его идея заключается в том, что направление перехода от точки x^s в новую x^{s+1} выбирается из условия

$$x^{s+1} = \begin{cases} b^s \text{ и } f^o(x^s + r^s x^s) < f^o(x^s) \\ 0 \text{ и } f^o(x^s + r^s x^s) \geq f^o(x^s) \end{cases}. \quad (12)$$

Здесь: $\beta^s = (\beta_1^s, \dots, \beta_n^s)$ – случайный вектор, i -ая компонента которого есть случайная величина с равномерным распределением на отрезке $[-1, 1]$, либо с

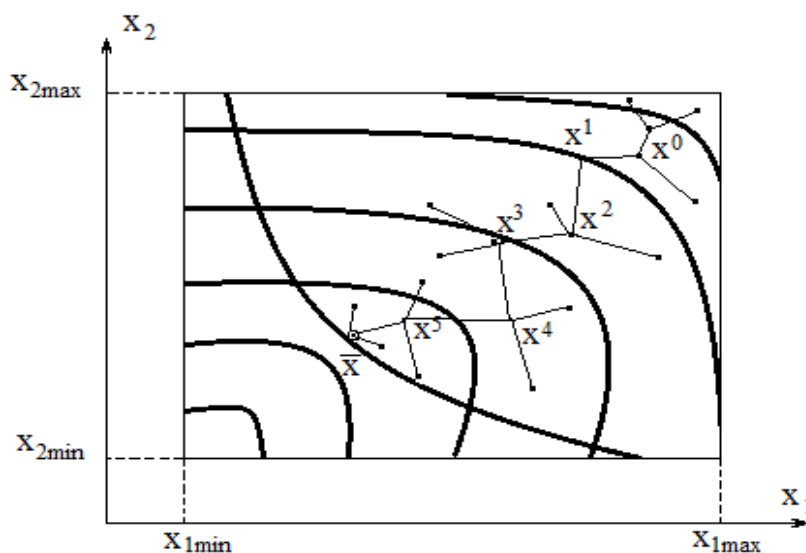


Рис. 3

Траектория случайного поиска

нормальным распределением, параметры которого $M(b_j^s) = 0$, $s(b_j^s) = 1$.

Метод удачной выборки можно представить как случайное обследование в окрестности последней удачной точки и переход к последующей при первом удачном выборе шага. Геометрически (рис. 3) траектория поиска представляет собой некоторую случайную траекторию. Очевидно, что, если последняя удачная точка оказалась

оптимальной, то никакое число случайных выборок $x^s + r^s x^s$ не дает положительного результата.

Случайным образом можно находить направление поиска, которое всегда улучшает значение целевой функции. Этот способ носит название метода стохастических квазиградиентов. Рассмотрим формулу приближенного градиента, которую запишем в виде суммы составляющих

$$\nabla f^o(x^s) = \sum_{i=1}^n \frac{f^o(x^s + e^s e_i) - f^o(x^s)}{e^s} e_i. \quad (13)$$

Как известно, при использовании (13) на каждой итерации требуется вычислить значения функции $f^0(x^s)$ в $(n+1)$ -й точках. Если время решения задачи велико, то при большом n процесс оптимизации довольно длителен. Антиградиент не является единственным подходящим направлением: любое направление, проекция которого на антиградиент положительная, ведет к убыванию функции цели. Поэтому, если в точке x^s взять произвольное направление, то либо это направление, либо противоположное ему обязательно будет подходящим (рис. 4).

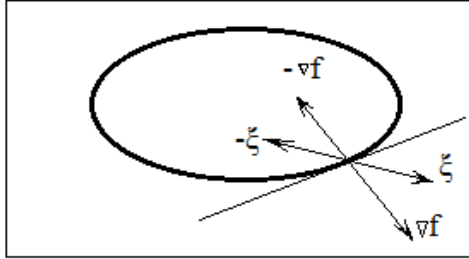


Рис. 4

Выбор направления поиска

Пусть имеем случайный вектор и положим:

$$x^s = \sum_{k=1}^{N_s} \frac{f^0(x^s + e^s b^{sk}) - f^0(x^s)}{e^s} b^{sk}. \quad (14)$$

Здесь: $b^{sk}, k = \overline{1, N_s}$ – серия независимых наблюдений вектора β^s в s -ой итерации, причем $N_s \geq 1, \epsilon^s > 0$. Если $N_s = 1$, то для вычислений ξ^s нужно решить $f^0(x)$ в двух точках.

МЕТОДЫ СТОХАСТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Теория нелинейного программирования строится в предположении, что функции $f^i(x), i = \overline{0, m}$ однозначны, имеется возможность вычислить точные значения этих функций, а также установить принадлежность решения x множеству X .

Задачи стохастического программирования возникают в том случае, когда с каждым решением x связаны числовые параметры $f^i(x, q), i = \overline{0, m}$, зависящие от решения x и состояния природы $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_k)$ (случайных параметров). По аналогии с нелинейным программированием можно сформулировать следующую задачу: минимизировать

$$f^0(x, q) \quad (15)$$

при условиях:

$$f^i(x, q) \leq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad (16)$$

$$x \in X. \quad (17)$$

В задаче (15) – (17) при фиксированном x для одних θ соотношения (16) могут выполняться, для других могут не выполняться.

Поэтому такой задаче следует придать определенный вероятный смысл.

НЕПРЯМЫЕ МЕТОДЫ СТОХАСТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Часто вместо (15) – (17) минимизируют функцию

$$G^0(x) = M[f^0(x, q)] \quad (18)$$

при ограничениях:

$$G^i(x) = M[f^i(x, q)] \leq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad (19)$$

$$x \in X., \quad (20)$$

где M – символ математического ожидания.

Могут быть и другие постановки, например: минимизировать вероятность отклонения

$$Q^0(x) = P[f^0(x, q) \geq a] \quad (21)$$

при условиях:

$$Q^i(x) = P[f^i(x, q) \leq 0] - p_i \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad (22)$$

$$x \in X. \quad (23)$$

ПРЯМЫЕ МЕТОДЫ СТОХАСТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Стохастическая аппроксимация – асимптотические процедуры поиска, позволяющие находить оптимум при наличии помех.

Стохастическая аппроксимация во многом подобна обычным процедурам последовательных приближений (конечных разностей), которые применяются при отсутствии помех. Проявление случайных помех, конечно, приводит к удалению от цели, но при правильном выборе длины шага это временное ухудшение не сказывается на окончательном результате.

$$x^{s+1} = x^s + \frac{r^s}{e^s} \sum_{j=1}^n [f^o(x^s + e^s e_j, q) - f^o(x^s, q)] e_j. \quad (24)$$

Здесь $\varepsilon^s > 0$ некоторая постоянная; ρ^s – член последовательности чисел, определяющих длину шага; $e_j, j = \overline{1, n}$ – ортонормированный базис. В (24) эксперименты в каждой итерации благодаря их асимметричному расположению и с учетом помех группируются вокруг ложного значения, что замедляет скорость сходимости к истинному оптимуму. Поэтому чаще используют симметричную процедуру

$$x^{s+1} = x^s + \frac{r^s}{2e^s} \sum_{j=1}^n [f^o(x^s + e^s e_j, q) - f^o(x^s - e^s e_j, q)] e_j. \quad (25)$$

В процедуре (25) на каждой итерации необходимо произвести $2n$ – наблюдений.

СТОХАСТИЧЕСКИЙ КВАЗИГРАДИЕНТ

В стохастических задачах случайный характер вектора направления ξ^s связан как с искусственными причинами, так и со случайной природой самой задачи. По аналогии

$$x^{s+1} = x^s + r^s \sum_{k=1}^{N_s} \frac{f^o(x^s + e^s b^{sk}, q) - f^o(x^s, q)}{e^s} b^{sk}. \quad (26)$$

Условия сходимости метода аналогичны процедурам стохастической аппроксимации. Рассмотренные процедуры (25) – (26) разработаны для безусловных экстремальных задач. Учет ограничений осуществляется по аналогии с решением задач нелинейного программирования.

В заключении необходимо отметить, что прямые методы стохастического программирования предполагают очень большой объем вычислительной работы как на каждой итерации, так и в целом.

Выводы

В заключение всего изложенного выше приведем обобщенную схему методов исследования математических моделей изучаемых объектов (рис.5). Несмотря на ее скромное содержание, на схеме приведены в основном главные отличительные признаки методов программирования. Необходимо иметь в виду, что каждый из приведенных методов имеет массу разновидностей в исполнении, связанных с особенностями конкретных задач.

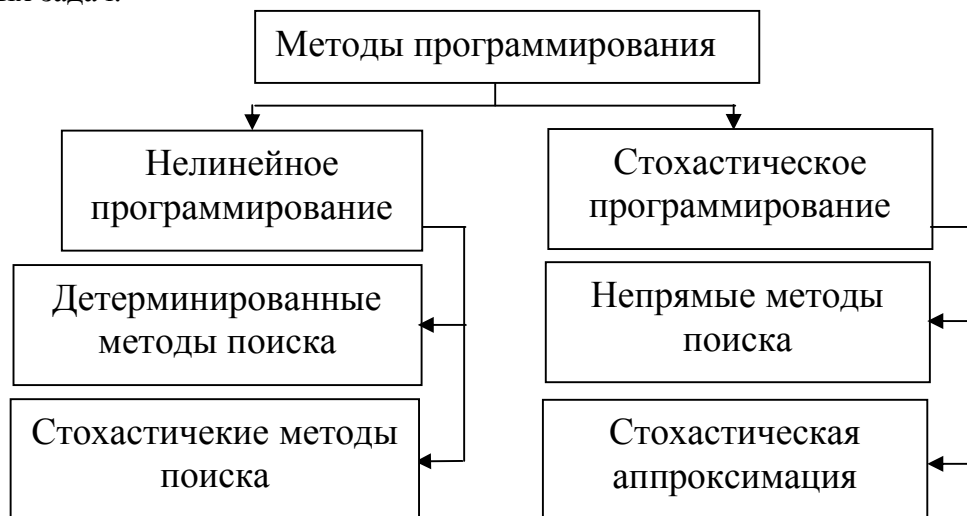


Рис.5 Обобщенная схема методов исследования математических моделей

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волгин Н.С. и др. Исследование операций. Л., ВМА, 1981.
2. Ермольев Ю.М. – Методы стохастического программирования М., «Наука», 1976.
3. Ермольев Ю.М. и др. Математические методы исследования операций. К., «Вища школа», 1979.
4. Мойсеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. М., «Наука», 1981.
5. Норенков И.П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем. М., «Наука», 1980.
6. Уайлд Д.Дж. Методы поиска экстремума. М., «Наука», 1967.
7. Чемодуров В.Т. Поиск оптимума в задачах с ограничениями по вероятности. Л., ВМА, 1981.
8. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. М., «Мир», 1978.
9. Штофф В.А. – Современные проблемы методологии научного познания М., «Знание», 1975.

РАЗДЕЛ 3. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 532.5.072.15

ОСОБЛИВОСТІ ТЕРМІЧНОГО СПУЧЕННЯ ГІДРОСИЛКАТІВ

Кошлак Г.В

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

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

Ключові слова: спучення, тепломасообмін, пористі теплоізоляційні матеріали.

ВСТУП. АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ

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

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

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

МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

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

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

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

Спучення газоутворенням припускає, що газ, який виділяється в процесі газоутворення, залишається в гелевидній пластичній газонепроникній фазі. Суміш кристалізується при температурі 100-120°С з утворенням комірчастої структури матеріалу.

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

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

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

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

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

де: R – радіус парового пухирця; t – час; p – тиск в рідині; p_c – тиск пари; r – густота сировини.

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

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

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

$$p_{\Sigma} = p_n + p_a, \quad (2)$$

де p_n, p_a – парціальний тиск пари і газу, відповідно.

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

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

де σ – поверхневий натяг, μ – в'язкість; w – швидкість руху межі поділу рідина – пара.

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

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

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

Виконуючи операцію диференціювання, остаточно отримаємо

$$\frac{dT_i}{dt} = \frac{1}{c_i m_i} \left[Q - c_i T_i j S_i - p_i \frac{dV_i}{dt} \right] \quad (5)$$

де $S_i = 4pR^2$.

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

$$Q_{\dot{a}} = Q_n + Q_m, \quad (6)$$

де $Q_{\dot{a}}$ – кількість теплоти, яка поступає від води;

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

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

ΔT – перепад температур між парою і поверхнею розділу вода-пара.

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

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

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

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

Як наслідок, густина парової фази в паровому об'ємі r_n також є однорідною, тобто

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

$$\frac{dr_i}{dt} = \frac{1}{V_i} \left(\frac{dm_i}{dt} - r_i \frac{dV_i}{dt} \right). \quad (7)$$

Для наведених вище умов рівняння Релея (1) прийме вигляд

$$\frac{dw}{dt} = \frac{p_i - p_c - 1.5 r \cdot w^2 - \frac{2s}{R} - \frac{4m \cdot w}{R}}{r \cdot R}. \quad (8)$$

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

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

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

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

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

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

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ АНАЛІЗ

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

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

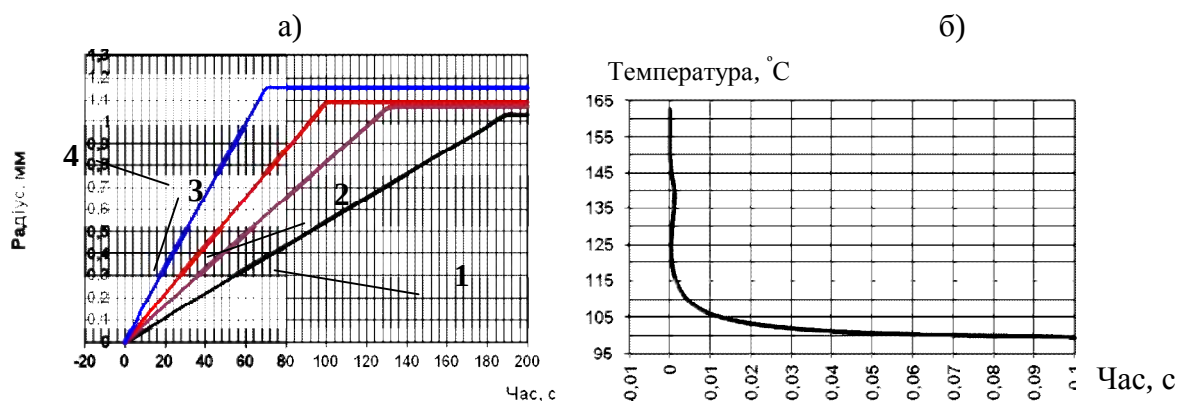


Рис.1. Зміна радіусу (а) межі поділу пара-вода та температури (б) у часі для значень теплового потоку q_3 : 1 – 10000 Вт/м²; 2 – 15000 Вт/м²; 3 – 20000 Вт/м²; 4 – 30000 Вт/м²

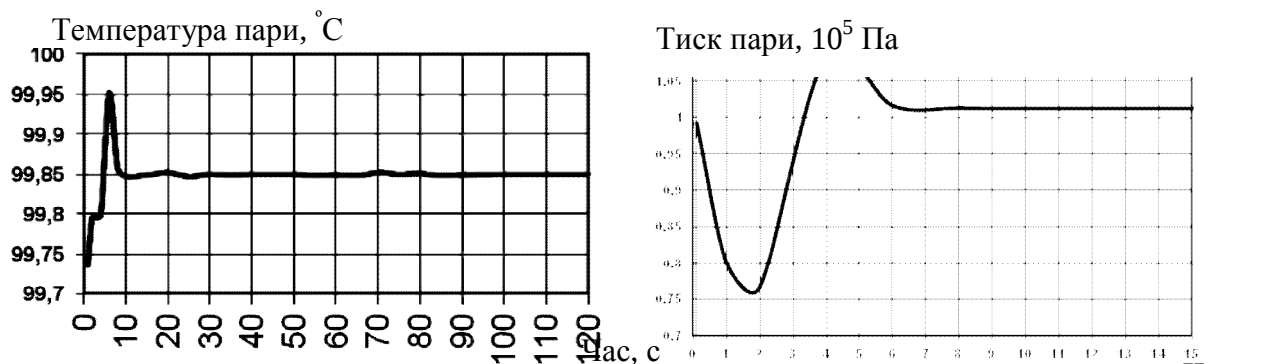


Рис. 2 – Зміна температури (а) та тиску (б) пари у часі при тепловому потоці, $q = 10000 \text{ Вт/м}^2$

ВИСНОВКИ

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

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

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Братута Е.Г. Пористі теплоізоляційні матеріали /Е.Г. Братута, А.М. Павленко, А.В. Кошлак.-Харьков.: ТОВ «ЕДЕНА», 2010. – 107 с.
2. Павленко А.М. Особенности управления процессами формирования структуры и свойств пористых тел/ Павленко А.М., Кошлак А.В.//Металлургическая теплотехника, Сб.научн.трудов НМет АУ, 2008. –С.11 – 220.
3. Крошилин А.В., Нигматулин Б.И. Рост парового пузыря в объеме перегретой жидкости при различных законах изменения давления в ней // ТВТ. – 1986. – Т.24. – №3. – С.533-538.
4. Иваницкий Г.К. Моделирование процессов деформирования и дробления капель при движении в жидкости // Пром. теплотехника. – 1997. – Т.19. –№1. – С.9 – 16.

УДК: 666.9: 691.511: 691.316

РОЛЬ ИЗВЕСТНЯКОВОГО НАПОЛНИТЕЛЯ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗВЕСТКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ КАРБОНИЗАЦИОННОГО ТВЕРДЕНИЯ

Любомирский Н.В. , Бахтин А.С. , Бахтина Т.А. , Джелал А.Э.

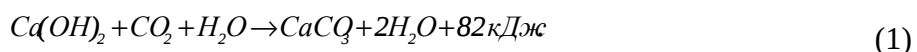
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Рассмотрен процесс искусственной карбонизации известковых вяжущих, выявлены особенности химической реакции карбонизации гидроксида кальция при повышенных концентрациях углекислого газа и графически представлен механизм карбонизации известкового теста. Установлена степень влияния вида известняка на формирование прочностных показателей материала на основе извести, твердеющего по карбонизационному типу в искусственно созданной среде повышенной концентрации углекислого газа.

Строительные материалы, известь, углекислый газ, карбонизационное твердение, гидрокарбонат кальция, карбонат кальция, известняк, прочность на сжатие.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что известь – это вяжущее вещество, твердеющее по смешанному типу [1]. При твердении гашеной извести коагуляционное твердение перемежается с кристаллизацией $\text{Ca}(\text{OH})_2$ вследствие испарения воды затворения. Позже в процессе твердения принимают участие и карбонизация – превращение $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в CaCO_3 . В результате реакции карбонизации изменяется микро- и макроструктура строительного раствора, улучшаются его механические свойства и долговечность. Насыщение углекислотой в растворах извести происходит, когда CO_2 в воздухе распространяется через открытые поры раствора, распадается внутри капиллярной поры воды, и реагирует с растворенным гидроксидом кальция. Это приводит к осаждению кристаллов карбоната кальция, выделению воды и тепла. Этот полный процесс выглядит следующим образом:



Образование карбоната кальция происходит в несколько этапов. Сначала происходит растворение гидроксида кальция, которое сопровождается выделением ионов Ca^{2+} и освобождением капиллярных пор от воды. В это же время углекислый газ диффундирует в виде раствора в открытые поры. При этом происходит его адсорбция, растворение и превращение в гидратную форму угольной кислоты (H_2CO_3), под действием которой в системе образуется бикарбонат ионы (HCO_3^-) и карбонат ионы (CO_3^{2-}). В конечном счете, реакция между ионами Ca^{2+} и CO_3^{2-} приводит к осаждению кристаллов карбоната кальция, путем образования ядра и последующего кристаллического роста.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Карбонизация гидроксида кальция в естественных атмосферных условиях протекает десятилетия, главным образом, из-за низкого содержания в воздухе углекислого газа (~0,03 %). Интерес к процессу ускоренной карбонизации известкового вяжущего и получения на его основе карбонатного камня возник еще в начале XX века и активно прорабатывался в середине прошлого столетия [2 – 8]. В основном научные исследования были направлены на решение проблемы, как предотвратить активную карбонизацию свободного гидроксида кальция в бетоне, вызывающую карбонизационную усадку, и повысить долговечность строительных конструкций [9 – 12].

В начале XXI века наблюдается интерес к вопросу получения искусственного камня на основе известки карбонизационного твердения [13 – 17]. В первую очередь, исследователей и производителей строительных изделий привлекает дешевизна получения известкового вяжущего и широта сырьевой базы для ее производства, а также экологическая привлекательность изделий на основе известки и возможность утилизации углекислого газа, загрязняющего атмосферный воздух, и вызывающего парниковый эффект. С 2006 года каждые два года проводится Международная конференция по ускоренной карбонизации для окружающей среды и материаловедения (International Conference on Accelerated Carbonation for Environmental and Materials Engineering – ACEMA). Работы и доклады, в основном, посвящены теоретическим и прикладным исследованиям искусственной карбонизации известки, превращения гидроксида кальция в карбонат кальция, оценке условий применения карбонизации в технологиях улавливания и использования углекислого газа.

Исследования процесса искусственной карбонизации систем, содержащих известку, которые были проведены в Национальной академии природоохранного и курортного строительства [17 – 20], позволили установить химические, физико-химические особенности карбонизации известковых вяжущих веществ, оптимизировать технологические параметры искусственной карбонизации известки и на основании этого разработать ресурсосберегающую технологию производства карбонизированных стеновых изделий на основе известки и вторичного карбонатного сырья. Теоретическими и практическими исследованиями было однозначно установлено, что по мере проникновения углекислого газа внутрь образцов по порам и капиллярам, прежде чем образуется нерастворимая соль карбонат кальция, неизменно образуется углекислая соль – гидрокарбонат кальция. Вопрос перехода гидрокарбоната кальция в карбонат является одним из определяющих при изучении процесса образования вторичного карбоната кальция и получения на его основе прочного искусственного карбонатного камня.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью настоящей работы – установление влияния известнякового наполнителя и его вида на формирование механических свойств искусственного карбонатного камня, получаемого на основе известкового вяжущего, твердеющего в среде повышенных концентраций углекислого газа.

Поставленная цель была реализована решением следующих задач:

- выявлены особенности химической реакции карбонизации гидроксида кальция при повышенных концентрациях углекислого газа и графически представлен механизм карбонизации известкового теста;

- путем исследования изменения прочности на сжатие спрессованных известняков различного происхождения после обработки их углекислым газом установлена степень влияния вида известняка на формирование прочностных показателей материала на основе извести, твердеющего по карбонизационному типу в искусственно созданной среде повышенной концентрации углекислого газа.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования и представления механизма карбонизации известкового теста была использована известная форма представления гетерофазного химического процесса [21].

Установление влияние гидрокарбоната кальция на прочность материала проводилось путем изготовления методом полусухого прессования образцов-цилиндров Ø 30 мм из молотых крымских известняков: мраморовидного ОАО «Карьер «Мраморный» с. Мраморное (Симферопольского р-на, АРК), нуммулитового Бахчисарайского месторождения и желтого известняка-ракушечника Евпаторийского месторождения. Химический состав известняков представлен в табл. 1. Удельная поверхность известняка составляла около 3000 см²/г.

Таблица 1

Химический состав известняков

Вид известняка	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п.
Мраморовидный	1,9	0,68	1,57	48,08	2,54	0,67	43,8
Нуммулитовый	9,87	0,65	0,92	48,35	0,47	-	38,9
Известняк-ракушечник	7,88	1,2	1,83	49,17	0,15	0,14	39,5

При формировании опытных образцов усилие давления прессования и водосодержание смеси подбирали таким образом, чтобы получить образцы, обладающие достаточной прочностью, чтобы с ними работать (не крошились бы при переноске и т.п.). Удельное давление прессования составляло 30 МПа, водосодержание сырьевой смеси варьировали в пределах 5 – 15 % мас. После формования образцы устанавливались в карбонизационную камеру [22], в которую подавали 100 % углекислый газ. После обработки углекислым газом (карбонизации) образцы подсушивались и испытывались на гидравлическом прессе для определения прочности на сжатие.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Представим процесс искусственной карбонизации графически. На рис. 1 показан структурный элемент известкового теста до введения в систему углекислого газа и начала взаимодействия с ним.

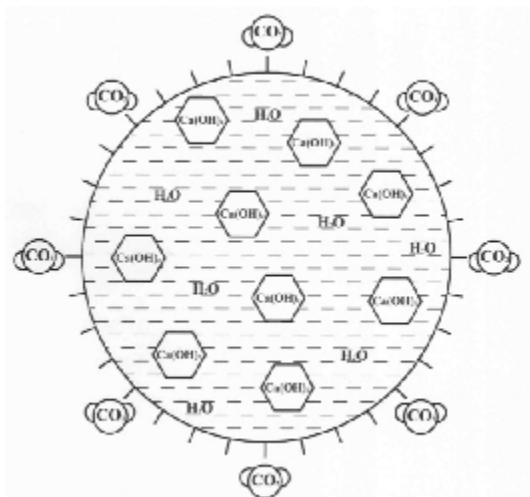


Рис. 1. Структурный элемент известкового теста до взаимодействия с углекислым газом

Известковое тесто представлено в виде двухфазной среды, каждая из фаз, как принято в механике насыщенных пористых сред, считается равномерно распределенной по объему. С момента подачи углекислого газа начинается процесс карбонизации. Процесс образования вторичного карбоната кальция в результате искусственной карбонизации известкового теста условно можно разделить на три этапа (рис. 2). На первом этапе (см. рис. 2 а) в результате диссоциации Ca(OH)^2 и углекислой кислоты образуется карбонат кальция, который образуется на поверхности контакта жидкой и твердой фаз, и осаждается в виде карбонатного слоя на поверхности зерен извести.

При наличии в системе CO_2 новообразованный CaCO_3 растворяется и переходит в гидрокарбонат кальция (см. рис. 2 б). В присутствии в растворе жидкой фазы ионов CaOH^+ и гидрокарбоната кальция, который диссоциирует на CaHCO_3^+ и HCO_3^- ; известь переходит в карбонат кальция по уравнению (1), который, в свою очередь, уплотняет карбонизированный слой на поверхности зерен Ca(OH)_2 . Из-за блокирования зерен извести слоем карбоната кальция эта реакция протекает в малых количествах и, как было сказано, с увеличением содержания $\text{Ca(HCO}_3)_2$ практически прекращается.

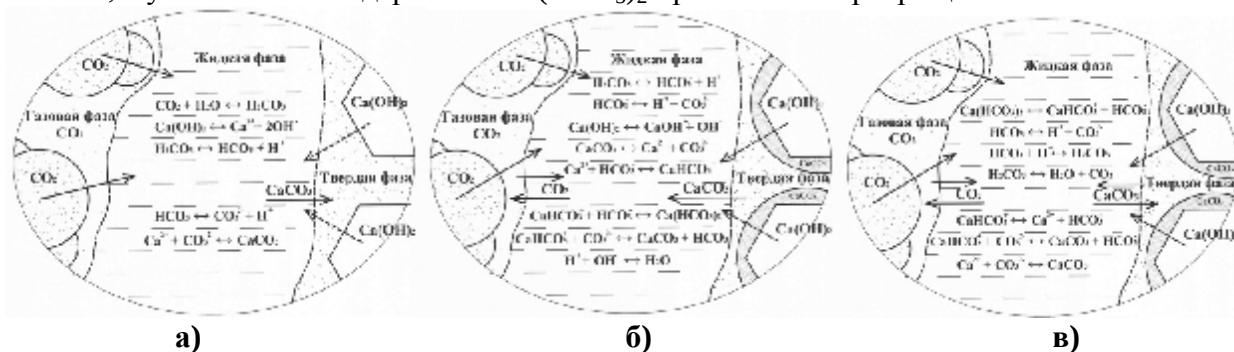


Рис. 2. Механизм образования вторичного карбоната кальция в системе « $\text{Ca(OH)}_2 - \text{H}_2\text{O} - \text{CO}_2$ »: а) стадия образования карбоната кальция; б) стадия растворения CaCO_3 и образование в системе $\text{Ca(HCO}_3)_2$; в) стадия превращения $\text{Ca(HCO}_3)_2$ в CaCO_3

Дальнейшее образование CaCO_3 происходит в жидкой фазе из гидрокарбоната кальция при взаимодействии $\text{Ca(HCO}_3)_2$ и H_2CO_3 . Превращение гидрокарбоната кальция в карбонат является типичным представителем гомогенного гетерофазного процесса [23]. Механизм превращения гидрокарбоната в карбонат из водного раствора представлен следующим образом (см. рис. 2 в). Зона нарушения состояния динамического равновесия системы обратимых химических реакций в растворе за счет необратимой массопередачи CO_2 из жидкой фазы в газовую является зона вблизи от поверхности контакта жидкой и все время обновляемой газовой фазы. Это и есть зона протекания рассматриваемого химического превращения, лимитирующей стадией которого является массопередача реакционного CO_2 из жидкой фазы в газовую.

Стадия образования карбоната кальция, обусловленная массопередачей CaCO_3 из жидкой фазы в твердую фазу, оказывает определенное воздействие на скорость процесса в целом, но лимитирующей стадией превращения гидрокарбоната кальция в карбонат она не является [21]. Таким образом, образование карбоната кальция в системе является не причиной превращения гидрокарбоната кальция в карбонат, а его следствием.

Из вышесказанного ясно, что гидрокарбонат кальция образуется в результате воздействия на карбонат кальция углекислого газа. В связи с этим заключением для установления влияния $\text{Ca(HCO}_3)_2$ на прочностные свойства изделий на основе извести карбонизационного твердения была проведена серия опытов на спрессованных образцах из различных видов крымских известняков: мраморовидного, нуммулитового известняков и известняка-ракушечника. Исследуемые известняки, соответственно, на 91,88, 87,25 и 88,67 % мас. состоят из CaCO_3 (см. табл. 1). Согласно вышеизложенным теоретическим выкладкам, при обработке углекислым газом в жидкой фазе опытных образцов будет образовываться углекислая соль – гидрокарбонат кальция. $\text{Ca(HCO}_3)_2$ может существовать только в растворенном состоянии, а при удалении (испарении) жидкости откладывается

на поверхности в виде CaCO_3 [18, 21]. Таким образом, кристаллы CaCO_3 , новообразованные из $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, должны откладываться на поверхности зерен мраморовидного известняка, увеличивая площадь контакта между зернами, и повышать, тем самым, прочность образцов.

В табл. 2 приведены результаты прочности на сжатие опытных известняковых образцов после выдерживание их в среде повышенной концентрации углекислого газа в течение 3 ч в зависимости от водосодержания сырьевой смеси.

