

ВЕСТНИК

ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО №13 (53)
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА 2005

СЕРИЯ

«СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»

Выпуск 3

Редакционная коллегия:

д.т.н., профессор, заслуженный изобретатель РФ **В.М. Асташкин** (*отв. редактор*);
Т.А. Кравченко (*отв. секретарь*); д.т.н., профессор, член-корреспондент РААСН,
заслуженный работник высшей школы РФ **С.Г. Головнев**; к.т.н., доцент **Ю.Ф. Кутин**;
к.т.н., профессор, заслуженный работник высшей школы РФ **Ю.В. Максимов**; д.т.н.,
профессор, советник РААСН **А.П. Мельчаков**; д.т.н., профессор **В.И. Панферов**; к.т.н.,
профессор, заслуженный работник высшей школы РФ **В.В. Спасибожко**; д.т.н., профес-
сор, академик РАЕН **Ю.И. Сухарев**; д.т.н., профессор, советник РААСН **Б.Я. Трофимов**.

СОДЕРЖАНИЕ

Градостроительство и архитектура

ОЛЕНЬКОВ В.Д. Градостроительная стратегия развития и условия безопасности приграничных территорий	4
ПОНОМАРЕНКО Е.В. Архитектура небольших южно-уральских городов-заводов XVIII – первой половины XIX вв. на примере Миньяра и Илека	8
СИБРИКОВА М.А. Закономерности использования территории, прилегающей к вузам ..	18

Содержание

Экспертиза и оценка объектов недвижимости

КОСТИН А.М., КРАВЧЕНКО Т.А., МИТИНА Н.В. Массовая оценка земли как экономическая основа управления городской недвижимостью	25
МИХАЙЛИК Т.С., ВОРОШИЛОВ А.П. Особенности использования систем координат в кадастровых работах для предприятий, занимающих обширную территорию (на примере ОАО Челябинэнерго)	28
МЕЛЬЧАКОВ А.П., КОСОГОРОВ В.Г., НИКОЛЬСКИЙ И.С. Расчет безопасного ресурса зданий и сооружений	31
МЕЛЬЧАКОВ А.П., РЯБКОВ А.Н. Правила формализации экспертной информации при оценке риска аварии объектов строительства	34
ВОРОШИЛОВ А.П. Измерение осадок зданий и сооружений электронными тахеометрами	37

Строительные материалы и изделия

ТРОФИМОВ Б.Я., ЗИНОВ И.А., ГОРБУНОВ С.П. Морозостойкость тяжелых бетонов на цементе фирмы «Лафарж»	40
ГОРБУНОВ С.П., ФЕДОРОВ Ю.Б., ТРОФИМОВ Б.Я., ГАМАЛИЙ Е.А. Эффективность пластифицирующих добавок в самоуплотняющихся растворных смесях	43
ЧЕРНЯВСКИЙ И.Я. К вопросу о разработке технологии получения легковесной жаростойкой керамики на основе микросфер	50

Теория расчета строительных конструкций

АРТЕМЬЕВА Л.М. Динамический расчет многоэтажного каркасного здания на действие импульсов синусоидальной формы	52
ПОТАПОВ А.Н. Временной анализ упругопластических конечномерных диссипативных систем при нестационарных воздействиях	57
СОЛОМИН В.И. Определение осадок и коэффициентов жесткости при расчете фундаментов на неоднородном основании	62
ТЕРЯНИК В.В. Новый подход к определению несущей способности внецентренно сжатых элементов средней и большой гибкости	65

Технология и организация строительного производства

БАЙБУРИН А.Х. Комплексная оценка качества строительно-монтажных работ	68
ГОЛОВНЕВ С.Г., КОВАЛЬ С.Б., МОЛОДЦОВ М.В. Сцепление бетона в зоне технологического шва	71
КОВАЛЬ С.Б., МОЛОДЦОВ М.В., ГОЛОВНЕВ С.Г. Кратковременные деформации бетона	75
НИКОНОРОВ С.В., БАЙБУРИН А.Х., КНУТАРЕВА Н.В. Методика расчета технологических параметров метода «термоса», обеспечивающая гарантированный набор прочности бетона	79

Инженерное оборудование зданий и сооружений

ПАНФЕРОВ В.И. Выбор и настройка автоматических регуляторов в системах теплоснабжения	81
ПАНФЕРОВ В.И. Идентификация тепловых режимов трубопроводных систем	85

Научно-методический раздел

ЛАЗАРЕВА И.В. Образцы профессионального мастерства – основа образования градостроителей	91
ШВАЙГЕР А.М., ДУКМАСОВА В.С., ПЕЧОРСКАЯ С.А. Методические вопросы дистанционного обучения графическим дисциплинам	95
Сведения об авторах	98

Градостроительство и архитектура

УДК 711

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ И УСЛОВИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИГРАНИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В.Д. Оленьков

В работе анализируются возможности градостроительных программ развития приграничных территорий. В качестве основы таких программ предложена градостроительная стратегия планировочной организации трансграничных территорий.

Проблема обеспечения безопасности связана не только с деятельностью государства по защите его интересов и охране границ, но и с изменением отношения к человеку. Новое понимание национальной безопасности проистекает из положения Конституции РФ о защите прав и свобод личности, о защите ее интересов. Фактором безопасности является обеспечение материального положения гражданина, улучшение качества окружающей среды, создание условий для развития личности. Конституция обязывает государство исходить из того, что личность есть главная ценность государства и общества [1].

Проблемы безопасности и условия их разрешения имеют не только общефедеральный характер, но и обусловлены условиями отдельных регионов. Одним из факторов, актуализировавших проблему безопасности, стало появление у России границ, которых прежде не было.

Например, только по территории Челябинской области государственная граница протянулась на 900 км. Это обстоятельство сразу поставило такие проблемы как организация государственной границы, а также решение проблем безопасности, связанные с состоянием жизнедеятельности населения в приграничных территориях. Очевидно, что приграничные территории по обеим сторонам границы обречены взаимодействовать друг с другом. Но для эффективного взаимодействия необходимо достаточное развитие этих территорий, повышение уровня благоустройства приграничных территорий, социальной защищенности населения, проживающего в приграничном пространстве.

Чтобы граница с Казахстаном стала действительно границей добрососедства и всестороннего взаимовыгодного сотрудничества, обеспечивала благорасположение и общение граждан России и Казахстана, необходимо наличие такой программы развития приграничных территорий, в которой нашли бы отражения действия и мероприятия, снижающие чувство тревоги и неуверенности проживающего на приграничных территориях на-

селения, вовлекающие его в создание комфортной среды проживания. Нам представляется, что важным подспорьем в организации этой работы может быть разработка таких программ, которые включают самые разные мероприятия по сохранению и закреплению населения в приграничных территориях. В качестве основы таких программ может выступить градостроительная стратегия развития приграничных территорий. Эта стратегия основывается на планировочной организации трансграничных территорий и их структурных элементах. Поскольку Российско-Казахстанская государственная граница имеет наибольшую протяженность и наибольшее количество приграничных областей со стороны России (11 областей), то эту трансграничную зону для удобства планирования и управления целесообразно разделить на три трансграничных региона: Приволжско-Казахстанский, Урало-Казахстанский и Сибирско-Казахстанский (рис. 1).

В свою очередь каждый из этих трансграничных регионов предлагается разделить на трансграничные субрегионы в зависимости от территориальной близости пограничных областей. Урало-Казахстанский трансграничный регион предлагается разделить на Челябинск-Костанайский, Оренбург-Актюбинский и Курган-Петропавловский субрегионы.

В Челябинск-Костанайский трансграничный субрегион входят со стороны Российской Федерации 6 приграничных административных районов Челябинской области (рис. 2). Эти административные регионы объединяются в два трансграничных района – Троицкий и Карталинский. В Троицкий трансграничный район входят три административных района – Троицкий, Октябрьский и Чесменский. В Карталинский трансграничный район входят также три административных района: Карталинский, Брединский, Варненский.

Основные транзитные транспортные связи из Казахстана ориентированы по линии Костанай – Челябинск через Троицк. Они осуществляются по

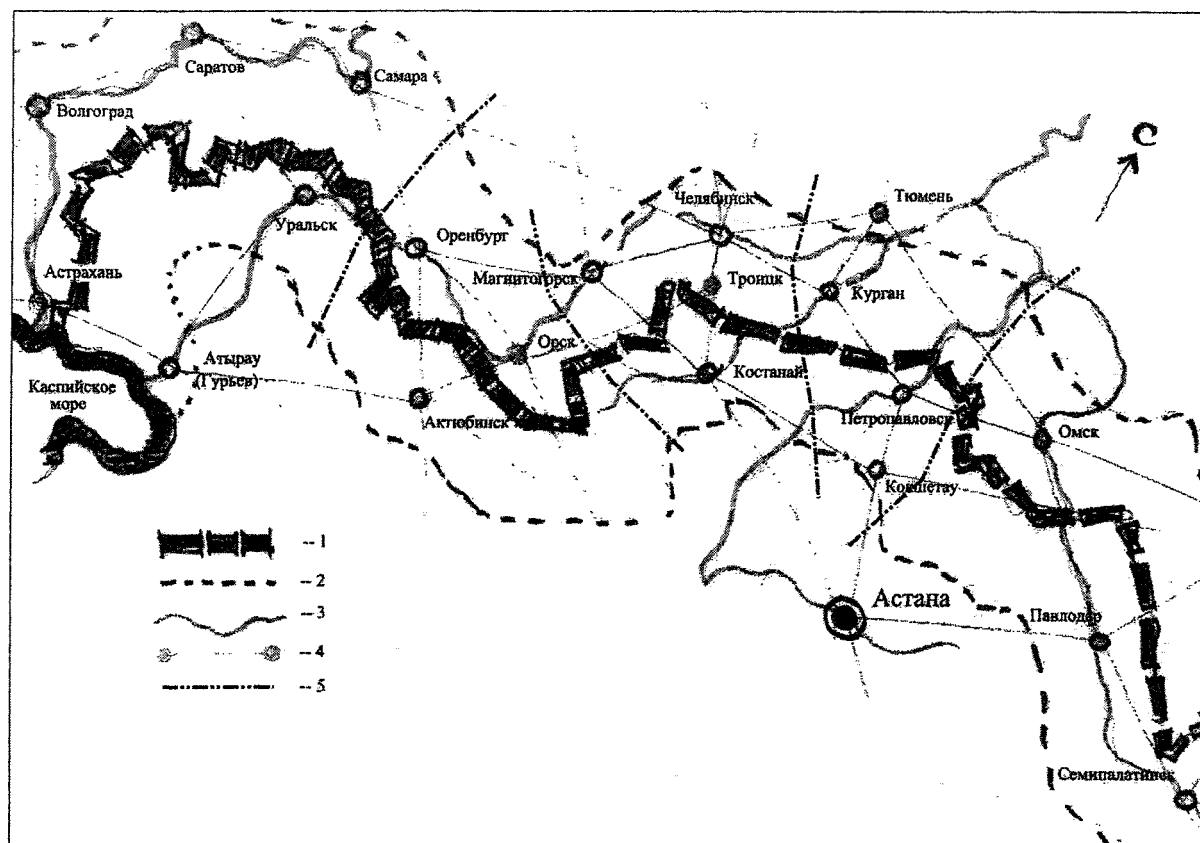


Рис. 1. Схема трансграничной зоны «Россия – Казахстан»: 1 – государственная граница; 2 – граница трансграничной зоны; 3 – реки; 4 – города-региональные центры и их трансграничные связи; 5 – граница трансграничных субрегионов

главной автомобильной магистрали международного класса и по участку железной дороги Москва – Астана. Основную специализацию этой транспортной связи выделить сложно, так как она выполняет комплекс функций: административные, торговые, производственные, культурные и т.д. Транспортный коридор, по которому осуществляются эти связи, назовем Челябинск-Костанайским.

Другая важнейшая транспортная связь из Казахстана Рудный – Магнитогорск проходит через Карталинский транспортный узел. Специализация этой железнодорожной транспортной связи, в основном, производственная – транспортировка железной руды Соколовско-Сарбайского месторождения Казахстана на Магнитогорский металлургический комбинат. Этот транспортный коридор назовем Магнитогорск-Рудненский. Эти два основных транспортных коридора трансграничного субрегиона пересекаются двумя транспортными связями меридиального направления: Челябинск – Оренбург (на территории России) и Костанай – Жетикора (на территории Казахстана). Транспортная связь Челябинск – Оренбург является частью более крупной меридиональной связи Урал – Юг и проходит через наиболее урбанизированные районы Урала.

Связь Костанай – Жетикора является местной и в настоящее время недостаточно развитой. При

замыкании ее на меридиональную связь Урал – Юг через станцию Бреды она могла бы связать Костанай и всю северо-западную часть Казахстана с Поволжьем и югом России.

Кроме транспортных связей объединяющим фактором Российско-Казахстанской трансграничной зоны является единый природный ландшафт почти на всем ее пространстве – степь, переходящая в крайней восточной части в горный ландшафт Алтая.

Пространственная структура Российско-Казахстанской зоны имеет каркасную структуру, что особенно ярко проявляется на примере Челябинско-Костанайского трансграничного субрегиона. Этот планировочный каркас состоит из коммуникационных осей, урбанизированных полос и узловых центров (рис. 3).

Итак, мы имеем следующую систему уровней градостроительного планирования развития трансграничных территорий. Первый уровень – это трансграничная зона: Россия – Казахстан. Второй уровень – трансграничный регион: Урал и прилегающие области Казахстана. Третий уровень – трансграничный субрегион: Челябинская область Российской Федерации и Костанайская область Республики Казахстан. Четвертый уровень – биполярные транспортные коридоры на территории Челябинской области и Костанайской области

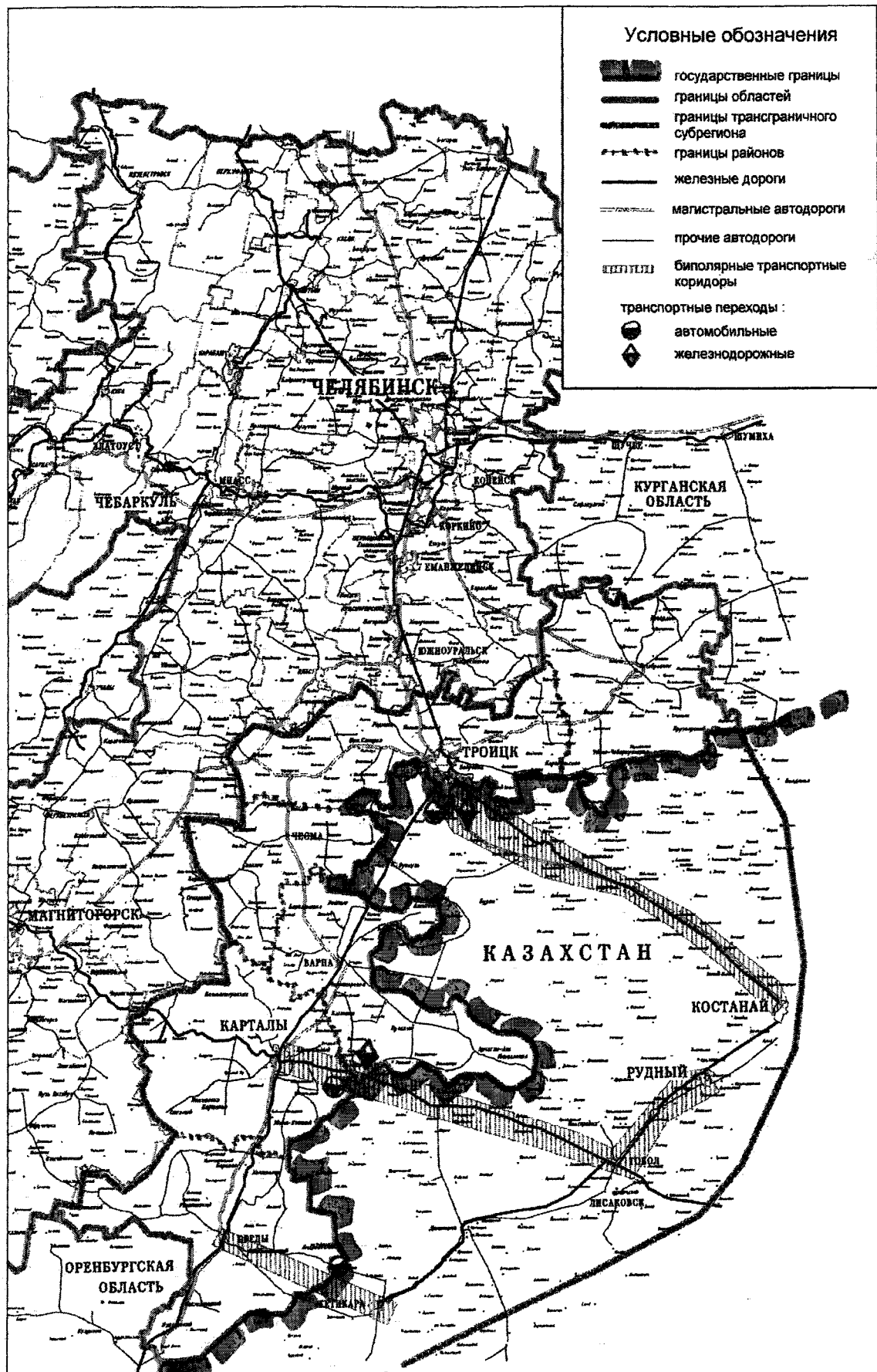


Рис. 2. Планировочный каркас трансграничного Челябинск-Костанайского субрегиона

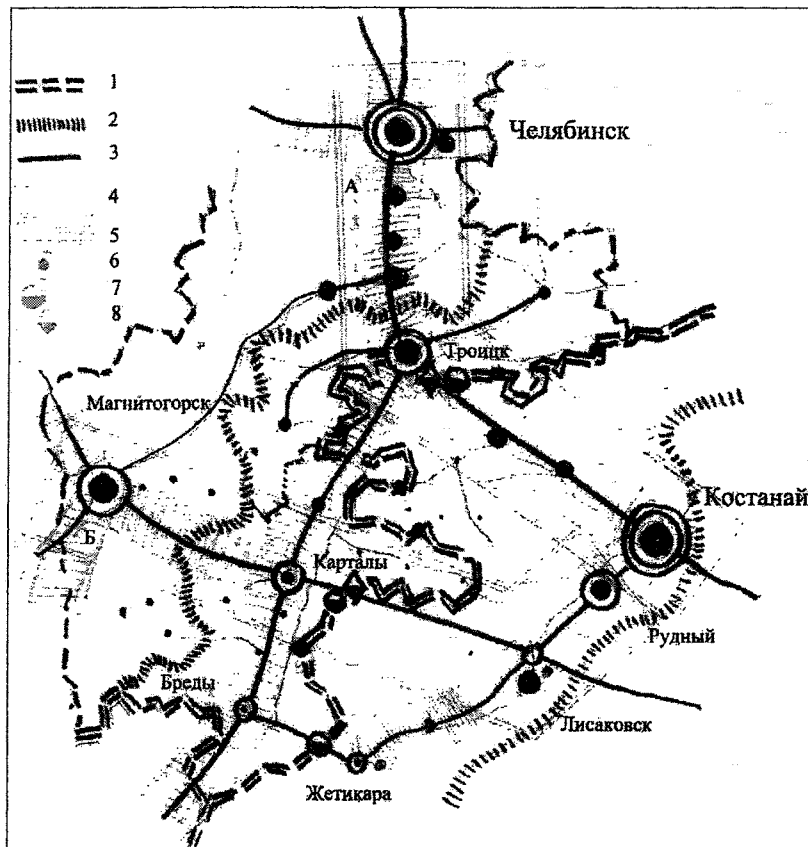


Рис. 3. Планировочная организация Челябинск-Костанайского трансграничного субрегиона и транспортных коридоров: 1 – государственная граница; 2 – граница трансграничного субрегиона; 3 – главные транспортные оси; 4 – транспортные регионы: А – Челябинск-Костанайский, Б – Магнитогорск-Рудненский; 5 – урбанизированные полосы; 6 – узловые центры; 7 – транспортный переход автомобильный; 8 – то же железнодорожный

Казахстана. Ими являются трансграничные коридоры: Челябинск – Троицк – Костанай; Магнитогорск – Карталы – Рудный; а в перспективном плане может быть разработан транспортный коридор Бреды – Жетикора.

Для первого и второго уровня необходима разработка документов градостроительного планировочного развития трансграничных территорий в основном концептуального, программного и прогнозного характера.

Для третьего и четвертого уровня должны выполняться Генеральные планы районов и пригородных зон, а также проекты планировки, например, для комплексного обслуживания пограничных пунктов пропусков – железнодорожных и автомобильных переходов.

Города и населенные пункты, являющиеся центрами прилегающих территорий и расположенные на транспортных коридорах по обе стороны государственной границы необходимо рас-

сматривать как узлы планировочного каркаса трансграничной территории. Биполярные транспортные коридоры должны иметь развитую систему объектов сервиса, грузовых терминалов и транспортно – складских комплексов.

Литература

1. Конституция Российской Федерации. – М.: Юрайт – М., 2002. – 48с.
2. Безопасность и граница. Российско-Казахстанское приграничье. Одномерные статистические распределения. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. – 30 с.
3. Градостроительный кодекс Российской Федерации. – М.: Изд. группа Норма-Информ. М, 1999. – 95с.
4. Оленьков В.Д. Экологическая безопасность поселений // Мир без границ – война без фронтов?: кол. моногр. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. – С. 143–161.

АРХИТЕКТУРА НЕБОЛЬШИХ ЮЖНО-УРАЛЬСКИХ ГОРОДОВ-ЗАВОДОВ XVIII – ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XIX вв. НА ПРИМЕРЕ МИНЬЯРА И ИЛЕКА*

Е.В. Пономаренко

Работа посвящена анализу возникновения и развития небольших городов-заводов Южного Урала. Исследуется формирование их исторической среды. На основе натуральных обследований автора, опубликованных воспоминаний очевидцев XIX в. и архивных изысканий в Российском государственном историческом архиве выявляются особенности планировки и застройки поселений Миньяр и Илек Челябинской области. Анализируются исторические периоды архитектурно-композиционного формирования этих городов-заводов: планировочный аспект и характер застройки. Особое внимание уделено выявлению композиционных и стилистических особенностей ротондальных церквей периода классицизма, которые являются наиболее значительными высотными ориентирами этих поселений.

Группа городов, сформировавшихся на основе горных заводов на Южном Урале достаточно многочисленна. Эти поселения имеют ярко выраженные особенности в планировке и застройке, отличающие их от других типов поселений. Первый общеуральский этап строительства заводов в конце XVII – начале XVIII вв. практически не затронул территорию Южного Урала. Начало заводского строительства в регионе приходится на сороковые – семидесятые годы XVIII в.

Правительство стремилось регулировать ход строительства заводов, ограничивало их число, не допускало большой концентрации. При рассмотрении очередного прошения на строительство нового завода в Берг-коллегии одним из обязательных требований было отсутствие других заводов в радиусе 30 верст. Однако на практике эти нормы не соблюдались, заводы зачастую находились на расстоянии 1–5 верст.

Выбор места для города-завода определяется наличием руды, леса и водной энергии. Требовалась такая площадка, где небольшая речка, пригодная для строительства плотины, впадала в более крупную, используемую как транспортная артерия.

Планировка городов-заводов Южного Урала повторяла принципы, ранее сформировавшиеся на Среднем Урале. Автор термина город-завод Н.С. Алферов отмечает, что к концу первой четверти XVIII столетия, т.е. за каких-нибудь два десятилетия, сложились и осуществились с большим для своего времени размахом принципы планировки заводских площадок, на которых размещались десятки производственных зданий различного назначения [1, с. 15].

Это относится и к планировке заводских поселков. Общность планировочных приемов и тех-

нологического процесса позволяет ориентироваться в выявлении характерных черт городов-заводов на работу В.И. Геннина «Описание уральских и сибирских заводов». На рисунках в этой книге мы находим во всех поселках при заводах четкий строгий план с деревенскими домами и смежными однотипными усадебными участками. Высотной доминантой являлась церковь, расположенная на предзаводской площади. Другой высотный акцент – производственные сооружения. Особое значение для объемно-пространственной композиции городов-заводов имел активный рельеф, так как они располагались в горных или предгорных районах. Такие природные объемные доминанты как горы, водоемы, лесные массивы играли большую роль в пространственной структуре городов-заводов и, часто были более значимы, чем искусственные сооружения.

По свидетельству очевидцев уже в XVIII веке: «Заводы были те же небольшие города. Там была нередко церковь и, пожалуй, школа. Грамотные люди были необходимы для контор. Существовала полиция, устраивался пожарный сарай, открывались лавки... Заводчики на случай приезда строили себе хоромы, называя их дворцами. При этих дворцах проживала толпа слуг, псарей, ловчих. Некоторые из хозяев просили Берг-коллегию укрепить их заводы валами, рвами, частоколами, снабдить их пушками и мортирами, ввести войска. Разрешение укреплять заводы последовало в начале пугачевского бунта» [2, с. 40].

Такое активное строительство в заводских поселках объяснялось значительными потребностями заводов в рабочей силе. «На основании инструкции, данной еще Татищеву 23 марта 1734 г., полагалось при каждом железоделательном заводе 160 дворов, а при медных заводах по 50 дворов на

каждые 1000 пудов выплавки чистой меди, считая по четыре души мужского пола во всяком дворе» [3, с. 654].

Центром поселений являлись территории заводов и предзаводские площади с усадьбой владельца, конторой и другими общественными зданиями. Центральные площади городов-заводов – четких очертаний, не особенно крупных размеров – часто являлись одновременно предзаводскими, церковными и базарными.

Планировка городов-заводов была своеобразной, но жилые и общественные сооружения повторяли исконные принципы организации плана и отделку крестьянских изб.

Производственные здания XVIII в. имели срубную конструкцию и скромный декор. Кузнечные фабрики формировались на основе технологического процесса того времени. Главными элементами их структуры являлись кузнечные горны. Фасады отличались протяженностью, преобладанием горизонтальных членений. Кричные фабрики имели аналогичную архитектуру. Как и в кузнечных фабриках, основу композиции сооружения составляло крупное технологическое оборудование: кричные горны, которые выходили на фасад, прорезая крышу трубами. Фасады обычно имели и горизонтальные и вертикальные членения, придававшие им выразительность. Декором могли служить и лопатки и классические пилястры. Главным формообразующим элементом чугуно-плавильных фабрик являлись доменные печи.

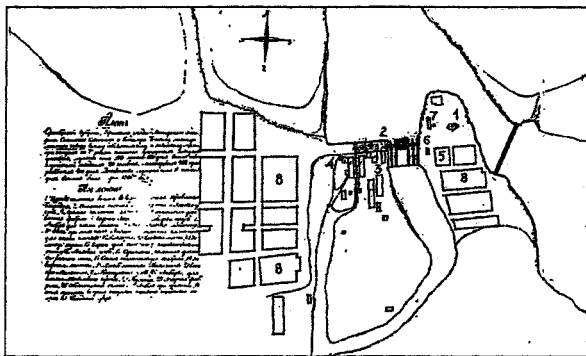
В XIX в. производственные здания наиболее значительных заводов перестраиваются в камне, в стиле классицизм. Этот стиль отличает и южно-уральские жилые здания, особенно особняки заводладельцев и управляющих. Все они перестроены из более ранних зданий XVIII в. Многие особняки на Южном Урале сохранились лишь в проектах.