Таблица 2

Прочность на сжатие опытных образцов в зависимости от водосодержания формовочной смеси (время обработки углекислым газом 3 ч)

Начальное водосодержание смеси, % мас.	Вид известняка	Прочность на сжатие образцов, МПа		Прирост (+), снижение (-) прочности после карбонизации, %
		до обработки углекислым газом	после обработки углекислым газом	
5,0	Мраморовидный	3,44	5,38	+56,4
	Нуммулитовый	4,01	3,35	-16,5
	Известняк-ракушечник	2,64	2,31	-12,5
7,5	Мраморовидный	3,37	5,24	+55,5
	Нуммулитовый	4,58	3,77	-17,5
	Известняк-ракушечник	2,83	2,26	-20,0
10,0	Мраморовидный	3,25	5,00	+53,6
	Нуммулитовый	4,81	3,90	-18,9
	Известняк-ракушечник	2,64	2,03	-23,2
12,5	Мраморовидный	3,15	4,19	+33,0
	Нуммулитовый	3,77	2,83	-25,0
	Известняк-ракушечник	2,50	1,98	-20,8

Из данных табл. 2 видно, что прочность образцов из спрессованных известняков после выдерживания в среде углекислого газа изменяется в зависимости от вида известняка. У образцов из мраморовидного известняка она растет (на 33 – 56,4 % относительно прочности образцов-сырцов), а на нуммулитовом известняке и известняке-ракушечнике – снижается (на 12,5 – 25,0 %). Изменение прочности образцов зависит от начального содержания формовочных смесей. С увеличением водосодержания формовочной смеси прочность на сжатие всех образцов снижается.

У всех групп опытных образцов прочность с увеличением водосодержания сырьевой смеси снижается. Это явление можно объяснить следующим образом. С увеличением водосодержания в системе появляется некоторое количество свободной воды, т.е. воды, не адсорбированной на поверхности зерен известняка, и которая со временем удаляется из системы, просачиваясь по порам между зернами известняка. Гидрокарбонат кальция, образующийся в результате взаимодействия CaCO_3 известняка и углекислоты, может существовать только в водном растворе. Таким образом, часть образовавшегося $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ удаляется из образцов вместе со свободной водой и не участвует в склеивании зерен известняка карбонатным цементом, состоящим из новообразованного CaCO_3 , возникающего при термическом разложении $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Снижение прочности на сжатие образцов из нуммулитового известняка и известняка-ракушечника связано с морфологией известняков. Мраморовидный известняк

является продуктом метаморфизации известняков, это плотная перекристаллизованная порода с мелко- и тонкозернистой структурой, состоящая в основном из карбоната кальция. Нуммулитовый известняк и известняк-ракушечник представляют собой осадочные, неоднородные горные породы, состоящие из раковин или их обломков различной величины, сцементированные карбонатным цементом. Вопрос влияния CO_2 на разложение карбоната кальция различных известняков еще предстоит более подробно и точно изучить методами электронной микроскопии и рентгенофазового анализа, но, судя по экспериментальным результатам табл. 2, определенно можно сказать, что уголекислота разрушает материал раковин, из которых состоят нуммулитовые известняки и известняки-ракушечники, или растворяет карбонатный цемент, скрепляющий эти раковины в единый конгломерат. У мраморовидных же известняков растворение CaCO_3 происходит на поверхности частиц карбоната кальция, не разрушая самой структуры материала, и образующийся гидрокарбонат кальция служит связующим веществом склеивающий зерна известняка в единый монолит.

Для проверки влияния времени действия уголекислого газа на известняк была проведена серия опытов изменения прочности на сжатие образцов, изготовленных из сырьевой смеси мраморовидного известняка водосодержанием 10 % мас., на протяжении трех часов обработки их CO_2 . Экспериментальные данные представлены в табл. 3, результаты графической обработки показаны на рис. 3.

Таблица 3

Прочность на сжатие опытных образцов полусухого прессования из мраморовидного известняка в зависимости от времени обработки уголекислым газом

№ п/п	Время обработки CO_2 , ч	Прочность на сжатие, МПа	Прирост прочности, %
1	0	3,25	0
2	0,25	5,99	84,1
3	0,5	5,66	73,9
4	1,0	5,00	53,6
5	1,5	5,28	62,3
6	2,0	4,95	52,2
7	2,5	5,19	59,4
8	3,0	5,00	53,6

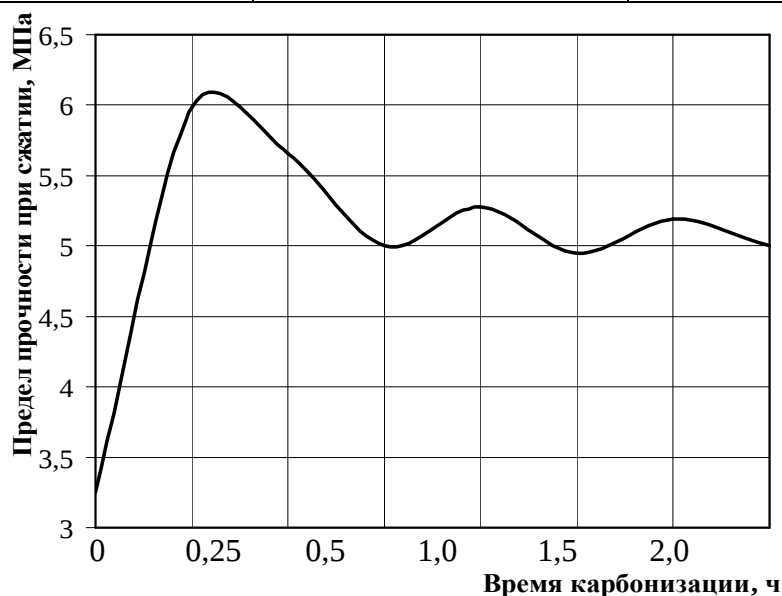


Рис. 3. Зависимость изменения прочности на сжатие опытных образцов из мраморовидного известняка от времени обработки их уголекислым газом

Опытные данные, представленные в табл. 3 и рис. 3, показывают, что изменение прочности на сжатие с течением времени носит скачкообразный характер и снижается с увеличением продолжительности обработки образцов углекислым газом: после карбонизации образцов в течение 0,25 ч прочность повышается на 84,6 %, а после 3,0 ч карбонизации превышение прочности в сравнении с прочностью образцов-сырцов составляет 53,6 %. Такой скачкообразный характер может быть объяснен тем, что в начальный период обработки мраморовидного известняка углекислым газом в системе «известняк – вода – углекислый газ» на поверхности частичек известняка образуется большое количество гидрокарбоната кальция, который покрывает всю поверхность зерен известняка и при переходе в карбонат кальция при нагревании склеивает зерна известняка карбонатным гелем. С увеличением времени воздействия углекислого газа новообразованный карбонат кальция растворяется и вместе с образующейся в результате химических реакций водой частично удаляется из системы. Из полученных данных можно сделать вывод, что процесс образования гидрокарбоната кальция в системе, состоящей из известняка, при обработке ее углекислым газом быстрый, не растянут во времени и известняковый наполнитель в искусственно карбонизируемых составах является не инертной составляющей, а активным компонентом, участвующим в процессах твердения, структурообразования и формирования физико-механических свойств получаемого материала.

Выводы

1. Разработан и графически представлен механизм карбонизации известкового теста. Карбонизация известняковых вяжущих проходит в три этапа, во время протекания которых в системе « $\text{Ca}(\text{OH})_2 - \text{H}_2\text{O} - \text{CO}_2$ » неизменно возникает гидрокарбонат кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, из которого образуется конечный продукт реакции карбонизации CaCO_3 , т.е., образование карбоната кальция в системе является не причиной превращения $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ в CaCO_3 , а его следствием.

2. Гидрокарбонат кальция, возникающий в системе «известь (известняк) – вода – углекислый газ», способствует повышению прочностных характеристик получаемого материала. Установлено, что известняковый наполнитель является компонентом активно участвующим в процессах формирования структуры и свойств материалов, твердеющих в среде CO_2 . Углекислота взаимодействует с CaCO_3 известняка, растворяет верхний слой его зерен и в системе возникает $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, который служит связующим веществом склеивающий зерна известняка с активной обнаженной поверхностью в единый монолит.

3. Выявлено влияние вида известнякового наполнителя в формировании физико-механических свойств композитов на основе извести карбонизационного типа твердения. Известняки органогенного происхождения (нуммулитовые, известняки-ракушечники) могут снижать прочностные свойства материала из-за агрессивного действия углекислоты на раковины, – материала составляющего основу данных видов известняков, – вызывающей коррозию последних или растворяет карбонатный цемент, скрепляющий эти раковины в единый конгломерат. Метаморфизированные известняки (мраморовидные) активно участвуют в структурообразовании материалов карбонизационного твердения и способствуют получению прочного и однородного карбонаткальцевого конгломерата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сычев М.М. Систематизация вяжущих веществ / Сычев М.М. // Журнал прикладной химии. – 1970. – № 3. – С. 528 – 533.
2. Байков А.А. Труды в области общей и физической химии. Разложение природных углекислых солей при нагревании / Байков А.А. Собрание трудов. – М. – Л: изд. и 1-я тип. Изд-ва Акад. наук СССР в Лгр., 1950. – II т. – С. 565 – 575.
3. Зацепин К.С. Известковые карбонизированные строительные материалы / Зацепин К.С. // Сборн. материалов Московского науч.-технич. совещания по жил.-гражд. строит., строит. материалам и проектно-изыскат. работам. Т. 2. – М: Московская правда, 1952. – С. 283 – 290.

4. Matsuda O. Experimental study of the manufacture of building materials by carbonation of slaked lime / Matsuda O., Yamada H. // *Sekko to sekkai = Gypsum & Lime*. – 1973. – № 125. – P. 8 – 17.
5. Aono T. Studies on the reactions between gas and solid, part II: absorption of CO₂ by CaO and Ca(OH)₂ / Aono T. // *Bulletin of the Chemical Society of Japan*. – 1931. – № 6. – P. 319 – 324.
6. Михайлов Н.Н. Искусственная карбонизация как способ повышения активности доломитового вяжущего / Михайлов Н.Н., Кузнецов А.М. // *Строительные материалы*. – 1960. – № 9. – С. 28 – 30.
7. Zalmanoff N. Carbonation of Lime Putties To Produce High Grade Building / N. Zalmanoff // *Rock Products*. – 1956. – August. – P. 182 – 186.
8. Zalmanoff N. Carbonation of Lime Putties To Produce High Grade Building / N. Zalmanoff // *Rock Products*. – 1956. – September. – P. 84 – 90.
9. Гершберг О.А. Технология бетонных и железобетонных изделий / Гершберг О.А. – М.: Стройиздат, 1965. – 327 с.
10. Алексеев С.Н. Кинетика карбонизации бетона / Алексеев С.Н., Розенталь Н.К. // *Бетон и железобетон*. – 1969. – № 4. – С. 22 – 24.
11. Алексеев С.Н. Коррозионная стойкость железобетонных конструкций в агрессивной промышленной среде / Алексеев С.Н., Розенталь Н.К. – М.: Стройиздат, 1976. – 205 с.
12. Воробьев А.А. Влияние карбонизации на физико-механические свойства автоклавного газобетона с тонкомолотыми карбонатными добавками / Воробьев А.А. // *Строительные материалы*. – 1971. – № 2. – С. 32 – 33.
13. Brouwer J.P. Mineral carbonation for CO₂ storage. [Электронный ресурс] / Brouwer J.P., Feron P.H.M. // *First International Conference on Accelerated Carbonation*. – Режим доступа: <http://www.iscowa.org/> 28.01.2011.
14. Cizer O. Carbonation reaction of lime hydrate and hydraulic binders at 20°C. [Электронный ресурс] / Cizer O., K. Van Balen, D. Van Gemert // *Forum italiano calce*. – Режим доступа: <http://www.iscowa.org/> 28.01.2011.
15. Cizer O. Crystal morphology of precipitated calcite crystals from accelerated carbonation of lime binders. [Электронный ресурс] / Cizer O., K. Van Balen, D. Van Gemert // *Forum italiano calce*. – Режим доступа: <http://www.iscowa.org/> 28.01.2011.
16. Cultrone G. Forced and natural carbonation of lime-based mortars with and without additives: Mineralogical and textural / Cultrone G., Sebastián E., Ortega Huertas M. // *Cement and Concrete Research Volume 16*. – 2005. – Issue 12. – P. 278 – 289.
17. Любомирский Н.В. Формирование структуры известкового теста при твердении в среде углекислого газа / Любомирский Н.В., Локтионова Т.А. // *Motrol. Motoryzacja I energetyka rolnictwa*. – Simferopol-Lublin. – 2009. – Vol. 11A. – P. 239 – 246.
18. Любомирский Н.В. Термодинамическое обоснование искусственной карбонизации известки / Любомирский Н.В. // *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. – Одеса: Зовнішрекламсервіс. – 2010. – Вип. № 38. – С. 426 – 430.
19. Любомирский Н.В. Особенности карбонизации известковых вяжущих материалов / Любомирский Н.В. // *Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури*. – Макіївка: ДонНАБА. – 2010. – Вип. № 5(85)2010. – С. 121 – 126.
20. Lyubomirsky N. The resource saving technology for obtaining facing artificially carbonated products and economic efficiency of their production / [N. Lyubomirsky, T. Bakhtina, A. Bakhtin, D. Vorobiev, A. Jalyal] // *Energy-saving and Ecological Materials, Installations and Technology in Construction*. – Biala Podlaska: Wydawnictwo PSW JPII. – 2012. – P. 115 – 122.
21. Иванов А.М. Кинетические аспекты и химические процессы химической технологии / Иванов А.М. – Тула: КПИ, 1988. – 100 с.

22. Любомирский Н.В. Автоматическая установка и методика изучения процесса карбонизации извести / [Любомирский Н.В., Федоркин С.И., Локтионова Т.А., Носатов В.Г.] // Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь: НАПКС. – 2007. – Вып. 19-20. – С. 74 – 78.
23. Эммануэль Н.М. Курс химической кинетики / Эммануэль Н.М., Кнорре Д.Г. – М.: Высшая школа, 1984. – 463 с.

УДК 667.5.032.4:661.822.22-14

ХАРАКТЕРИСТИКА СВОЙСТВ ТИТАНОВЫХ ПИГМЕНТОВ ДЛЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Павлуненко Л.Е., Губа Л.Н.

Полтавский университет экономики и торговли

Представлен химический состав и некоторые технические характеристики диоксида титана универсальных марок отечественных и зарубежных производителей, оптимально сочетающих хорошие оптические свойства и продолжительный срок службы, используемых в красящих составах на основе различных пленкообразующих компонентов, применяемых для наружных и внутренних работ. Рассматриваемые пигменты представляют собой рутильные формы диоксида титана, полученные сульфатным или хлоридным методом с обработкой поверхности частиц неорганическими и/или органическими составами.

Проведен анализ основных физико-химических и технических характеристик. Рассмотрено влияние дисперсности на выполнение основной функции и экономичность белого титанового пигмента различных марок.

диоксид титана, титановый пигмент

ВВЕДЕНИЕ

Диоксид титана вводится в состав лакокрасочных материалов для отбеливания, улучшения укрывистости, защиты покрытий от разрушительных ультрафиолетовых лучей, предотвращения старения плёнки и пожелтения окрашенных поверхностей.

В Украине пигментный диоксид титана производят ЧАО «Титан» (Crimea) и ПАО «Сумыхимпром» (SumTitan). Наряду с отечественными марками, производителям лакокрасочных материалов предлагают зарубежную продукцию. К числу наиболее известных украинским потребителям, относятся марки титанового пигмента производимые в Китае (Lomon, Pangang Group), США (Du Pont Ti-Pure®), Германии (Kronos Titan GmbH), Англии (Huntsman Tioxide R-TC), Словении (Cinkarna Celje d.d.), Чехии (Precheza), Польши (Tytanpol), Саудовской Аравии (Cristal Global).

При выборе поставщика потребители выдвигают главный критерий - соотношение цены и качества. Обычно, решение о выборе пигмента того или иного производителя, принимается на основании изучения его характеристик, изложенных в описании, техническом паспорте и сертификате продукта, представленных производителем или дистрибьютором.

В 2012 году цена за тонну американского и европейского диоксида титана в среднем составляла около 50 тысяч гривень, а украинского и китайского – в два раза меньше [1]. В связи с этим представляется целесообразным изучить основные характеристики различных марок диоксида титана, реализуемых в Украине.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Соединения титана широко распространены в природе в виде нескольких кристаллических модификаций: анатаз, рутил и брукит. Все эти минералы имеют

одинаковый химический состав (TiO_2), но формируются в различных условиях, поэтому отличаются кристаллической структурой и, как следствие, внешним видом и физическими свойствами.

Сочетание физических и химических свойств, дает титановому пигменту существенное преимущество над ранее применявшимися оксидами цинка и свинца. Однако у двуокиси титана есть и конкуренты, прежде всего - это мел и мраморный кальцит (CaCO_3). Оба этих пигмента тоже имеют белый цвет, но более доступны по цене. Поэтому в состав большинства красок входит не один пигмент, а их смесь.

Самой устойчивой природной формой оксида титана является рутил. Он образуется в пегматитовых жилах, слюдяных сланцах, часто встречается в виде включений в других минералах, в первую очередь, в кварце и корунде. При определенных условиях в него и переходят другие полиморфные модификации этого вещества. Также рутил может быть получен искусственно. Существуют два основных промышленных метода получения TiO_2 : из тетрахлорида титана (TiCl_4) и ильменитовый (основанный на переработке минерала ильменита FeTiO_3). [2]

Эта форма диоксида титана наряду с нетоксичностью и химической инертностью, характеризуется высокими оптическими свойствами (способностью к рассеянию света), атмосферо- и светостойкостью, разбеливающей способностью. Вследствие очень высокой белизны около 60% мирового объема произведенного титана используется в качестве белого пигмента в лакокрасочной промышленности.

Для улучшения диспергируемости, укрывистости и интенсивности окраски, а также с целью увеличения долговечности (характеризующейся устойчивостью пигмента к внешним воздействиям, цветостойкостью) и для защиты связующего в различных типах лакокрасочных материалов, производится обработка поверхности пигментных частиц.

При проведении обработки на поверхности каждой пигментной частицы образуется слой, составляющий менее 10% от ее массы и около 4 нм толщиной. Неорганическая обработка (оксидами алюминия, кремния, цезия) увеличивает стойкость частиц диоксида титана к кислотному воздействию. Так при обработке пигмента оксидом кремния, его плотный слой изолирует поверхность частиц и препятствует выходу электронов, а, следовательно, и образованию свободных радикалов. При обработке оксидом алюминия на поверхности создается слой кристаллов игольчатой формы, который сводит контакт пигментных частиц к точечному, препятствуя образованию агломератов и, как следствие, улучшая диспергируемость. [3,4]

Органическая обработка (жирными кислотами и аминами) способствует равномерному распределению частиц пигмента в объеме смеси компонентов.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Объектом проводимых исследований являлись титановые пигменты универсальных марок, оптимально сочетающих в себе хорошие оптические свойства и продолжительный срок службы, используемые в красочных составах на основе различных пленкообразующих компонентов, применяемых для наружных и внутренних работ. Все рассматриваемые пигменты представляют собой рутильные формы диоксида титана, однако разнятся методом получения. Хлоридный метод используется производителями США, Саудовской Аравии, Англии, сульфатный – предприятиями Украины, Польши, Словении, Чехии, Китая.

Задачи исследований: определить основные характеристики титановых пигментов и факторы их формирующие; на основании данных представленных производителем (поставщиком), провести анализ и выявить отличительные особенности продукции различных марок.

В процессе изучения свойств титановых пигментов, реализуемых на рынке Украины, нами были сопоставлены их физико-химические показатели (содержание TiO_2 , наличие и вид обработки, размер частиц пигмента, водородный показатель), а также

взаимосвязанные между собой показатели, характеризующие выполнение основной функции и расход материала (укрывистость, показатель цветности и/или белизны, маслосмкость).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Полученные в результате изучения описаний, технических паспортов и сертификатов характеристики основных свойств диоксида титана различных производителей, представлены в табл. 1. [5-12].

Следует отметить, что в ходе работы, довелось столкнуться с некоторыми трудностями в сопоставимости показателей, поскольку, некоторые из представленных данных носят характер нормативных и отражают минимальные или максимальные значения нормируемых показателей. Также не все производители дают полную характеристику выпускаемого пигмента. Например, в техническом паспорте пигмента компании Cristal Global (Саудовская Аравия) отсутствует информация о размере его частиц, при этом производитель обязуется по запросу представить Декларацию о соответствии через регионального представителя по продажам. Компании Cinkarna (Словения) и Pangang Group (Китай) и Precheza (Чехия) не указывают показатель укрывистости. А в документах, характеризующих пигмент компании Huntsman (Англия), после приведенных характеристик отмечено, что вся информация дана добросовестно, но без предоставления гарантий ее точности и полноты.

Кроме того, технические описания и сертификаты соответствия на продукцию разных партий, представленные дистрибьюторами, осуществляющими торговые операции на рынке лакокрасочных материалов Украины, разнятся значениями основных показателей. Так, выпускаемый в соответствии с ТУУ 24.1-05762329-001-2003 [6] диоксид титана марки Crimea TiO_2 -220 должен иметь показатель белизны не менее 96,1 условных единиц, а при измерении на приборе типа «Спектротон» - не менее 94,5. В технических описаниях, предлагаемых к реализации пигментов ЧАО «Титан» (Украина), значение названного показателя составляет от 95,5 до 96,6 условных единиц без указания типа прибора, на котором проведены исследования. [5,7].

Всеми производителями были заявлены показатели, отражающие содержание TiO_2 (%), наличие и вид обработки частиц пигмента, величина водородного показателя, характеризующего кислотность среды. Так, содержание диоксида титана в представленных марках пигмента составляет от 88 (Cinkarna RC 84) до 95 % (Cristal 128).

Частицы пигментов всех рассматриваемых марок имеют неорганическую обработку поверхности. Большинство компаний, поставляющих свою продукцию на украинский рынок, выпускают пигменты с органической и неорганической обработкой поверхности. Исключение составляет продукция концерна Kronos Titan GmbH и ПАО «Сумыхимпром». Пигменты названных производителей имеют только неорганическую обработку: марки SumTitan-R - соединениями алюминия и кремния, марки Kronos – дополнительно обработаны соединениями цезия.

Компании Huntsman Tioxide R-TC (Англия) и Cristal Global (Саудовская Аравия) отмечают высокую устойчивость выпускаемых марок диоксида титана к воздействию ультрафиолетовых лучей.

Фотоактивная природа диоксида титана, которая может способствовать разрушению образуемой полимерной пленки, нивелируется нанесением покрытия на кристалл диоксида титана. Вместе с этим, TiO_2 хорошо поглощает ультрафиолетовое излучение, что обеспечивает защиту полимеров в пленках, которые могли бы разрушиться под воздействием ультрафиолета. Поэтому тип покрытия, наносимого на кристаллы пигмента, определяется необходимостью достижения оптимального баланса между двумя этими явлениями.

При определении сферы использования пигмента следует учитывать значение водородного показателя. При его низком значении материал вступает в реакцию

кислотно-основного взаимодействия и его использование в щелочной среде (pH 9,5-11), может привести к сокращению времени использования готовой продукции.

Таблица 1

Основные характеристики марок диоксида титана

Производитель, марка	Значения показателей				
	Содержание TiO ₂ , %	Обработка поверхности: неорг/орг	Масло-емкость, г/100г	pH, ед	Укрывистость, г/м ²
Pangang Group (Китай)					
R-244	93	ZrO ₂ , Al ₂ O ₃ /+	21	6,5-8,5	-
R-298	91	ZrO ₂ , Al ₂ O ₃ /-	18	7,3	-
Lomon R996	93	Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ /-	22	7,5	123*
Du Pont (США)					
Ti-Pure®R-706	93,7	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ /+	13	8,0	83*
Ti-Pure®R-902	94,2	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ /-	15,9	8,4	-
Kronos Titan GmbH (Германия)					
Kronos 2190	94	Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ /-	18	-	87*
Kronos 2315	92,5	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , ZrO ₂ /-	16	-	89*
Huntsman (Англия)					
Tioxide R-TC90	94	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ /+	16	7,0-8,0	95,8*
Cinkarna (Словения)					
RC 84	88	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ /-	23-26	7,0-8,5	-
RC 813	93	Al ₂ O ₃ /+	21	7,0-8,0	-
RC 823	94	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ /+	18-21	7,0-8,0	-
Cristal Global (Саудовская Аравия)					
Cristal 121	93,7	Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ /-	20,3	7,75	79*/5,9
Cristal 128	95	Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ /+	18	7,3	6,25
Precheza (Чехия)					
Pretiox RG18	92,5	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ /+	25	7,0	-
Tytanpol (Польша)					
Tytanpol R003	94	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ /-	22,1	7,5	105*
Crimea (Украина)					
TiO ₂ - 220	94	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ /-	20	7,5	116*/25
TiO ₂ - 270	93	Al ₂ O ₃ /+	21	6,5-8,0	25
TiO ₂ - 280	92	ZrO ₂ , Al ₂ O ₃ /+	21	6,5-8,0	25
SumTitan (Украина)					
R 202	92	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ /-	25	6,5-8,0	25
R 206	92	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ /-	25	6,5-8,0	25

*Данные получены при испытании ЛКМ стандартной композиции: лак ПФ-060, микрокальцит, диоксид титана пигментный, сиккатив, уайт-спирит

Значение водородного показателя большинства представленных марок пигмента находится в пределах 7-8 единиц, следовательно, материалы характеризуются слабощелочной средой. Исключение составляет продукция Китайских и Украинских производителей. Свойства среды, образуемой пигментами названных производителей, могут варьироваться от слабокислой до слабощелочной. Это расширяет условия их использования, при сохранении надежности (долговечности) образуемых покрытий.

По показателю маслосъемности, характеризующему способность частиц пигмента (в расчете на 100г) удерживать на своей поверхности определенное количество масла (олифы), можно заключить, что самыми экономичными являются пигменты производимые компаниями Du Pont Ti-Pure® (США), Kronos Titan GmbH (Германия) и Huntsman (Англия). Показатель маслосъемности выпускаемых ими марок титановых пигментов составил: Ti-Pure®-706 и Ti-Pure® - 902 от 13 до 15,9 г/100 г, соответственно, а Kronos 2190 и Tioxide R-TC90 - по 6 г/100 г (табл.1).

Самым высоким показателем маслосъемности характеризуется диоксид титана марок Cinkarna RC 84 (до 26 г/100 г), Pretiox RG18 и SumTitan R (до 25 г/100г). При изготовлении лакокрасочных материалов с использованием пигментов указанных марок очевиден их большой расход, связанный с невысокой укрывистостью.

Известно, что на маслосодержимость пигмента влияют размер его частиц, степень агрегирования пигмента, плотность упаковки и смачиваемость маслом. При уменьшении размеров частиц их количество в единице объема возрастает, увеличивается их суммарная поверхность. Поскольку существует прямая зависимость между удельной площадью поверхности частиц пигмента и его маслосодержимостью, с увеличением дисперсности частиц отмечается рост показателя маслосодержимости. [2]

Способность пигмента, в том числе и белого, делать невидимым цвет поверхности характеризует показатель укрывистости, также зависящий от размера частиц пигментов. Белые пигменты обеспечивают укрывистость путем рассеивания световой волны любой длины видимого спектра. Чем меньше будет этот показатель, тем ниже расходная норма диоксида титана в композиции. Для белых пигментов это обусловлено увеличением рассеивания света с уменьшением размера частиц до тех пор, пока не будет достигнут оптимальный эффект. Дальнейшее уменьшение размера уменьшит рассеивание и увеличит светопрозрачность.

Приведенные в табл.1 показатели укрывистости существенно разнятся по значениям, поскольку, для большинства красочных составов содержание пигментов нормируется производителями в пределах 15-30%, следовательно, их кроющую способность проверяют, на составе для испытаний, изготовленном согласно утвержденной рецептуре. В таблице отмечены марки пигментов, испытания которых проводились по единой методике при испытании стандартной композиции: лак ПФ-060, микрокальцит, диоксид титана пигментный, сиккатив, уайт-спирит.

Из вышесказанного следует, что самой высокой укрывистостью характеризуются пигменты марки Cristal (Саудовская Аравия), размер частиц которых составил 0,20-0,22 мкм (табл.2).

Принимая во внимание, что, как правило, высокую укрывистость показывают среднеразмерные и крупнозернистые диоксиды титана (с размером частиц от 25 мкм), можно предположить, что они имеют высокий показатель преломления и форму, характеризующуюся плотной упаковкой в покрытии (игольчатую или чешуйчатую). Чешуйчатые частицы располагаются параллельно поверхности пленки, обеспечивая полное перекрытие светового потока. А, следовательно, для достижения максимальной укрывистости необходима высокая степень диспергирования.

Пигмент марки Cristal 121, характеризуется двумя значениями показателя укрывистости, обозначенными в табл.1 дробью, в числителе которой - значение, полученное при испытании стандартной композиции по традиционной методике, в знаменателе – композиции, составленной по рецептуре и испытанной по методике производителя [8,11]. Выявленное соотношение явилось основанием для сопоставления числовых значений показателей укрывистости, полученных различными методами.

Сравнение приведенных показателей позволило сделать заключение о низкой укрывистости пигментов китайских и украинских производителей.

Таблица 2

Показатели физических свойств некоторых марок диоксида титана

Страна	Марка	Размер частиц, мкм	Светлота, % (по CIE L*)	Белизна, усл. ед
Англия	Tioxide R-TC90	0,22 / 0,24**	97,8	-
Германия	Kronos 2190	-	96,6	-
	Kronos 2315	-	97,3	-
Китай	Lomon R996	0,23	93,9	93,8
	Pangang Group R-244	0,24	-	95,0
США	Ti-Pure® R706	0,27 / 0,36**	99,4	-
	Ti-Pure® R902	0,32 / 0,42**	99,6	-
Украина	Crimea TiO ₂ - 220	0,25	97,2	96,6
	Crimea TiO ₂ - 270	0,25	97,5	97,0
	Crimea TiO ₂ - 280	0,25	97,6	97,1

**Приведен размер частиц разных партий пигмента

Показатели дисперсности некоторых из рассматриваемых пигментов приведены в табл.2. Так, наибольшим размером характеризуются частицы наиболее экономичных пигментов американской компании Du Pont. Пигмент английского производства, напротив, состоит из частиц самых малых размеров, а низкий уровень его маслосъемкости может объясняться как специальной органической обработкой поверхности кристаллов, так и конгломерацией мелких частиц в комплексы с уменьшением удельной площади поверхности. Агрегирование частиц материала, вызванное стремлением любой дисперсной системы к самопроизвольному уменьшению поверхностной энергии, ведет к увеличению плотности их упаковки.

Главное назначение титанового пигмента - придавать яркий белый цвет веществу, в которое он вносится. Установлено, что белизна и оттенок титановых пигментов зависят от вида исходной руды (ильменит, TiO_2); наличия примесей Fe, Cr, Sn, Nb; кристалльной модификации (анатаз или рутил); размера частиц. Оптимальными для светорассеяния считаются частицы с размерами 0,25-0,33 мкм. При этом максимальное значение показателя приходится на частицы размером 0,25 мкм, что составляет половину среднего значения длины волны дневного света в воздухе [3].