Миньярский завод был основан в 1784 г. В месте расположения города-завода речка Миньяр впадает в более полноводный, разделяющийся на два рукава Сим (рис. 3а). По свидетельству XIX

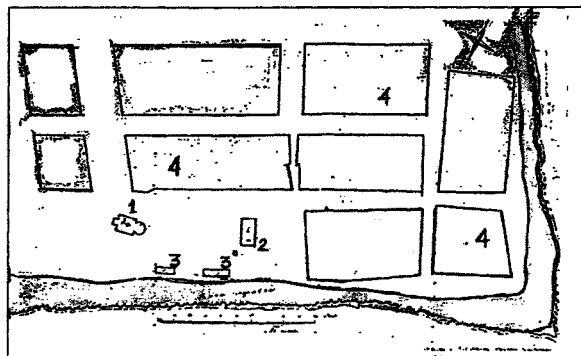
в. поселок был «расположен на гористом месте при слиянии реки Миньяра с рекой Симом. Все селение окружено лесом и высокими горами. Заводским прудом и канавою оно разделено на две неравных части» [4, с. 78].

План Миньярского завода 1826 г. – пример регулярной планировки крупного поселка [8]. Поселение имело два параллельных селитебных массива с востока и запада от заводской территории. Большой (западный) массив состоял из прямоугольных кварталов, разделенных перпендикулярными улицами. Второй жилой массив включал всего несколько кварталов. Ось плотины выходила на центральную (предзаводскую) площадь, которая была расположена около меньшего массива селитбы. Площадь занимала мыс, глубоко входивший в акваторию пруда. Центром ансамбля площади, включавшего господский двор и контору, являлась ротондальная Введенская церковь (рис. 1а).

Главной высотной доминантой поселения была Введенская церковь, сохранившаяся до настоящего времени. Это один из наиболее интересных памятников классицизма на Южном Урале, который отличается необычной ротондальной композицией. Такая композиция была характерна для московской школы классицизма. Церковь в Миньяре была построена в 1819 г. Она кирпичная, оштукатуренная (рис. 5а). Композиционно здание включает ротондальную часть, прямоугольную часть (трапезную и приделы) и колокольню, расположенные последовательно (рис. 2). Колокольня имеет в основании квадрат со слегка скошенными северным и южным углами. Она пристроена к одноуровневому основному объему (трапезной), который в плане является прямоугольником со скругленными углами. Внутри этого объема находится две пары столбов, разделяющие его на нефы. К восточной части рассматриваемого объема в южном и северном углах выделено стенами два придела с отдельными престолами. Проход между этими приделами ведет в ротондальную часть, в

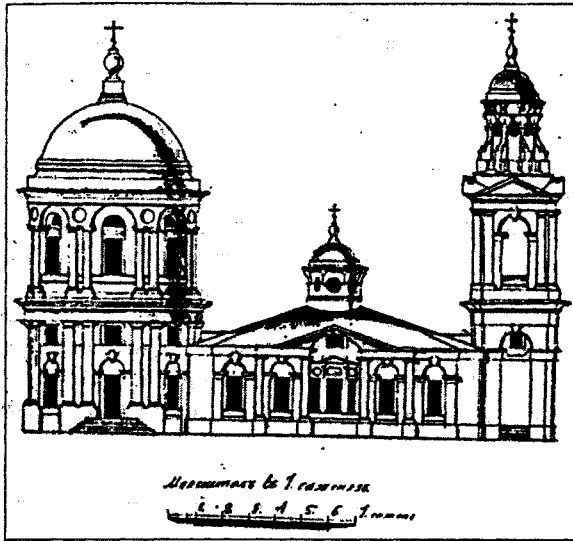


а)

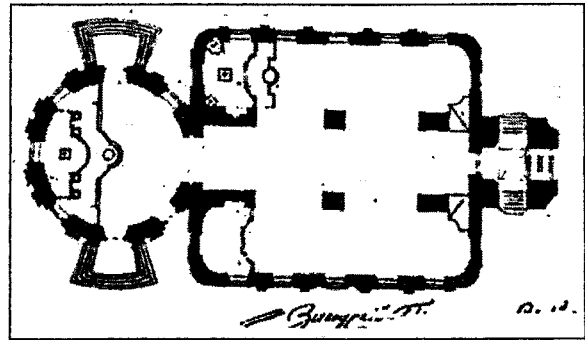


б)

Рис. 1. Планы Городов-заводов первой половины XIX века: а – план Миньяра 1826 г. (РГИА, ф.37, оп.63, д.53, л.1): 1 – каменная церковь, 2 – плотина, 3 – завод, 4 – мукомольная мельница, 5 – господский двор, 6 – контора, 7 – магазины, 8 – обывательские дома; б – план села Илек 1826 г.: 1 – Сретенская церковь, 2 – господский двор, 3 – магазины, 4 – крестьянские избы (РГИА, ф.37, оп.63, д.53, л.14)



а)



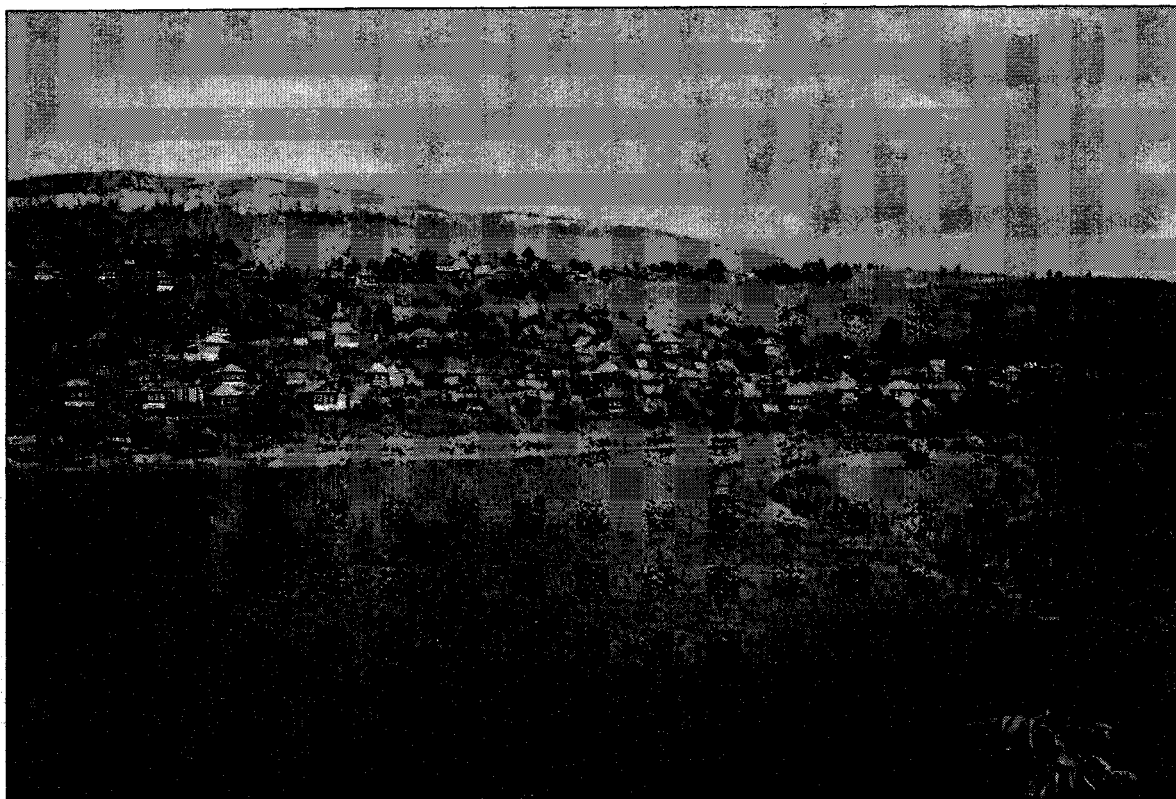
б)

Рис. 2. Проект церкви в Миньяре: а – фасад; б – план (РГИА, ф.37, оп.63, д.53, л.10)

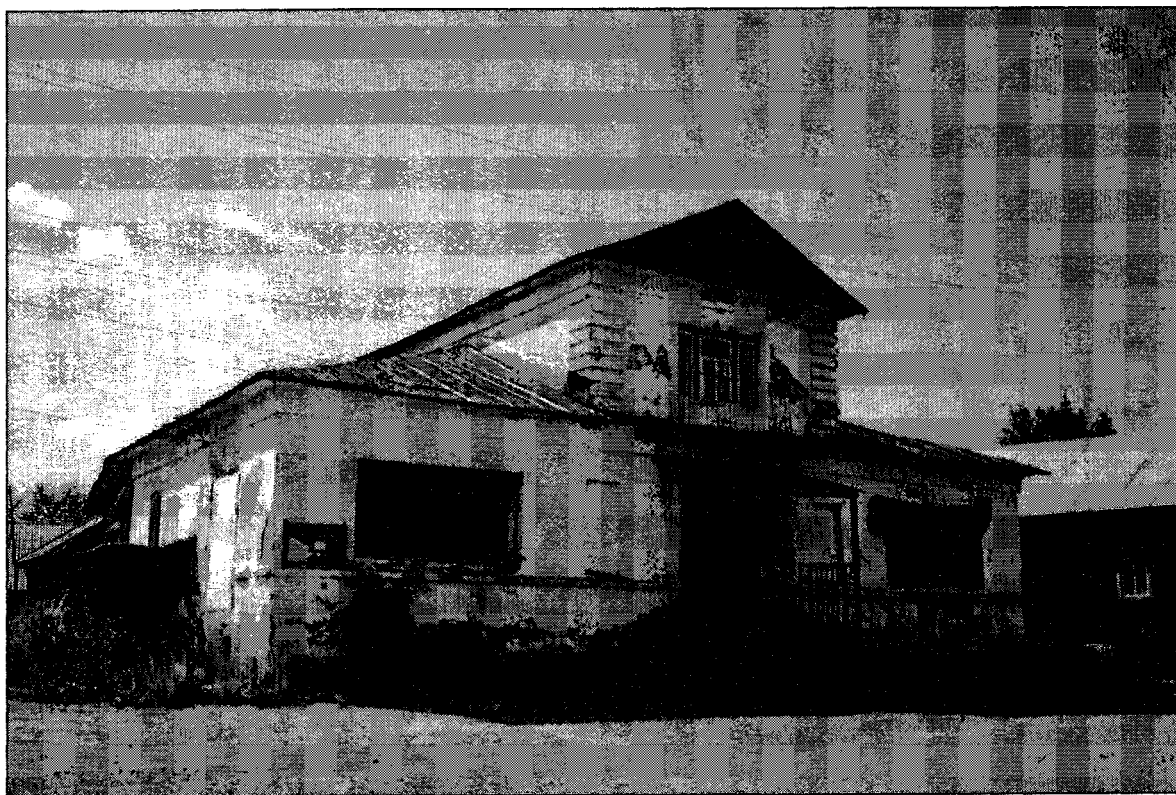
восточной части которой находятся алтарь и амвон. С севера и юга в ротонде проектом было предусмотрено два входа с широкими крыльцами, которые не были построены. Основные входы находились в северной и южной стенах колокольни. В западной стене колокольни располагается лестница [9]. Ротонда Миньярской церкви перекрыта полусферическим куполом, который увенчан сложной конструкцией, состоящей из ступенчатого постамента и шара. На самом верху находится крест. Низ купола имеет переходной элемент к карнизу ротонды, состоящий из нескольких разных классических профилей. Стена ротонды имеет два яруса и – соответственно – два равнозначных карниза над каждым. Оба яруса декорированы спаренными трехчетвертными колоннами. В нижнем ярусе они несут антаблемент, в верхнем – завершены арками, внутри которых расположены ниши с окнами. Окна в каждой нише состоят из прямоугольного и полукруглого, находящихся друг над другом. В уровне низа окон проходит горизонтальная тяга. Между прямоугольным и полукруглым окном находится небольшая овальная декоративная ниша. Над каждой парой трехчетвертных колонн расположена еще одна небольшая декоративная ниша круглой формы. В нижнем ярусе трехчетвертные колонны стоят на высоких пьедесталах. В этом ярусе – два ряда окон. Нижние – прямоугольные, а верхние – квадратной формы. Над нижним ярусом окон или дверей находятся полуциркулярные ниши. Между ярусами окон проходят мощные горизонтальные тяги. В уровне нижних окон стена рустована. Рустом выделен замковый камень над окнами. Низкий объем трапезной имеет четырехскатную крышу, увенчанную в центре небольшим полусферическим куполом на цилиндрическом барабане с круглыми окнами. По проекту окна барабана были разделены барочными декоративными волотами. Реально эти волоты не

были применены. С севера и с юга объем имеет треугольные фронтоны, в которые вписана полуциркулярная ниша с квадратным окошком. Стены членятся пилястрами несущими упрощенный антаблемент. Между пилястрами прямоугольные окна в нишах, аналогичных нижнему ярусу ротонды. Углы объема и простенки покрыты рустом. Центральное окно объема было по проекту тройным. В настоящее время его боковые части заложены и превращены в ниши. Над этим окном находится дополнительный треугольный фронтоны и декоративные ниши (рис. 5б). Колокольня Миньярской церкви имеет три яруса. Нижний – глухой рустованный четверик. Он имеет двери и, расположенные над ними полукруглые окна. Между ними проходит горизонтальная тяга, разорванная декоративными нишами. Второй ярус имеет высокие проемы с полуциркулярным завершением. Углы декорированы спаренными полуколоннами, несущими антаблемент и треугольные фронтоны со всех четырех сторон. Верхний ярус – круглый в плане, завершен полусферическим куполом с луковкой и крестом. Ярус имеет круглые окна, которые разделяются немного упрощенными барочными волотами (рис. 4).