Самыми высокими показателями светлоты характеризуются пигменты компании Du Pont (США) – 99,4-99,6%, с максимальным размером частиц (табл.2). В то же время, по показателю светлоты белый пигмент марки Tioxide R-TC90 (Huntsman), состоящий из частиц размером 0,22 мкм, превосходит продукцию ЧАО «Крымский титан», размер пигментных частиц которого составляет 0,25 мкм.

Поскольку все рассматриваемые марки пигмента представляют собой рутильную форму диоксида титана, для них характерно поглощение излучения в ультрафиолетовой и коротковолновой области спектра, в связи с чем, появляется незначительная нехватка отражённого синего света, что приводит к лёгкому жёлтому оттенку. Устранить этот эффект можно смещая гранулометрический состав пигмента в сторону более мелких частиц или за счёт создания более узкого диапазона их размеров. Можно предположить, что эти закономерности учитываются специалистами компании Huntsman.

Выводы

1. Диоксид титана является неотъемлемой частью красочных композиций, и от его качества и количества зависят такие показатели готовой продукции, как цвет, светостойкость и атмосфероустойчивость. Тонкость помола (дисперсность) пигментов в малярных работах имеет большое значение: чем тоньше размолот пигмент (до определенной степени дисперсности), тем лучше окрашивается поверхность и тем больше укрывистость и красящая способность пигмента. Для достижения наилучших результатов необходимо использовать марки диоксида титана с размером частиц от 0,2 до 0,3 мкм (при этом разброс в размере частиц должен быть минимален), желательна неорганическая обработка поверхности части оксидами алюминия и кремния.

2. Установлено, что одним из факторов, оказывающих влияние на основные характеристики титанового пигмента, является его дисперсность. Значимость названной характеристики для производителей белых титановых пигментов в повышении конкурентоспособности продукции очевидна. Некоторые производители (в их числе компания Kropos Titan GmbH) относятся к ней как к коммерческой тайне и не включают в описание своей продукции. Другие – доводят до сведения потребителей лишь часть информации, характеризуя средний размер частиц пигмента или остаток на сите при просеве. Поскольку, производителями используются методы мокрого или сухого просева, а также сетки с разными размерами ячеек, возникают трудности с сопоставимостью представленных значений характеризуемого показателя. Так компанией Precheza (Чехия) для испытаний своей продукции используется сито с сеткой №0045, а производителем Sinkarna Celje d.d (Словения) - №0040. Компания Lomon (Китай) в характеристике своей продукции вообще не указала номер сита, на котором проверялась дисперсность

пигмента, а в техническом описании диоксида титана R-244 Pangang Group (Китай) указан №325, который не значится в перечне сеток нормальной точности, применяемых в технологии пигментов.[13]

3. По результатам проеденных исследований, наиболее высокий уровень показателей свойств отмечен у диоксида титана производства Саудовской Аравии, США, Германии. Однако пигменты названных производителей не относятся к сегменту дешевых сырьевых материалов. Пигменты дешевого ценового сегмента, произведенные в Украине и Китае, по основным характеристикам уступают лидерам рынка. При этом по большинству рассматриваемых показателей диоксид титана отечественного производства идентичен китайскому. Его конкурентным преимуществом, является более высокая белизна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егорушкин В.И. ЦОТ: здоровая конкуренция на рынке диоксида титана не повредит /В.И. Егорушкин // ХИМ Курьер (Информационно-аналитический журнал).- 2012. - № 14 (357). - С 44-46.
2. Беленький Е.Ф. Химия и технология пигментов /Е.Ф. Беленький, И.В. Рискин - Изд-е 4-е перераб и доп. - Л. : Химия, 1987. – 200 с.
3. Молчанов В.И., Юсупов Т.С. Физические и химические свойства тонкодиспергированных минералов. – М.: Недра, 1981. – 160с.
4. Регулирование физико-химических свойств технических дисперсий /Под ред. А.А. Пашенко – Киев: Вища школа, 1975. – 184 с.
5. Партнеры ООО «РЛК Импекс» [Электронный ресурс]. - Режим доступа [http://rlk-impe\[narod2.ru/lomon.html](http://rlk-impe[narod2.ru/lomon.html)
6. Диоксид титана пигментный. Технические условия [Текст] : ТУУ 24.1-05762329-001-2003 - [Действующий с 2003-12-23]. - Крымская ГАК «Титан», 2003, с изменениями – 6 с.
7. Бизнес каталог Республики Крым: «Крымский ТИТАН» [Электронный ресурс]. - Режим доступа - <http://life-crimea.com/list/presentation-2/>.
8. Официальный сайт ЗАО «Русская Химическая Компания» - Cristal Global [Электронный ресурс]. - Режим доступа - http://www.ruschemical.com/dioksid_titana/dvuokis_titana_pigmentnaya_cristal_128.
9. Информация о продукции Kronos /TiO₂: Типы и применение. Октябрь 2010 – 20с. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа - http://www.kronosorders.com/khome.nsf/COMPLETE_RUS.pdf.
10. Официальный сайт Группы компаний «Радиян» [Электронный ресурс]. - Режим доступа - <http://www.radian-group.ru>.
11. Левицкий Д.В. Диоксид титана китайского производства /Д.В. Левицкий, В.Н. Савицкий //Лакокрасочные материалы и их применение. – 2005 - №1-2. - С28-29
12. Рекламный проспект компании HUNTSMAN (Англия) [Электронный ресурс]. - Режим доступа - <http://www.himmir.ru/pigment/rtc90.htm>.
13. Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия [Текст] : ГОСТ 6613-86 - [Действующий с 1988-01-01]. - М. : ФГПУ Стандартиформ, 2006. – 11 с. - (Межгосударственный стандарт).

РАЗДЕЛ 4. ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, МЕХАНИКА И СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ

УДК 624.016.7:699.841

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОПОГЛОТИТЕЛЯ КОЛЬЦЕВОГО ТИПА В СТАЛЬНЫХ КАРКАСАХ

Абдурахманов А. З., ст. преподаватель

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

На примере 15-этажного здания определяется эффективность применения энергопоглотителя кольцевого типа, геометрические параметры которого рассчитаны при помощи предложенной формулы. В качестве критерия эффективности приняты расход металла и трудоемкость изготовления и возведения. **энергопоглотитель, стальные каркасы, энергоемкость, сейсмическая нагрузка, пластические деформации, расход стали, колебания**

ВВЕДЕНИЕ

Существует большое количество способов повышения сейсмостойкости зданий: резинометаллические опоры, кинематические фундаменты, динамические гасители колебаний и другие. Однако эти и другие системы обладают рядом существенных недостатков, одним из которых является количественная оценка эффекта применения.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Наиболее полно над расчетом стальных каркасов с учетом развития пластических деформаций работал Л. А. Бородин [1, 2], который опирался на энергетический принцип расчета таких систем, предложенный И. А. Корчинским [3, 4]. Так же существует методика расчета кольцевых сейсмопоглотителей предложенная Г. М. Остриковым и Ю. С. Максимовым [5]. Эта методика позволяет определить размеры сечения кольца, однако не учитывает упругопластическую работу кольца и степень её развития в сечении. Также при подборе сечения следует указывать необходимый уровень снижения сейсмической нагрузки на каркас здания, оснащенного ЭПК.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Кольцевые энергопоглотители (ЭПК) просты в изготовлении и хорошо работают в пластической стадии на знакопеременные малоцикловые нагрузки и благодаря этому обладают высокими энергопоглощающими свойствами. Обладая вышеперечисленными положительными свойствами, кольцевой сейсмопоглотитель должен применяться при строительстве сейсмостойких многоэтажных каркасных зданий. Для этого должна быть методика расчета позволяющая определить геометрические параметры ЭПК с учетом неупругих деформаций в кольце и динамических характеристик здания. В связи с этим целью данной работы является изучить эффективность кольцевых сейсмопоглотителей на основе предложенной методики расчета каркасов многоэтажных зданий оснащенных ЭПК.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Как показали результаты теоретических и экспериментальных исследований, оснащение связевых каркасов зданий энергопоглотителями кольцевого типа позволяет повысить надежность работы каркасов [5, 6, 7, 8] при сейсмических воздействиях. При этом за счет интенсивного развития упругопластической работы энергопоглотителя значительно увеличивается рассеивание энергии колебаний.

В качестве критериев эффективности конструктивного решения приняты: расход металла и трудоемкость изготовления и возведения (табл. 2) [9]. Сравнение технико-экономических показателей осуществлялось для металлических связевых каркасов, один из которых выполнен по традиционной схеме, а второй – с применением энергопоглотителей кольцевого типа.

Сравнение вариантов конструктивных решений производилось на примере 15-этажного гражданского здания (рис. 1) с размерами в плане LxВ 30x18 м и высотой Н=50 м. Каркас здания имеет сетку колонн 6x6 м и высоту этажа 3.3 м. Горизонтальная жесткость обеспечивается вертикальными связями. Связи размещены в центральной части каркаса. Место строительства расположено в районе с 9-балльной сейсмичностью.

Подбор параметров ЭПК производился в соответствии со следующей методикой:

1. По формуле, выведенной автором на основе энергетического принципа, определяются основные параметры кольца:

$$\frac{I}{r \cdot h} = \frac{a_0 \cdot K \cdot u \cdot k_{\dot{\gamma}} \cdot k_{\delta} \cdot \sin j}{16 \cdot p \cdot s_T \cdot N_k} \cdot \sqrt{m \cdot C_k \cdot \frac{i - g^2}{(i - m^2) \cdot g^2}} \quad (1)$$

где

I – момент инерции сечения кольца;

η – расстояние срединной поверхности нижнего или верхнего пояса от нейтральной оси;

r – радиус кольца;

a_0 – ускорение колебаний основания;

K – коэффициент, равный произведению коэффициентов k_1, k_2, k_3 ;

u – коэффициент, принимаемый в зависимости от категории и мощности слоя грунта основания;

k_n – коэффициент перегрузки;

k_{ϕ} – коэффициент, учитывающий влияние высших форм колебаний;

m и C_k – инерционная масса и жесткость каркаса;

i и μ – коэффициенты, зависящие от интенсивности неупругих деформаций;

γ – коэффициент, определяемый по формуле: $g = \chi \cdot m$, ζ – задаваемый коэффициент снижения сейсмической нагрузки.

N_k – число колец в одном направлении;

2. Приблизительно определяется энергия внешних сейсмических воздействий, полученная каркасом за один полуцикл собственных колебаний основного тона [5]:

$$V_1 = 0,5 \sum_{j=1}^n S_j \cdot y_j \quad (2)$$

где S_j и y_j – горизонтальная сейсмическая нагрузка и прогиб каркаса в уровне j -того этажа.

3. Определяется суммарная одноцикловая энергоемкость всех энергопоглотителей [5]:

$$W_{\delta} = \bar{W}_{\delta} \cdot G_{\dot{\gamma}}, \quad (3)$$

где $\bar{W}_{\delta} = 4F_T \cdot f_n / g$ – удельная одноцикловая энергоемкость энергопоглотителя.

Нагрузка, при которой в поясах кольца начнут развиваться пластические деформации [5]: $F_T = 2A_f \cdot h_1 \cdot s_{\delta Y} / r$;

Изменение диаметра кольца вдоль действующих сил за счет пластических деформаций [5]: $f_n = f_T \cdot (a_n - 1)$;

При этом коэффициент податливости энергопоглотителя должен находиться в пределах $a_n = 6-10$.

g – вес элемента;

$G_{\dot{\gamma}}$ – суммарная масса энергопоглотителей.

4. Проверяется условие надежности работы стального каркаса при землетрясении расчетной интенсивности [5]:

$$\bar{W}_{\delta} \cdot G_{\dot{\gamma}} \geq 2 \cdot 0,95 V_1 = 1,9 V_1, \quad (4)$$

где 0,95 – коэффициент, учитывающий поглощение энергии при упругих колебаниях каркаса.

Проверочный расчет, проводившийся на основное сочетание, показал, что под действием ветровой нагрузки, принятой для 3 климатического района, кольцевые энергопоглотители работают в упругой стадии.

В соответствии с [10] вертикальная составляющая сейсмической нагрузки и крутящий момент относительно вертикальной оси не учитывались. Размеры сечений приведены в табл. 1.

При подборе параметров ЭПК уровни снижения сейсмической нагрузки ξ и интенсивности упругопластической работы q установлены равными соответственно 1,5 и 1/20.

На основании выполненных расчетов проведено технико-экономическое сравнение традиционной и предлагаемой конструктивных форм.

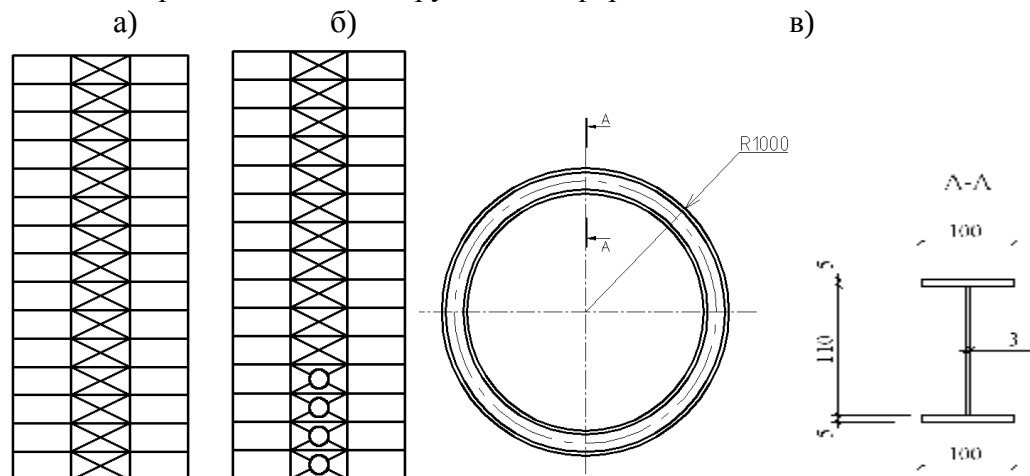


Рис. 1. Схемы здания и ЭПК:

а – здание без ЭПК; б – здание с применением ЭПК; в – геометрическая схема ЭПК
Таблица 1

Расчетные сечения элементов каркаса

Этаж	Здание без ЭПК			Здание с ЭПК		
	Ригели	Колонны, входящие в вертикальные связи	Вертикальные связи	Ригели	Колонны, входящие в вертикальные связи	Вертикальные связи
1	двутавр пояс 280x12 стенка 500x6	короб стенка 800x25 пояс 500x22	швеллер 2№33	двутавр пояс 280x12 стенка 500x6	короб стенка 630x18 пояс 480x10	швеллер 2№16
2-3	двутавр пояс 280x12 стенка 500x6	короб стенка 630x20 пояс 560x18	швеллер 2№33	двутавр пояс 280x12 стенка 500x6	короб стенка 530x16 пояс 500x14	швеллер 2№18
4-6	двутавр пояс 280x12 стенка 500x6	короб стенка 560x20 пояс 500x14	швеллер 2№33	двутавр пояс 280x12 стенка 500x6	короб стенка 450x18 пояс 450x16	швеллер 2№16
7-9	двутавр пояс 280x12 стенка 500x6	короб стенка 450x14 пояс 450x12	швеллер 2№30	двутавр пояс 280x12 стенка 500x6	короб стенка 450x12 пояс 320x14	швеллер 2№14
10-12	двутавр пояс 280x12 стенка 500x6	короб стенка 400x12 пояс 320x14	швеллер 2№27	двутавр пояс 280x12 стенка 500x6	короб стенка 300x12 пояс 280x10	швеллер 2№14
13-15	двутавр пояс 280x12 стенка 500x6	короб стенка 260x6 пояс 200x6	швеллер 2№20	двутавр пояс 280x12 стенка 500x6	короб стенка 210x5 пояс 200x6	швеллер 2№10

Расчеты каркасов зданий производились на программном комплексе ANSYS. Как показывают графики, приведенные на рис. 2–6, характер изменения напряжений в колоннах и диагональных связях практически аналогичен друг другу. Напряжения в колоннах и связях совпадают до середины воздействия, даже в некоторых случаях в

здании без ЭПК напряжения в колоннах меньше чем в здании с ЭПК. Начиная со второй половины воздействия, когда в кольцах стали развиваться упругопластические деформации, напряжения в колоннах и связях здания оснащенного ЭПК уменьшаются, а при подходе к резонансному участку колебаний происходит заметное снижение усилий в элементах каркаса. Так, напряжения в колоннах, примыкающих к связям с ЭПК, уменьшаются от 1,5 до 2 раз, а напряжения в диагональных связях от 2,5 до 3 раз.

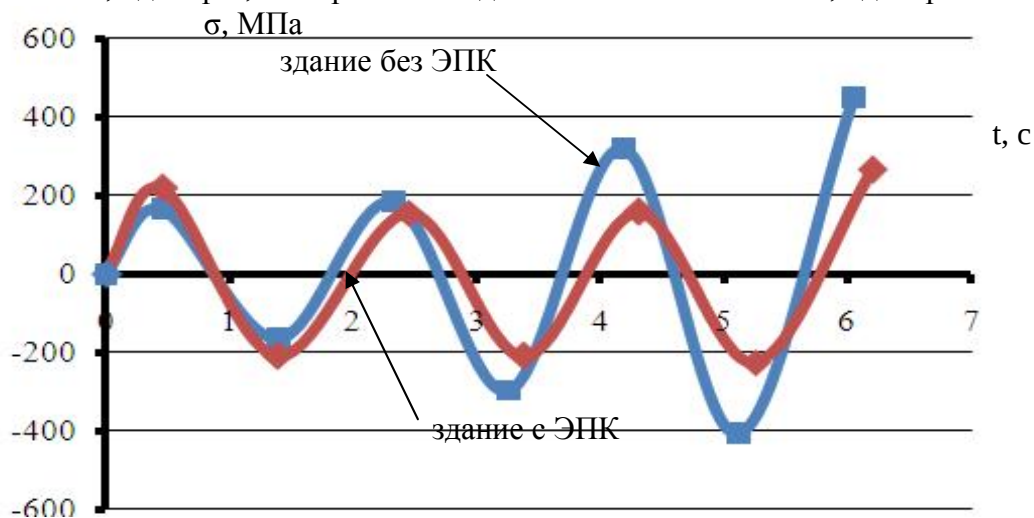


Рис. 2. Изменение напряженного состояния в колонне 1-го этажа

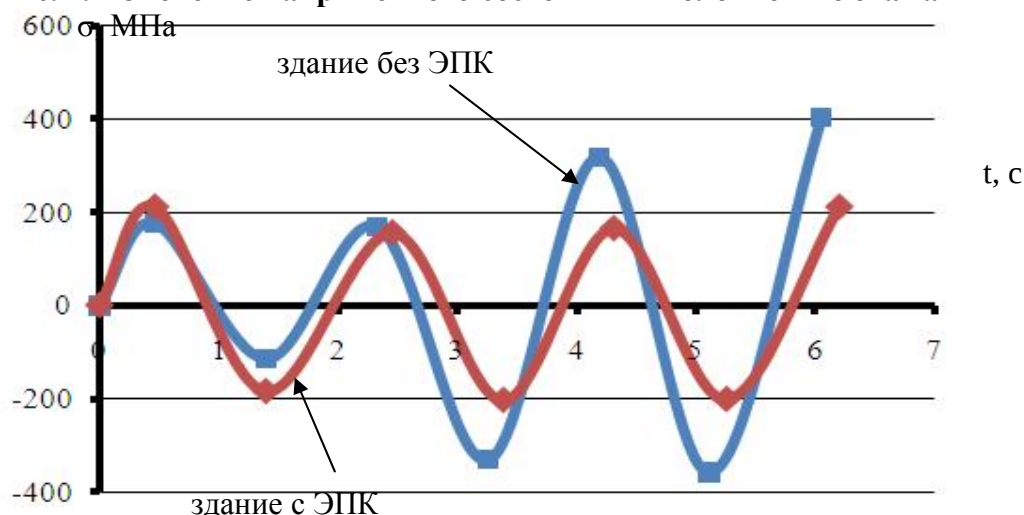


Рис. 3. Изменение напряженного состояния в колонне 2-го этажа

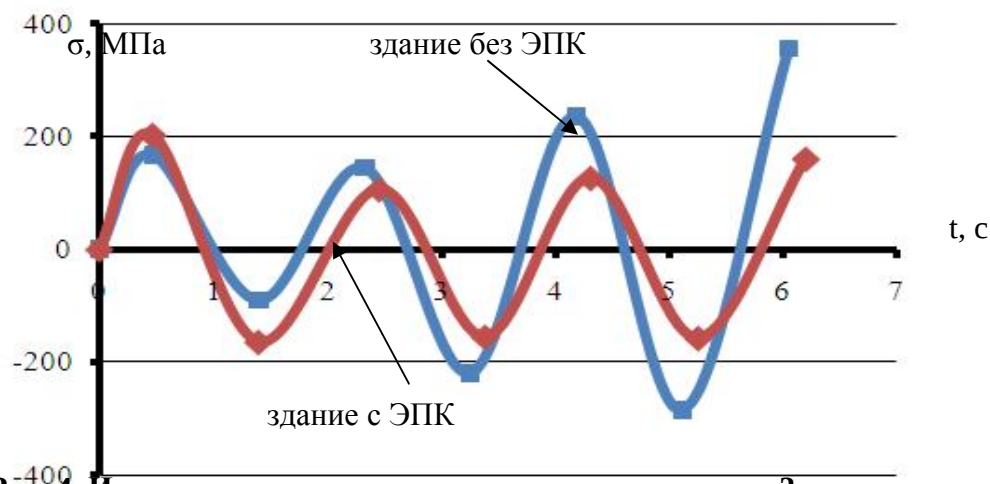


Рис. 4. Изменение напряженного состояния в колонне 3-го этажа

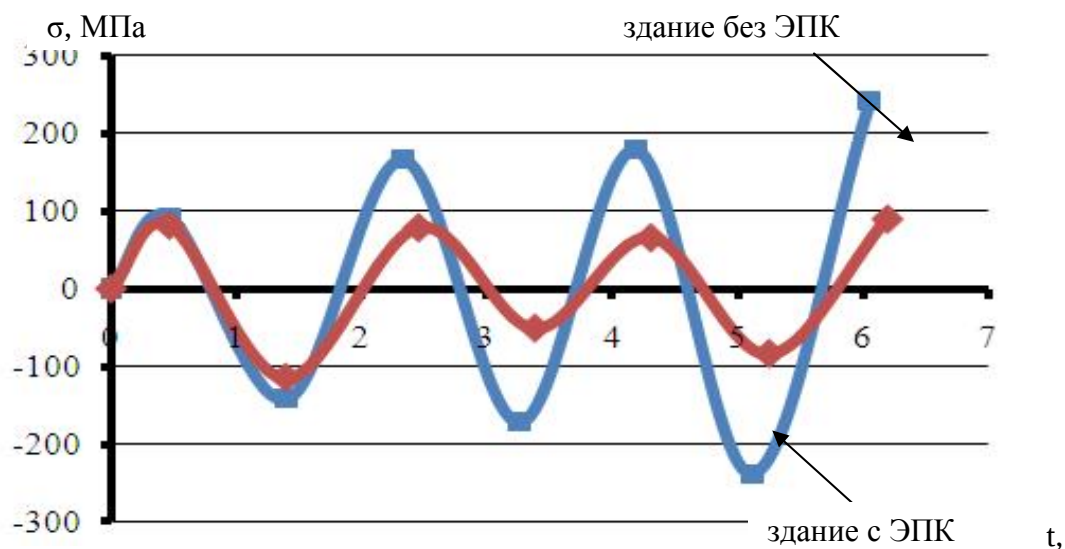


Рис. 5. Изменение напряженного состояния в диагональной связи 1-го этажа

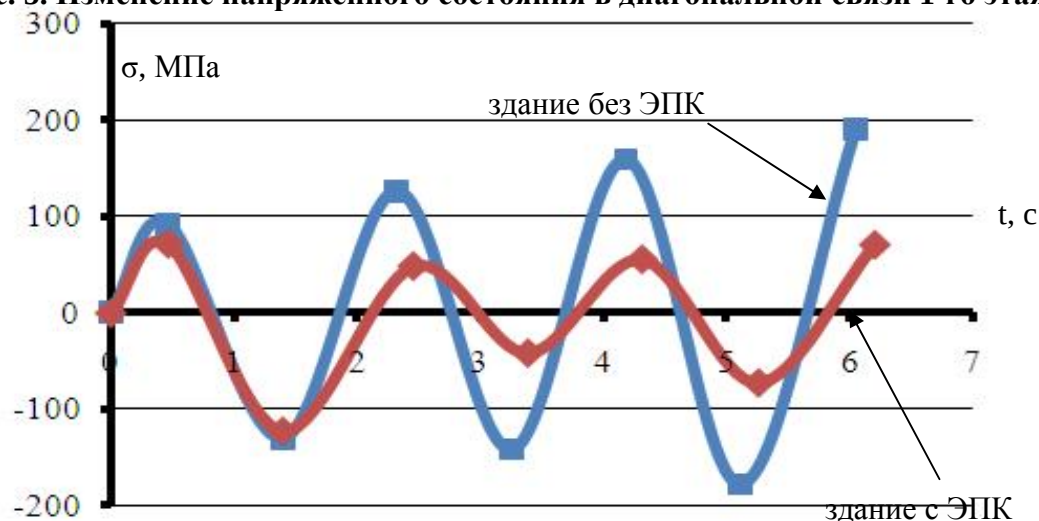


Рис. 6. Изменение напряженного состояния в диагональной связи 2-го этажа

Таблица 2

Технико-экономическое сравнение каркасов с ЭПК и без ЭПК

Наименование конструкции	Масса конструкций, т	Общий расход металла, т	Трудоемкость изготовления, ч-ч	Трудоемкость монтажа, ч-ч	Общая трудоемкость, ч-ч
Ригели (l=6 м, 540 шт)	246,7*	566,5	33,8	4109	4225
	246,7		33,8		
Колонны рядовые (l=45 м, 12 шт)	102,3		20,0		
	81,6		19,5		
Колонны фасадные (l=45 м, 20 шт)	141,3	498,8	12,0	3966	4075
	130,4		10,8		
Вертикальные связи (l=6,7 м, 180 шт)	76,2		50,0		
	40,1		45,0		

* над чертой приведены данные для каркаса без ЭПК;
под чертой – с ЭПК

Выводы

1. Результаты расчета 15-этажного каркасного здания показали, что для обеспечения полуторократного уровня снижения сейсмической нагрузки, связевой каркас должен быть оборудован 12-ю энергопоглотителями кольцевого типа. Это дает возможность снизить

сечения колонн, примыкающих к вертикальным связям, на 27%, а сечения подкосов - на 48%.

2. Расход стали по каркасу предлагаемой конструктивной формы снижается на 11%, а трудоемкость изготовления и монтажа – на 3%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородин Л. А. О расчете упругопластических систем при сейсмическом воздействии / Л. А. Бородин // Строительная механика и расчет сооружений. – 1982. – №1. – С. 68-72.
2. Бородин Л. А. Оценка энергии, сообщаемой упругопластическим системам при сейсмическом воздействии / Л. А. Бородин // С-во и арх.-ра. Сер. 14. Строительство в особых условиях. Сейсмостойкое строительство. Э.-И. – 1979. – Вып. 10. – С. 20-25.
3. Корчинский И. Л. Оценка несущей способности конструкций при сейсмическом воздействии с энергетических позиций / И. Л. Корчинский // Бетон и железобетон. – М. : 1967.
4. Корчинский И. Л. Конструктивные мероприятия, обеспечивающие повышение сохранности каркасов зданий во время землетрясений / И. Л. Корчинский, Л. А. Бородин, Г. М. Остриков // Строительство и архитектура Узбекистана. – 1977. – №3. – С. 39–42.
5. Остриков Г. М., Максимов Ю. С. Стальные сейсмостойкие каркасы многоэтажных зданий. – Алма-Ата: Казахстан, 1985. – 120 с.
6. Новиков В. Л. Экспериментальное исследование на модели динамических характеристик стального каркаса здания, оснащенного энергопоглотителями / В. Л. Новиков, Г. М. Остриков // Реф. сб. Строительство и арх.-ра. Сер. 14. Сейсмостойкое строительство. – 1979. – Вып. 10. – С. 14-18.
7. Ажермачов Г. А. Експериментальні дослідження енергопоглиначів кільцевого типу на знакозмінні навантаження / Г. А. Ажермачов, А. З. Абдурахманов, Е. М. Меннанов // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Simferopol – Lublin 2012. – Volume 14-1. – P. 28-34.
8. Пат. 35850 Україна, МПК (2006) E04H 9/02 E04B 1/24. Каркас сейсмостійкої багатоповислової будівлі / Г. А. Ажермачов, С. Г. Ажермачов, А. З. Абдурахманов; заявник та патентовласник Національна академія природоохоронного та курортного будівництва. – № u200804782; заявл. 14.04.2008; опубл. 10.10.2008, Бюл. №19. – 4 с.
9. Лихтарников Я. М. Вариантное проектирование и оптимизация стальных конструкций / Лихтарников Я. М. – М. : Стройиздат, 1979. – 319 с.
10. ДБН В.1.1-12-2006 Строительство в сейсмических районах Украины / Минстрой, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины. – К.: ИСС «ЗОДЧИЙ», 2006. – 50 с.

УДК 624.137

ЖИВУЧЕСТЬ ФУНДАМЕНТОВ И ЕЕ РОЛЬ В ПРОГРЕССИРУЮЩЕМ РАЗРУШЕНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Дьяков И.М., к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

На основании теоретических и экспериментальных исследований в области работы отдельно стоящих фундаментов рассмотрены вопросы живучести фундаментов и ее места в системе расчета конструкций и зданий. Оценена роль живучести фундаментов в стойкости здания к прогрессирующему разрушению. Выявлены этапы разрушения отдельно стоящих фундаментов. Определены факторы, влияющие

на живучесть отдельно стоящих фундаментов и соотношение регламентированной нормами несущей способности и разрушающей нагрузки

Отдельно стоящие фундаменты, живучесть, прогрессирующее разрушение

ВВЕДЕНИЕ

Пристальное внимание к стойкости к прогрессирующему разрушению зданий и сооружений, наблюдающееся в последнее время, связано с увеличением числа аварий строительных объектов. Основными причинами прогрессирующего разрушения является запредельные нагрузки на конструкции или повреждения конструкций, приводящие к последовательному разрушению отдельных несущих элементов и всего здания или сооружения в целом.

Значительная часть аварий зданий и сооружений связана с повреждением фундаментов. С одной стороны потеря способности одного или группы фундаментов к восприятию нагрузки, в том числе запредельной, может самостоятельно привести к прогрессирующему разрушению объекта. С другой стороны, при повреждении отдельных несущих вертикальных элементов здания (колонн, опор и т.д.) происходит перераспределение усилий на другие вертикальные элементы и, соответственно, создаются запредельные нагрузки на их фундаменты.