Жилая застройка Миньяра аналогична другим городам-заводам северо-восточной зоны региона. Основная масса жилых домов поселения – деревянные. Каменными зданиями застраивалась только центральная площадь. В центре поселения сохранились постройки первой половины XIX в., например каменный дом с мезонином. Одноэтажный дом с мезонином решен в классическом стиле. Он построен из кирпича и оштукатурен. Треугольный фронтон мезонина зашит деревом. В нем имеется полукруглое окно. Углы мезонина акцентированы штукатуркой под руст, под карнизом проходит горизонтальная тяга. В центре находится широкое окно прямоугольной формы. Дом имеет вальмовую крышу.



а)



б)

Рис. 3. Застройка XIX века: а – Миньяр; б – жилой дом в Миньяре (фотографии автора 2004 г.)



а)



б)



в)

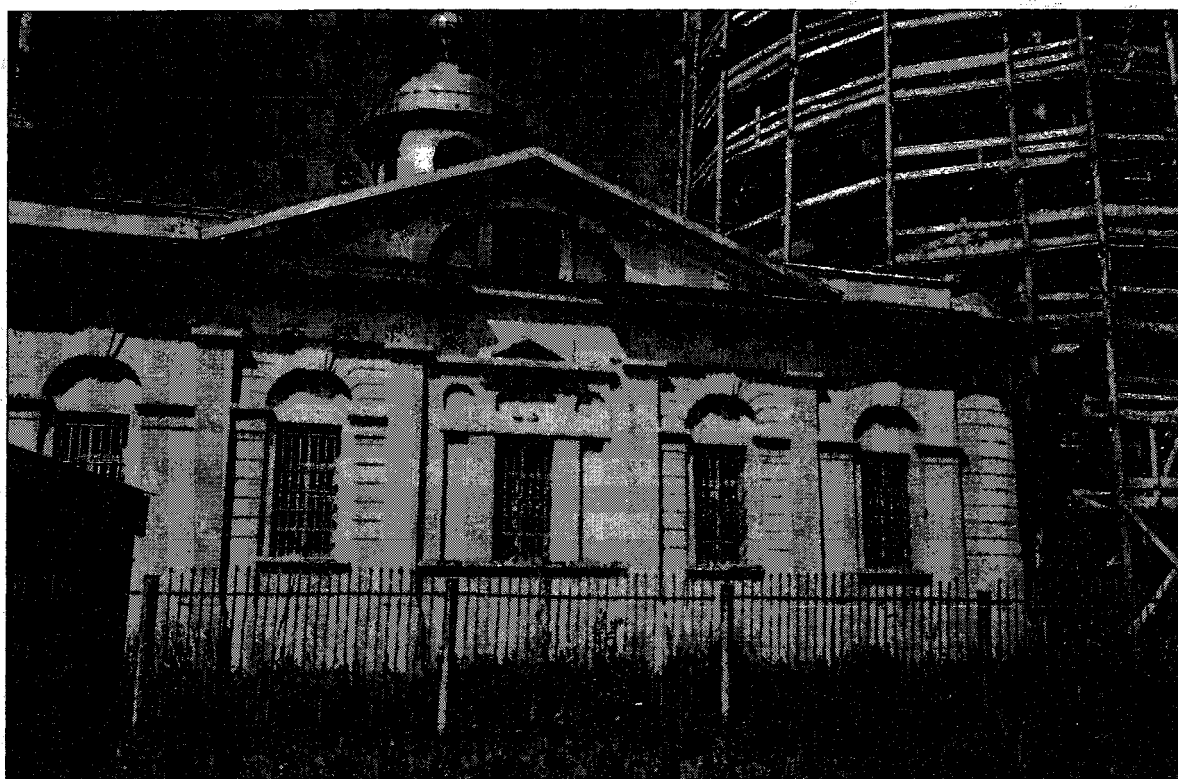


г)

Рис. 4. Введенская церковь в Миньяре построена, 1819 г.: а – фрагмент северного фасада; б – фрагмент южного фасада; в – колокольня; г – фрагмент (фотографии автора 2004 г.)



а)



б)

Рис. 5. Введенская церковь в Миньяре построена, 1819 г.: а – южный фасад;
б – трапезная (фотографии автора 2004 г.)

Градостроительство и архитектура

На главном фасаде в центре располагается вход с крыльцом. По бокам входа находятся высокие прямоугольные ниши и широкие прямоугольные окна. Под карнизом дом опоясывает горизонтальная тяга (рис. 36).

Местность, в которой расположено село Илек, находится как раз в той полосе, где относительно равнинный рельеф переходит в горы. Путешественник XVIII в. И.И. Лепехин писал, что «от сего места равнины начали мало помалу превращаться в горы, и при чувашской деревне по реке Илек Илеком прозываемой, за рекою Юрюзанем горы нарочито возросли. В сей деревне построен изрядный кожевенный завод, на котором всякие возделываются кожи, и шьется обувь» [5, с. 279]. Металлургического завода при посещении деревни И.И. Лепехиным еще не существовало.

Путеводитель XIX в. отмечает: «Есть в округе Симских заводов еще и Николаевский завод, находящийся при селе Илек. Завод основан в 1866 году графом Строгановым. Устройство завода было вызвано тем обстоятельством, что здесь находился еще не тронутый в то время лес» [6, с. 80].

Генплан села Илек 1826 г. демонстрирует пример регулярной планировки жилой части небольшого поселения [10]. Наиболее интересное в архитектурном отношении сооружение поселка – Сретенская церковь – расположено на пересечении двух композиционных осей, замыкая их перспективы. Кроме церкви в ансамбль центра входят господский двор и складские помещения. Центральная площадь раскрыта на реку, но излучина ее в планировке не учтена (рис. 16).

Сретенская церковь в селе Илек в плане почти полностью повторяет церковь в Миньяре (рис. 8). Церкви-ротонды – яркий пример культовых сооружений периода расцвета классицизма в регионе. Илекская церковь построена в 1820 г. Есть предположение А.М. Раскина [7], что авторство этих храмов принадлежит М. Казакову или его ближайшим ученикам. Для Казакова и мастеров его круга характерно использование схем ротонд в строительстве церквей. Например, Вознесенская церковь на Гороховом поле и ряд других.

Формы колокольни и ротонды здесь несколько упрощены по сравнению с миньярской церковью [11]. Декор стен и завершение трапезной практически идентичен описанному в Миньяре (рис. 6а). В Илеке не сохранился купол главки трапезной. Колокольня илекской церкви не имеет третьего яруса, но повторяет формы первого и второго ярусов миньярской церкви. Первый двухсветный ярус ротонды в Илеке отличается от аналогичного в Миньяре только тем, что в нем использованы не трехчетвертные колонны, а пилястры. Второй ярус – невысокий, имеет квадратные окна в полуциркульных нишах. Между ними расположены круглые декоративные ниши. Купол ротонды повторяет миньярский, но завершение его хуже сохранилось. Высота ротонды в Илеке меньше, чем в

Миньяре, несколько иной силуэт имеет колокольня. Декор первого и второго ярусов илекской колокольни повторяет миньярскую. Как и миньярская эта церковь построена из кирпича и оштукатурена, а цоколь – из камня-плитняка (рис. 7).

Жилая застройка села Илек состояла из деревянных изб, у которых встречались как двускатные, так и четырехскатные крыши (рис. 6б). Интересно, что Илек был чувашской деревней. Генеральный план 1826 г. не учитывал никаких национальных планировочных традиций чувашей. Это типичное регулярное поселение при городе-заводе. Правда, в этом генплане еще нет самого завода.

Привлечение чувашей к работе на заводах осуществлялось полулегально, путем денежного закабаления. И.И. Лепехин так описывает этот процесс: «Чуваши, будучи исключены [по праву закона] от заводских работ, однако в оной с другими находятся. Сие происходит от собственного их произволения и от бедности. Безмолвный сей народ, претерпевал иногда притеснения, или другим каким несчастьем пришед в скудость, берет взаимнообразно у богачей деньги. Заводчики в таких случаях бывают щедры и задалживают чувашам иногда до 100 рублей на душу с тем, чтобы они деньги заработали на заводах. Но как отдаленность мест не малым бывает рабочим людям препятствием и проход нередко должников в большую приводит скудость, а заводчикам причиняет лишние заботы в требованиях, чтобы их должников на работы высылали: то в таком случае заводчики оказывают свое великодушие, и переводят их в заводские дачи, где они всегда завод имеют под руками» [5, с. 280].

Таким образом, в конце XVIII – первой половине XIX вв. южно-уральские города-заводы проходят два этапа развития: первоначальное формирование и перепланировку окраинных территорий с перестройкой центральных зданий поселения в камне. Расположенные, как правило, не на крутом берегу, а на пониженных территориях, города-заводы включали в свою структуру пруд и несудоходную реку. Наличие пруда и реки приводило к потере замкнутости застройки и визуальной связи ее с окружающим ландшафтом. В последней четверти XVIII в., в связи с восстанием Пугачева, стали строиться укрепления в городах-заводах. С архитектурной точки зрения введение крепостных сооружений способствовало созданию выразительного силуэта и разнообразия застройки.

Генеральные планы городов-заводов показывают, что, при соблюдении общего принципа прямоугольной планировки, жилые массивы, как правило, имеют разную направленность по оси. Часто даже в пределах одного массива селитьбы, группы прямоугольных участков имели разные направления. В целом планировка городов-заводов Урала отличается от аналогичных поселений других регионов меньшей регулярностью. Нерегулярность

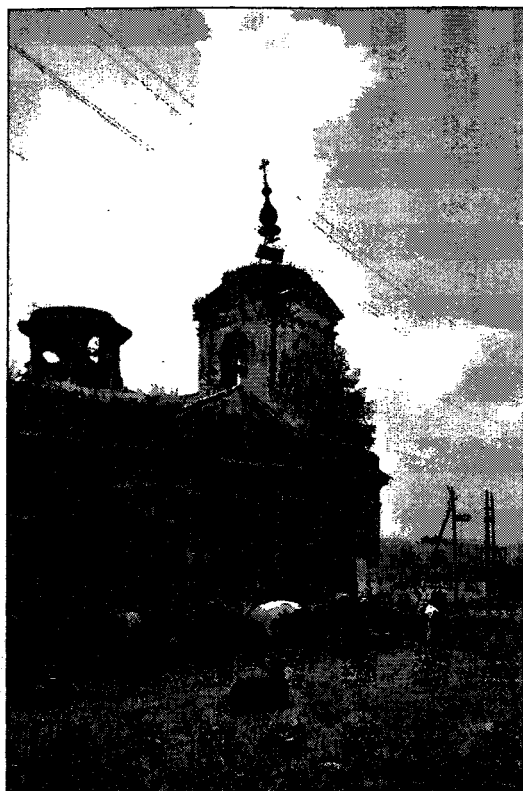


а)

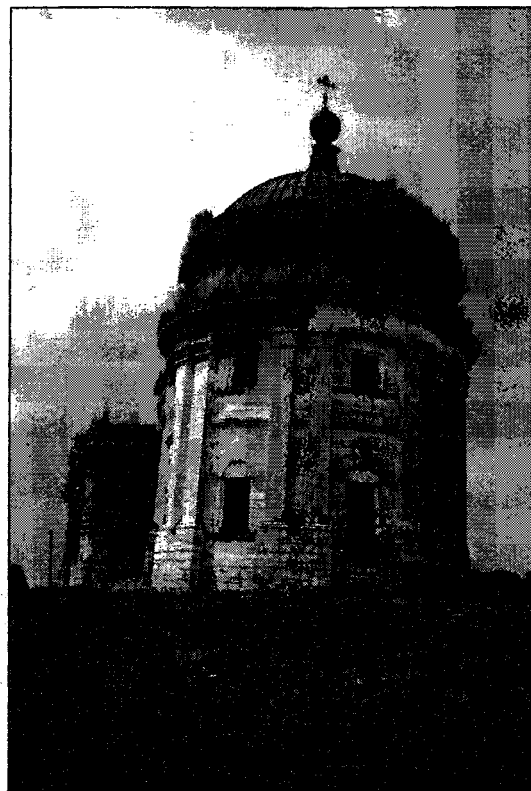


б)

Рис. 6. Застройка села Илек XIX века: а – церковь; б – жилые дома (фотографии автора 2004 г.)



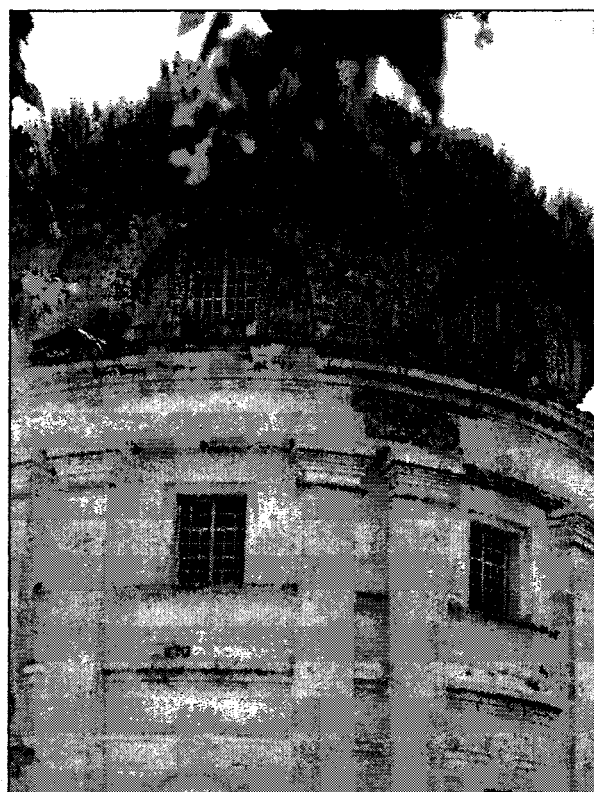
а)



б)

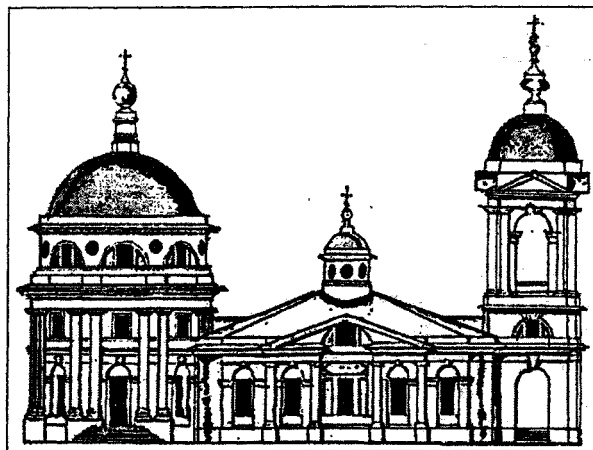


в)

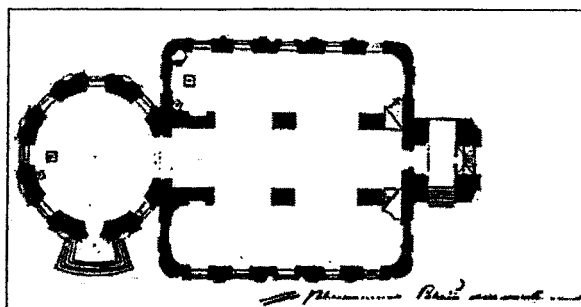


г)

Рис. 7. Сретенская церковь в селе Илек: а – фрагмент северного фасада; б – ротонда; в – фрагмент северного фасада; г – фрагмент ротонды (фотографии автора 2004 г.)



а)



б)

Рис. 8. Проект церкви в Илеке: а – фасад; б – план (РГИА, ф.37, оп.63, д.53, л.15)

планировок Южно-уральских заводов объяснялись пересеченным рельефом, большим количеством озер и тем, что заводы чаще всего принадлежали частным лицам.

Встречаются следующие разновидности прямоугольной планировки городов-заводов:

- параллельные пруду, перпендикулярные плотине длинные панели кварталов;
- компактное поселение вокруг завода и пруда, где отдельные массивы кварталов имеют неодинаковые размеры и направления;
- расчлененное поселение вокруг пруда и завода;
- два перпендикулярных массива застройки.

Второй этап планировки и застройки городов-заводов привел к упорядочению поселений. Важным итогом стало создание резерва территории для расширения завода и жилых массивов. Тем не менее, присутствовал некоторый схематизм планов и недостаточный учет места строительства. В отличие от реконструкции древних русских городов, в городах-заводах этот процесс был менее болезненным, т.к. его регулярные принципы соответствовали большинству первооснов городов. Ядро оставалось неизменным, а перепланировке подвергались стихийно сложившиеся окраины.

Система высотных ориентиров в городах-заводах все более усложняется. Объемно-пространственная композиция центров обогащается за счет каменных жилых зданий и развивающихся промышленных объектов с гидротехническими сооружениями. Промышленные объекты остаются главными высотными ориентирами, к которым добавляется система культовых сооружений. В ряде случаев природные объекты играют в объемно-пространственной композиции городов-заводов большую роль, чем искусственные сооружения.

Композиции церквей городов-заводов были те же, что и в южно-уральских селах. Наиболее интересны ротондальные церкви, состоящие из ротонды, трапезной и пристроенной колокольни. Они относятся к лучшим на Южном Урале памятникам классицизма, хотя имеют и барочные элементы.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ, проект № 05-04-85403а/У.

Литература

1. Алферов Н.С. Зодчие старого Урала. Первая половина XIX в. – Свердловск: Средне-Уральск. кн. изд-во, 1960. – 254 с.
2. Алекторов А.Е. История Оренбургской губернии. – Оренбург: Изд-во Оренб. Губернского стат. комитета, 1883. – 234 с.
3. Витевский В.А. И.И. Неплюев и Оренбургский край в прежнем его составе до 1758 года, т. 1–3. – Казань: Казанск. губ. типография, 1897. – 834 с.
4. Доброхотов Ф.П. Урал Северный, Средний и Южный. – Спб.: Тип. Сытина, 1917. – 640 с.
5. Лепехин И.И. Записки путешествия академика Ивана Лепехина. – Спб.: Императ. Акад. наук, 1821. – 423 с.
6. Путеводитель по Уралу. – Екатеринбург: издание газеты «Урал», 1899. – 376 с.
7. Раскин А.М. Архитектура классицизма на Урале. – Свердловск: издание Уральск. ун-та, 1989. – 243 с.
8. Российский государственный исторический архив (РГИА), ф.37, оп.63, д.53, л.1.
9. РГИА, ф.37, оп.63, д.53, л.10.
10. РГИА, ф.37, оп.63, д.53, л.14.
11. РГИА, ф.37, оп.63, д.53, л.15.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К ВУЗАМ

М.А. Сибрикова

Описано комплексное обследование движения транспорта и пешеходов и кратковременного хранения транспортных средств на территориях, прилегающих к Южно-Уральскому государственному университету, проведенное в феврале – апреле 2004 года. Выявлены закономерности движения транспортных и пешеходных потоков. Определены особенности использования автостоянок. Определена перспективная потребность в автомобильных стоянках. Даны рекомендации по комплексному освоению территории, прилегающей к ЮУрГУ.

Южно-Уральский Государственный Университет – крупнейшее универсальное образовательное учреждение России. Введение новых специальностей и развитие существующих привели к резкому увеличению численности студентов, особенно дневной формы обучения. Это обстоятельство исключительно высокую концентрацию населения на ограниченной по размерам территории – около 1400 человек на 1 га территории в границах отвода университетского городка. И, как следствие этого, предельно обострились транспортные проблемы вуза. Кроме того, территория, занимаемая Южно-Уральским государственным университетом, и прилегающие территории являются мощным фокусом общегородского тяготения населения.

Территория Южно-Уральского Государственного Университета застроена жилыми и общественными зданиями различной этажности. В студенческом городке расположены 7 учебных корпусов, в которых обучаются свыше 23 тысяч студентов дневной формы обучения и работают более 2500 преподавателей. В учебных корпусах Южно-Уральского государственного университета одновременно находится более 13 тысяч человек, которые прибывают практически одновременно. Кроме того, к городку Южно-Уральского Государственного университета (рис. 1.) с северной стороны прилегает территория ПКиО им. Гагарина – любимого места отдыха многих горожан, с южной стороны – территория ПО «Полет», на юго-востоке – комплекс проектных и научно-исследовательских институтов и других организаций, деятельностью которых связана со стабильными перемещениями людей. Расположение большого числа фокусов тяготения на ограниченной территории формирует стабильные и мощные корреспонденции в район ЮУрГУ из всех районов города, что поддерживается большим количеством маршрутов транспорта с расположением конечных пунктов маршрутов на главной площади университета и у корпуса ЗБ. Поскольку все пребывающие в зону Южно-Уральского государственного университета, неза-

висимо от того, относятся они к контингенту ЮУрГУ или их производственный интерес лежит за его пределами, пользуются одними и теми же путями сообщения и маршрутами транспорта, фактическая транспортная ситуация является еще более напряженной, нежели та, которую удалось определить на основании обследований:

- одновременное перемещения больших масс студентов и транспортных средств, что вызывает высокую опасность возникновения дорожно-транспортных происшествий;

- сложность в организации движения транспорта и пешеходов;

- сложность перемещения большого количества людей за ограниченный промежуток времени;

- недостаток мест для хранения личного автотранспорта.

Острота транспортной проблемы, а также тенденция резкого увеличения уровня автомобилизации населения, как социального явления, привели к необходимости проведения комплексного транспортного обследования с целью выявления:

- закономерностей движения транспорта и пешеходов на территориях, прилегающих к Южно-Уральскому университету;

- фактического использования территорий, прилегающих к Южно-Уральскому государственному университету;

- выявление размеров территориального ресурса Южно-Уральского государственного университета.

В феврале – апреле 2004 силами кафедры «Градостроительство» было проведено комплексное транспортное обследование, результаты которого позволяют решить следующие задачи:

- определить потребность в территориях для организации движения транспорта, пешеходов и временного хранения транспортных средств;

- предложить варианты оптимального использования территории при обеспечении безопасности движения для всех его участников.

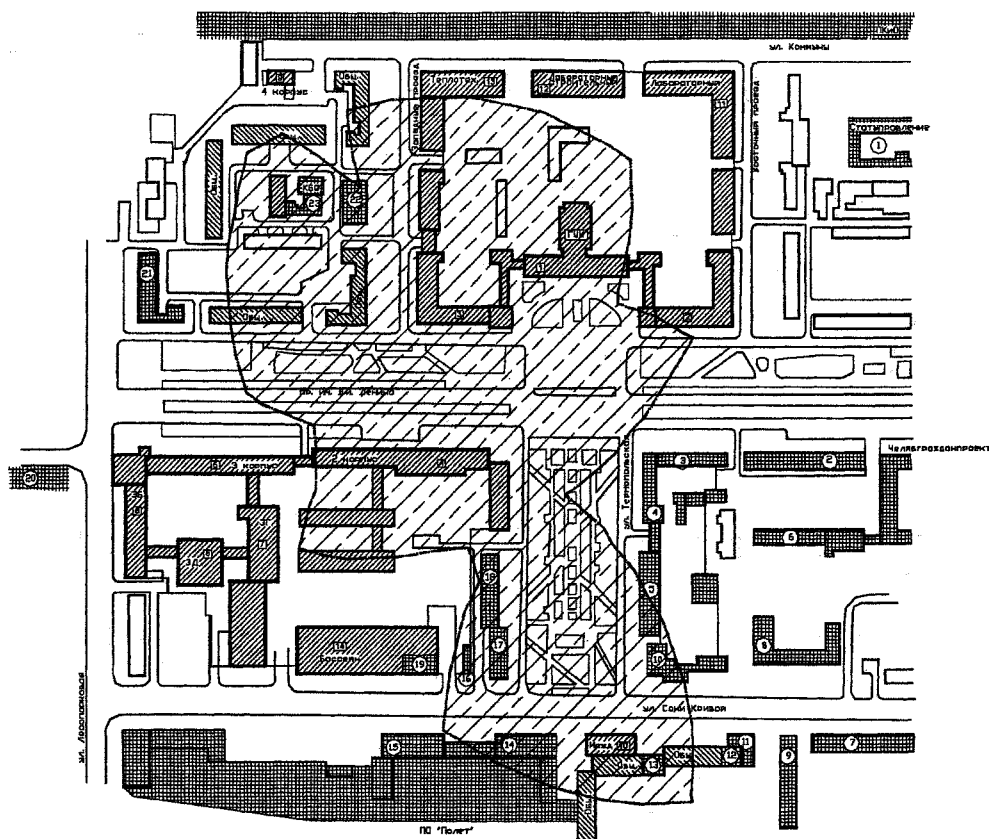


Рис. 2. Зона максимальной транспортной привлекательности территории

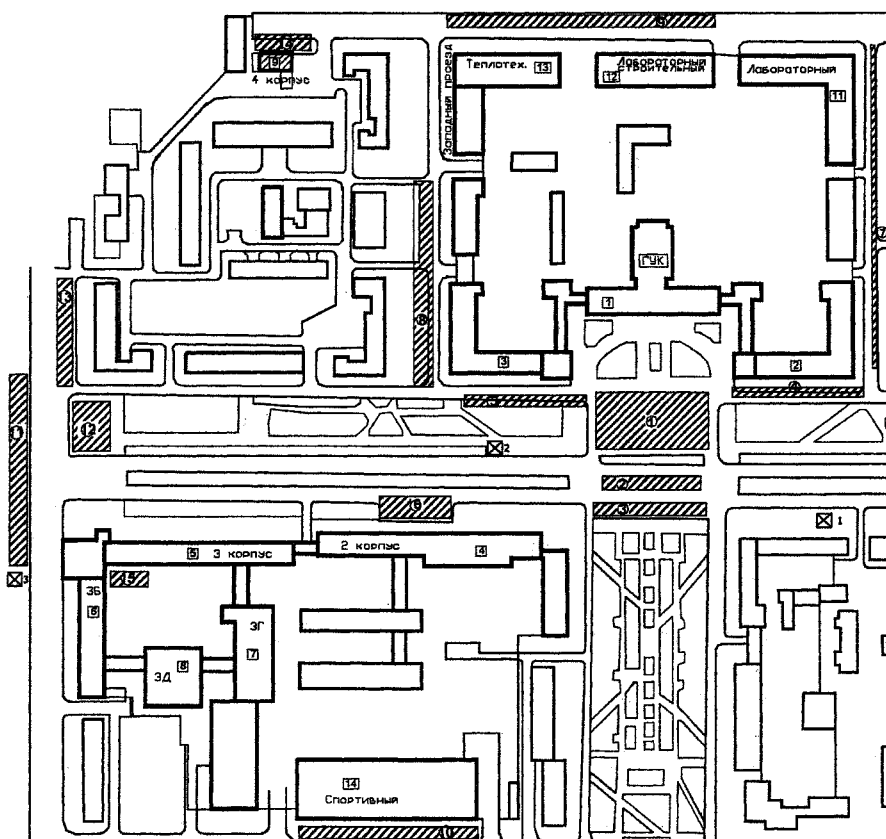


Рис. 3. Размещение существующих автомобильных стоянок

Динамика суточного использования автомобильных стоянок (рис. 5) дает основания сделать вывод, что с 9:00 до 17:00 все стоянки загружены достаточно интенсивно и «пиковые» значения относительно совпадают и приходятся на временной интервал с 11:30 до 13:45.