Результат аварийных воздействий зависит от стойкости фундаментов к запредельным нагрузкам, т.е. живучести. Термин «живучесть» применяется как к сооружению (системе) в целом, так и к отдельным конструкциям. Существует значительное количество определений живучести конструкций. В наиболее обобщенном виде под живучестью конструкций принято понимать способность конструкции сохранять свою несущую способность, частично или полностью выполнять свои функции при возникновении повреждающих факторов или наличии повреждений.

В большинстве расчетных моделей, применяемых для определения стойкости здания или сооружения к прогрессирующему разрушению, возможность повреждения и разрушения фундаментов не рассматривается. Отсутствуют и исследования живучести фундаментных конструкций. Таким образом, для комплексной оценки стойкости зданий к прогрессирующему разрушению необходимы методики определения живучести фундаментов, разработка которых требует проведения целенаправленных исследований.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросы стойкости к прогрессирующему разрушению, живучести систем связаны с развитием науки и техники, повышением сложности технических объектов. Они изучались в сферах: электроники, машиностроения, медицины, военной и др. сферах такими авторами, как: И.А. Рябинин, А.Г. Додонов, Е.И. Шерстобитов, В.Ф. Крапивин, Ю.М. Парфенов, Б.С. Флейшман, А.А. Кочкаров, Г.Г. Малинецкий, Г.Н. Черкесов и др.. Систематизацию значительного количества исследований провел Ю.И. Стекольников.

Исследования в области прогрессирующего разрушения зданий и сооружений начали проводиться относительно недавно. В основном они затрагивают такие строительные системы, как большепролетные конструкции, многоэлементные структуры, многоэтажные каркасные и панельные здания, пространственные оболочки. Этим и другим исследованиям посвящены работы Н.С. Стрелецкого, Н.П. Абовского, В.И. Колчунова, Г.А. Гениева, Г.И. Шапиро, В.И. Травуша, Н.В. Ключевой, А.В. Перельмутера, П.Г. Еремеева, Б.С. Расторгуева, В.М. Бондаренко, Я.М. Айзенберга, Ю.И. Кудишина, В.О. Алмазова, А.И. Плотникова, А.Г. Тамразяна, В.М. Ройтмана, С.В. Доронина, В.В. Тура, В.К. Вострова, Ю.П. Назарова, В.Н. Симбиркина, Д.Ю. Дробота и др.

Исследования в области живучести фундаментов и их роли в стойкости к прогрессирующему разрушению зданий отсутствуют.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель статьи – основываясь на результатах имеющихся экспериментальных исследований, рассмотреть некоторые аспекты живучести отдельно стоящих фундаментов и оценить имеющиеся запасы несущей способности конструкций, обеспечивающие восприятия запредельных нагрузок.

Задачи статьи:

- Проанализировать результаты экспериментальных исследований;
- Выявить факторы, влияющие на живучесть отдельно стоящих фундаментов;
- Оценить соотношение таких величин, как регламентируемая нормами несущая способность отдельно стоящего фундамента и разрушающая нагрузка;
- Определить направления дальнейших исследований.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методы исследований – научный анализ, систематизация полученных данных, сравнительный метод, синтез.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ АНАЛИЗ

Нормы (п.п.1.4.7 [1]) определяют потерю стойкости конструкции как потерю несущей способности в результате нарушения равновесия между внешними и внутренними усилиями в каком либо элементе конструкции или системы в целом. Из этого следует, что любое регламентируемое нормами повреждение конструкции рассматривается как исключаящее его дальнейшую эксплуатацию.

В то же время отмечается, что для обеспечения надежности конструкций в отдельных случаях для аварийных расчетных ситуаций следует выполнять проверку по первой группе предельных состояний с использованием характеристичных значений прочностных и деформационных характеристик материалов. Аварийные расчетные ситуации могут возникать в связи с землетрясением, взрывом, авариями оборудования, пожарами и в других случаях, а так же непосредственно после отказа какого либо элемента конструкции (2.1.2.4 [1]).

Таким образом, с одной стороны конструкция, имеющая регламентированные нормами повреждения, рассматривается как потерявшая несущую способность и в дальнейшем эксплуатироваться не может. С другой стороны, для обеспечения надежности работы конструкции должен быть проведен расчет на аварийные расчетные ситуации, в том числе и в случае повреждения какого либо элемента конструкции.

В данной ситуации возникают как минимум две проблемы. Во-первых, не учтены нерасчетные аварийные ситуации, количество которых значительно превышает то, которое указано в нормах. Во вторых, отсутствуют методики расчета конструкций при наличии отказа какого либо элемента (т.е. с повреждениями).

Для фундаментов при воздействии расчетных нагрузок нормами предусмотрен расчет на продавливание и изгиб по нормальному сечению (1 группа предельных состояний). По второй группе предельных состояний ограничивается ширина раскрытия трещин величиной 0,3 мм, так как конструкция взаимодействует с агрессивной средой [1], [2]. Возможность работы фундамента в аварийных ситуациях при запределельных нагрузках не рассматривается.

Так как методики расчета не всегда адекватно отображают процессы, происходящие в конструкции, для анализа экспериментальных исследований целесообразно рассматривать критерии разрушения. Критериями потери несущей способности отдельно стоящих фундаментов в нормальных условиях эксплуатации, исходя из [1], являются такие повреждения плитной части, как: появление наклонных трещин, свидетельствующие об образовании пирамиды продавливания вследствие среза; разрушение сжатого бетона при достижении фибровыми деформациями граничных значений, свидетельствующие о начале разрушения конструкции по наклонному сечению; достижение деформаций текучести в отдельных стержнях арматуры или во всех стержнях одновременно в растянутой зоне плиты; раскрытие нормальных трещин более 0,3 мм, что может привести к коррозии арматуры. Нагрузку, при которой достигаются эти повреждения можно определить как регламентированную несущую способность фундамента.

В реальных условиях разрушающая нагрузка, после которой фундамент полностью теряет стойкость к восприятию внешнего воздействия, значительно больше его регламентированной несущей способности, что позволяет фундаменту воспринимать запределельные нагрузки. Таким образом, живучесть фундамента можно оценить уровнем разрушающей нагрузки и степенью ее превышения величины регламентируемой или расчетной несущей способности.

Параметры фундамента устанавливаются его расчетом. При этом расчетная несущая способность, как правило, меньше регламентированной несущей способности. Тогда запас живучести фундамента при сопоставлении разрушающей нагрузки с расчетной несущей способностью несколько выше, чем при сопоставлении с регламентированной величиной.

Для изучения живучести отдельно стоящих фундаментов были проанализированы результаты экспериментальных исследований, проведенных в 80-90 годы в НАПКС [3].

Исследования выполняли на крупноразмерных моделях отдельно стоящих фундаментов размерами в плане 1,0 x 1,5 м с толщиной плиты 0,1; 0,15; 0,3 м, что соответствует гибким и жестким фундаментам. Варьировали: толщину плиты, процент армирования плитной части, эксцентриситет приложения внешней нагрузки. Испытания проводили в грунтовом лотке размерами 4,0 x 4,0 x 4,0 м, заполненном песком средней крупности. Измеряли: уровень внешней нагрузки, нормальные контактные напряжения под подошвой фундамента, напряжения в рабочей арматуре, напряжения в сжатой зоне бетона плитной части, осадку и деформации плиты.

Для проведения измерений использовали месдозы, тензометрию, датчики напряжения в бетоне М20-ВРМ, индикаторы и прогибомеры часового типа. После проведения испытания для изучения характера внутренних трещин все конструкции были распилены вертикальными резами в длинном направлении плиты.

Разрушения фундаментов в завершающей стадии испытаний произошло от продавливания плитной части с выделением и перемещением пирамиды продавливания.

Исследования позволили сделать следующие выводы [3]:

- Разрушение фундаментов от изгиба и продавливания – результат единого процесса, сопровождающегося образованием наклонных и нормальных трещин в теле плитной части фундаментов;
- Продавливание происходит вследствие дробления сжатой зоны бетона над нормальными трещинами из-за достижения главными сжимающими напряжениями прочности бетона на смятие;
- Под подошвой фундамента в процессе нагружения происходит перераспределение нормальных контактных напряжений с трансформацией эпюры контактных напряжений от близкой к прямоугольной или трапециевидной к параболической;
- Разрушение фундаментов от продавливания сопровождается концентрацией контактных напряжений под подошвой пирамиды;
- Разрушение от продавливания происходит при ширине раскрытия нормальных трещин, значительно превышающей величину, допустимую нормами.

В рамках проводимого исследования, ранее полученные данные позволяют соизмерить уровни нагрузки, при которой происходили локальные разрушения (повреждения), с разрушающей нагрузкой, выявить этапы разрушения. Таким образом, можно оценить живучесть фундаментов при воздействии запредельных нагрузок, превышающих регламентированную несущую способность конструкции.

Рассмотрим результаты некоторых из экспериментов.

У Образца Ф-1-4 первые нормальные трещины в плите образовались при внешней нагрузке 50 кН (17% от разрушающей нагрузки) (рис.1). Из полученной зависимости напряжений в сжатой зоне бетона плиты от внешней нагрузки видно, что при нагрузке 240 кН напряжения достигли пикового значения 32 МПа (что в 2,5 раза выше параметрической прочности бетона конструкции на сжатие) у углов колонны, после чего произошло локальное разрушение бетона на данном участке (рис.1). Окончательное разрушение конструкции произошло при нагрузке 310 кН, превысив нагрузку проявления регламентированных локальных разрушений более, чем в 2,5 раза.

Из результатов испытания образца Ф-1-5 установлено, что при нагрузке 185 кН произошло локальное разрушение в бетоне сжатой зоны у центральной части колонны. При этом напряжения составили 23 МПа, превысив прочность бетона на сжатие в 2,1 раза (рис.2). Другой датчик, ориентированный в направлении главных сжимающих напряжений показал пиковые напряжения величиной 27 МПа при нагрузке 200 кН. Максимальная нагрузка, воспринятая фундаментом, составила 220 кН.

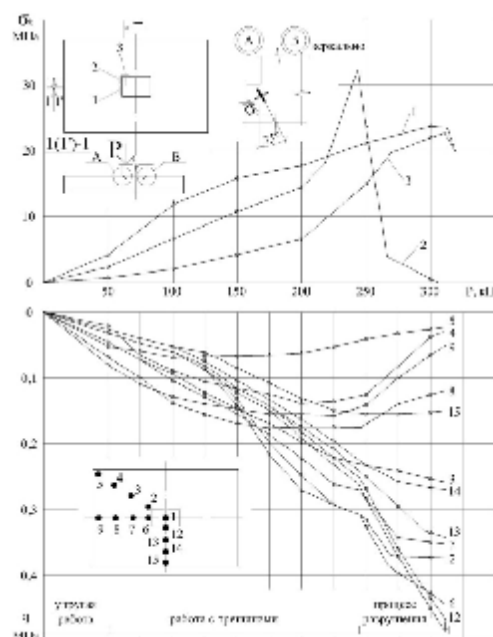


Рис.1. Зависимость напряжений в сжатой зоне бетона плиты и нормальных контактных напряжений под подошвой фундамента Φ-1-4 от уровня внешней нагрузки

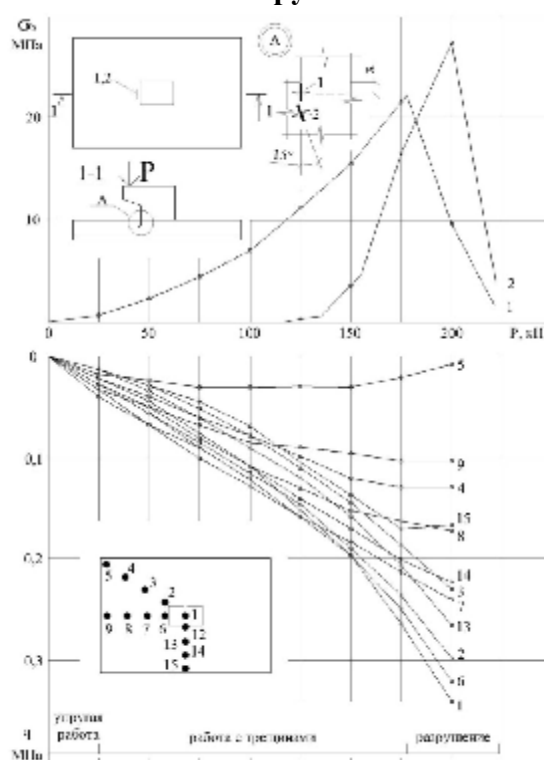


Рис.2. Зависимость напряжений в сжатой зоне бетона плиты и нормальных контактных напряжений под подошвой фундамента Φ-1-5 от уровня внешней нагрузки

Аналогичная картина получена и при испытании фундамента Φ-3-2 с толщиной плиты 0,1 м. Первые разрушения в бетоне сжатой зоны получены при нагрузке 120 кН у углов колонны (рис.3). При этом напряжения составили 0,9 МПа. Пиковые напряжения в сжатой зоне бетона на небольшом удалении от колонны достигли примерно тех же величин при нагрузке 180 кН, после чего произошли локальные повреждения. Максимальная нагрузка, воспринятая фундаментом составила 200 кН.

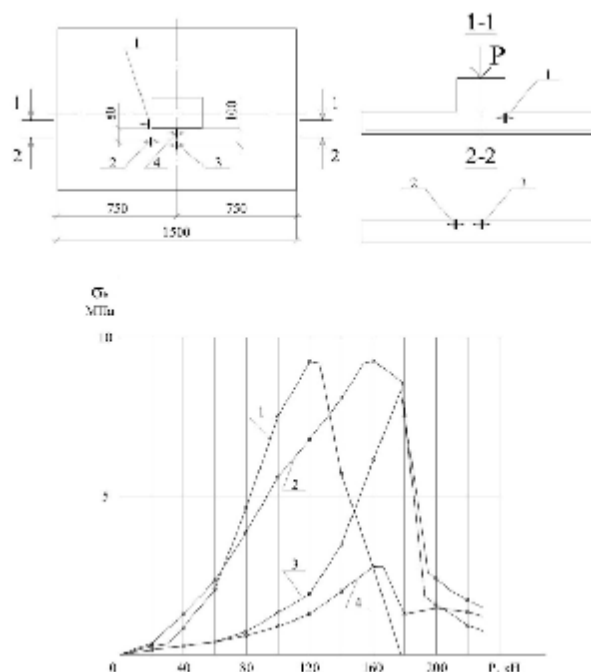


Рис.3. Зависимость напряжений в сжатой зоне бетона плиты фундамента Ф-3-2 от уровня внешней нагрузки

На рис.4 представлен разрез фундаментов после испытаний. Как видно из фотографии, тело фундаментов имеет повреждения в виде нормальных и наклонных трещин.

Изучение эпюр нормальных контактных напряжений под подошвой фундаментов показало, что увеличение внешней нагрузки после возникновения повреждений приводит к более активному перераспределению с увеличением контактных напряжений под центральной частью конструкций и снижению уровня напряжений у краевых зон (рис.1,2). Такая реакция грунтового основания связана с деформациями плиты фундамента. Она способствует относительному уменьшению напряжений в нормальных и наклонных сечениях конструкции, что позволяет достичь большей живучести фундамента.

Таким образом, можно выделить следующие стадии деформации и разрушения отдельно стоящих фундаментов, представленные в табл.1.



Рис. 4. Разрез фундаментов с толщиной плиты соответственно: 100, 150 и 300 мм

Основными причинами высокой живучести отдельно стоящих фундаментов, позволяющей сохранять свою несущую способность при наличии повреждений и запредельных нагрузок в 2,0 и более раз превышающих нагрузки, вызывающие первичные разрушения являются:

Объемное напряженное состояние плитной части фундамента в наиболее опасной зоне, приводящее к переходу работы бетона от сжатия к смятию, нелинейной работе;

Переход арматуры от текучего состояния к состоянию упрочнения;

Трансформация эпюры нормальных контактных напряжений в грунте на всех стадиях работы фундамента. Относительное снижение усилий в фундаменте на изгиб и продавливание, связанное с перераспределением нормальных контактных напряжений в грунте к центру фундамента.

Отсутствие какого либо из перечисленных факторов или снижение их влияния приводит к уменьшению живучести конструкции. Так исследования, проведенные Б.Ю.Барыкиным [4], показали, что у перекрестных балочных фундаментов запасы прочности не столь велики, а превышение максимальных напряжений в сжатой зоне бетона над параметрическими значениями прочности бетона на одноосное сжатие в среднем составляет 20%.

Таблица 1

Стадии разрушения отдельно стоящих фундаментов

№	Процессы, происходящие в фундаменте	Процессы, происходящие в грунте основания	Нагрузка	Стадия работы конструкции с точки зрения норм [1]	Стадия работы конструкции с точки зрения живучести
1.	Деформация (изгиб) плитной части	Трансформация эпюры контактных напряжений от седловидной к параболической. Увеличение трансформации эпюры к параболической	Допустимая	Нормальная работа конструкции	Нормальная работа конструкции
2.	Образование нормальных трещин		Достижение регламентируемой нормами несущей способности. Переход к запредельным нагрузкам	Достижение предельного состояния	Возникновение локальных повреждений
3.	Раскрытие нормальных трещин сверх регламентируемой нормами величины, образование наклонных трещин				
4.	Возникновение локальных повреждений бетона сжатой зоны у колонны (подколонника)	Увеличение концентрации нормальных контактных напряжений под формирующейся пирамидой продавливания	Запредельная нагрузка	Работа в условиях аварийной ситуации	Развитие локальных повреждений
5.	Полное (тотальное) разрушение сжатой зоны бетона по периметру колонны, начало перемещения пирамиды продавливания	Превышение контактными напряжениями под пирамидой продавливания несущей способности грунта. Прогрессирующая неконтролируемая осадка фундамента	Отказ от восприятия фундаментом внешней нагрузки (выключение из работы)	-	Разрушение

Существенный интерес представляет разработка методики оценки степени живучести конструкции при работе на запредельные нагрузки. Как показали проведенные ранее исследования, наиболее близкое расчетное значение разрушающей нагрузки к экспериментальной для отдельно стоящих фундаментов позволяет получить расчетная модель, основанная на следующих положениях [3]:

— Разрушение фундамента на завершающей стадии нагружения происходит, как правило, от продавливания плитной части конструкции. Данное положение подтверждается тем, что перераспределение нормальных контактных напряжений

под центральную часть фундамента в большей степени снижает усилия в нормальных сечениях у колонны и в меньшей степени - в наклонных;

— Продавливание является результатом образования нормальных и наклонных трещин в плитной части конструкции и последующего дробления сжатой зоны бетона из-за достижения прочности бетона на смятие главными сжимающими напряжениями.

Вместе с тем данная методика требует значительных уточнений и учета современных тенденций расчета фундаментов как железобетонных конструкций.

Как показали исследования формы и целостности пирамиды продавливания, выполненные посредством распилки конструкций, пирамида, образовавшаяся у жестких фундаментов в процессе разрушения, способна воспринимать ограниченные усилия (рис.4). Величина таких усилий не будет превышать прочности пирамиды на изгиб по нормальным сечениям и несущей способности грунтового основания под пирамидой. Чем больше отношение высоты плитной части к площади подошвы, тем больше остаточная несущая способность фундамента.

Многие системы «здание-фундамент-основание» являются саморегулирующимися системами. Увеличение осадки фундаментов приводит к перераспределению усилий на другие фундаменты и соответственно снижению усилий на рассматриваемый фундамент. Таким образом, возможность фундамента после разрушения от продавливания воспринимать в аварийной ситуации ограниченные усилия может использоваться в оценке стойкости к прогрессирующему разрушению некоторых типов зданий и сооружений (например, каркасные здания с монолитным перекрытием, здания с полным металлическим каркасом, имеющим жесткие связи в узлах и др.).

Другим аспектом воздействия запредельных нагрузок на фундамент, не превысивших разрушающую нагрузку, является возможность его дальнейшей эксплуатации без проведения работ по реконструкции и восстановлению. Данный вопрос непосредственно связан с получением конструкцией тех или иных повреждений. Учитывая, что расчетная несущая способность фундамента, как правило, меньше нагрузки, при которой возникают регламентированные нормами предельные повреждения, возможны следующие ситуации:

- Запредельная нагрузка больше расчетной, но меньше регламентированной несущей способности конструкции;
- Запредельная нагрузка больше расчетной и регламентированной несущей способности, но меньше разрушающей.

Первый случай предполагает дальнейшую эксплуатацию фундаментов без выполнения каких либо мероприятий. Во втором случае возможность дальнейшей эксплуатации зависит от вида и степени повреждения. Для фундаментов такие виды повреждений, как образование нормальных и наклонных трещин с шириной раскрытия более 0,3 мм делают возможным дальнейшую эксплуатацию конструкции в случае последующего закрытия трещин до величины меньшей или равной 0,3 мм после уменьшения нагрузки. Эксплуатация фундаментов с возникшими фибровыми локальными разрушениями бетона без усиления сомнительна из-за изменения схемы работы конструкции и требует более детального изучения. Решение данного вопроса связано и с вопросами дальнейшей работы системы здание-фундамент-грунт, так как при воздействии запредельных нагрузок могут возникнуть повышенные осадки фундамента как упругого, так и неупругого характера.

Выводы

1. При оценке стойкости зданий и сооружений к прогрессирующему разрушению должны рассматриваться не только надфундаментные конструкции, но и фундаменты во взаимодействии с грунтовым основанием;

2. Величина разрушающей нагрузки, определяющая живучесть отдельно стоящих фундаментов, значительно превышает нагрузку, вызывающую локальные разрушения в конструкции и определяющую, в соответствии с нормами, его несущую способность;

3. Живучесть отдельно стоящих фундаментов зависит от таких факторов, как перераспределение нормальных контактных напряжения под подошвой, объемное напряженно-деформированное состояние конструкции, нелинейная работа материалов и др.;

4. Живучесть фундаментов, у которых в сжатой зоне бетона на ответственных участках возникает объемное напряженное состояние, значительно выше, чем у конструкций с одно- или двухосным сжатием на данных участках;

5. После разрушения фундаментов от продавливания, конструкция обладает остаточной несущей способностью, зависящей от жесткости фундамента и несущей способности основания, что необходимо учитывать при оценке стойкости к прогрессирующему разрушению некоторых типов зданий, (например: каркасных зданий с монолитным перекрытием, зданий с полным металлическим каркасом, имеющим жесткие связи в узлах и др.).

6. Необходима разработка методики оценки живучести фундаментов и внедрение ее в методику оценки стойкости зданий и сооружений к прогрессирующему разрушению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.2.6-98-2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. К.: Мінрегіонбуд України, 2011.- 73 с.
2. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. К.: Мінрегіонбуд України, 2011.- 118 с.
3. Дьяков И.М. Особенности силового взаимодействия отдельно стоящих прямоугольных в плане фундаментов с песчаным основанием при внецентренном приложении внешней нагрузки. /Автореф. дисс. на соис. уч.й степ. канд. техн. наук. Днепропетровск, 1989.-21 с.
4. Барыкин Б.Ю. Применение экспериментальных диаграмм « σ_p - ϵ_p » сжатого бетона при расчете перекрестно-балочных фундаментов для зданий на склонах / Б.Ю.Барыкин, А.В.Андронов, А.Б.Барыкин. //Строительство и техногенная безопасность. Сборник науч.трудов НАПКС.- Симферополь: НАПКС, 2011. – Вып. 39. - С.9-19.

УДК 624.131.54

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ГЕТЕРОГЕННЫХ ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ И РЕШЕНИЕ РЯДА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Саломатин В.Н.

Крымская академия природоохранного и курортного строительства,

В гетерогенных твердых системах при механическом нагружении на разных стадиях изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) происходят сложные импульсные электромагнитные эмиссионные процессы. Исследования проводились на различных минералах, горных породах, железобетонных балках, бетонных и стеновых блоках. Большую роль в интенсивности излучения играет жидкая фаза, что находит отражение на многих натурных объектах в Крыму, Карпатах и других регионах.

Электромагнитная эмиссия, импульсы, трещинообразование, адгезия, когезия, флуктуация, дислокации

ВВЕДЕНИЕ

Научный и практический интерес представляют электромагнитные эмиссионные процессы в механически нагружаемых гетерогенных системах. Нами исследования экспериментального характера проводились на образцах кварца, полевых шпатов, различных, преимущественно метаморфических горных породах. Электромагнитное излучение (ЭМИ) наблюдалось на разных стадиях нагружения указанных материалов. В изменчивом поле механических напряжений вещества претерпевают разные стадии напряженно-деформированного состояния - упругие, пластичные и хрупкие. Какие вещественные или структурные элементы на каждой из этих стадий являются наиболее информативными? Гетерогенность исследуемых геологических и строительных материалов обусловлена, например, наличием жидкой фазы. Разрушение двойных электрических слоев (ДЭС) и перетекание ионов из одного слоя в другой создает благоприятные условия для формирования импульсного электромагнитного поля (ИЭМП). На конкретных натурных объектах в Крыму и Карпатах это неоднократно подтверждалось при непрерывной регистрации электромагнитных импульсных сигналов.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

За последние десятилетия опубликовано достаточно большое количество работ, авторских свидетельств на изобретения способов изучения оползней, выявления и характеристики геодинамических структур, прогнозирования

горных ударов и сдвижений в подземных горных выработках по импульсному электромагнитному излучению в широком диапазоне частот [4,5,6].

Увеличение интенсивности импульсного ЭМИ минералами-диэлектриками и содержащими их горными породами происходит при их нагревании. Это явление было детально изучено в лабораторных и полевых условиях на различных минералах, породах и искусственных смесях [7,10,12]. В лаборатории природно-техногенных электромагнитных систем (ПТЭС) при Томском политехническом университете (ТПУ) под руководством доктора геол.- мин. наук профессора В.Н.Сальникова функционирует установка по синхронному измерению электропроводности, импульсного электромагнитного излучения, акустоэмиссии при нагревании до 1100⁰С в вакууме не ниже 10⁻⁴ мм ртутного столба [10].

В строительной практике, особенно при реконструкции и реставрации зданий и сооружений, широко используется для неразрушающего контроля качества бетона ультразвуковой метод [1]. С помощью резонансной установки исследуется кинетика структурообразования при твердении цементного теста и бетонных растворов.

Недавно опубликованы результаты длительных исследований ЭМИ в процессе набора прочности бетона класса В 25 [13].

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Целью настоящей работы является обобщение опыта применения электромагнитных источников информации в гетерогенных твердых телах на объектах разного назначения.

Задачами исследований являлись:

1.Разработка методических приемов изучения напряженно-деформированного состояния (НДС) фундаментов, несущих стен в жилых зданиях и производственных помещениях.

2.Выявление общих закономерностей ЭМИ на оползнях при искусственной активизации оползневого процесса и в горных выработках разного назначения.

3.Выбор частотных информативных характеристик, разработка и создание аппаратуры.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика определялась в каждом конкретном случае и зависела от сложности общих инженерно-геологических условий, доступности объекта, масштаба и задач

исследований. На оползнях руководствовались главным образом существующими отработанными на многих разнотипных объектах методическими рекомендациями [8]. При быстром развитии оползневого процесса производилась непрерывная в течение нескольких суток регистрация сигналов с одновременной фиксацией влияния на него различных оползнеобразующих факторов.

При исследовании фундаментов мелкого заложения (ленточные, плитные, столбчатые) и их надземных конструкций (колонны, стены, башни и др.) применялся индивидуальный в каждом случае подход. Например, башни-маяки в Севастополе исследовались выносной антенной, закрепленной на стержне и по круговой развертке через 30^0 . колонны в лагере «Алмазный» в Артеке и во Владимирском соборе на Херсонесе также по круговой развертке и поэтажно.

Скибовые стволы глубиной свыше 800м «Новый капитальный», «Сибиряк» на Таштагольском железорудном месторождении в Кемеровской области изучались классическим в электроразведке способом многоотсчетного профилирования при опускании бадьи с остановками через каждые 5м.

Стволы шахтных лифтоподъемников в гостинице «Ялта» в Крыму глубиной 50м одновременно исследовались с их крыш двумя методами -ультразвуковым и методом естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) с круговой разверткой через 30^0 с интервалом по глубине каждые 3-5м.

На всех объектах автор статьи принимал непосредственное активное участие в полевых работах, обработке и анализе полученных результатов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Исследования влияния жидкой фазы на электромагнитные импульсные процессы в условиях естественного развития приповерхностных оползней – оплывин и сплывов наиболее ярко и представительно проводить в Карпатах и Предкарпатье. В отдельных районах огромные территории становятся непригодными для освоения из-за развития этих оползней.

На склоне, пораженном оплывинами по р. Хычке в Ивано-Франковской области был выбран участок совершенно чистый от техносферных помех. Для регистрации сигналов использовалась электрическая антенна рамочного типа, которая ориентировалась на развивающуюся оплывину. По мере увеличения влажности и разжижении глыбово - щебенисто - суглинистых отложений происходило увеличение числа импульсов, а во время текучепластичного течения этого материала – минимальное. Искусственное увлажнение пород на оползнях всегда приводило к изменению скорости счета импульсов. Изменения эти не носили однозначного характера, что, очевидно, связано с различной степенью водонасыщения пород, их составом, свойствами и процессами, происходящими в них. Разжижение суглинистых пород до текучего состояния вызывало уменьшение скорости счета импульсов от нескольких тысяч в час до нулевых значений.

Во время обследования Ялтинского гидротоннеля и штолен на южном берегу Крыма при прохождении через обводненные зоны наблюдались низкие значения интенсивности импульсного электромагнитного поля. Однако, это может быть связано с релаксированным характером напряжений в трещиноватых зонах разломов, которые часто являются обводненными. В то же время, как показали специальные исследования зон разломов, многое зависит от степени их активности, от напряженного состояния сопряженных структур, упругости и прочности слагающих пород.

В.Н.Сальниковым было установлено на искусственных кристаллах KBr,

KCl, NaCl, LiF, CaF₂ появление электромагнитных сигналов за счет адгезионных и когезионных явлений. При этом интенсивность ЭМИ увеличивается за счет роста запасенной энергии.

Полученные В.Н.Сальниковым, С.Д.Заверткиным, М.В.Коровкиным экспериментальные результаты при нагревании пород показывают, что интенсивность ЭМИ связана с процессами дегидратации, газоотделения, фазовыми переходами и

другими физико-механическими процессами. При механических нагружениях эти процессы и другие также имеют место. Перераспределение дефектов, движение дислокаций, колебания атомов в кристаллических решетках генерируют импульсы [9].

В подземных выработках Таштагольского рудника нами было замечено, что активное трещинообразование со стреляниями на стенке забоя в перенапряженном массиве из диоритов, гранодиоритов характеризуется уменьшением значений интенсивности поля.

При реологических испытаниях в полевых условиях на крупных целиках пород в Крыму (оползни Ставлухар, Приветненский) мощные всплески ЭМИ отмечались в момент приложения сдвигающих нагрузок с последующим резким снижением скорости счета импульсов [2,8]. То же самое наблюдалось и при испытаниях железобетонных балок в лаборатории кафедры железобетонных конструкций Национальной академии природоохранного и курортного строительства (НАПКС).

Достаточно острую проблему на протяжении ряда лет представлял выбор наиболее информативных частот. Специальными исследованиями на минералах-диэлектриках и разнообразных породах в полевых и лабораторных условиях совместно с проблемной лабораторией электроники диэлектриков и полупроводников (ПНИЛ ЭДИП) Томского политехнического университета (ТПУ) пришли к выводу о необходимости использования широкой полосы частот в килогерцовом диапазоне (5-50КГц).

Приборы индикаторного типа постоянно совершенствуются по мере улучшения элементной базы и разработки принципиальных схем. Они предназначены как для непрерывной регистрации импульсов, так и с определенным заданным интервалом.

Одной из последних модификаций приборов является GEONSENSE -500. Он позволяет измерять параметры ЕИЭМПЗ и накапливать результаты в своей памяти, которые затем могут быть выгружены в персональный компьютер для последующей обработки и анализа. Прибор имеет 2 канала регистрации импульсов, 2 синхронных канала регистрации уровня амплитудной огибающей ЕИЭМПЗ и 2 режима работы – прерывистый по точкам и непрерывный стационарный. Объем памяти -2ГБ. Прибор выполняется в компактном пыле-влагозащищенном, ударопрочном корпусе. Встроенная Li-ion батарея обеспечивает до 8 суток непрерывной работы в режиме стационарных наблюдений. GPS навигатор Media Tek MT3329 66- канальный позволяет определять координаты в любых условиях.

Условно механизмы ЭМИ делятся на адгезионно-когезионные и флуктуационные. Первые обусловлены образованием свежих заряженных поверхностей и пробойными явлениями в газе. ЭМИ происходят в широком диапазоне частот. Очевидно, электромагнитные импульсы возникают главным образом при термофлуктуационном возбуждении кристаллических решеток в момент зарождения микротрещин в скрытой стадии их развития [11]. Все это и позволяет оценивать прочность и прогнозировать момент разрушения пород, строительных материалов и конструкций по интенсивности электромагнитного излучения.

Выводы

Многочисленные экспериментальные исследования с гетерогенными материалами подтверждают разнообразие и сложность механизмов генерирования электромагнитного излучения при механическом нагружении. Важную роль, при этом, играет жидкая фаза.

Возникая на самых ранних стадиях изменения напряженно-деформированного состояния, электромагнитные сигналы являются прогностическим критерием развития деформаций фундаментов, несущих конструктивных элементов зданий и сооружений, что и было неоднократно подтверждено на разных объектах в Крыму и далеко за его пределами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефименко А.З. Исследование прочности и упругих свойств виброгазобетона с помощью ультразвуковых методов [Текст] / А.З. Ефименко // Строительные материалы.- Москва. 1966. – вып.№6, –С 30-32.
2. Кузнецов И.В. Закономерности деформирования пород при сдвиговой ползучести (на примере изучения оползней юго-восточного Крыма) [Текст] / В.Н. Саломатин, В.Д. Матвеев // Инженерная геология. - М., 1986, №1. С. 59-64.
3. Солодухин М.А. Инженерно-геологические изыскания для промышленного и гражданского строительства [Текст] / М.А. Солодухин. - М., "Недра", 1985. - 225с.
4. А.с. 857899 СССР. Способ изучения оползней / В.Н. Саломатин, В.Н., Воробьев А.А., Л.А. Защинский [и др.]. - № 2689637; заявл.28.09.1978; опубл. 21.04.1981.
5. А.с. 1385815 СССР. Способ оценки и прогнозирования устойчивости массивов горных пород / В.Н. Саломатин, В.Д. Матвеев, С.И. Кирикилица [и др.]. - № 3864291; заявл. 11.03.1985; опубл. 01.12.1987.
6. А.с 1088508 СССР. Способ анализа геодинамических процессов / А.А. Воробьев, Л.А. Защинский, В.Н. Саломатин [и др.]. - № 3516230; заявл.30.11.1982; опубл. 22.12.1983.
7. Сальников В.Н. Электрические и электромагнитные явления при нагревании минералов и горных пород [Текст]: автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук: / Сальников Владимир Николаевич; Томск. ТПИ, 1999.- 47с.
8. Саломатин В.Н. Методические рекомендации по изучению напряженного состояния пород методом регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) [Текст] / В.Н. Саломатин, Ш.Р. Мастов [и др.] - Симферополь, 1991. - 88с.
9. Дмитриевский В.С. Единая теория разрушения материалов и конструкций [Текст] / В.С. Дмитриевский // Становление и развитие научных исследований в высшей школе: сб. науч. работ междунар. науч. конф. Томск, изд-во Томского политехн. ун-та, 2009. Т.1. С. 326-331.
10. Заверткин С.Д. Термостимулированная электромагнитная и акустическая эмиссия при фазовых переходах в диэлектриках [Текст] / С.Д. Заверткин, В.Н. Сальников, К.П. Арефьев, В.А. Пилипенко // Становление и развитие научных исследований в высшей школе: сб. науч. работ междунар. науч. конф. Томск, изд-во Томского политехн. ун-та, 2009. Т.1. С. 331-338.
11. Саломатин В.Н. Постановка метода изучения естественного импульсного электромагнитного поля при искусственной активизации оползневого процесса [Текст] / В.Н. Саломатин, А.А. Воробьев // Разведочная геофизика: Киев, 1984, С.120-127
12. Арефьев К.П. Термостимулированные электромагнитные явления в кристаллах и гетерогенных материалах [Текст] / К.П. Арефьев, С.Д. Заверткин, В.Н. Сальников; Томск: STT, 2001. 400 с.
13. Селаметов Э.Ш. Исследования электромагнитного излучения в процессе набора прочности и последующем разрушении бетона класса В-25 / Э.Ш. Селаметов, В.Н. Саломатин // Строительство и техногенная безопасность: Сб. науч. трудов Симферополь, НАПКС. - вып.43. -2012. С 64-69

РАЗДЕЛ 5. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 693.61.002.5

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ МОКРОЙ ШТУКАТУРКИ СТЕН ПУТЕМ СОЗДАНИЯ НОВОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПРОВЕШИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ И УСТАНОВКИ МАЯКОВ

Герман А.С. *, Шаленный В.Т. ** д.т.н., проф., Чубукчи Э.С. ** асс.,
Тупицын Д.А. **, студент.

* ЧП «Бельведер»,

** *Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Методы внутренней отделки помещений, касающихся устройства штукатурных покрытий, занимают значительную долю ручного труда и высокую трудоемкость. Сравнение традиционных методов установки и регулировки маяков, выявление их недостатков позволило усовершенствовать конструкцию маячно-штукатурного уровня и уменьшить количество приведенных операций и их трудоемкость.

Штукатурные работы, установка маяков, маячно-штукатурный уровень, полезная модель

ВВЕДЕНИЕ

Мокрая штукатурка является одним из ведущих процессов, особенно для внутренней отделки помещений. Анализ известных публикаций, касающихся устройства штукатурных покрытий показал, что трудоемкость штукатурных работ составляет 35-40% от общей трудоемкости ведения отделочных работ, а по продолжительности выполнения, штукатурные работы занимают до 15% от общих сроков строительства. При этом, в составе технологических процессов оштукатуривания поверхностей значительную долю занимает ручной труд. Так, при выполнении строительно-монтажных работ на 1 млн. грн., требуется в среднем 98 работников, из них на штукатурных работах занято 13 человек, в том числе занятых ручным трудом – 9 [1]. Согласно аналогичным последним данным российских специалистов, на штукатурные работы приходится до 15% общих трудозатрат и 8-10% сметной стоимости строительства гражданских зданий [2, 3]. Поэтому дальнейшее развитие и совершенствование технологии штукатурных работ представляется актуальной научно-прикладной задачей.

Как указывалось выше, основным недостатком данного процесса является его высокая трудоемкость, связанная с выполнением подготовительных работ, а затем послойным нанесением штукатурной смеси, с последующим высыханием каждого слоя. Подготовительные работы, включающие разметку поверхности, занимают значительное время и требуют существенных затрат. В этих процессах значительную роль играют технология устройства маяков и марок при разметке вертикальных и горизонтальных поверхностей, подготовке полов.

Анализ публикаций

Несмотря на относительную изученность вопроса технологии и организации штукатурных работ [4], исследования и разработки в данном направлении продолжаются. Кроме упомянутых диссертаций российских специалистов, можно отметить их предложения в области механизации штукатурных работ путем заполнения растворной смесью предварительно образованной полости [5].

На Украине, в Донбасской национальной академии строительства и архитектуры проведены исследования, направленные на адаптацию действующих в стране норм [6, 7] к европейским стандартам по применению сухих строительных смесей для штукатурки [8]. В результате установлены новые нормы расхода этих смесей в зависимости от степени

ровности исходной поверхности [9]. Итогом проделанной работы стали технологическая карта на производство штукатурных работ с применением сухих штукатурных смесей фирмы КНАУФ. К подготовительным работам для таких процессов относят провешивание или нивелирование поверхности с устройством марок, а затем и маяков. В общепринятой технологии, этот процесс предусматривает устройство марок из гипсового раствора, после схватывания которого, устраиваются сплошные вертикальные маяки. Они далее служат ориентирами для заполнения раствором пространства между ними [4].

Имеются попытки отказаться от необходимости использования марок, а устраивать сразу сплошные маяки из быстро твердеющего раствора. Например, в работе [10] предлагается использование маячно-штукатурного уровня, для обеспечения высокого качества штукатурных работ при строительстве зданий промышленного, гражданского и иного назначения. Дается описание конструкции и условия регулировки. Недостатком данного способа является необходимость использования двух регулировочных винтов с каждой стороны правила, что усложняет его конструкцию и требует соответствующих дополнительных операций.

В работе [11] предлагается устанавливать и выверять маяки путем наложения раствора под предустановленные и выверенные струны. К недостаткам запатентованной технологии можно отнести высокую трудоемкость процесса установки, возможные неточности, возникающие при этом, а также перерасход штукатурной смеси.

Цель и постановка задач исследования

Цель – разработка нового способа установки и выверки правила для устройства маяков с устранением недостатков, отмеченных выше с достижением технического результата - упрощением технологии выполнения подготовительных работ для последующей мокрой штукатурки. Для чего решались нижеследующие задачи:

- анализ состояния вопроса по научно-технической и патентной информации;
- разработка и патентование новой конструкции маячно-штукатурного уровня для совершенствования процесса его установки и выверки с отказом от предварительного устройства гипсовых марок по дюбелям или гвоздям.
- оценка возможности и эффективности внедрения предложенной технологии.

Методика исследований

Для решения поставленных задач сравнивали методы традиционных технологий штукатурных работ, оценивались недостатки каждого из методов ведения работ, в результате чего сформировалось конструктивно-технологическое решение, что позволило усовершенствовать технологию устройства и установки маяков [12] в процессе подготовки к выполнению высококачественной штукатурки.

Результаты и их анализ

Для повышения надежности и точности регулирования, сокращения трудоемкости и продолжительности работ, а также повышения качества данного процесса предлагается разработка нового способа установки и выверки маячно-штукатурного уровня при устройстве маяков. Сущность предлагаемого устройства поясняется графическими материалами, где на рис.1а показан общий вид штукатурного уровня, а на рис.1б – разрез 1-1, где объясняется установка и регулировка положения этого уровня на вертикальной стене.

Уровень выполнен в виде отрезка трубы 1 прямоугольного сечения. Вблизи концов трубы 1 в ней устроено отверстие 2 большего диаметра и меньшего 3. Через эти отверстия установлен винт 4. На нем, внутри трубы 1 смонтирована пружина 5 таким образом, что один ее конец выходит наружу, а другой опирается на противоположную внутреннюю стенку трубы 1. Около середины правила 1 к нему прикреплен ампула-уровень 6. В стене 7, которую предстоит оштукатуривать, предварительно просверлены отверстия 8, куда забита пробка 9, а в ней закреплен винт 4.

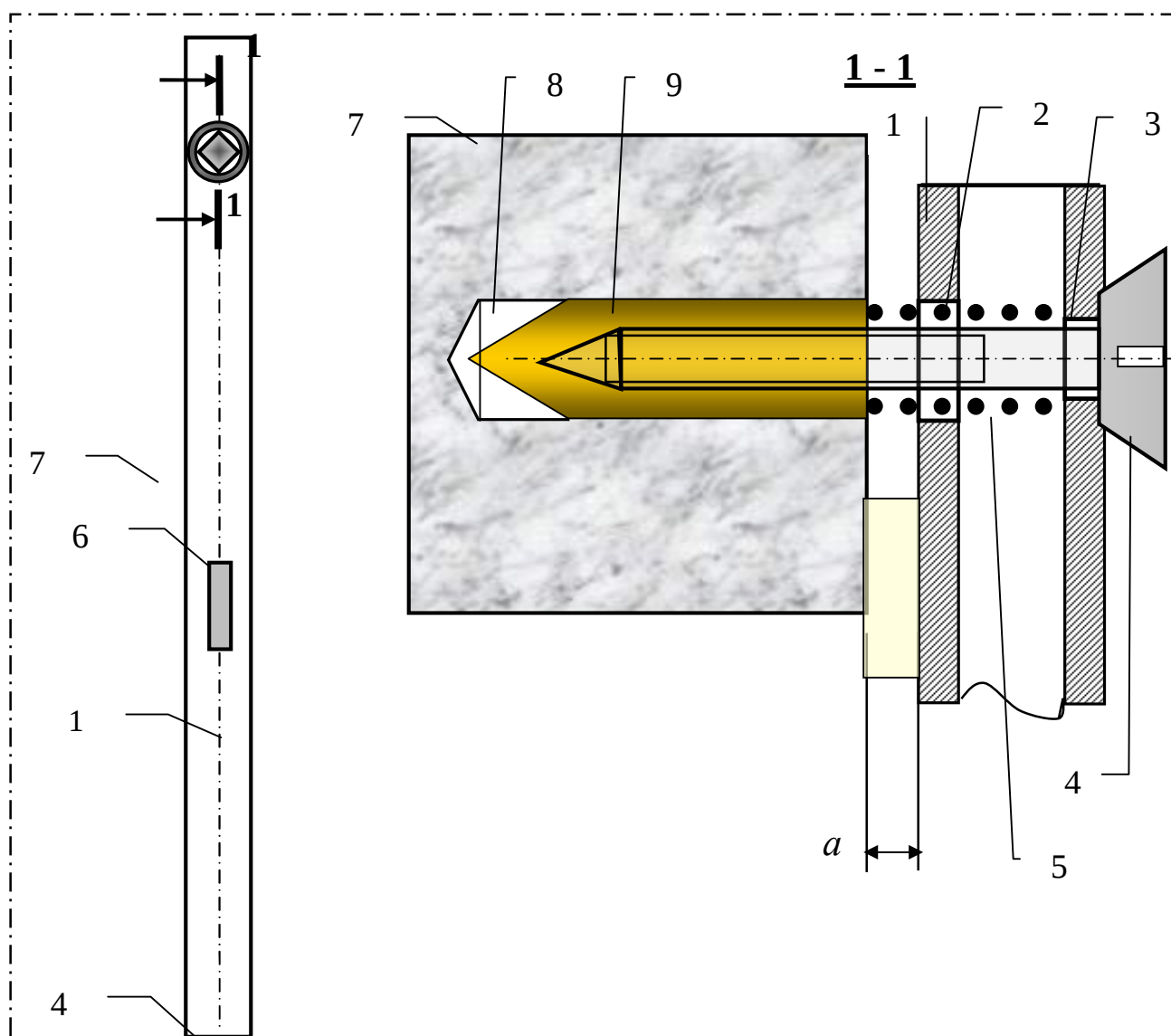


Рис. 1. Предложенная конструкция маячно-штукатурного уровня
а) общий вид, б) разрез и способ установки

Установка и выверка правила 1 осуществляется следующим образом. В стене 7 устраивают отверстия 8, куда забивают пробки 9. Чтобы не ошибиться в положении отверстий 8, их следует выполнять по шаблону, в качестве которого может быть и данное правило 1 без винтов 4. Далее приступают к установке правила 1 на стене 7. Для чего поочередно заворачивают на некоторое расстояние в пробке 9 винты 4. Последующим их вращением в двух направлениях, правило 1 приводится в вертикальное положение, которое контролируется с помощью ампулы-уровня 6. Это положение должно быть также на фиксированном расстоянии a от стены 7. На это расстояние правило 1 отжимает от стены 7 пружина 5, которая расположена в отверстии 2 большего диаметра и упирается в стенку трубы 1 с одной стороны, и в стену 7 с другой, т.к. другое отверстие 3 имеет меньший диаметр, чем пружина 5. Правило 1 таким образом зафиксировано на стене 7 на длительное время. В это время пространство между стеной 7 и правилом 1 заполняют строительным раствором, после твердения которого и образуется необходимый нам для дальнейшего оштукатуривания маяк. Перед дальнейшим выполнением штукатурных работ правило 1, вращением винтов 4, снимают со стены 7 для использования в других местах.

Таким образом, предложенная и детализированная выше конструкция маячно-штукатурного уровня позволяет меньшим количеством элементов и соответствующих

операций по его закреплению и выверки, достичь надежной установки в нужном положении, а затем провести операции по устройству маяков из строительного раствора, тем самым уменьшая количество проводимых операций и их трудоемкость.

Выводы

Таким образом, в результате проведенного литературного и патентного обзора, определено одно из возможных направлений развития технологии мокрой штукатурки путем совершенствования технологии провешивания поверхности и устройства маяков. Для реализации этого направления предложена и запатентована конструкция уровня-правила, обеспечивающая его более простое крепление и демонтаж. Что, в конечном итоге, должно уменьшить трудозатраты процесса выполнения высококачественного оштукатуривания поверхностей стен. В дальнейшем предполагается проверка этого предположения путем изготовления и использования предложенного в производственных условиях.

Список литературы

1. Кривенко Л.В. Технологія улаштування тонкошарового штукатурного покриття для внутрішнього оздоблення цегляних будівель: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кад. тех. наук. – Одеса. 2008. – 17с.
2. Хайкович Д.М. Технология нанесения растворных смесей при производстве штукатурных работ механизированным способом: дис. ...к.т.н.: 05.23.08 /Хайкович Дмитрий Михайлович/. – Санкт –Петербург, 2005. – 204с.
3. Тишкин Д.М. Механизированная технология штукатурных работ при отделке помещений растворами на основе сухих смесей: дис. ...к.т.н.: 05.23.08 /Тишкин Дмитрий Николаевич/. – Санкт –Петербург, 2011. – 184с.
4. Белоусов Е.Д., Вершинина О.С. Малярные и штукатурные работы.- Москва, 1990. – 265с.
5. Патент Российской Федерации №2083782, E04G11/20. Способ оштукатуривания стены здания и панель опалубки для его осуществления Черных Александр Георгиевич Заявл. 25.11.1992. – №92008181/03, опубл. 10.07.1997. – 2 с.
6. СНиП 3.03.01 – 87. Несущие и ограждающие конструкции / Госстрой России. – М.:ФГУП ЦПП – 2007. – 192с.
7. СНиП 3.04.01 – 87. Изоляционные и отделочные покрытия / Госстрой СССР-М. – ЦИТП. – 1988. – 67с.
8. Кожемяка С.В., Хохрякова Д.А. Оценка качества штукатурных покрытий /Современные проблемы строительства: Ежегод. науч.-тех. сборник – 2009. – Вып. № 7(12). – С. 185-190.
9. Кожемяка С.В., Хохрякова Д.А. Определение расхода сухих штукатурных смесей / Современные проблемы строительства: Ежегод. науч.-тех. сборник – 2010. – Вып. № 1. – С. 41-49.
10. Патент 2439264 С2 Российская Федерация, МПК E04F 21/04. Маячно-штукатурный уровень «маштурк» Колесникова / Колесников В.М.; заявитель и патентообладатель Колесников В.М. - №2010104365/03; заявл. 08.02.10; опубл. 10.01.12, Бюл. №1.
11. Пат. 2291262 С1, Российская Федерация, МПК⁷ E04F 21/04. Способ из-готовления струнных маяков из строительного раствора / Чинский В.П., Чинская Д.В., заявитель и патентообладатель Чинский В.П., Чинская Д.В. - №2005111016/03, заявл. 11.04.05; опубл. 10.01.07, Бюл. №1.
12. Пат. на корисну модель №77578 Україна, МПК E04F21/04, Маячно-штукатурний рівень / А.С. Герман, Шаленний В.Т., Чубукчи Е.С. - №201207486; заявл. 19.06.2012; опуб. 25.02.2013, Бюл. №4.

РАЗДЕЛ 6. ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 502(477.75):624.131.22

ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РЕНАТУРАЛИЗАЦИИ ЛАНДШАФТОВ КРЫМСКОГО ПРЕДГОРЬЯ (В СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРРИТОРИИ ПОД ЗАСТРОЙКУ)

Исаенко О. В., ст. преподаватель

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В данной статье сформулировано общее понятие о процессе самовосстановления ландшафтов, показано место ренатуризованных ландшафтов среди других природных комплексов, рассмотрены этапы и практическое значение процесса ренатурализации в связи с использованием территории Крымского Предгорья под застройку.

Ренатурализация, устойчивость, ландшафт, экосистема, Крымское Предгорье.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы связана с тем, что изучение ренатурализации (естественного восстановления) ландшафтов позволяет решить вопросы, связанные с историей формирования современных природных комплексов, разработать допустимые нормы хозяйственной нагрузки на ландшафты, дать прогнозы развития экологической ситуации на будущее. Ренатурализация ландшафтов является составной частью большого блока прикладных ландшафтных исследований, являющегося одним из наиболее развитых в современном украинском ландшафтоведении[12]. Несмотря на это, теоретические и прикладные вопросы ренатурализации являются мало изученными, что и обусловило новые исследования в этом направлении.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Разные аспекты ренатурализации ландшафтов частично рассматриваются в работах Н. И. Ахтырцевой, Г. Е. Гришанкова, Е. А. Позаченюк, А. Г. Исаченко, М. Д. Гродзинского, И. П. Ведя, В. С. Преображенского, В. П. Коржика, О. В. Исаенко и других авторов[1-6,8-10,14-16]. В последнее время появляются работы, связанные с изучением истории антропогенного использования природных комплексов, что является важным звеном при исследовании процессов ренатурализации [7,11,17].

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью данной работы является эколого-географический анализ процесса ренатурализации ландшафтов Крымского Предгорья в связи с использованием территории под застройку. В статье раскрывается понятие о ренатурализации, анализируются общие этапы естественного восстановления ландшафтов и факторы, которые определяют способность природных комплексов к самовосстановлению.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

При написании статьи был изучен и использован литературный материал, посвященный данной теме, а также материалы авторских полевых исследований 2002 – 2012 гг. Были применены статистический, картографический, ландшафтный, историко-археологический и другие методы исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Вопросы ренатурализации ландшафтов тесно связаны с хозяйственной деятельностью человека. Антропогенное влияние на природные комплексы было как прямым, так и косвенным. Наибольшее воздействие, как правило, оказывалось на такие компоненты ландшафта, как почвы и растительный покров. Но в результате их изменения изменился микроклимат территории, гидрологические показатели, скорость экзогенных геологических процессов и т.д.

Антропогенная нагрузка не была равномерной и менялась в различные исторические эпохи. В некоторых случаях первоначальный лесной ландшафт уничтожался практически полностью, в других он испытывал на себе лишь косвенное воздействие, сохраняя свою первоначальную структуру и свойства. Так же неодинаковым был период использования природных комплексов в хозяйственной деятельности человека. Некоторые территории, преимущественно долины крупных рек, используются на протяжении столетий вплоть до наших дней. Их ландшафты являются наиболее измененными. Другие территории интенсивно использовались лишь в определенный исторический период. На них наблюдается процесс *ренатуризации ландшафтов* - естественного восстановления (самовосстановления) природных комплексов после прекращения или значительного уменьшения антропогенной нагрузки[3-5,8-10]. Как отмечает Н. В. Дылис, «современные природные комплексы в силу исторически сформировавшихся свойств оказываются способными к многократному восстановлению по унаследованному ими типу организации при разного рода разрушительных воздействиях со стороны внешних факторов. После прекращения воздействия на ландшафт, антропогенные структуры довольно быстро преобразуются в системы, структура и функции которых в данных условиях закреплены предшествующим развитием»[7]. Рассматривая функции ландшафтов, В. С. Преображенский определяет *ренатуризацию* как уменьшение глубины изменений связей между компонентами природного комплекса, направленное на восстановление его первоначального состояния[16].

Понятие о ренатурализации вытекает из современных представлений о ландшафте, как о генетически связанной динамической системе, заключающей в себе набор сопряженных локальных геосистем. Возможность ренатурализации определяется таким свойством ландшафта как *устойчивость* – способность противостоять внешним нагрузкам и возвращаться к исходному или близкому к исходному состоянию, если у него не полностью нарушена структура и тип функционирования.

Г. И. Денисик отмечает, что «после формирования собственно антропогенные ландшафты, как и естественные, саморазвиваются по природным закономерностям. Иногда их даже трудно отличить от натуральных аналогов». В. С. Преображенский предлагает считать устойчивыми такие изменения в ландшафте, время существования которых превышает продолжительность жизни одного человеческого поколения. Этот критерий имеет практический смысл, но является сугубо условным. При такой точке зрения многие временные состояния ландшафтов считаются устойчивыми только потому, что не прошло достаточно времени для восстановления первичного состояния геосистемы. При таком подходе непонятно, как рассматривать процесс ренатурализации лесных ландшафтов, требующий не менее 150 – 250 лет, если продолжительность отдельных этапов ренатурализации (как показано ниже) значительно больше человеческой жизни. При этом несомненно, что промежуточные стадии ренатурализации не являются устойчивыми состояниями ландшафта, и природный комплекс стремится к единственно устойчивому климаксовому состоянию.

В. Б. Сочава предлагает геосистемы с нарушенной антропогенным фактором структурой разделить на две категории: геосистемы, относительно сохранившие свои свойства и способные воспроизвести первоначальную структуру за счёт факторов саморегуляции, и геосистемы, коренным образом изменившие свою структуру, относительно восстановление которой возможно лишь через очень длительный срок[17]. Существует мнение, что к первой категории следует относить ландшафты с нарушенным растительным покровом (разовая рубка, пожар), а ко второй – ландшафты, в которых помимо растительности значительной антропогенной трансформации подверглись и другие компоненты.

Как считают некоторые учёные, полное соответствие ренатуризованного ландшафта естественному невозможно. Это связано с тем, что изменения в ландшафте

могут быть необратимыми (например, полное исчезновение отдельных видов растений или животных, радиоактивное загрязнение территории) и климакс к которому стремится ренатуризованный ландшафт в той или иной степени отличается от первоначального климакса. К тому же современные ландшафты подвергаются хотя бы косвенному антропогенному воздействию, что также определяет невозможность их полного соответствия первозданному ландшафту. Ведь даже на охраняемых территориях при умеренном рекреационном использовании в ландшафте наблюдаются некоторые деструктивные изменения.



Рис. 1. Плато «пещерного города» Мангуп-Кале. Видно восстановление естественной лесной растительности, распространяющейся по плато из верховий балок. Аэрофотоснимок 1970-х гг.



Рис. 2. Раскопки средневекового Алмалыкского могильника под Мангуп-Кале. На его территории полностью восстановился исходный лесной ландшафт. Фото автора, 2003г.

Есть предположение, что ренатуризованный ландшафт сходен по структуре с коренным ландшафтом на одной из более ранних стадий его эволюционного развития. Степень «омоложения» ландшафта зависит от глубины испытанных им нарушений. Полное возвращение ренатуризованных ландшафтов в их исходное состояние маловероятно. Скорее можно предположить, что их современная структура может стать климаксовой по отношению к существующему на данный момент состоянию среды[11]. Из-за изменения климакса многие геосистемы «замирают» на одной из стадий ландшафтной сукцессии, стремясь максимально приспособиться к современным условиям.

Процесс ренатурализации зависит от различных факторов. По мнению автора, все факторы, влияющие на ренатурализацию можно разделить на две большие группы: природные и антропогенные. К природным факторам можно отнести климатические и микроклиматические особенности территории, крутизну и экспозицию склонов, характер окружающих природных комплексов. К антропогенным факторам отнесём продолжительность периода после прекращения или уменьшения антропогенной нагрузки, тип хозяйственного использования территории в прошлом, современное прямое и косвенное антропогенное воздействие на ландшафты, находящихся на разных этапах ренатурализации.[3,8-10].

Например, как показали полевые исследования, для ренатурализации ландшафтов Крымского Предгорья, ведущим фактором является крутизна и экспозиция склонов. Наблюдения позволяют сделать вывод, что вне зависимости от характера антропогенного воздействия и времени прекращения хозяйственной деятельности, на северных склонах и в балках ренатурализация проходит значительно быстрее и ренатуризованные ландшафты имеют наибольшее сходство с первоначальными. Это связано с тем, что на склонах северной экспозиции и в балках значительно лучше условия увлажнения, меньшие перепады температур, более мощный почвенный покров.

Важным фактором ренатурализации является тип антропогенного использования территории: селитебный, пашенный, пастбищный, лесосечный. Селитебный тип использования территории ведет к самому глубокому преобразованию естественного ландшафта – уничтожаются практически все его компоненты: растительный покров, почва; здания формируют новый «останцовый» рельеф высотой 5 – 40 м., который влияет на микроклимат, гидрологический и гидрогеологический режимы и др.

На участках античной и средневековой застройки ренатурализация ландшафта происходит относительно быстро. Этот процесс особенно хорошо заметен на территории т. н. «пещерных городов», возникших в позднеантичное и раннесредневековое время и прекративших свое существование в XV – XVIII вв. (рис.1,2). Это связано с тем, что древние строения были относительно небольшими, глубина заложения фундамента редко превышала 1 м., при строительстве использовались исключительно природные материалы: местный штучный камень, глина, песок, дерево. После разрушения зданий подвалы домов, зернохранилища, развалы камней, способствуют накоплению в них мелкозема и формированию почв, к тому же эти участки лучше увлажнены.

В настоящее время ландшафты Крымского Предгорья, находящиеся на разных стадиях ренатурализации, испытывают значительное антропогенное воздействие, в том числе в результате использования территории под застройку. Особенно интенсивно застраиваются окрестности крупных городов, расположенных в Предгорье: Симферополя, Бахчисарая, Инкермана, Белогорска и др. Это связано как с расширением границ городов, так и развитием пригородов, дачной застройкой и др. При современной застройке природный или ренатуризованный ландшафт уничтожается полностью. К тому же необходимо учитывать косвенное влияние застройки на ландшафты окружающих территорий, непосредственные не подверженные застройке. При застройке территории могут быть уничтожены экоцентры, экокоридоры и другие природно-экологические объекты, от которых зависят процессы ренатурализации в регионе.