Для калибровки данных анкетного обследования и уточнения характера и длительности фактического использования автомобильных стоянок было проведено натурное обследование методом фиксации номерных знаков. Анализ результатов данного обследования показал, что большая часть транспортных средств находится на стояночной площадке один час и менее. Данная закономерность сохраняется как в целом по всем стояночным площадкам, так и для каждой из них в отдельности. Выявленную закономерность можно объяснить тем, что большинство студентов, использующих личное транспортное средство, чтобы доехать до места учебы, переезжают с одной авто-

стоянки на другую в соответствии с учебным расписанием. При наличии охраны или в случае строительства подземных стоянок данный контингент будет оставлять свой личный автотранспорт на одном месте в течение всего учебного дня. Так же один час и менее на территории ЮУрГУ находится автотранспорт людей, совершающих деловые поездки в данную часть города.

Соотнесение максимальной вместимости наземных автомобильных стоянок, выполненное с учетом планировочных ограничений на размещение автомобильных стоянок по СНиП 2.07.01-89*[1], с потребностью показало размеры фактического дефицита в местах краткосрочного хранения транспортных средств и представлено в табл. 1.

Некоторое расхождение в результатах анкетного и натурного обследований объясняется тем, что в анкетном обследовании не участвовали студенты 5 курса, которые в момент проведения на-

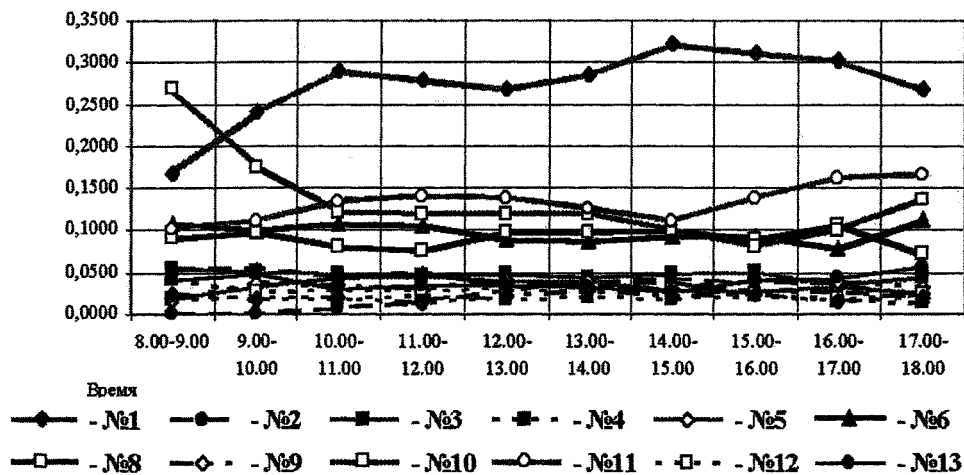


Рис. 4. Привлекательность автомобильных стоянок

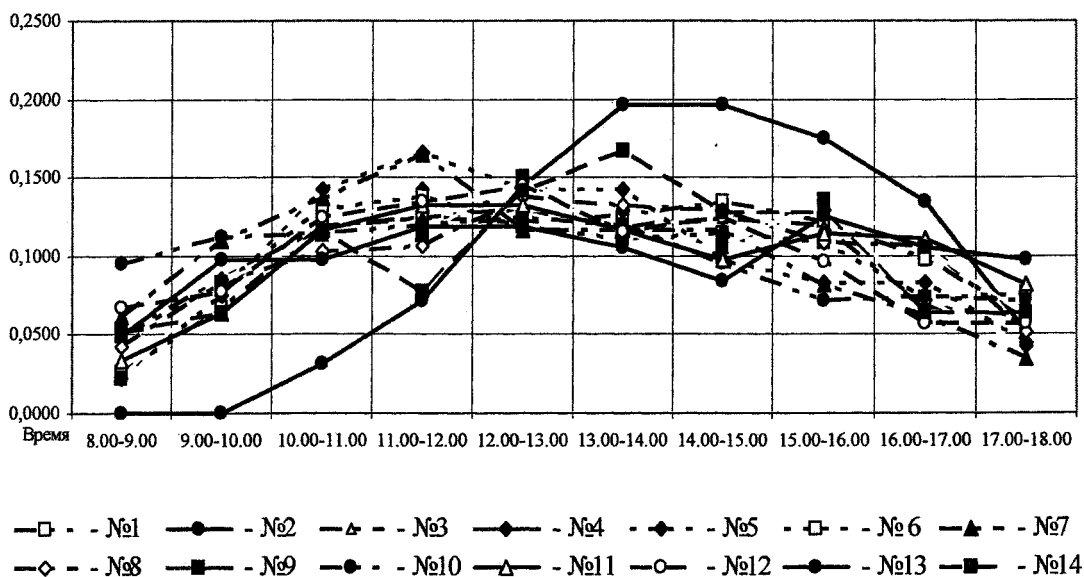


Рис. 5. Динамика суточного использования автомобильных стоянок

Ресурс автомобильных стоянок

№ стоянки	Емкость стоянок			Примечание	Существующая потребность в м/местах (по обследованию)	Ресурс	Примечание
	Максимальная	Фактическая (размещено)	Ресурс				
1	75	184	-109	Дефицит	192	-117	Дефицит
2	17	24	-7	Дефицит	25	-8	Дефицит
3	20	26	-6	Дефицит	81	-61	Дефицит
4		12	-12	Дефицит	12	-12	Дефицит
5		22	-22	Дефицит	23	-23	Дефицит
6	82	59	23	Резерв	180	-98	Дефицит
7	26	28	-2	Дефицит	33	-7	Дефицит
8	67	55	12	Резерв	37	30	Резерв
9	46	20	26	Резерв	14	32	Резерв
10	27	68	-41	Дефицит	21	6	Резерв
11	44	78	-34	Дефицит	75	-31	Дефицит
12	24	18	6	Резерв	18	6	Резерв
13	8	18	-10	Дефицит	17	-9	Дефицит
14	17	13	4	Резерв	9	8	Резерв
ВСЕГО	453	624	-171		738	-285	

турного обследования находились на дипломном проектировании и не были участниками стабильного учебного процесса.

Из результатов табл. 1 следует, что уже в настоящий момент совокупный дефицит в стояночных местах на площадках, тяготеющих к ГУК составляет 160 м/мест, ко 2 и 3 учебным корпусам (без корпуса ЗБ) – 205 м/мест. Ресурса внутренних территорий у ЮУрГУ нет, а существующее размещение автотранспорта идет в нарушение санитарных и планировочных норм и правил дорожного движения.

Анализ результатов анкетного обследования, а именно, востребованность конкретных мест хранения автотранспорта конкретными категориями

пользователей, динамика и структура автомобилизации по всем категориям контингента, особенности использования индивидуального транспорта (частота использования и длительность хранения) и данные общего характера (темпы роста автомобилизации, изменение структуры и численности студентов) позволил сделать прогноз перспективной потребности (2010 год) в местах временного хранения автотранспорта. Результаты представлены в табл. 2.

Из результатов табл. 2 следует, что совокупный дефицит в стояночных местах на площадках, тяготеющих к ГУК составит 349 м/мест, ко 2 и 3 учебным корпусам (без корпуса ЗБ) – 376 м/мест. Максимальная потребность в стояночных местах

Таблица 2

Перспективная потребность в автомобильных стоянках

№ стоянки	Максимальная емкость автостоянок	Потребность в м/местах на 2010	Ресурс	Примечание
1	75	344	-269	Дефицит
2	17	44	-27	Дефицит
3	20	148	-128	Дефицит
4		22	-22	Дефицит
5		41	-41	Дефицит
6	82	329	-247	Дефицит
7	26	57	-31	Дефицит
8	67	66	1	Резерв
9	46	25	21	Резерв
10	27	24	3	Резерв
11	44	136	-92	Дефицит
12	24	32	-8	Дефицит
13	8	31	-23	Дефицит
14	17	15	2	Резерв
ВСЕГО	453	1315	-862	

только для преподавателей, сотрудников и студентов ЮУрГУ без учета посетителей и посторонних парковщиков может достигнуть 1315 м/мест при дефиците минимум 860 м/мест. Фактическая потребность в местах кратковременного и среднесрочного хранения автотранспорта значительно выше, поскольку выявлено, что в настоящий момент основными пользователями стоянок № 2 и 3 (центральная часть пр. Ленина) являются посетители других фокусов тяготения в районе ЮУрГУ.

Анализ результатов натурных обследований движения транспорта и пешеходов позволил выявить дислокацию узлов конфликтных точек типа «транспорт-пешеход» высокой степени опасности, которая представлена на рис. 6.

5) существующая организация движения не обеспечивает безопасности движения транспорта и пешеходов.

Анализ территории ЮУрГУ позволил сделать следующие рекомендации по организации движения транспорта и пешеходов и хранению транспортных средств:

1) учитывая высокую интенсивность движения транспорта и пешеходов, является целесообразным разделение пешеходных и транспортных потоков в разные уровни движения;

2) поскольку планировочные ограничения не позволяют организовать наземное кратковременное хранение транспортных средств в полном объеме, рекомендуется использовать для организации

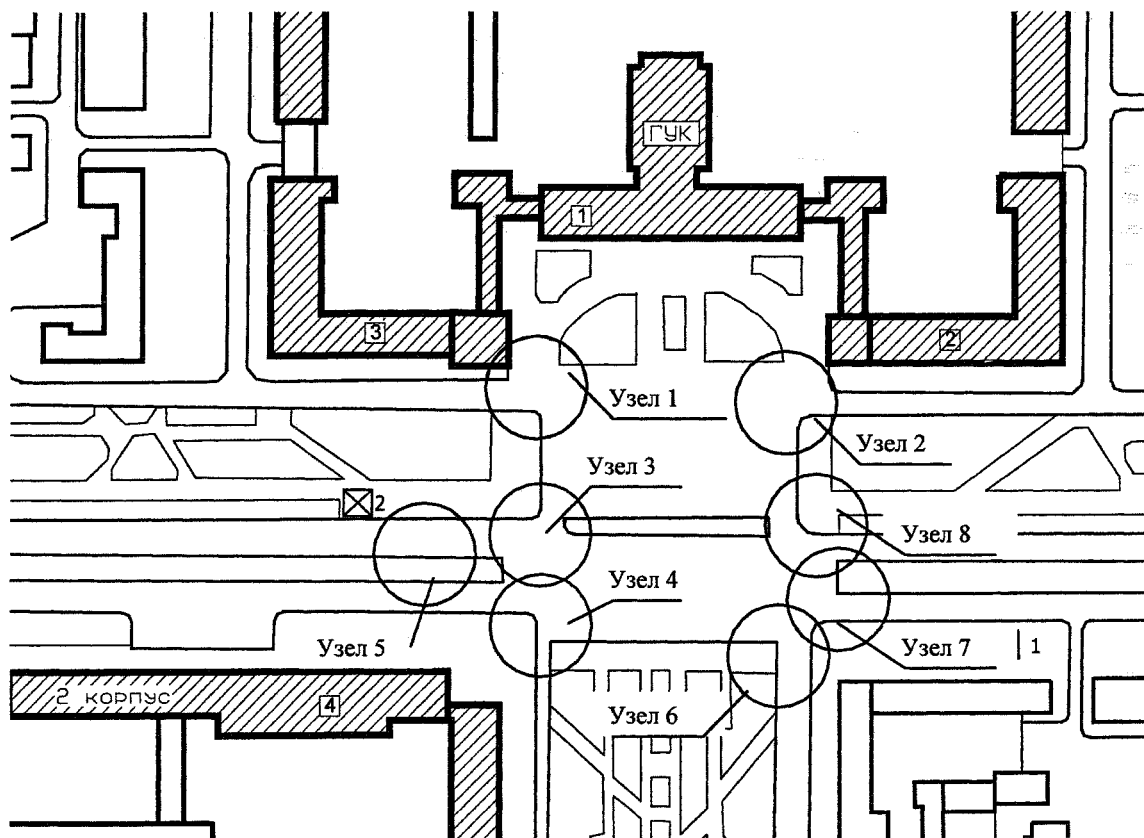


Рис. 6. Основные узлы конфликтных точек

На основании выше изложенного можно сделать следующие выводы:

1) дефицит в местах хранения транспорта имеет устойчивый характер и тенденцию к росту;

2) существующее хранение транспортных средств осуществляется с нарушением санитарных норм и правил дорожного движения;

3) территориальный ресурс ЮУрГУ и прилегающих территорий не позволяет решить проблему временного хранения транспорта без использования подземного и надземного пространства;

4) самыми опасными зонами движения на территории ЮУрГУ являются пересечения основных пешеходных путей и пр. им. Ленина, принимающего наибольшую транспортную нагрузку;

автомобильных стоянок подземное пространство [2, 3].

3) учитывая дефицит помещений в учебных корпусах использовать подземное пространство для размещения гардеробов, кафе, сервисных центров и т.д.