Ренатурализация ландшафтов является многогранным явлением, для изучения которого необходимо использование данных общего землеведения, ландшафтоведения, геоботаники, биогеоценологии и других наук. Решены далеко не все спорные вопросы ренатурализации, особенно касающиеся времени прохождения отдельных стадий естественного восстановления природных комплексов, степени соответствия ренатуризованного ландшафта естественному и другие.

Выводы

Ландшафтная среда Крымского Предгорья претерпела значительные изменения под влиянием антропогенной нагрузки.

После прекращения (уменьшения) антропогенной нагрузки происходит процесс самовосстановления (ренатурализации) ландшафтов, зависящий от различных факторов.

При использовании территории под застройку исходный ландшафт уничтожается полностью.

Застройка косвенно влияет на процесс ренатурализации в результате уничтожения экоцентров и экокоридоров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахтырцева Н. И. Современные и девственные (восстановленные) ландшафты Калачской возвышенности / Н. И. Ахтырцева // Вопросы антропогенного ландшафтоведения. – Воронеж: ВГУ, 1972. – С. 50 – 61.
2. Ахтырцева Н. И. Опыт классификации антропогенных ландшафтов / Н. И. Ахтырцева // Антропогенные ландшафты центральных черноземных областей и прилегающих территорий. - Воронеж: ВГУ, 1975. – С. 39 – 40.
3. Ведь И. П. Ренатурализация ландшафтов Внутренней гряды Крымских гор / И. П. Ведь, О. В. Исаенко // Природа. – Симферополь, 2003. – № 1, – С15 – 17.
4. Гришанков Г. Е. К формированию ренатуризованных лесных ландшафтов горного Крыма / Г. Е. Гришанков // Вопросы антропогенного ландшафтоведения. – Воронеж: ВГУ, 1972. – С. 62 – 71.
5. Гришанков Г. Е. Ренатуризованные ландшафты горы Кош-Кая / Г. Е. Гришанков, Е. М. Захарченко // Охрана и рациональное использование природных ресурсов.. – Симферополь: СГУ, 1980. – Вып. 1– С. 36 – 39.
6. Гродзинський М. Д. Основи ландшафтної екології / М. Д. Гродзинський. - Київ: Либідь, 1993. – 224 с.
7. Дылис Н. В. Основы биогеоценологии / Н. В. Дылис. – М.: МГУ, 1978. – 251 с.
8. Исаенко О. В. Ренатурализация ландшафтов юго-западной части Внутренней гряды Крымских гор: общий обзор / О. В. Исаенко // Культура народов Причерноморья. – Симферополь, , 2002. –№ 36 –С. 225 – 228.
9. Исаенко О. В. Теоретические вопросы ренатурализации лесных ландшафтов / О. В. Исаенко // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана.- Симферополь, 2005. – Вып 15. – С. 9 – 17.
10. Исаенко О. В. Этапы ренатурализации лесных ландшафтов (на примере Крымского Предгорья) / О. В. Исаенко // Фізична географія та геоморфологія. – Київ: Обрії, 2005. – Вип. 48. – С. 221 – 225.
11. Исаков Ю. А. Классификация, география и антропогенная трансформация экосистем / Ю. А. Исаков, Н. С. Казанская, Д. В. Панфилов. – М.: Наука, 1980. – 226 с.
12. Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование / А. Г. Исаченко. – М.: Высшая школа, 1991. – 365 с.
13. Паулюкявичюс Г. Б. Роль леса в экологической стабилизации ландшафтов / Г. Б. Паулюкявичюс. – М.: Наука, 1989. – 215 с.
14. Позаченюк Е. А. Шибляковоподобные сообщества Крыма / Е. А. Позаченюк, Г. Е. Гришанков // Биологическое и ландшафтное разнообразие Крыма: проблемы и перспективы. – Симферополь: СОНАТ, 1999. – С. 80 – 83.

15. Позаченюк Е. А. Предгорная лесостепь / Е. А. Позаченюк, Л. М. Соцкова, А. Г. Панин // Перспективы создание Единой природоохранной сети Крыма. – Симферополь: Крымучпедгиз, 2002. – С. 121 – 131.
16. Преображенский В. С. Основы ландшафтного анализа / В. С. Преображенский, Т. Д. Александрова, Т. П. Куприянова. – М.: Наука, 1988. – 192 с.
17. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. / В. Б. Сочава. – Новосибирск: Наука, 1978. – 318 с.
18. Тетиор А. Н. Экореставрация Крыма для целей устойчивой рекреации / А. Н. Тетиор // Проблемы экологии и рекреации Азово-Черноморского региона. – Симферополь: Таврида, 1995. – С. 29 – 33.

УДК 355.58 (075.8)

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РЕФОРМИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ В НАПРАВЛЕНИИ ГРАЖДАНСКАЯ ЗАЩИТА

Стоянов В.У., д.т.н., профессор; Бакулина М.В., к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В статье рассматриваются новые требования к преподаванию материала обязательной для изучения во всех ВУЗах Украины учебной дисциплины Гражданская защита. Обосновывается необходимость пересмотра подхода к подготовке студентов в ВУЗах и предлагаются пути повышения качества подготовки студентов в направлении – гражданская защита.

Гражданская безопасность, гражданская защита, планирование, организация, управление, связь подсистем в единой системе гражданской защиты страны

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в Украине развивается новый подход к обеспечению гражданской защиты производственных объектов, населения и окружающей среды в чрезвычайных ситуациях на основе управления безопасностью. Практическим подтверждением эффективности такого подхода является начатая в стране разработка ряда автоматизированных систем для прогнозного моделирования обстановки и управления силами и средствами в зонах чрезвычайных ситуаций.

Повышение качества обучения студентов всех направлений подготовки в ВУЗах Украины нормативным дисциплинам Основы охраны труда, Безопасность жизнедеятельности, Охрана труда в отрасли и Гражданская защита является одним из основных факторов повышения национальной безопасности страны. Отставание нашего государства в этой сфере становится угрожающим.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

С целью повышения безопасности населения и защиты окружающей среды в Украине создана система "Информ-Чернобыль" для управления комплексными мероприятиями, направленными на локализацию последствий Чернобыльской катастрофы, а также системы "Центр" для прогнозирования и моделирования обстановки, управления силами и средствами в зонах химического заражения, радиоактивного загрязнения, катастрофических затоплений, сейсмических разрушений и др. Для информационного обеспечения мероприятий по защите населения и территорий создана первая очередь Правительственной информационно-аналитической системы. Аналогичные системы функционируют во многих странах, так в Германии действует система IRIS, в Великобритании – RIMNET, в США – ARAC и др., которые обеспечивают

постоянный контроль за работой опасных объектов в рамках единой системы гражданской безопасности.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель статьи – показать состояние вопроса по подготовке студентов ВУЗов для объектов хозяйственного комплекса и оценить их компетентность в организации гражданской защиты объектов, населения и окружающей среды.

Задача – предложить пути повышения качества обучения студентов различного профиля подготовки при организации работ в единой системе гражданской защиты страны.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В последнее время количество природных и техногенных чрезвычайных ситуаций постоянно возрастает, вследствие чего продолжают гибнуть тысячи людей, уничтожаются материальные ценности, наносится непоправимый ущерб окружающей среде [1]. Все это требует проведения более радикального, глубокого, научно обоснованного анализа действий системы гражданской защиты Украины при решении вопросов, связанных с повышением эффективности мер по предотвращению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Стремясь приблизиться к мировым стандартам, Украина сместила приоритеты в предназначении существующей с 1993 г. системы гражданской обороны от защиты населения в условиях военного времени на защиту в мирное время [2], что закреплено постановлением Кабинета Министров Украины № 1198-98 г. и законом Украины от 8 июля 2000 г. «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера».

Для юридического закрепления проведенных структурных преобразований 24 июля 2004 г. Верховный Совет принимает Закон Украины «О правовых основах гражданской защиты», на основании которого в Украине создается Единая государственная система гражданской защиты населения и территорий. В отличие от ранее существующих военизированных подходов в систему управления этой системой введены государственные и местные координирующие органы, региональные, местные и объектовые силы гражданской защиты, включающие: оперативно-спасательные службы; специальные и специализированные аварийно-спасательные формирования; силы местных органов исполнительной власти, органов местного самоуправления и предприятий, учреждений, организаций независимо от форм собственности и подчинения. Принятые законодательные нормы определяют, что в основе гражданской защиты лежат организационные, инженерно-технические, санитарно-гигиенические, противоэпидемические, финансовые и другие мероприятия, реализуемые органами исполнительной власти и руководителями предприятий, учреждений и организаций и представляющие собой специфические подсистемы, входящие в общую систему.

Такая интегрированная система представляет собой сложное системное образование, особенности которого определяются рядом объективных и субъективных факторов.

Прежде всего, в единой государственной системе гражданской защиты представители различных направлений подготовки в ВУЗах Украины вынуждены участвовать в работе единой структуры, ставящей перед собой специфические цели и задачи. Такой процесс интеграции прежде независимых специалистов в единую структуру не может не вызывать разногласий между профессионалами: строителями, инженерами, пожарными, экономистами, снабженцами, энергетиками, медиками и др. при выборе путей решения стоящих перед ними задач в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

Второй особенностью единой государственной системы гражданской защиты Украины как интегрированной системы является узаконенная территориально-

ведомственная подчиненность ее подсистем, что усложняет процесс руководства ею в режимах повседневной деятельности, повышенной готовности и чрезвычайного положения. Общая теория руководства, бурно развивающаяся в последние годы, акцентирует внимание на том, что основные ее принципы должны присутствовать в системе любого вида деятельности, где объединяются материальные и трудовые ресурсы для достижения определенных целей. В то же время территориально-ведомственная подчиненность структурных подразделений гражданской защиты создала многочисленные прецеденты, в том числе существования нескольких руководящих структур в одном административном регионе.

Третьей особенностью, оказывающей влияние на эффективность руководства деятельностью подсистем, входящих в единую структуру гражданской защиты, является капитализация производственной деятельности объектов народного хозяйства. За последнее время характер развития большей части объектов хозяйственной деятельности привел к усложнению их структуры из-за все более усиливающейся тенденции к специализации и разделению труда в пределах одной организационной структуры. В составе объектов действуют разнообразные, более мелкие структуры, каждая из которых имеет свои собственные цели и задачи, что создает проблему интеграции их деятельности в единой системе гражданской защиты всего объекта.

Четвертой особенностью руководства системой гражданской защиты предприятий, организаций и учреждений на современном этапе является то, что частные объекты могут легко и быстро изменить характер своей деятельности, а это, в свою очередь, не дает возможности рассматривать большинство объектов хозяйственной деятельности в единой системе как статическую единицу. По существу, начальникам гражданской защиты объектов – руководителям предприятий, организаций, учреждений приходится объединять отдельные, часто противоречивые, функции своих подразделений в единую интегрированную систему гражданской защиты с образованием органов повседневного руководства; сил и средств для выполнения поставленных задач; фондов финансовых, медицинских и материально-технических ресурсов; систем связи, оповещения и информационного обеспечения [3, 4, 5].

Подводя итоги выше изложенного, можно констатировать, что ВУЗам Украины при подготовке студентов различных специальностей необходимо учитывать:

1. Сущность реформирования гражданской защиты в современных условиях, прежде всего, заключается в координации действий всех предприятий, учреждений и организаций на региональном, местном и объектовом уровнях, входящих в единую государственную систему гражданской защиты независимо от профиля их специализации.

2. Уровень подготовки высококвалифицированных специалистов объектовых подсистем оказывает решающее влияние на уровень защищенности экономики региона и обеспечение гарантии безопасности жизнедеятельности как рабочих коллективов, так и местного населения в целом.

3. В обязанности руководителей регионального, местного и объектового уровней добавилась функция социальной защиты населения, пострадавшего от чрезвычайной ситуации и ликвидации последствий от них. Однако учебные программы ВУЗов не предусматривают изучение методик расчета поражающих факторов, сценариев развития чрезвычайных ситуаций, способов гражданской защиты населения и территорий, проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ.

4. Создание систем гражданской защиты регионального, местного и объектового уровней является сложнейшей задачей, требующей для ее решения реформирования системы подготовки студентов в ВУЗах страны в области знаний 1702 Гражданская защита и изучения дисциплин Основы охраны труда, Безопасность жизнедеятельности, Охрана труда в отрасли, Гражданская защита.

Система гражданской защиты Украины, начиная с момента ее создания по настоящее время, претерпела значительные изменения, связанные с пересмотром подходов к подготовке кадров в этой области знаний.

В настоящее время совершенствование системы подготовки кадров в направлении гражданской защиты проводится в соответствии с Кодексом гражданской защиты Украины и Программой развития системы образования и научной деятельности в учебных заведениях страны. В соответствии с этой Программой в Национальном университете гражданской защиты (г.Харьков) с 2007 г. введена подготовка специалистов образовательно-квалификационного уровня бакалавр в области знания 1702 Гражданская безопасность направления подготовки 170201 Гражданская защита. Квалификационные требования к бакалаврам и специалистам в сфере гражданской защиты в ВУЗах, готовящих специалистов других областей знаний, до 2011 года продолжали основываться, в первую очередь, на прогнозе природной и техногенной ситуации в Украине.

Анализ основных опасностей для Украины показывает, что в стране и дальше будет расти количество разрушительных природных и техногенных катастроф, и без проведения превентивных мероприятий возможны потери десятков тысяч людей и убытков в миллиардном исчислении.

Для повышения качества подготовки студентов всех областей знаний МОН, МЧС и Гостехнадзором на основании приказа № 969/922/216 от 21.10.2010 г. разработаны и введены в действие Типовые учебные программы по дисциплинам Основы охраны труда, Безопасность жизнедеятельности, Охрана труда в отрасли, Гражданская защита. Программы данных дисциплин предусматривают усвоение студентами всех областей подготовки новых теорий, методов и технологий прогнозирования чрезвычайных ситуаций, построения моделей их развития и обоснование превентивных мероприятий в каждой отрасли хозяйствования, направленных на защиту работающего персонала, населения и окружающей среды.

Анализ по оценке внедрения Типовых учебных программ указанных выше обязательных дисциплин показал – нежелание ведомственных ВУЗов организовать учебный процесс в едином правовом поле, обязывающем проводить подготовку студентов с учетом базовой специальности в рамках Единой системы гражданской защиты страны.

Управление процессами, обеспечивающими стабильность и устойчивость развития экономики в условиях постоянных внешних и внутренних угроз, требует принятия взвешенных решений на всех уровнях, в том числе, и на уровне объектов экономики. Обучение студентов в ВУЗах Украины является, по сути, процессом подготовки их для принятия решений относительно организации защиты населения, хозяйственных объектов и окружающей среды от чрезвычайных ситуаций разного уровня и происхождения.

В стране уже создается система административного управления безопасностью, что требует изменения традиционных подходов к подготовке кадров ВУЗами Украины по дисциплинам, связанным с изучением вопросов охраны труда, безопасности жизнедеятельности и гражданской защиты.

Выводы

Смещение приоритетов в предназначении системы гражданской защиты на мирное время привело к острой нехватке специалистов в направлении гражданской защита населения и территорий. Решить эту проблему можно путем создания

специализированных кафедр Гражданской защиты, изменением подходов к преподаванию этой дисциплины. В строительных ВУЗах Украины необходимо начать подготовку специалистов образовательно-квалификационного уровня бакалавр в области знания Гражданская защита с направлением подготовки 170201.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента Украины «О решении Совета национальной безопасности и обороны Украины» от 11 ноября 2002 г. «О состоянии техногенной и природной безопасности в Украине». — К., 2003. — № 76/2003.
2. Закон Украины «О внесении изменений в Закон Украины «О Гражданской обороне Украины». ВРУ № 555-XIV. — К., 1999.
3. Стеблюк М.И. Гражданская оборона. — К.: Знання, 2004. — 489 с.
4. Миценко И.М. Гражданская оборона / Миценко И.М., Мезенцева О.М. — Черновцы, 2000. — 402 с.
5. Шоботов В.М. Гражданская оборона. — К., 2006. — 436 с.

РАЗДЕЛ 7.
ВОДООБЕСПЕЧЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ, ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯ,
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИКА

УДК 551.49:551.351.2

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ПРЕСНЫХ ВОД В ПОЛУЗАТОПЛЕННЫХ МОРЕМ
КАРСТОВЫХ ПОЛОСТЯХ**

Юровский Ю.Г.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В статье рассматривается проблема определения расхода пресной воды от группы субмаринных источников в карстовой полости, наполовину затопленной морем. Обсуждаются вопросы использования карстовых вод для водоснабжения курортных городов Южного берега Крыма.

Карст, субмаринные источники, дебит

ВВЕДЕНИЕ

Рациональное использование водных ресурсов – актуальная проблема в развитии водного хозяйства Крыма. При дефиците пресных питьевых вод невозможно нормальное развитие рекреации, курортных объектов, поселков и городов, куда вода подается не круглосуточно, а по жесткому графику. Поэтому определение дебита пресных субмаринных источников имеет серьезное научное и практическое значение. Использование нетрадиционных источников водоснабжения в настоящее время широко практикуется в ряде зарубежных стран, таких как Франция, Италия (остров Сицилия), ряде государств на побережье Адриатического моря, Японии, США, Новой Зеландии и других.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Первое теоретически обоснованное решение оценки расхода пресной воды из карстовой полости было предложено автором данной статьи в 1998г. [1]. Оно основывалось на совместном применении интегральных уравнений расходов русловых потоков с допущением, что карстовая полость в принципе может считаться руслом, и известных химических формул смешения [2]. Такое объединение гидродинамических и химических уравнений предполагало новый подход к изучению разноплотностных потоков (движение соленых морских и пресных карстовых вод). Наиболее полное описание методов изучения субмаринных источников приведено в монографии [3]. Дальнейшие совместные исследования автора и ученых Морского гидрофизического института Национальной Академии наук Украины (город Севастополь) позволило модифицировать (упростить) математические решения, приведенные в работе [1] и провести серию натурных наблюдений в наиболее крупной карстовой полости в районе мыса Айя, а также в соседних гротах и пещерах. Экспедиционные работы были тщательно подготовлены, а исполнители оснащены современными приборами и оборудованием. Результатам совместных исследований посвящен ряд публикаций [4, 5, 6]. Нерешенными остался ряд методических вопросов, касающихся техники и сроков наблюдений (в частности мониторинга максимальных паводочных расходов).

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Целью проводимых работ было определение расхода пресных вод из очагов субмаринной разгрузки, как одной из важнейших составляющих водного баланса. Первой задачей было оценить величину разгрузки в самой крупной полости в районе мыса Айя, в пределах которой располагается несколько субмаринных источников и больших обводненных трещин. Второй задачей, в перспективе являлась оценка суммарного дебита всех других очагов стока подземных вод. Постановка практических задач включала в себя: отработку методики измерений скоростей течения воды на выходном створе

полости, определение температур, давления, плотности воды и характерных химических компонентов (кремнекислоты и фосфора). Дополнительные наблюдения включали в себя изучение особенностей динамики поверхностного распресненного слоя прибрежных вод с помощью дрейфтеров (поплавков специальной конструкции). Все виды наблюдений должны были непосредственно связаны с конкретной синоптической ситуацией.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Все измерения гидрологических, гидрофизических и гидрохимических параметров выполнялись новыми приборами, разработанными Морским гидрофизическим институтом Национальной Академии наук Украины (МГИ НАНУ), созданными для выполнения наблюдений как на глубине, так и в тонком поверхностном слое. Температура, соленость и давление воды измерялись гидрологическим STD-зондом (в международной классификации «Conductivity, temperature depth») марки ГАП-12Р (сокращенное название Гидрозонда автоматического портативного 12-и разрядного). В очагах субмаринной разгрузки поземных вод обычно наблюдается повышенная мутность обусловленная выносом минеральных и органических частиц. Оценка степени замутненности воды определялась с помощью специального устройства – «Мутномера».

Скорости течений измерялись новейшим прибором ИСТ-1 (измеритель скорости течений, конструкции МГИ), позволяющим регистрировать в цифровом виде реверсионные величины скоростей в водоемах и водотоках на глубинах до 25 метров с точностью не менее 0,01м/с (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид прибора ИСТ – 1 и пульта регистрации сигналов

ИСТ-1, единственный из отечественных приборов, оснащенный, в отличие от обычных гидрометрических вертушек, не лопастным винтом, а ультразвуковыми датчиками. Эта конструктивная особенность позволяет проводить измерения в сильно турбулизированных потоках, с ярко выраженными пульсационными составляющими скоростного поля.

Программа работ предусматривала выполнение двух гидрологических разрезов: поперечного, длиной 7 метров на выходном створе полости (станции № 1-7), и продольного, длиной 41 метр, вдоль оси полости (станции № 8 -13). На каждой станции по вертикали поперечного разреза с экспозицией 0,5 – 1,0 минута были проведены измерения временной изменчивости температуры и солености. Кроме того на каждой станции начиная с глубин 0,0 - 0,5 метра, с шагом 0,1 метр отбирались пробы воды для определения в них содержания кремнекислоты и фосфатов. Далее, до глубины 2 метра, пробы отбирались с шагом 0,5 метра.

В процессе исследований совершенствовались приемы и сама методика измерений в тонких приповерхностных слоях воды. Так, при измерении скоростей течений непосредственно с маломерного судна на горизонте $Z = 0,1$ метр были выявлены заметные вертикальные колебания прибора ИСТ – 1 с амплитудой до 0,1 метра, обусловленные волнами зыби. После установки прибора на специальный поплавок амплитуда вертикальных колебаний уменьшилась в три раза.

Точные измерения у вертикального клифа, в основании которого расположена карстовая полость, требуют предварительной подготовки и некоторых специальных технических приемов. В реальных условиях даже небольшая зыбь и ее отражение клифом

мешают измерениям. Для нейтрализации ее влияния применялись натянутые у входа в полость тросы и поплавки. Общий вид такой конструкции показан на рисунке 2.

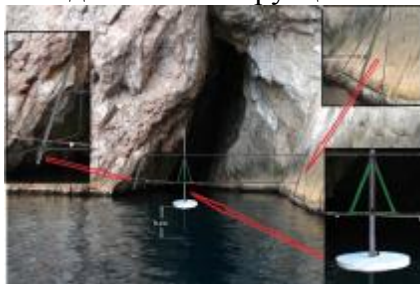


Рис. 2. Система тросов и поплавков для крепления приборов у входа в карстовую полость (коллаж А.В. Прусова)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

Гидрометеорологическая обстановка. Анализ карт температуры поверхности моря, полученных со спутника NOAA-17 показал, что период измерений совпал с ситуацией сгона, вызванного действием продолжительного западного ветра. При общем температурном фоне Черного моря 20 - 22°C температура на акватории, охваченной сгоном, упала до 13 - 15°C. Работы велись в штилевых условиях при высоте волны 0,3 метра, идущей на юго-восток с периодом 3 секунды.

Структура водной массы у входа в полость. Анализ данных измерений, выполненных на поперечном створе у входа в полость, показал наличие трех слоев вод:

- поверхностного, до глубины 1 - 1,5 метра, подверженного влиянию ветровых волн и зыби с максимальными скоростями течений из полости;
- среднего в интервале глубин 1.0(1,5) – 6 м., в котором температура воды и соленость почти постоянны;
- придонного, расположенного глубже 6м, в котором наблюдается компенсационный приток морской воды в полость.

Такое распределение слоев фиксировалось и в ранее проводимых наблюдениях [3], что свидетельствует о правильности выбранной методики исследований. В целом вертикальная структура водной толщи свидетельствует о том, что на поперечном разрезе у входа в полость наблюдается активная субмаринная разгрузка подземных вод. Графическое выражение характера разгрузки показано на рисунке 3.

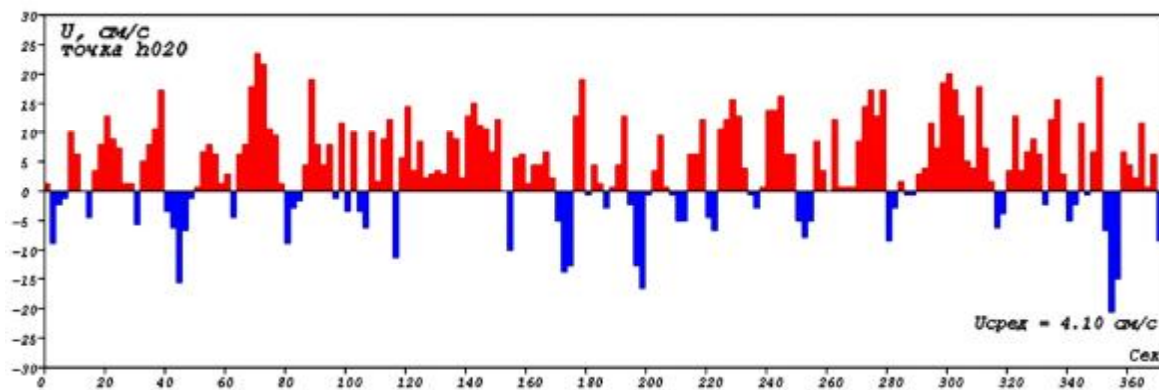


Рис. 3. Гистограмма осредненных значений пульсаций скоростей поперечного профиля на горизонте $Z = 20\text{см}$ (где Z – глубина от поверхности)

Критическое рассмотрение временных рядов скоростей показывает, что их положительные значения соответствуют течению воды из полости в открытое море. И, наоборот, отрицательные - в полость. Максимальные зафиксированные значения флуктуаций скорости, равные $\pm 0,3$ м/с, примерно соответствуют орбитальным скоростям $U(x,z,t)$ на поверхности наблюдавшейся зыби, период которой равен 3с. Длина волны λ для этого периода на глубокой воде составляет около 14 м, что вполне приемлемо для наблюдений в устье полости, где глубина составляет 8,5м.

Анализ гидрохимических наблюдений свидетельствует, что максимальные изменения солености, с величиной градиента достигающей единицы на 0,1 м, происходят в слое 0 -1 метр, ниже которого вертикальные градиенты солености становятся близкими к нулю. Наименьшая соленость и наибольшая температура поверхностного слоя наблюдалась у северной стенки полости в районе водообильной трещины на станции №1. На продольном разрезе нами наблюдались два максимума наибольшего распреснения, которые можно оценить, как по наименьшему значению солености, так и по максимальной мощности распресненного слоя. Оба этих максимума находятся в непосредственной близости от довольно мощных субмаринных источников (станция №12 в кутовой части полости и станция №9 у выхода полости в море).

Распределение концентраций кремнекислоты и фосфора являются дополнительными показателями наличия субмаринной разгрузки пресных вод в полости. В принципе результаты химических анализов хорошо согласуются с результатами измерения солености. Однако, в условиях штиля они позволяют получить более четкую картину стратификации водной тощи на выходе из полости.

Оценка расхода пресной воды из полости. Для расчетов использовались все полученные данные в ходе наблюдений: величины измерения скоростей, солености, концентрации кремнекислоты и фосфора. Расчеты выполнялись с использованием выражения:

$$Q = \int_0^H \int_0^L U_{cp}(x, z) \cdot \frac{S_{\phi} - S(x, z)}{S_{\phi} - S_{пресн}} dx dz$$

где Q – расход пресной воды; x, z – ширина и глубина на входе в полость; L, H – максимальная ширина и глубина водной толщ; $U_{cp}(x, z)$ – средняя скорость течения в точке (x, z) сечения; S_{ϕ} – фоновая соленость морской воды; $S(x, z)$ – соленость измеренная в точке (x, z) ; $S_{пресн}$ – соленость (общая минерализация) пресной воды субмаринных источников.

Суммарный расход пресной воды из полости в 2007г. составил 1915 м³/сут. Суммарный расход из всех очагов субмаринной разгрузки по измерениям на полигоне составил в 2007г - 8,5 · 10³ м³/сут., в 2008 – 10 000 м³/сут., в 2009 – 10500 и в 2010 опять 10000 м³/сут.

Выводы

Все измерения расходов пресной воды из очагов субмаринной разгрузки выполнялись в меженный период после длительной засухи. Сопоставить данные меженного стока очагов субмаринной разгрузки с паводковыми расходами можно только по аналогии с крупными субаэральными источниками данного района Крыма. Например, колебания дебита Скельского источника в межень и паводок меняются от 0,15 до 2,86 м³/с, то есть почти на 2 порядка, при среднегодовом дебите 1,37 м³/с, [7] В некоторые годы Скельский источник вообще пересыхает. Субмаринные источники у мыса Айя не пересыхают никогда. Они могут снабжать питьевой водой города Балаклаву и Севастополь с гарантированным среднегодовым расходом 10 - 50 тысяч кубических метров в сутки. При этом, качество воды соответствует последнему стандарту принятому в Украине [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юровский Ю.Г. Оценка величины субмаринной разгрузки карстовых вод в районе мыса Айя // Морской гидрофизический журнал.– Севастополь: МГИ НАНУ.– 1988. – №3.– С. 78 – 80.
2. Коротков А.И. Гидрохимический метод в геологии и гидрогеологии / А.И. Коротков, А.Н. Павлов – Л.: Недра. – 1972.– 184 с.
3. Юровский Ю.Г., Гидрогеология шельфовых областей / Юровский Ю.Г., Байсарович И.М. – Симферополь: ДИАЙПИ, 2005. – 180 с.

4. Иванов В.А. Субмаринная разгрузка у мыса Айя (Крым) / Иванов В.А., Прусов А.В., Юровский Ю.Г. // Геология и полезные ископаемые Мирового океана.- К.: 2008.– №3.– С. 65 –75.
5. Иванов В.А. Новые данные о субмаринной разгрузке подземных вод у м. Айя (Крым) / Иванов В.А., Прусов А.В., Юровский Ю.Г. // Доклады Национальной Академии Наук Украины.– К.: 2008.– №7.– С. 105 – 111.
6. Кондратьев В.И. Наблюдения субмаринной разгрузки подземных вод (Южный Крым) / Кондратьев В.И., Прусов А.В., Юровский Ю.Г. // Морской гидрофизический журнал.– Севастополь: МГИ НАНУ.– 2010.– №1.– С. 32 –45.
7. Дублянский В.Н. Гидрогеология карста Альпийских складчатых областей юга СССР/ Дублянский В.Н., Кикнадзе Т.З. – М.: Наука. – 1984. – 127 с.
8. Государственные санитарные нормы и правила «Гигиенические требования к воде питьевой, предназначенной для употребления человеком» (ДСанПин 2.2. 4-171-10). К. -2010.- 18с.

УДК 696.2(075.8)

Боровский Б.И.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

РАЗМЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ В СИСТЕМЕ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Получены размерные комплексы при высшей и низшей объёмной теплоте сгорания для четырёх групп природных газов: газы газового состояния при нормальных условиях по температуре и давлению (метан, этан, пропан, Н-бутан, изобутан); пары газов жидкого состояния при нормальных условиях (пентаны, гексаны, гептаны, октаны, нонаны); газы газового и жидкого состояния при нормальных условиях (метан, этан, пропан, Н-бутан, изобутан, пентаны, гексаны, гептаны, октаны, нонаны); пары бензола и толуола, находящихся в жидком состоянии при нормальных условиях. Показано, что размерный комплекс при низшей объёмной теплоте сгорания для газов газового состояния может быть использован при гидравлическом расчёте газовых систем.

Природный газ, размерный комплекс, газоснабжение, гидравлический расчёт

ВВЕДЕНИЕ

В науке и технике широко используются безразмерные и размерные комплексы, которые комплексно характеризуют реальные процессы.

В газоснабжении также нашли применения безразмерные и размерные комплексы. Номенклатуру размерных комплексов в газоснабжении предполагается расширить в данной статье.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В газоснабжении безразмерными комплексами являются коэффициент гидравлического сопротивления, относительная шероховатость внутренней поверхности трубы, число Рейнольдса, а к размерным комплексам относятся потери давления, отнесённые к единице длины трубы и число Воббе [1,2]. Число Воббе равно отношению объёмной теплоты сгорания газа к корню квадратному из относительной плотности газа и характеризует постоянство теплового потока, полученного при сжигании газа [2,3]. В ГОСТ [2] приведены параметры природных газов- высшая и низшая объёмная теплота сгорания (МДж/м³) и относительная плотность по воздуху $\rho_{от}=\rho_{г}/\rho_{в}$ при давлении 101,325 кПа и температуре 0 и 20⁰С. К природным газам, находящимся в газообразном состоянии при нормальных условиях, относятся пять газов: метан, этан, пропан, Н-бутан и изобутан.

Природные газы жидкого состояния при нормальных условиях- пентаны, гексаны, гептаны, октаны, нонаны, бензол и толуол (параметры приведены для паров этих газов). Характеристики природных газов анализируются в данной статье с целью получения размерных комплексов.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Целью является формирование размерных комплексов природных газов. Задачи состоят в оценке точности предложенных размерных комплексов.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика исследования заключается в таком подборе постоянных значений в предлагаемых размерных комплексах природных газов, при которых обеспечивается наибольшая их точность.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В табл. 1 приведены параметры природных газов газового состояния при высшей объёмной теплоте сгорания (здесь и далее параметры газов из [2]).

Таблица 1
Параметры природных газов газового состояния при высшей объёмной теплоте сгорания

t^0C	газ	формула	$(МДж/м^3)_в$	$\rho_{от}$	$\rho_г, кг/м^3$	$K_в$	ошибка %
20	метан	CH_4	37,1	0,5546	0,6683	53,64	0,26
20	этан	C_2H_6	65,38	1,046	1,2600	52,95	-1,00
20	пропан	C_3H_8	93,98	1,549	1,8665	53,10	-0,74
20	Н-бутан	$n-C_4H_{10}$	123,72	2,071	2,4960	53,59	0,17
20	изобутан	$i-C_4H_{10}$	123,25	2,068	2,492	53,46	0,07
0	метан	CH_4	39,82	0,5548	0,7174	53,96	0,85
0	этан	C_2H_6	70,31	1,048	1,3550	53,25	-0,46
0	пропан	C_3H_8	101,21	1,554	2,0093	53,46	-0,75
0	Н-бутан	$n-C_4H_{10}$	133,80	2,090	2,7024	53,89	0,74
0	изобутан	$i-C_4H_{10}$	132,96	2,081	2,6907	53,77	0,50

Из табл.1 следует, что по параметру $(МДж/м^3)_в$ газы различаются в 3,6 раз, а по относительной плотности в 3,77 раз. Плотность газа вычисляется по формуле

$$\rho_г = \rho_{от} \rho_в,$$

где $\rho_в$ – плотность воздуха при температуре 0 и 20⁰С равна 1,293 и 1,205кг/м³.

Результаты определения плотности газа $\rho_г$ приведены в табл. 1. С помощью этих данных получена следующая связь с индексом корреляции 0,991, корреляционная связь полная [4]:

$$(МДж/м^3)_в * \rho_г^{-0,9147} = 53,5.$$

Таким образом, получен размерный комплекс $K_в = 53,5$ для природных газов, находящихся в газообразном состоянии при нормальных условиях. Видно, что максимальное отклонение от величины комплекса составляет 0,85 и минус 1%. При этом, различия по параметру $МДж/м^3$ составляет 3,6, а по $\rho_г$ 4 раза.

Из природных газов жидкого состояния при нормальных условиях выберем пять газов, кроме бензола и толуола: пентаны, гексаны, гептаны, октаны, нонаны (табл. 2).

Таблица 2
Параметры паров природных газов жидкого состояния при высшей объёмной
теплоте сгорания

t0C	газ	формула	(МДж/м ³) _в	ρ _{от}	ρ _г ,кг/м ³	G _в	ошибка %
20	пентаны	C ₅ H ₁₂	155,65	2,637	3,1776	50,32	0,14
20	гексаны	C ₆ H ₁₄	174,62	2,976	3,5860	50,17	-0,17
20	гептаны	C ₇ H ₁₆	202,10	3,460	4,1693	50,11	-0,27
20	октаны	C ₈ H ₁₈	229,38	3,945	4,7537	50,04	-0,42
20	нонаны	C ₉ H ₂₀	257,48	4,410	5,3140	50,38	0,25
0	пентаны	C ₅ H ₁₂	169,27	2,671	3,4536	50,45	0,40
0	гексаны	C ₆ H ₁₄	187,40	2,976	3,8480	50,25	0,0
0	гептаны	C ₇ H ₁₆	216,88	3,460	4,4738	50,20	-0,10
0	октаны	C ₈ H ₁₈	246,18	3,945	5,100	50,14	-0,22
0	нонаны	C ₉ H ₂₀	276,33	4,410	5,7020	50,47	0,43

Из табл. 2 следует, что по параметру (МДж/м³)_в газы различаются в 1,78 раз, а по плотности в 1,8 раз. С помощью данных табл.2 получена связь с индексом корреляции 0,999, корреляционная связь полная [4]:

$$(\text{МДж/м}^3)_в * \rho_{г}^{-0,9767} = 50,25.$$

Таким образом, получен размерный комплекс $G_v = 50,25$ для природных газов, находящихся в жидком состоянии при нормальных условиях. Видно, что максимальное отклонение от величины комплекса составляет 0,43 и минус 0,42%.

Рассмотрим совместно природные газы газообразного состояния и пары природных газов жидкого состояния, кроме бензола и толуола (табл. 3).

Таблица 3
Параметры природных газов газового и жидкого состояния при высшей объёмной
теплоте сгорания (кроме бензола и толуола)

t0C	газ		(МДж/м ³) _в		ρ _г ,кг/м ³	Z _в	ошибка %
20	метан		37,1		0,6683	53,64	-1,58
20	этан		65,38		1,2600	52,92	-2,90
20	пропан		93,98		1,8665	53,10	-2,56
20	Н-бутан		123,72		2,4960	53,59	-1,67
20	изобутан		123,25		2,492	53,46	-1,90
0	метан		39,82		0,7174	53,96	-1,00
0	этан		70,31		1,3550	53,25	-2,29
0	пропан		101,21		2,0093	53,46	-1,90
0	Н-бутан		133,80		2,7024	53,89	-1,11
0	изобутан		132,96		2,6907	53,77	-1,34
20	пентаны		155,65		3,1776	54,06	-0,89
20	гексаны		174,62		3,5860	54,30	-0,37
20	гептаны		202,10		4,1693	54,75	0,46
20	октаны		229,38		4,7537	55,12	1,13
20	нонаны		257,48		5,3140	55,87	2,52
0	пентаны		169,27		3,4536	54,48	-0,04
0	гексаны		187,40		3,8480	54,63	0,24
0	гептаны		216,88		4,4738	55,09	1,08
0	октаны		246,18		5,100	55,47	1,78
0	нонаны		276,33		5,7020	56,22	3,16

Из табл. 3 видно, что по параметру $(\text{МДж/м}^3)_в$ газы различаются в 7,45 раз, а по плотности в 8,5 раз. С помощью данных табл.3 получена связь с индексом корреляции 0,964, корреляционная связь сильная [4]:

$$(\text{МДж/м}^3)_в * \rho_{г}^{-0,9147} = 54,5.$$

Таким образом, получен размерный комплекс $Z_в = 54,5$ для природных газов, находящихся в газообразном и жидком состоянии при нормальных условиях (кроме бензола и толуола). Максимальное отклонение от величины комплекса составляет 3,16 и минус 2,9%. Вместе с тем видно, что в случае природных газов, находящихся в газообразном и жидком состоянии при нормальных условиях, индекс корреляции меньше, а отклонения от значения комплекса примерно в 3 раза выше, чем в случае природных газов, находящихся в газообразном состоянии при нормальных условиях. Однако в первом случае различие по параметру $(\text{МДж/м}^3)_в$ и по плотности больше примерно в два раза, чем во втором случае.

Параметры паров бензола и толуола, находящихся в жидком состоянии при нормальных условиях, приведены в табл. 4.

Таблица 4

Параметры паров бензола и толуола при высшей объёмной теплоте сгорания

$t^0\text{C}$	газ	формула	$(\text{МДж/м}^3)_в$	$\rho_{от}$	$\rho_{г, \text{кг/м}^3}$	$S_в$	Ошибка, %
20	бензол	C_6H_6	151,09	2,967	3,575	37,21	0,05
20	толуол	C_7H_8	164,24	3,180	3,832	37,47	0,76
0	бензол	C_6H_6	162,615	2,967	3,8363	37,06	-0,36
0	толуол	C_7H_8	176,26	3,18	4,117	37,16	-0,07

С использованием данных табл.4 получена связь с индексом корреляции 0,997, корреляционная связь полная [4]:

$$(\text{МДж/м}^3)_в * \rho_{г}^{-1,1} = 37,19.$$

Таким образом, для бензола и толуола размерный комплекс $S_в = 37,19$. Видно, что максимальное отклонение от величины комплекса составляет 0,76 и минус 0,36%.

Проведём анализ низшей объёмной теплоты сгорания природных газов. В табл. 5 приведены значения низшей теплоты сгорания природных газов, находящихся в газообразном состоянии при нормальных условиях.

Таблица 5

Параметры природных газов газового состояния при низшей объёмной теплоте сгорания

$t^0\text{C}$	газ	$(\text{МДж/м}^3)_н$	$\rho_{г, \text{кг/м}^3}$	$K_н$	Ошибка, %
20	метан	33,41	0,6683	48,25	-1,53
20	этан	59,85	1,2600	48,47	-1,08
20	пропан	86,53	1,8665	48,97	-0,06
20	Н-бутан	114,27	2,4960	49,61	1,24
20	изобутан	113,81	2,492	49,49	1,00
0	метан	35,88	0,7174	48,57	-0,88
0	этан	64,36	1,3550	48,78	-0,45
0	пропан	93,18	2,0093	49,31	0,63
0	Н-бутан	123,57	2,7024	49,90	1,84
0	изобутан	122,78	2,6907	49,78	1,59

С помощью данных табл.5 получена связь с индексом корреляции 0,999, корреляционная связь полная [4]:

$$(\text{МДж/м}^3)_н * \rho_{г}^{-0,9121} = 49,0.$$

Таким образом, получен размерный комплекс $K_н = 49,0$ для природных газов, находящихся в газообразном состоянии при нормальных условиях. Видно, что максимальное отклонение от величины комплекса составляет менее $\pm 2\%$. При этом, различия по параметру $(\text{МДж/м}^3)_н$ составляет 3,7, а по $\rho_{г}$ 4 раза.

Параметры паров природных газов жидкого состояния при нормальных условиях (пентаны, гексаны, гептаны, октаны, нонаны) приведены в табл.6.

Таблица 6

Параметры паров природных газов жидкого состояния при низшей объёмной теплоте сгорания (пентаны, гексаны, гептаны, октаны, нонаны)

t^0C	газ	$(МДж/м^3)_H$	$\rho_{г,кг/м^3}$	G_H	Ошибка, %
20	пентаны	144,02	3,1776	47,39	-0,08
20	гексаны	161,36	3,5860	47,27	-0,34
20	гептаны	186,87	4,1693	47,36	-0,15
20	октаны	212,22	4,7537	47,41	-0,04
20	нонаны	238,76	5,3140	47,92	1,05
0	пентаны	156,63	3,4536	47,58	0,31
0	гексаны	173,17	3,8480	47,41	-0,05
0	гептаны	200,55	4,4738	47,50	0,14
0	октаны	227,76	5,100	47,56	0,27
0	нонаны	250,23	5,7020	46,93	-1,05

Из табл. 6 следует, что по параметру $(МДж/м^3)_H$ газы различаются в 1,74раз, а по плотности в 1,8 раз. С помощью данных табл.6 получена связь с индексом корреляции 0,999, корреляционная связь полная [4]:

$$(МДж/м^3)_H * \rho_{г}^{-0,9614} = 47,43.$$

Таким образом, получен размерный комплекс $G_H = 47,43$ для природных газов, находящихся в жидком состоянии при нормальных условиях. Видно, что максимальное отклонение от величины комплекса составляет $\pm 1,05\%$.

Рассмотрим совместно природные газы газообразного состояния и пары природных газов жидкого состояния, кроме бензола и толуола (табл. 7).

Таблица 7

Параметры природных газов газового и жидкого состояния при низшей объёмной теплоте сгорания (кроме бензола и толуола)

t^0C	газ	$(МДж/м^3)_H$	$\rho_{г,кг/м^3}$	Z_H	Ошибка, %
20	метан	33,41	0,6683	48,90	0,95
20	этан	59,85	1,2600	47,89	-1,14
20	пропан	86,53	1,8665	47,98	-0,96
20	Н-бутан	114,27	2,4960	48,14	-0,62
20	изобутан	113,81	2,492	48,02	-0,87
0	метан	35,88	0,7174	49,11	1,38
0	этан	64,36	1,3550	48,30	0,30
0	пропан	93,18	2,0093	48,18	0,53
0	Н-бутан	123,57	2,7024	48,29	-0,31
0	изобутан	122,78	2,6907	48,18	-0,54
20	пентаны	144,02	3,1776	48,29	-0,31
20	гексаны	161,36	3,5860	48,27	-0,36
20	гептаны	186,87	4,1693	48,48	0,07
20	октаны	212,22	4,7537	48,63	0,40
20	нонаны	238,76	5,3140	49,25	1,67
0	пентаны	156,63	3,4536	48,55	0,22
0	гексаны	173,17	3,8480	48,46	0,04
0	гептаны	200,55	4,4738	48,67	0,48
0	октаны	227,76	5,100	48,84	0,82
0	нонаны	250,23	5,7020	48,29	-0,32

С помощью данных табл.7 получена связь с индексом корреляции 0,999, корреляционная связь полная [4]:

$$(\text{МДж/м}^3)_n * \rho_r^{-0,9451} = 48,44.$$

Таким образом, получен размерный комплекс $Z_n = 48,44$ для природных газов, находящихся в газообразном и жидком состоянии при нормальных условиях (кроме бензола и толуола). Видно, что максимальное отклонение от величины комплекса составляет менее $\pm 2\%$. При этом, различия по параметру $(\text{МДж/м}^3)_n$ составляет 7,5 раз, а по ρ_r 8,5 раза.

Параметры паров бензола и толуола, находящихся в жидком состоянии при нормальных условиях, приведены в табл. 8.

Таблица 8

Параметры паров бензола и толуола при низшей объёмной теплоте сгорания

$t^0\text{C}$	газ	$(\text{МДж/м}^3)_n$	$\rho_r, \text{кг/м}^3$	S_n	Ошибка, %
20	бензол	145,05	3,575	38,18	-0,05
20	толуол	156,71	3,832	38,36	0,41
0	бензол	155,67	3,8363	38,06	-0,38
0	толуол	168,18	4,117	38,18	-0,05

С помощью данных табл.8 получена связь с индексом корреляции 0,999, корреляционная связь полная [4]:

$$(\text{МДж/м}^3)_n * \rho_r^{-1,0477} = 38,20.$$

Таким образом, получен размерный комплекс $S_n = 38,20$ для природных газов бензола и толуола, находящихся в жидком состоянии при нормальных условиях. Видно, что максимальное отклонение от величины комплекса составляет 0,41 и минус 0,38%.

В расчётах газовых систем используются параметры газа при температуре 0^0C и давлении 101,325 кПа[1]. При этих условиях для газов газообразного состояния получена связь с индексом корреляции 0,999, корреляционная связь полная [4]:

$$(\text{МДж/м}^3)_{no} * \rho_r^{-0,9323} = 48,74.$$

Получен размерный комплекс $K_{no} = 48,74$ для природных газов газообразного состояния при температуре 0^0C и давлении 101,325 кПа. Максимальное отклонение от величины комплекса составляет 0,35и минус 0,52%.

Полученные размерные комплексы сведены в табл.9. Общее выражение для комплексов:

$$(\text{МДж/м}^3) * \rho_r^a = \text{Const.}$$

Таблица 9

Размерные комплексы природных газов

Газы	$t^0\text{C}$	Высшая объёмная теплота сгорания	Низшая объёмная теплота сгорания
Метан, этан, пропан, Н- бутан, изобутан	0; 20	$\alpha = - 0,9147$ $K_B = 53,5$	$\alpha = - 0,9121$ $K_H = 49,0$
Пентаны, гексаны, гептаны, октаны, нонаны	0;20	$\alpha = - 0,9767$ $G_B = 50,25$	$\alpha = - 0,9614$ $G_H = 47,43$
Метан, этан, пропан, Н- бутан, изобутан, пентаны, гексаны, гептаны, октаны, нонаны	0;20	$\alpha = - 0,9147$ $Z_B = 54,5$	$\alpha = - 0,9451$ $Z_H = 48,44$
Бензол, толуол	0;20	$\alpha = - 1,1$ $S_B = 37,19$	$\alpha = - 1,0477$ $S_H = 38,20$
Метан, этан, пропан, Н- бутан, изобутан	0	----	$\alpha = - 0,9323$ $K_{no} = 48,74$

ДБН В.2.5-20-2001. Газоснабжение, приложение Е (рекомендуемое) «Гидравлический расчёт газопроводов» содержит ряд гидравлических соотношений, соответствующих температуре 0⁰С и давлению 101,325 кПа[1]. Рассмотрим возможность связи этих соотношений с полученным комплексом $(\text{МДж/м}^3)_{\text{но}} * \rho_{\text{г}}^{-0,9323} = 48,74$.

Коэффициент гидравлического сопротивления определяется по формуле

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{n/d + 68}{\text{Re}} \right)^{0,25},$$

где n – эквивалентная абсолютная шероховатость внутренней поверхности трубы; d – внутренний диаметр трубы; Re – число Рейнольдса:

$$\text{Re} = 0,0354 Q/dv,$$

здесь Q – расход газа, м³/ч; v – коэффициент кинематической вязкости газа, м²/с.

Коэффициент кинематической вязкости газа

$$v = \mu/\rho_{\text{г}},$$

где μ – коэффициент динамической вязкости газа, кг/мс.

Выразим отношение расхода газа Q к коэффициенту кинематической вязкости через потребление теплоты $Q_{\text{т}}$ (МДж/ч) и формулу (3):

$$Q/v = Q_{\text{т}} \mu^{-1} / (\text{МДж/м}^3)_{\text{но}} * \rho_{\text{г}}^{-1}.$$

Произведение $(\text{МДж/м}^3)_{\text{но}} * \rho_{\text{г}}^{-1}$ с достаточной точностью заменим комплексом $K_{\text{но}} = 48,74$. Тогда отношение (4) примет вид:

$$Q/v = Q_{\text{т}} \mu^{-1} / 48,74.$$

С помощью отношения (5) формулы (1) и (2) преобразуются в вид:

$$\text{Re} = 0,7263 \cdot 10^{-4} Q_{\text{т}} \mu^{-1} / d ;$$

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{n/d + 936252 \mu d / Q_{\text{т}}}{\text{Re}} \right)^{0,25}.$$

Значения коэффициента λ в развёрнутом виде содержится в формулах для расчёта потерь давления в газопроводах низкого, среднего, высокого давления, в том числе для паров сжиженных природных газов (этан, пропан, Н-бутан, изобутан, пентан), и для эквивалентной длины наружных надземных и внутренних газопроводов при турбулентном режиме движения газа. Отношение Q/v входит так же в формулы для расчёта эквивалентной длины наружных газопроводов при ламинарном и критическом режимах движения газа. Таким образом, показана возможность использования полученного размерного комплекса $K_{\text{но}} = 48,74$ при гидравлических расчётах газопроводов.

Выводы

1. Получены размерные комплексы при высшей и низшей объёмной теплоте сгорания для четырёх групп природных газов: газы газового состояния при нормальных условиях по температуре и давлению (метан, этан, пропан, Н-бутан, изобутан); пары газов жидкого состояния при нормальных условиях (пентаны, гексаны, гептаны, октаны, нонаны); газы газового и жидкого состояния при нормальных условиях (метан, этан, пропан, Н-бутан, изобутан, пентаны, гексаны, гептаны, октаны, нонаны); пары бензола и толуола, находящихся в жидком состоянии при нормальных условиях.

2. В семи случаях при отдельном обобщении параметров газов газового состояния и газов жидкого состояния максимальное отклонение от величины комплекса находилось в диапазоне 0,32- 1,6%. При совместном обобщении параметров газов газового состояния и газов жидкого состояния (два случая) максимальное отклонение от величины комплекса соответствовало пределам 1,7-3,2%.

3. Показано, что размерный комплекс при температуре 0⁰С, давлении 101,325 кПа и низшей объёмной теплоте сгорания для газов газового состояния может быть использован при гидравлических расчётах газовых систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Газоснабжение. ДБН В.2.5-20-2001- К.: Государственные строительные нормы Украины. 2001.- 287с.
2. Газы горючие природные. Расчётные методы определения теплоты сгорания, относительной плотности и числа Воббе. ГОСТ 22667-82- М.: Издательство стандартов. 1982. - 6с.
- 3.[http://ru.wikipedia.org/wiki/Число Воббе](http://ru.wikipedia.org/wiki/Число_Воббе).
- 4.Вознюк С.Т. Основы научных исследований / С.Т. Вознюк, С.М. Гончаров, С.В. Ковалёв. - К.: Вища школа, 1985. - 192с.

УДК 696.2(075.8)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСОВОГО РАСХОДА ГАЗА ДЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ НУЖД В ОТДЕЛЬНЫХ ДОМАХ ПРИ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ МЕНЕЕ ТЫСЯЧИ ЧЕЛОВЕК

Боровский Б.И., Баранова Г.Н.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Расчёт часового расхода газа в жилых домах для хозяйственно-бытовых нужд при населении менее тысячи человек с помощью соотношений ДБН В.2.5-20-2001 «Газоснабжение» может дать завышенные значения часового расхода газа и, следовательно, увеличение материалоемкости и стоимости газовых сетей. При этом нарушается принцип непрерывности в часовом расходе газа для хозяйственно-бытовых нужд при переходе от численности населения более к менее тысячи человек. Показано, что для сохранения принципа непрерывности следует использовать модель расчёта часового расхода газа, которая учитывает назначение газовых приборов и количество людей, проживающих в квартире. Эта модель даёт реальные значения часового расхода газа.

часовой расход газа, хозяйственно-бытовые нужды, газовая плита, горячее водоснабжение, водонагреватель

ВВЕДЕНИЕ

ДБН В.2.5-20-2001 «Газоснабжение» [1] требует: «При проектировании систем газоснабжения следует предусматривать технические решения, обеспечивающие рациональное использование газового топлива, материалов и оборудования». Как известно, при проектировании газовых сетей необходима информация по часовому расходу газа, с увеличением которого растёт материалоемкость газопроводов за счёт увеличения диаметров и толщины труб и стоимость газопровода. В связи с этим возникает вопрос, правомерны ли рекомендуемые соотношения, при численности населения весьма близком к тысяче человек, дающие значения часового расхода газа, значительно превышающие значения при населении тысяча человек.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

По ДБН [1] часовой расход газа в жилых домах для хозяйственно-бытовых нужд **(без учёта отопления)** при численности населения 1тыс. человек и более определяется соотношением ($\text{м}^3/\text{ч}$)

$$Q_d^h = K_{\max}^h Q_y, \quad (1)$$

где $K_{\max}^h$ – коэффициент часового максимума; Q_y - годовой расход газа, $\text{м}^3/\text{год}$.

Годовой расход газа вычисляется по формуле

$$Q_y = \frac{Q}{q}, \quad (2)$$

где $q = 35,84 \text{ МДж}/\text{м}^3$ – теплота сгорания природного газа; Q - годовое потребление теплоты, МДж, определяемое по нормам расхода теплоты на одного человека в год [1].

Нормы приводятся для трёх вариантов наличия газовых приборов в квартире:

Вариант №1: наличие в квартире газовой плиты и централизованного горячего водоснабжения, $Q_1 = 2800 \text{ МДж}/\text{чел.год}$;

Вариант №2: наличие в квартире газовой плиты и газового водонагревателя, $Q_2 = 8000 \text{ МДж}/\text{чел.год}$;

Вариант №3: наличие в квартире только газовой плиты без централизованного горячего водоснабжения, $Q_3 = 4600 \text{ МДж}/\text{чел.год}$.

Отметим, что не указывается, сколько следует принимать конфорок в газовой плите и какой тип водонагревателя имеется в виду.

Для отдельных жилых домов часовой расход газа рассчитывается следующим образом [1]:

$$Q_d^h = \sum_i^m = 1 K_{\text{sim}} q_{\text{nom}} n_i, \quad (3)$$

где суммирование проводится от i до m ;

K_{sim} – коэффициент одновременности, определяемый по числу квартир;

q_{nom} – номинальный расход газа прибором или группой приборов ($\text{м}^3/\text{ч}$);

n_i – число однотипных приборов или групп приборов;

m – число типов приборов или групп приборов.

Формула (3) приведена также в работе [2].

Для учёта назначения газовых приборов и числа людей, проживающих в квартире, в работе [3] предложено соотношение:

$$Q_d^h = \sum_1^n K_{\max} \left(\frac{Q_{\text{KB}}}{8760} \right) N_i, \quad (4)$$

где $K_{\max}$ – коэффициент часового максимума определяется для квартир, использующих газ только для приготовления пищи, и для квартир, использующих газ для приготовления пищи и горячей воды;

Q_{KB} – годовое потребление газа жильцами квартиры, определяемое по нормам расхода теплоты на одного человека в год [1];

N_i – число квартир типа i ;

n – число типов квартир.

В случае квартир с газовыми плитами и ёмкостными водонагревателями используется формула [1]

$$Q_d^h = K_{\text{sim}} q_{\text{nom}} n + 0,85 q_{\text{е}} n, \quad (5)$$

где K_{sim} – коэффициент одновременности для газовой плиты;

q_{nom} – номинальный расход газа газовой плитой;

$q_{\text{е}}$ – номинальные расходы газа ёмкостного водонагревателя;

0,85 – коэффициент одновременности для ёмкостного водонагревателя, отопительных котлов и отопительных печей, независящий от количества квартир;
 n – количество квартир.

Для этой же комбинации газовых приборов в работе [4] предложено соотношение

$$Q_d^h = K_{sim} (q_{nom} + q_{\epsilon}) n + 0,85 q_{от} n, \quad (6)$$

где K_{sim} – коэффициент одновременности для газовой плиты и проточного водонагревателя;

q_{nom} – номинальный расход газа газовой плитой;

$q_{\epsilon}, q_{от}$ – номинальные расходы газа контура горячего водоснабжения и контура отопления ёмкостного водонагревателя, отопительного котла и отопительной печи, используемых и для горячего водоснабжения и отопления; коэффициент одновременности 0,85 определяется также, как и в формуле (5).

Изложенное показывает, что при расчёте по формуле (1) определяющим является численность населения, а при расчёте по формулам (3) – (6) – число квартир. При этом расчёты по формулам (3) и (5) при численности населения весьма близкой к тысяче человек дают значения часового расхода газа, значительно превышающие значения при населении тысяча человек, рассчитанные по формуле (1). Это свидетельствует о нарушении принципа непрерывности в определении часового расхода газа в области тысячи человек.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Целью является обеспечение принципа непрерывности в определении часового расхода газа в области тысячи человек. Задачи состоят в выявлении соответствующего расчетного соотношения, удовлетворяющего принцип непрерывности.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика исследования заключается в проведении расчётов по формулам (1) – (6) с целью определения расчетного соотношения для часового расхода газа, удовлетворяющего принцип непрерывности в области тысячи человек.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Для расчётов по вариантам №№1-3 примем следующие исходные данные: жилые дома, общее число квартир 400, население 980 человек, в среднем на одну квартиру приходится 2,45 чел. В связи с тем, что 980 чел. отличается от тысячи всего на 2%, можно проводить расчёты по формулам (1),(2) при $K_{max}^h = 1/1800$. Анализ номенклатуры современных газовых плит показал, что выпускаются только четырёх конфорочные плиты, наиболее экономичные потребляют 0,8 мЗ/ч газа. Проточные водонагреватели потребляют 1,8 мЗ/ч газа при расходе горячей воды 10 л/мин и 3 мЗ/ч при 15 л/мин. Предварительные расчёты показали, что в случае частного дома площадью 50 м² необходим двухконтурный котёл с расходом газа 2,4 мЗ/ч. Таким котлом является газовый котёл фирмы Buderus Logamax plus GB022. Расходы газа по контурам примерно одинаковы, поэтому получим, что контур горячего водоснабжения потребляет газа 1,2 мЗ/ч.

Результаты расчётов для варианта №1 приведены в табл. 1 (плита предназначена для приготовления пищи).

Из табл. 1 следует, что наилучший результат в сравнении с расчётом по формулам (1) и (2) даёт расчёт по формуле (4), отличие 10,6%. Формула (3) увеличивает часовой расход на 35,5%.

Таблица 1

Результаты расчётов часового расхода газа по варианту №1 (м³/ч)

Формулы (1) и (2)	Формула (3)		Формула (4)	
	K_{sim}	Q_d^h	K_{max}	Q_d^h
$Q_d^h = 42,5$	0,18	57,6	5,38	47,0

Результаты расчётов для варианта №2 приведены в табл. 2 (газ используется для приготовления пищи и горячей воды).

Таблица 2

Результаты расчётов часового расхода газа по варианту №2 (м³/ч)

Формулы (1) и (2)	Формула (3)					Формула (4)		Формула (5)	
	K _{sim}	Проточный водонагреватель 10 л/мин		Проточный водонагреватель 10 л/мин		K _{max}	Q _d ^h	K _{sim}	Q _d ^h
		q _{nom}	Q _d ^h	q _{nom}	Q _d ^h				
Q _d ^h = 121,5	0,15	1,8	183	3,0	255	5,68	141,8	0,18	431,6

Из табл. 2 видно, что наилучший результат в сравнении с расчётом по формулам (1) и (2) даёт расчёт по формуле (4), отличие 16,7%. Формулы (3) и (5) увеличивают часовой расход газа в 1,5-3,6 раз.