4) поскольку в градостроительном аспекте территория, предлагаемая к освоению, относится к территориям муниципального использования и является в равной мере привлекательной для всех расположенных в ее зоне предприятий и организаций, ее использование должно учитывать интересы всех заинтересованных сторон;

5) поскольку освоение подземного пространства требует больших капиталовложений, целесо-

образно для привлечения инвесторов разместить в верхнем ярусе подземного комплекса ряд торговых-сервисных предприятий.

По результатам обследований предложен эскизный вариант организации движения и комплексного использования территории с освоением подземного пространства. Вариант предусматривает использование территории как наземное, так и подземное, с организацией:

- в наземном уровне – движение МПТ, и легкового автотранспорта и пешеходов по траекториям, исключая их взаимное пересечение, а также частичное кратковременное хранение автотранспорта (общая емкость стоянок наземного хранения – 338 м/мест);

- в верхнем ярусе подземного пространства размещаются пешеходные переходы по наиболее нагруженным направлениям, а также между студенческими городками и учебными корпусами, стоянка длительного хранения на 100 м/мест, гардеробы, кафе, сервисные центры и территории альтернативного использования, в том числе и внешними пользователями;

- в нижнем ярусе располагаются автомобильные стоянки краткосрочного хранения, которые в ночное время могут закрываться, общей емкостью 585 м/мест.

Таким образом, общая вместимость автомобильных стоянок всех форм хранения по предложенному варианту составляет 1023 м/места, что минимум на 25 % меньше перспективной потребности. При реальном отводе земель и более сложной организации движения представляется возможным почти полное удовлетворение потребностей Южно-Уральского университета и сторонних пользователей в местах хранения автомобильного транспорта.

Литература

1. СНиП 2.07.01-89*. *Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений/ Госстрой России.* – М.: ГП ЦПП, 1994. – 44 с.
2. СНиП 21-02-99. *Стоянки автомобилей/ Госстрой России.* – М.: ГП ЦПП, 2000. – 13 с.
3. *Справочник проектировщика. Градостроительство/ Под ред. В.Н. Белоусова.* – М.: Стройиздат, 1978. – 367 с.

Экспертиза и оценка объектов недвижимости

УДК 65.014(07):332.334.4:330.332

МАССОВАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЛИ КАК ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОСНОВА УПРАВЛЕНИЯ ГОРОДСКОЙ НЕДВИЖИМОСТЬЮ

А.М. Костин, Т.А. Кравченко, Н.В. Митина

В данной работе рассмотрена массовая оценка земли как экономический инструмент управления городской недвижимостью. Отмечены недостатки существующей методики расчета кадастровой стоимости земель поселений. В частности, доказано, что определение коэффициента земельной доли в зависимости от года застройки микрорайона не соответствует фактическому его значению. Показано использование массовой оценки для увеличения наполняемости бюджета города.

В настоящее время в крупных городах сложилась ситуация, требующая определения рыночно обоснованного уровня стоимости земельных участков. Для этого необходимо соблюдение экономически справедливого баланса интересов собственников, пользователей земельных участков и муниципалитета, а также требований рационального использования городской территории. Практические задачи, стоящие перед городом, связаны как с фискальной функцией (наполняемость бюджета города), так и с регулирующей функцией.

Разноплановость стоящих задач, на первый взгляд, говорит о необходимости определения разного вида стоимостей земельных участков для различных задач (например, для определения градостроительной или земельно-кадастровой оценки) или соответствующей корректировки некой «базовой» стоимости исходя из специфики конкретной задачи. Опыт зарубежных стран показывает, что методической основой фискальных расчетов (например, определения налога на недвижимость) служит массовая оценка городских земель [1]. Последняя основывается на рыночной стоимости жилья, рентного дохода коммерческой застройки и затратного метода для объектов, характеризующихся слабой ликвидностью.

В настоящее время в нашей стране имеются решения указанной проблемы в виде методики расчета кадастровой стоимости земель поселений, подготовленной Росземкадастром на основании методологии, установленной на федеральном уровне (далее Методика) [2]. Основные недостатки этой «Методики» довольно подробно изложены в [3]. Укажем еще на одну, на наш взгляд, существенную недоработку. Так, по данным о продажах застроенных земельных участков для расчета када-

стровой стоимости земли используется метод «извлечения» (оставим на совести авторов Методики незнание Стандартов оценки, обязательных к применению субъектами оценочной деятельности [4], в которых он называется «методом выделения»). В этом методе необходимо знать площадь земельного участка или коэффициент земельной доли (отношение площади земли, приходящейся на 1 кв.м общей площади продаваемой квартиры). В Технических указаниях к Методике указывается, что этот показатель определяется на основании [5] по таблице или берется по графику в зависимости от года застройки квартала или микрорайона, то есть действующих на этот период СНиПов, регламентирующих соотношение плотности застройки и этажности жилых зданий.

Студентами специальностей «Городской кадастр» и «Экспертиза и управление недвижимостью» архитектурно-строительного факультета Южно-Уральского государственного университета под руководством авторов в течение 2003–2004 гг. были выполнены «пилотажные» осмотры девятисто кварталов и микрорайонов г. Челябинска. Получены и обработаны данные об этажности зданий, количестве секций и подъездов жилых домов, материале стен, типах планировки квартир, имеющихся в квартале объектов нежилой недвижимости (отдельно стоящих, встроенных и пристроенных помещений) и их функционального использования. Для этих кварталов и микрорайонов при определении коэффициента земельной доли ($K_{з.д.}$) использовался экспресс-метод расчета. На рис. 1 показано соотношение $K_{з.д.}$ и средне-взвешенной этажности – $\mathcal{E}_{с.р.}$, рассчитываемой по формуле среднегармонической. Из этого рисунка видно, что общая тенденция снижения $K_{з.д.}$ с уве-

Экспертиза и оценка объектов недвижимости

личением этажности в целом наблюдается, но разброс данных этого коэффициента при одной и той же этажности довольно велик. Это объясняется тем, что многие кварталы (особенно в центре города) доуплотнились, а некоторые застраивались задолго до принятия СН и СНиПов. Все это говорит о том, что $K_{з.д.}$ необходимо определять для каждого квартала (микрорайона) в отдельности.

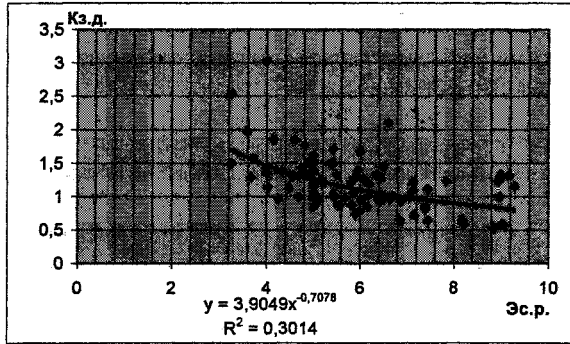


Рис. 1. Зависимость $K_{з.д.}$ от средней этажности жилой застройки

В настоящее время при массовой экономической оценке объектов земельной недвижимости города используются методики, применение которых несколько лет назад было технически невозможным из-за большого количества расчетов и многомерности классификаций. Это методики кластерного и корреляционно-регрессионного анализа, методы парных сравнений и расстановки приоритетов, системный подход и формирование баз данных. Применение указанных методик позволяет повысить научную обоснованность управленческих решений и качество аналитической работы в данном направлении. В частности, при расчете стоимости земли на основе данных о продажах квартир могут быть использованы два подхода (метода):

1. Расчет на основе приведения всех данных о продажах к «эталонной» квартире для данного сегмента и уже затем расчета стоимости земли методом выделения. Достоинством этого метода является упрощение дальнейших расчетов (только для одной квартиры), а недостатком - высокая вероятность ошибки в выборе эталонной квартиры из-за необходимости введения методов парных сравнений для приведения квартир к эталонной и, как следствие, большая неточность результатов.

2. Определение стоимости земли в квартале по каждой из продаваемых квартир. В этом случае расчеты усложняются (для всей совокупности данных), однако повышается их точность.

Рассмотрим пример использования массовой оценки городских территорий как основы для управления недвижимостью.

В жилом квартале, ограниченном улицами Коммуны, Свободы, пр. Ленина и ул. Пушкина, расположено 6 жилых домов различной этажности

и объекты нежилого назначения (детский сад, развлекательный комплекс, гаражный кооператив, универсам «Детский мир» и т.д.). Основные показатели, по которым были выполнены расчеты, представлены в табл. 1.

Таблица 1

№ п.п.	Показатели квартала	Обозначение	Значение показателя
1	Коэффициент земельной доли	$K_{з.д.}$	0,39
2	Средняя этажность застройки	$n_{эт.}$	7,3
3	Количество проживающего населения	$N_{кв.}$	1370
4	Площадь жилой территории	$F_{зем.жил.}$	12 055

По графику [6] на рис. 2 рассчитаем потребность в территории, занятую проездами, тротуарами, автостоянками, площадками и озеленением, приходящуюся на 1 жителя при средней этажности в квартале 7,3: она равна

$$4,2 + 11,1 = 15,3 \text{ м}^2/\text{чел.}$$

То есть при населении 1370 человек в пределах квартала должно быть 20961 м^2 жилой территории, а фактически имеется только 12055 м^2 . В это же время площадь торговых объектов более чем 10 раз превышает нормативы СНиП и требует пристального внимания городских властей к размещению таких объектов в данном квартале.



Рис. 2. Примерный баланс территории квартала при норме жилищной обеспеченности $20 \text{ м}^2/\text{чел.}$

Теперь посчитаем кадастровую стоимость 1 кв.м. земли в квартале. Средняя стоимость 1 кв.м. продаваемой квартиры на начало 2005 года составляет 19 тыс. рублей, средняя же стоимость 1 кв.м. новой квартиры [6] - 9333,38 рублей, не включая НДС. Таким образом, учитывая средний износ зданий в квартале 15%, мы можем выделить стоимость 1 кв.м. квартиры, относящуюся на землю:

$$19000 - 9333,38 \cdot 1,18 \cdot (1 - 0,15) = 9639 \text{ рублей.}$$

Теперь через коэффициент земельной доли переходим к рыночной стоимости 1 кв.м. жилой территории в квартале, которая равна

$$9639 : 0,39 = 24\,714 \text{ руб./кв.м.}$$

Зарубежный опыт показывает, что кадастровая стоимость земли составляет около 50...70 % от рыночной [1], то есть в нашем случае составляет примерно $24\,714 \cdot 0,6 = 15\,000$ рублей. При величине годовой арендной платы от 3 до 7 % [1] от кадастровой стоимости земли, в нашем случае она составит $15\,000 \cdot 5\% = 750$ руб./кв.м земельного участка.

Это достаточно небольшая сумма для объекта торговли (десятая часть от стоимости аренды торгового помещения в этом районе) может значительно увеличить городской бюджет, поскольку почти в 10 раз превышает базовую ставку арендной платы за землю.

Рассмотрим для сравнения другой квартал города, находящийся также на проспекте Ленина, – квартал «Школа № 1», ограниченный улицами Коммуны, Васенко, проспектом Ленина и улицей Красная. Оба участка расположены на главной магистрали города – пл. Революции. В квартале расположены один жилой четырехэтажный дом, школа со спортивным ядром и объекты нежилой недвижимости (Дом быта, ЗАО «Челябстрой», институт «Метротранспроект») и строительная площадка. Основная информация по кварталу представлена в табл. 2.

Таблица 2

№ п.п.	Показатели квартала	Значение показателя
1	Площадь квартала в границах красных линий	32 570 м ²
2	Общая площадь нежилых территорий в квартале	25 227,4 м ²
3	Общая жилая площадь	2 233 м ²
4	Площадь земельного участка, приходящегося на жилой дом	7 343,1 м ²
5	Коэффициент земельной доли	3,3
6	Количество людей, постоянно проживающих в квартале	85

Согласно графику на рис. 2 необходимая площадь земельного участка для обслуживания проживающего в квартале населения составляет $15,6 + 5,8 = 21,4$ м² на человека, или 1819 м². В то же время, как видно из табл. 2, площадь земельного участка, приходящегося на жилой дом, составляет 7 343,1 м². Ситуация с торговыми помещениями аналогична кварталу «Детский мир», то есть на порядок превышает нормативы СНиП.

Если аналогичным образом рассчитать величину арендной платы на земельный участок, она составит 200 руб./м² в год, то есть почти в 4 раза меньше, чем в квартале «Детский мир». Это говорит о неэффективном использовании земли в квартале. Решение этой проблемы возможно в увеличении доли жилых зданий на данной территории,

так как в настоящее время вложение денежных средств в жилищное строительство является наиболее доходным. В этом случае коэффициент земельной доли уменьшится, кадастровая стоимость земли увеличится и, как следствие, возрастет арендная плата за использование территории в квартале, что, несомненно, выгодно для бюджета района и города.

Таким образом, кадастровая стоимость земельного участка и коэффициент земельной доли, определенный для каждого городского квартала, позволяет обоснованно принимать решения по дальнейшей застройке квартала (микрорайона), учитывая интересы жителей, инвесторов и муниципалитета.

Выводы:

1. Коэффициент земельной доли необходимо рассчитывать для каждого квартала.
2. Выбор метода расчета стоимости земли в рамках массовой оценки на основе данных о продажах квартир требует более детальной проработки и статистического обоснования.
3. Для каждого квартала (микрорайона) должно быть определено потребное и фактическое использование земельного участка.
4. Расчет арендной ставки в зависимости от кадастровой стоимости земли приведет к большей наполняемости бюджета города и прозрачности ее расчета для потенциальных инвесторов.
5. На основе кадастровой стоимости земли и коэффициента земельной доли, рассчитанных по кварталам (микрорайонам), можно обоснованно принимать решение по дальнейшему развитию городских территорий и их рациональному использованию.