По формуле (6) получается: $Q_d^h = 120 \text{ м}^3/\text{ч}$, занижение расхода газа на 1,2%; это позволяет заключить, что формула (6) может использоваться для частной комбинации газовых приборов: газовая плита и газовый прибор, обеспечивающий горячее водоснабжение и отопление.

Результаты расчётов для варианта №3 приведены в табл. 3 (газ используется для приготовления пищи и горячей воды).

Таблица 3

Результаты расчётов часового расхода газа по варианту №3 (м³/ч)

Формулы (1) и (2)	Формула (3)		Формула (4)	
	K_{sim}	Q_d^h	K_{max}	Q_d^h
$Q_d^h = 69,9$	0,18	57,6	5,68	81,5

Из табл. 3 следует, что формула (3) занижает часовой расход газа на 17,6%, а формула (4) завышает расход на 16,6%.

Расчёты по вариантам №1-№3 позволяют сделать вывод, что наилучшие результаты даёт формула (4). Таким образом, принцип непрерывности в определении часового расхода газа в области тысячи человек обеспечивается при расчётах по формуле (4). Поэтому в ДБН формулы (3) и (5) следует заменить формулой (4), что позволит, в

частности, избежать значительного завышения часового расхода газа и, следовательно, увеличения материалоёмкости и стоимости газовых сетей.

На основании проведенных расчётов можно заключить, что для повышения точности формулы (4) коэффициент $K_{\max}$ надо понизить в 1,136 раз, тогда ошибка расчёта составит $\pm 3\%$.

Выводы

1. Расчёт часового расхода газа в жилых домах для хозяйственно-бытовых нужд при населении менее тысячи человек с помощью соотношений ДБН В.2.5-20-2001 «Газоснабжение» может дать завышенные значения часового расхода газа и, следовательно, увеличение материалоёмкости и стоимости газовых сетей. При этом нарушается принцип непрерывности в часовом расходе газа для хозяйственно-бытовых нужд при переходе от численности населения более к менее тысячи человек.

2. Наилучшие результаты по определению часового расхода газа в жилых домах даёт модель, учитывающая назначение газовых приборов и количество людей, проживающих в квартире. Поэтому в ДБН расчётные формулы для отдельных домов следует заменить указанной моделью, что позволит обеспечить принцип непрерывности в области тысячи человек и, в частности, избежать значительного завышения часового расхода газа, приводящего к увеличению материалоёмкости и стоимости газовых сетей.

3. На основании проведенных расчётов установлено, что для обеспечения ошибки расчёта часового расхода газа по указанному методу на уровне $\pm 3\%$ надо расчётный коэффициент метода понизить в 1,136 раз.

4. В случае частной комбинации газовых приборов: газовая плита и ёмкостной водонагреватель, отопительный котёл или отопительная печь, используемых для горячего водоснабжения и отопления, при расчёте часового расхода газа целесообразно использовать соотношение, учитывающее расходы газа контура горячего водоснабжения и контура отопления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Газоснабжение. ДБН В.2.5-20-2001- К.: Государственные строительные нормы Украины. 2001.- 287с.
2. Єнін П.М. Газопостачання населених пунктів і об'єктів природним газом / Єнін П.М., Шишко Г.Г., Предун К.М.. – К.: Логос. 2002. – 198 с.
3. Ионин А.А. Газоснабжение / Ионин А.А. – М.: Стройиздат, 1989. - 439с.
4. К вопросу определения расчётного расхода газа для жилых домов с ёмкостными водонагревателями / Леутин В.А., Боровский Б.И. // Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь: НАПКС. -2006.- Вып. 13-14.- С. 198-200.

УДК 504.3:628.5

ОЦЕНКА ПРЕДОТВРАЩЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ПРИ СОЗДАНИИ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ БАЛАКЛАВСКОГО РАЙОНА Г. СЕВАСТОПОЛЯ НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННОГО КАРЬЕРА

Буркова Е. В., Макаров В. В.

Севастопольский национальный технический университет

В работе рассматривается прогнозная оценка предотвращенного экологического ущерба при использовании отработанных карьеров горнодобывающих предприятия в качестве аккумулятора солнечной энергии. Их применение позволяет организовать централизованную систему солнечного теплоснабжения взамен традиционных

котельных. Предотвращенный экологический ущерб оценивается за счет снижения потребления углеводородного топлива и снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух котельными централизованного теплоснабжения. Расчеты выполнены применительно к котельным Балаклавского района города Севастополя.

Рекультивация карьеров, солнечная энергетика, расчет предотвращенного экологического ущерба

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение объемов строительства неизбежно приводит к росту добычи сырья открытым способом, который является наиболее экономичным для горнодобывающих предприятий. Большинство карьеров на территории Севастопольского региона разрабатывалось во второй половине XX века в соответствии с оформленными земельными, горными отводами и проектами, выполненными в специализированных организациях. В течение этого периода образовались отработанные карьеры. Глубина этих карьеров достигает до 180м. Такие карьеры относятся к глубоким и трудно поддаются рекультивации известными способами. Как правило, на участке расположения отработанного карьера наблюдаются ландшафтные изменения, нарушается геоморфология, меняются гидрологический и гидрогеологический режимы, происходит загрязнение подземных горизонтов и др. Выработанное пространство карьера оказывает негативное воздействие на атмосферу, литосферу, гидросферу.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

На сегодняшний день проблема экологической опасности отработанных карьеров до конца не решена. Существующие способы рекультивации таких карьеров не позволяют полностью предотвратить экологический ущерб, наносимый окружающей среде [1,2].

В [3] предлагается техническая рекультивация отработанных карьеров, путем использования их пространства для сезонного аккумулирования солнечной энергии. Рассматривается карьер (рис.1) Балаклавского горнодобывающего предприятия в Севастопольском регионе.

На рис. 2 представлена концепция централизованного солнечного теплоснабжения г. Балаклавы на основе отработанного карьера, в котором размещен емкостной аккумулятор.



Рис.1. Отработанный карьер Балаклавского горнодобывающего предприятия (глубина карьера 180 м)



Рис. 2. Концепция централизованной системы солнечного теплоснабжения с использованием отработанного карьера в качестве емкостного солевого аккумулятора

Аккумулирующим материалом служит двухфазный солевой раствор. Нижняя фаза солевого раствора имеет концентрацию NaCl 260‰ (‰ - промилле), что позволяет накапливать тепловую энергию до температуры 150°C , средняя фаза 30-150‰, а верхняя фаза – пресная вода, служащая изолирующим слоем соприкасающимся с платформой, на которой размещены солнечные коллекторы, и, далее с окружающей средой (рис. 3).

В соответствии с концепцией котельные преобразуются в тепловые пункты. Таким образом, транспортная система теплоносителя каждой котельной остается без изменения. В то же время котел остается резервным источником для теплоснабжения. Исходя из концепции централизованного солнечного теплоснабжения на основе использования отработанного карьера, существенно снижается потребление топлива и соответственно выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

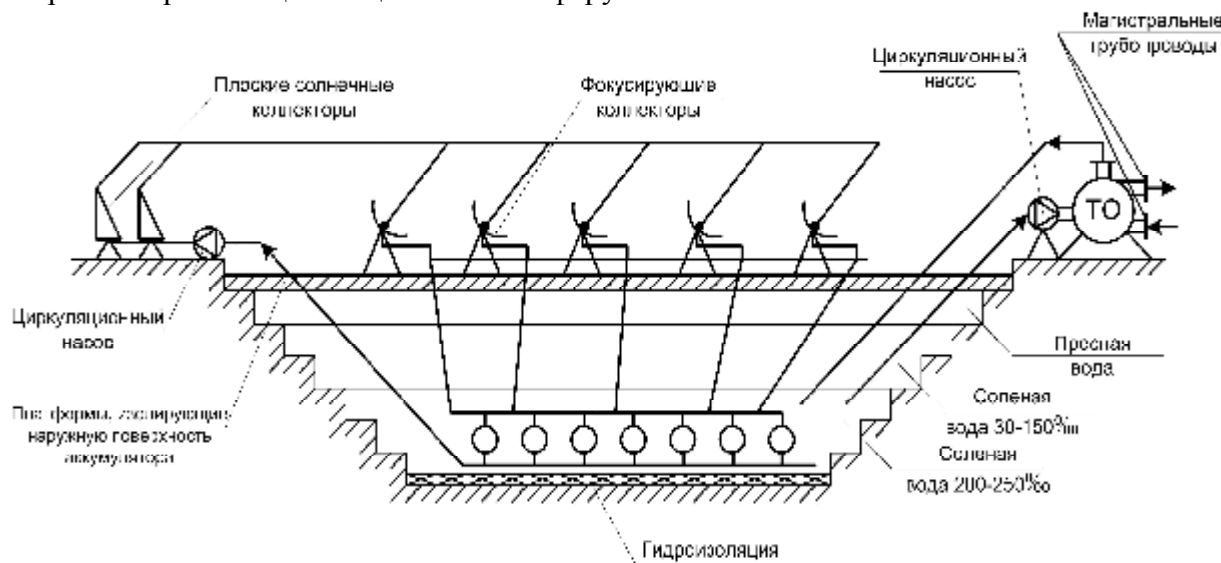


Рис. 3. Общая схема сезонного аккумулятора теплоты в пространстве отработанного карьера

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить прогнозируемый предотвращенный экологический ущерб в результате снижения нагрузки на окружающую среду котельными г. Балаклавы при использовании пространства отработанного карьера в качестве емкостного аккумулятора солнечной энергии.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- рассчитать снижение потребляемого топлива и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на территории Балаклавы, создаваемые котельными, при сжигании углеводородного топлива при теплоснабжении;

- оценить экономический эффект предложенного способа технической рекультивации глубокого отработанного карьера.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе использовалась методика [4] расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу энергетическими установками, а также налоговый кодекс Украины (ст.242).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

На основании выполненных расчетов коэффициент замещения углеводородного топлива в системе отопления солнечной энергией (с учетом сезонного аккумулирования) будет составлять - 85%. В системе горячего водоснабжения коэффициент замещения принимался - 100%. Расчетное количество потребляемого топлива проводилось исходя из установленной мощности котельных агрегатов в каждой котельной. При этом учитывался коэффициент загрузки, количество отопительных суток (165) и потребляемого количества горячей воды в соответствии со СНиП 2.04.01-85[5]. КПД для газовых котельных агрегатов принимался - 0,9; для угольных – 0,65.

Исходя из концепции централизованного солнечного теплоснабжения, в табл. 1 и 2 представлены расчетные значения снижения потребляемого топлива (B), т/год газовыми и угольными котельными г. Балаклавы и соответственно снижение выбросов загрязняющих веществ.

Выброс загрязняющих веществ во время сгорания определяется по следующей формуле [2]:

$$M_{ji} = 10^{-6} \sum_i k_{ji} B_i (Q_i^R)_i, \quad (1)$$

где M_{ji} - валовой выброс j -го загрязняющего вещества во время сгорания i -го вида топлива за время P , т; k_{ji} - показатель эмиссии j -го загрязняющего вещества для i -го вида топлива, г/ГДж; B_i - расход i -го топлива за время P , т; $(Q_i^R)_i$ - низшая рабочая теплота сгорания i -го топлива, МДж/кг.

Расчеты выполнены в соответствии с элементным составом природного газа:

Элемент	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	CO ₂	N ₂	Q _н , МДж/нм ³	ρ, кг/нм ³
Содержание, %	98,9	0,12	0,01	0,01	0,06	0,90	33,08	0,723

и элементным составом угля Донецкого бассейна:

Элемент	C ^r	H ^r	S ^r	O ^r	N ^r	A ^r	W ^r	Q _н , МДж/кг
Содержание, %	52,49	3,5	2,85	4,99	0,97	25,2	10	20,47

Результаты расчетов представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Количество снижения потребляемого газа и соответственно выбросов стандартных загрязняющих веществ газовыми котельными Балаклавского района

Адрес котельной	Количество снижения потребляемого газа, (j), т/год	Снижение i – ых выбросов, т/год					
		NO _x	CO	CO ₂	N ₂ O	Hg	CH ₄
ул. Мира, 4	829	5,6	1,8	2227	0,01	1·10 ⁻⁵	0,038
ул. Аксютин, 37	821	5,6	1,8	2200	0,0099	0,9·10 ⁻⁵	0,369
ул. Кирова, 28	782	5,3	1,5	2095	0,0093	0,9·10 ⁻⁵	0,0352
ул. Новикова, 12г	814	5,5	1,7	2181	0,0097	0,9·10 ⁻⁵	0,0366
ул. Ракетная, 10	635	4,3	1,3	1701	0,0076	0,7·10 ⁻⁵	0,0285
ул.Строительная,49	530	3,6	1,1	1420	0,0063	0,6·10 ⁻⁵	0,0238
ул.Терлецкого, 15	816	5,5	1,7	1382	0,0097	0,9·10 ⁻⁵	0,0367

Таблица 2

Снижения потребления угля и соответственно выбросов стандартных загрязняющих веществ угольными котельными Балаклавского района

Адрес котельной	Количество снижения потребляемого угля, т/год	Снижение i – ых выбросов, т/год						
		NO _x	SO ₂	CO	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	твердые вещества
ул. Большевистская, 60	1198	5,0	68	0, 27	2276	0,003	0,002	90,5
ул. Водоканальская, 75	2316	9,0	132	0,540	2316	0,067	0,046	175,2
ул. Междурядная, 25	934	3,7	53	0,218	1774	0,027	0,019	70,6
ул. Новикова, 24а	995	4,0	56	0,230	1890	0,029	0,020	75,2

Продолжение табл. 2

Адрес котельной	Количество снижения потребляемого угля, т/год	Наименование i – ых выбросов, т/год						
		Тяжелые металлы						
		Hg	As	Pb	Cr	Ni	Cu	Zn
ул. Большевистская, 60	1198	2,3*10 ⁻⁴	0,019	0,013	0,044	0,025	0,027	0,033
ул. Водоканальская, 75	2316	5,5*10 ⁻⁴	0,037	0,023	0,085	0,053	0,053	0,074
ул. Междурядная, 25	934	2,2*10 ⁻⁴	0,015	0,010	0,034	0,021	0,021	0,031
ул. Новикова, 24а	995	2,3*10 ⁻⁴	0,016	0,010	0,036	0,022	0,022	0,033

Природоохранные мероприятия оцениваются экономическим результатом, выражающиеся в сокращении или предотвращении социального или экономического ущерба от загрязнения окружающей среды. В нашем случае предлагаемое природоохранное мероприятие является гипотетическим (можно назвать его прогнозируемым). Поэтому рассматривается прогнозируемая величина предотвращенного ущерба от загрязнения атмосферного воздуха при переводе (модернизации) существующих котельных в тепловые пункты. Учитывая существующий порядок оплаты предприятиями за выбросы вредных веществ в атмосферу (в соответствии с Налоговым кодексом Украины, ст. 242), снижение оплаты за выбросы можно считать прогнозируемой величиной предотвращенного экологического ущерба (выраженного через экономический эффект). Таким образом, его можно рассчитать по формуле:

$$\Delta Y = \sum_{m=1}^{12} \Delta Y_m = \sum_{m=1}^{12} \left(\sum_{i=1}^i (g_i \cdot M_i) + B_m \cdot C_m \right), \quad (2)$$

где: ΔY – суммарный прогнозируемый годовой предотвращенный экологический ущерб – экономический эффект при снижении выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и соответственно потребляемого топлива всеми котельными г. Балаклавы, грн/год; ΔY_m – суммарный прогнозируемый годовой предотвращенный экологический ущерб – экономический эффект при снижении выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух m – ой котельной, грн/год (от 1 до 4 угольные котельные, от 5 до 12 газовые котельные); g_i^1 – плата за выбросы i – го загрязняющего вещества, грн/т; M_i – масса предотвращенного выброса в атмосферу i -го загрязняющего вещества, т/год (в соответствии с табл. 1 и 2); B_m, C_m – масса и соответственно цена предотвращенного потребляемого топлива m – ой котельной, т/год. Цена одной тонны угля принималась по рыночной цене – 595грн/т, а природного газа по цене 2012 года – 4602грн/т.

Расчетные значения предотвращенных ущербов сведены в таблицы 3-5.

¹ нужно отметить следующее: что в настоящее время по стандартным вредным веществам на 2013 год берется плата 75% от платы за тонну, а в дальнейшем она будет взиматься 100%. Расчеты выполнены с учетом платы за выбросы 100%.

Таблица 3

Расчетные значения предотвращенных ущербов

Адрес котельной	Снижение платежей за i – ых выбросов, грн/год				
	$M_{NOx} \cdot \gamma_{NOx}$	$M_{CO} \cdot \gamma_{CO}$	$M_{CO_2} \cdot \gamma_{CO_2}$	$M_{SO_2} \cdot \gamma_{SO_2}$	Твердые в-ва
ул. Мира, 4	7446	90	167336	-	-
ул. Аксютинна, 37	7446	90	165308	-	-
ул. Кирова, 28	7047	75	157418	-	-
ул. Новикова, 12г	7313	85	163880	-	-
ул. Ракетная, 10	5717	65	127813	-	-
ул.Строительная,49	4786	55	106698	-	-
ул. Терлецкого, 15	7313	85	103843	-	-
ул. Большевикская,60	6648	14	171018	90417	4533
ул. Водоканальская,75	11967	27	174024	175516	8775
ул. Междурядная,25	4919	11	133298	70472	3536
ул. Новикова,24а	5318	12	142014	74461	3766
Итого	75920	609	1612650	410866	20610

Таблица 4

Расчетные значения предотвращенных ущербов

Адрес котельной	Снижение платежей за i – ых выбросов, грн/год						
	Тяжелые металлы						
	Hg	As	Pb	Cr	Ni	Cu	Zn
ул. Мира, 4	-	-	-	-	-	-	-
ул. Аксютинна, 37	-	-	-	-	-	-	-
ул. Кирова, 28	-	-	-	-	-	-	-
ул. Новикова, 12г	-	-	-	-	-	-	-
ул. Ракетная, 10	-	-	-	-	-	-	-
ул.Строительная,49	-	-	-	-	-	-	-
ул.Терлецкого, 15	-	-	-	-	-	-	-
ул. Большевикская,60	-	180	1521	1570	1340	58	146
ул. Водоканальская,75	-	351	2927	3034	2481	115	291
ул. Междурядная,25	-	143	1183	1213	1126	45	194
ул. Новикова,24а	-	152	1240	1285	1179	48	196
Итого	-	826	6871	7102	6486	266	827

Таблица 5

Расчетные значения предотвращенных ущербов

Адрес котельной	Стоимость суммарных выбросов, грн/год	$V_m \cdot C_m$, грн/год	Годовой предотвращенный ущерб, грн/год
ул. Мира, 4	174872	3815058	3989930
ул. Аксютинна, 37	172844	3778242	3951086
ул. Кирова, 28	164540	3598764	3763304
ул. Новикова, 12г	171278	3746028	3917306
ул. Ракетная, 10	133595	2922270	3055865
ул.Строительная,49	111539	2439060	2550599
ул. Терлецкого, 15	111241	3755232	3866473
ул. Большевикская,60	277445	712810	990255
ул. Водоканальская,75	379213	1378020	1757233
ул. Междурядная,25	216140	555730	771870
ул. Новикова,24а	159671	592025	751696
Итого	2072378	27293239	29365617

Из таблиц следует, что только за счет снижения выбросов загрязняющих веществ и потребляемого топлива экономический результат, за счет предотвращенного ущерба может составлять (в ценах 2012 - 2013г. г.) – 29 365 617 грн/год.

Величина ΔY в первом приближении эквивалентна экономическому эффекту $\mathcal{E}$, т.е. $\mathcal{E} = \Delta Y$. Этот показатель дает возможность оценить необходимые капитальные затраты проекта, учитывая, что экономическая эффективность природоохранных мероприятий рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_3 = \frac{\mathcal{E}}{C + E_H \cdot K}, \quad (3)$$

где: $\mathcal{E}_3$ – общая эффективность природоохранных затрат; $\mathcal{E}$ – полный годовой экономический эффект; C – текущие затраты; K – капитальные вложения, определившие экономический эффект; E_H – норматив эффективности капитальных вложений.

Выводы

Выполнена оценка прогнозируемого предотвращенного экологического ущерба при замещении традиционных котельных (85% отопления и 100% горячей воды) централизованной системой солнечного теплоснабжения (на примере Балаклавского района г. Севастополя).

Предлагаемая методика может быть в дальнейшем использована при проектировании указанных систем с рекультивацией отработанных карьеров, путем использования их в качестве сезонного аккумулятора энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коваленко В.С. Рекультивация нарушенных земель на карьерах / Коваленко В.С., Штейнцайг Р.М., Голик Т.В. – М.: Горная книга, 2012. – 65 с.
2. Томаков П.И. Экология и охрана природы при открытых горных работах / Томаков П.И., Коваленко В.С., Михайлов А.М., Калашников А.Т.. М.: Изд-во «МГГУ», 1994. – 418 с.
3. Оценка возможности сезонного аккумулирования солнечной энергии в выработанных карьерах/ [Макаров В.В., Буркова Е.В.] // Возобновляемая энергетика. - К.: ИВЭ НАН Украины.– 2008. - №3. – С. 38-41.
4. ГКД 34.02.305–2002. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от энергетических установок. Методика определения. – К.: Изд-во «КВІЦ», 2002. – 44 с.

АННОТАЦИИ НА УКРАИНСКОМ ЯЗЫКЕ

Куликов Г.В., Куликов Г.Г. Тентовая архитектура Криму: учора, сьогодні, завтра

У статті наведені етапи становлення та перспективи розвитку тентової архітектури у Криму, запропоновані види тентових споруд по функціональному призначенню та конструктивному рішенню для підйому економіки та динамічного розвитку півострову

Стешина А.С., Клиндухова Ю.В. Принципи формування функціональних зв'язків дитячої дошкільної установи

У даній статті розглядається процес формування функціональних зв'язків дитячого дошкільного закладу, його вплив на об'ємно-планувальне рішення будівлі.

Ажермачёв Г.А. Шухов Володимир Григорович - геній інженерної думки

Стаття посвячена 160- ти летию академіка, Героя Соціалістичної праці, Володимира Григоровича Шухова

Митрофанов С. В. Работа узловых з'єднань структурної конструкції з елементами решетки, виконаної із круглої труби.

Стаття присвячена дослідженням роботи вузлових з'єднань структурних плит. Представлені результати теоретичних розрахунків і практичних випробувань. Виконаний аналіз, отриманий даних. Зроблене порівняння практичних і теоретичних значень. Зроблені висновки за результатами досліджень.

Пушкарёв Б. А., Кореньков П. А. Збірно-монолітні залізобетонні конструкції. сфери застосування й особливості розрахунків

Обґрунтовано актуальність широким застосування збірно-монолітних конструкцій в складних умовах, у тому числі при сейсмічних впливах, з метою індустріалізації будівництва. Наведено особливості розрахунку збірно-монолітних конструкцій - т.е. необхідності розрахунку збірної конструкції до придбання заданої міцності бетоном замоноличування і розрахунку збірно-монолітної конструкції в цілому після набуття бетоном замоноличування заданої міцності. Запропоновано нову конструкцію збірно-монолітного перекриття із застосуванням попередньо напружених панелей з виступами (опалубкою) і випусками арматури.

Чемодуров В.Т., Кузьмина Ю.С. Методи системного аналізу в проектуванні технічних систем

У статті дається короткий огляд методів системного аналізу, які застосовуються в процесі проектування механічних об'єктів у різних галузях техніки. Розглядається підхід до методології фізичного і математичного моделювання. Найбільшу увагу приділено методам програмування математичних моделей. Не дивлячись на існуюче різноманіття методів пошуку екстремуму цільової функції основну увагу приділено невеликому числу алгоритмів з метою розуміння основ вирішення задач в детермінованій і стохастичній постановках.

Кошлак Г.В. Особливості термічного спучення гідросилікатів

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

Любомирский Н.В. , Бахтин А.С. , Бахтина Т.А. , Джелал А.Э. Роль вапнякового наповнювача у формуванні прочностных характеристик вапняних матеріалів карбонизационного твердіння

Розглянутий процес штучної карбонізації вапняних в'язучих, виявлені особливості хімічної реакції карбонізації гідроксиду кальцію при підвищених концентраціях вуглекислого газу і графічно представлений механізм карбонізації вапняного тіста. Встановлена міра впливу виду вапняку на формування показників міцності матеріалу на основі вапна, що твердіє за карбонізаційним типом, в штучно створеному середовищі підвищеної концентрації вуглекислого газу.

Павлуненко Л.Е., Губа Л.Н. Характеристика властивостей титанових пігментів для лакофарбових матеріалів

Представлено хімічний склад та деякі технічні характеристики діоксиду титану універсальних марок вітчизняних та зарубіжних виробників, які оптимально поєднують хороші оптичні властивості та тривалий термін служби. Розглянуті пігменти використовуються у фарбувальних композиціях на основі різних плівкоутворюючих компонентів, призначених для зовнішніх і внутрішніх робіт. Вони представляють собою рутильні форми діоксиду титану, одержані сульфатним чи хлоридним методами з обробкою поверхні частинок неорганічними і/або органічними сполуками. Проведено аналіз основних фізико-хімічних та технічних характеристик. Розглянуто вплив дисперсності на виконання основної функції й економічність білого титанового пігменту різних марок.

Абдурахманов А. З. Ефективність використання енергопоглиотителя кільцевого типу в сталевих каркасах

На прикладі 15-поверхової будівлі визначається ефективність застосування енергопоглинача кільцевого типу, геометричні параметри якого розраховані за допомогою запропонованої формули. В якості критерії ефективності прийняті витрата металу і трудомісткість виготовлення і зведення.

Дьяков И.М. Живучість фундаментів і її роль у прогресуючому руйнуванні будинків і споруджень

На підставі теоретичних і експериментальних досліджень в області роботи окремо розташованих фундаментів розглянуті питання живучості фундаментів і її місця в системі розрахунку конструкцій і будівель. Оцінено роль живучості фундаментів в стійкості будівлі до прогресуючого руйнування. Виявлено етапи руйнування окремо розташованих фундаментів. Визначено фактори, що впливають на живучість окремо розташованих фундаментів і співвідношення регламентованої нормами несучої здатності і руйнівного навантаження

Саломатин В.Н. Електромагнітні явища в гетерогенних твердих тілах і розв'язок ряду практичних завдань у будівництві

У гетерогенних твердих системах при механічному навантаженні на різних стадіях зміни напружено-деформованого стану (ПДВ) відбуваються складні імпульсні електромагнітні емісійні процеси. Дослідження проводилися на різних мінералах, гірських породах, залізобетонних балках, бетонних і стенових блоках. Більшу роль в інтенсивності випромінювання відіграє рідка фаза, що знаходить висвітлення на багатьох натурних об'єктах у Криму, Карпатах і інших регіонах.

Герман А.С., Шаленный В.Т., Чубукчи Э.С., Тупицын Д.А. Розвиток технології мокрої штукатурки стін шляхом створення нового інструмента для провешивання поверхонь і установки маяків

Методи внутрішнього оздоблення приміщень, що стосуються влаштування штукатурних покриттів займають значну частку ручної праці і високу трудомісткість. Порівняння традиційних методів встановлення та регулювання маяків, виявлення їх недоліків дозволило удосконалити конструкцію маячно-штукатурного рівня і зменшити кількість наведених операцій і їх трудомісткість.

Исаенко О. В. Еколого-географічний аналіз процесу ренатуралізації ландшафтів Кримського Передгір'я (у зв'язку з використанням території під забудову)

У даній статті сформульоване загальне поняття про процес самовідновлення ландшафтів, показано місце ренатуралізованих ландшафтів серед інших природних комплексів, розглянуті етапи і практичне значення процесу ренатуралізації в зв'язку з використанням території Кримського Передгір'я під забудову.

Стоянов В.У., Бакулина М.В. Нові підходи до реформування системи підготовки студентів вузів у напрямку цивільний захист

У статті розглядаються нові вимоги до викладання матеріалу обов'язкової для вивчення у всіх ВНЗ України учбової дисципліни Цивільний захист. Обґрунтовується необхідність щодо перегляду підходу до підготовки студентів у ВНЗ і пропонуються шляхи підвищення якості підготовки студентів в напрямі – цивільний захист.

Юровский Ю.Г. Визначення витрати прісних вод у напівзатоплених морем карстових порожнинах

У статті розглядається проблема визначення витрати прісної води групи субмаринних джерел в карстовій порожнині уполовину затопленої морем. Засуджуються питання використання карстових вод для водопостачання курортних міст Південного берега Криму.

Боровский Б.И. Розмірні комплекси природних газів у системі газопостачання

Отримані розмірні комплекси при вищій і нижчій об'ємної теплоти згоряння для чотирьох груп природних газів: газу газового стану при нормальних умовах по температурі і тиску (метан, етан, пропан, Н-бутан, ізобутан); пари газів рідкого стану при нормальних умовах (пентани, гексани, гептани, октани, нонани); газу газового та рідкого стану при нормальних умовах (метан, етан, пропан, Н-бутан, ізобутан, пентани, гексани, гептани, октани, нонани); пари бензолу і толуолу, які перебувають у рідкому стані при нормальних умовах. Показано, що розмірний комплекс при нижчій об'ємної теплоти згоряння для газів газового стану може бути використаний при гідравлічному розрахунку газових систем

Боровский Б.И., Баранова Г.Н. Визначення годинної витрати газу для господарсько-побутових потреб в окремих будинках при чисельності населення менш тисячі людей

Розрахунок годинної витрати газу в житлових будинках для господарсько-побутових потреб при населенні менше тисячі чоловік за допомогою співвідношень ДБН В.2.5-20-2001 "Газопостачання" може дати завищені значення годинної витрати газу і, отже, збільшення матеріаломісткості і вартості газових мереж. При цьому порушується принцип безперервності в годинній витраті газу для господарсько-побутових потреб при переході від чисельності населення більше до менше тисячі чоловік. Показано, що для збереження принципу безперервності слід використовувати модель розрахунку. Ця модель дає реальні значення годинної витрати газу.

Буркова Е. В., Макаров В. В. Оцінка відверненого екологічного збитку при створенні системи сонячного теплопостачання Балаклавського району м. Севастополя на основі відпрацьованого кар'єру

У роботі розглядається прогностична оцінка запобіжного екологічного збитку при використанні відпрацьованих кар'єрів гірничодобувних підприємств як акумулятора сонячної енергії. Їхнє застосування дозволяє організувати централізовану систему сонячного теплопостачання замість традиційних котелень. Відвернений екологічний збиток оцінюється за рахунок зниження споживання вуглеводного палива й зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря котельнями централізованого теплопостачання. Розрахунки виконані стосовно до котелень Балаклавського району міста Севастополя.