Литература

1. *Управление земельными ресурсами, земельный кадастр, землеустройство и оценка земель/ Под ред. С.Н. Волкова и В.С. Кислова. - М.: Технология ЦД, 2003. - 378 с.*
2. *Методика государственной кадастровой оценки земель поселений. Федеральная служба земельного кадастра России. - М., 2000.*
3. *Оценка урбанизированных земель: Учеб. пособие/ Под ред. В.А. Прорвича. - М.: Экономика, 2004. - 776 с.*
4. *Стандарты оценки, обязательные к применению субъектами оценочной деятельности, утвержденные Постановлением Правительства РФ от 6.06.01 № 519.*
5. *Методические указания по расчету нормативных размеров земельных участков в кондоминиумах. СП-30-101-98. - М.: Госстрой РФ, 1998.*
6. *Справочник ЧелСЦена, №2, февраль 2005 г. - Челябинск: ООО «Челинформцентр».*

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ КООРДИНАТ В КАДАСТРОВЫХ РАБОТАХ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ, ЗАНИМАЮЩИХ ОБШИРНУЮ ТЕРРИТОРИЮ (НА ПРИМЕРЕ ОАО ЧЕЛЯБЭНЕРГО)

Т.С. Михайлик, А.П. Ворошилов

В данной работе описаны возможные искажения длин линий и площадей объектов при использовании различных систем координат. За пример взято промышленное предприятие Челябинской области и рассчитаны конкретные значения искажений длин линий за счет рельефа; поправки за отнесение длин линий на поверхность референц-эллипсоида; поправки за редукцию длины линии на плоскость проекции Гаусса–Крюгера.

Выбор системы координат для производства геодезических работ в кадастровых целях обусловлен возникающими искажениями в государственных системах координат и существующими ограничениями на их открытое использование [1]. Рассмотрение систем координат и связанных с ними искажений геометрических параметров объектов требует анализа принятых моделей поверхности относимости и их проекции на плоскость.

Среди множества картографических проекций при выполнении топографических и геодезических работ применяется конформная проекция Гаусса–Крюгера, в которой углы изображаются без искажений, а линейные искажения не зависят от направления, что облегчает их учет.

Чтобы ограничить величину искажений на плоскости проекции, поверхность эллипсоида разделена меридианами на 60 координатных зон. Для крупномасштабных съемок такое деление недостаточно эффективно, так как на краях этих зон искажения могут достигать величин порядка 1:2000. Поэтому при крупномасштабных съемках, кадастровых, инженерно-геодезических и др. работах применяют трёхградусные координатные зоны, осевые меридианы которых совпадают с осевым или крайними меридианами шестиградусных зон [2].

На территорию Челябинской области распространяются 10-я и 11-я шестиградусные зоны, причем их граница проходит неподалеку от географического центра области. Осевой меридиан 10 шестиградусной зоны расположен вне территории области на расстоянии 9 километров до западной границы области. Осевой меридиан 11-й шестиградусной зоны пересекает территорию области в восточной части.

Из трёхградусных зон в Челябинской области расположены 18-я, 19-я и 20-я зоны. Осевые меридианы 18-й и 20-й зон совпадают с осевыми меридианами 10-й и 11-й шестиградусных зон соответственно, а осевой меридиан 19-й зоны является границей этих (шестиградусных) зон.

В инструкции по межеванию [3] указано, что

работы могут проводиться в местной системе, но единой такой системы координат для всей Челябинской области не существует. Так как предприятие Челябинскэнерго достаточно велико, и объекты, принадлежащие ему, линейны и располагаются на всей территории области, то для кадастра необходимо учитывать искажения, возникающие при переходе из одной системы координат в другую. Уточнение возникающих искажений и их учёт важен для создания и ведения не только кадастра в целом, но и экономической его части. Цена земли высока, предприятию невыгодно платить за землю, которой оно не пользуется.

Для линейных объектов необходимо учитывать искажения длин линий за наклон местности. Расстояние, определенное по координатам, является горизонтальным проложением в используемой системе координат, и не учитывает наклон линий местности. Эту особенность нельзя забывать при ведении кадастра предприятия, а также при расчетах стоимости строительства ЛЭП и иных линейных объектов.

Удлинение линии на физической поверхности можно оценить по формуле:

$$D = S + \Delta D, \quad (1)$$

где

$$\Delta D = \frac{h^2}{2D}; \quad (2)$$

D – длина линии на местности;

h – превышение;

S – горизонтальное проложение, вычисленное по координатам.

В табл. 1 приведены величины ΔD , вычисленные для длин линий и для превышений, возможных в Челябинской области.

Анализируя данные табл. 1, можно сделать вывод, что фактическая длина ЛЭП может не совпадать с ее длиной, вычисленной по координатам.

Как видно, на равнинной местности поправки за наклон местности незначительны, но в гористых районах, особенно на западе Челябинской области, где средние высоты городов колеблются

от 660 м (г. Бакал) до 210 м (г. Аша) в кадастре линейных объектов их необходимо учитывать.

Таблица 1

Превышение $h, \text{ м}$	Длина линии на местности $D, \text{ м}$	Горизонтальное проложение $S, \text{ м}$	Разность $\Delta D, \text{ м}$
100	1000	995	5
200	1000	980	20
300	1000	955	45
100	100 000	99 999,95	0,05
200	100 000	99 999,80	0,2
300	100 000	99 999,55	0,45

Так как геодезические измерения проводят на физической поверхности Земли, обрабатывают на условной поверхности Земли (референц-эллипсоиде), а полученные результаты редуцируют в проекцию Гаусса-Крюгера, то в ходе этих работ неизбежно возникают искажения.

Искажения за отнесение длины линии на поверхность референц-эллипсоида зависят от средней высоты этой линии над уровнем моря. Искажения за редуцию на плоскость поверхности Гаусса-Крюгера имеют свойство увеличиваться по мере удаления от осевого меридиана. Эти искажения могут быть значительными.

Поправка за отнесение длины линии на поверхность референц-эллипсоида рассчитывается по формуле:

$$\Delta D = -\frac{D(H_m + h_m)}{R_\alpha}, \quad (3)$$

где H_m – средняя высота измеренной линии над геоидом;

h_m – высота геоида над поверхностью референц-эллипсоида в месте расположения линии;

R_α – средний радиус кривизны сечения земного эллипсоида.

Относительная величина искажения вычисляется по формуле:

$$\frac{\Delta D}{D} = -\frac{(H_m + h_m)}{R_\alpha}. \quad (4)$$

В табл. 2 приведены возможные поправки для произвольно выбранных средних высот над геоидом для измеренной линии длиной $D=1000 \text{ м}$.

Таблица 2

$H_m, \text{ м}$	$\Delta D, \text{ м}$	$\Delta D / D$
50	0,0078	1: 130000
100	0,0157	1: 64000
150	0,0235	1: 43000
200	0,0314	1: 32000
300	0,0471	1: 21000
400	0,0628	1:16000
500	0,0785	1:13000

Анализ данных табл. 2 показывает, что порядок величин ΔD не превышает требуемой точно-

сти определения координат межевых знаков [4]. Но в гористой местности, при $H_m > 300 \text{ м}$ эти величины необходимо учитывать.

Поправка за редуцию длины линии на плоскость проекции Гаусса-Крюгера рассчитывается по формуле:

$$\Delta d = S \frac{Y_m^2}{2R_\alpha^2}, \quad (5)$$

где S – длина горизонтального проложения линии;

Y_m – среднее значение из ординат концов

линии;

R_α – средний радиус кривизны сечения земного эллипсоида (6370 км).

Относительное искажение вычисляется по формуле:

$$\frac{\Delta d}{S} = \frac{Y_m^2}{2R_\alpha^2}. \quad (6)$$

Если учтена кривизна земли поверхностью относимости, а поправки Δd не введены, то значения Δd составят величины, приведенные в табл. 3, на основе которых можно ввести ограничение местной системы координат по оси «у» от исходного в ней основного меридиана. В табл. 3 приведено Δd для $S=1000 \text{ м}$, и относительное искажение горизонтального проложения по сравнению с геодезической системой координат. При этом вычисления выполнены по формуле (6).

Таблица 3

$Y_m, \text{ км}$	$\Delta d, \text{ м}$	$\Delta d/S$	Примечания
50	0,031	1:32000	
100	0,123	1:8100	
150	0,277	1:3600	край 3° зоны
200	0,493	1:2000	
300	1,109	1:900	край 6° зоны

Так как поправка за редуцирование на поверхность эллипсоида всегда отрицательна, а поправка за редуцирование на плоскость Гаусса-Крюгера всегда положительна, то будет происходить небольшая компенсация поправок. Из табл. 2 и 3 можно сделать вывод, что величина поправки за отнесение длины линии на референц-эллипсоид несравнимо мала по отношению к поправке за редуцию на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера. Так что полностью они не компенсируются.

В местных системах координат этих поправок нет, так как поверхность рассматривается плоской. В результате существует расхождение между $d_{\text{мест}}$ и $d_{\text{госуд}}$ системами координат. Величина этого расхождения на разных территориях Челябинской области разная и зависит также от принятого правила ведения местной системы координат.

В табл. 4 оценено удаление от осевого меридиана основных объектов Челябинэнерго, находящихся в разных частях Челябинской области, с целью выяснения возможного искажения длин

Экспертиза и оценка объектов недвижимости

линий в этих районах. За осевой меридиан принят осевой меридиан 20-й трехградусной зоны, который проходит между городами Златоуст и Миасс и долгота которого составляет 60°. Искажения вычислены по формуле (6), длина горизонтального проложения принята за 1 км.

Таблица 4

Объекты Челябинэнерго	Удаление от осевого меридиана Y_m , км	Δd , м	$\Delta d/S$
ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3 и др., г. Челябинск	104	0,133	1:7500
Аргаяшская ТЭЦ, п. Новогорный	50	0,031	1:3200
ЮУГРЭС, г. Южноуральск	82	0,083	1:12000
ТЭС, г. Троицк	106	0,139	1:7200
ЗЭС, г. Златоуст	14	0,002	1:500000
МЭС, г. Магнитогорск	63	0,049	1:20400
г. Аша	170	0,356	1:2800
с. Октябрьское	176	0,382	1:2600

Так как Челябинэнерго обладает большим количеством линейных объектов, которые проходят по всей территории области, в том числе и на ее границе, то следует оценить возможные искажения и в наиболее удаленных от осевого меридиана населенных пунктах. В качестве примера рассмотрены г. Аша и с. Октябрьское.

Искажения длин линий в проекции на плоскость Гаусса–Крюгера влекут за собой искажения площадей. Их можно рассчитать по формуле:

$$P_r = P \left(1 + \frac{Y_m^2}{2R_\alpha^2} \right), \quad (7)$$

где P – площадь оцениваемой территории на местности;

P_r – площадь в проекции Гаусса–Крюгера;

Y_m – удаление от осевого меридиана;

R_α – средний радиус кривизны сечения земного эллипсоида (6370 км).

В формуле (7) $\frac{Y_m^2}{R_\alpha^2}$ – коэффициент искажения.

Площадные искажения, вызванные искажением длин линий в плоскости проекции Гаусса–Крюгера приведены в табл. 5.

Рассмотрим в качестве примера объект ТЭЦ-2, площадь которого составляет 416000 м². ТЭЦ-2 расположена в г. Челябинске, где удаление от осевого меридиана составляет около 100 км. Таким образом, искажение составит

$$416\,000 \text{ м}^2 \cdot 0,00025 = 104 \text{ м}^2.$$

В настоящее время Челябинэнерго не имеет земельных участков на праве собственности. Если учесть, что выкупная цена составит 27 рублей 30 копеек, то 104 м² · 27,3 руб. = 2 839 руб. Так как

искажения длин линий в проекции на плоскость Гаусса–Крюгера, влекущие за собой искажения площадей, всегда положительны, то можно сделать вывод, что почти три тысячи рублей предприятие переплатит за ТЭЦ-2. В масштабах всего предприятия цифра возрастет.

Таблица 5

Удаление от осевого меридиана Y_m , км	Площадь оцениваемой территории P , м ²	Коэффициент искажения	Величина искажения площади P_r , м ²
100	50 000	0,00025	12,5
	100 000		25
	300 000		75
	500 000		125
200	50 000	0,00099	49,5
	100 000		99
	300 000		297
	500 000		495
300	50 000	0,0015	75
	100 000		150
	300 000		450
	500 000		750

Кроме того, эти же искажения повлияют и на величину налогообложения. Погрешность будет только накапливаться. А это не выгодно как предприятию, так и государству.

Возможным выходом из сложившегося положения было бы применение такой системы координат для инженерного кадастра всех линейных объектов недвижимости Челябинэнерго, которая бы учитывала сферичность реальной поверхности земли через сферичность поверхности относимости и не учитывала бы поправки за проекцию на плоскость Гаусса–Крюгера. Но лучшим вариантом было бы отсутствие каких бы то ни было местных систем координат. Это вполне реально при выполнении измерений для ведения земельного кадастра в глобальных системах координат, таких как ПЗ-90, WGS-84 или во вводимой в Европе системе «Галлилео». В будущем возможен переход от локальных (местных) систем координат к единой глобальной, которая позволила бы вести земельный кадастр в целом по стране, в единой системе координат.

Литература

1. Закон РФ «О геодезии и картографии» № 209-ФЗ от 26.12.1995.
2. Системы координат и базовые понятия высшей геодезии / www.agp.ru.
3. Инструкция по межеванию, утв. Комитетом РФ по земельным ресурсам и землеустройству от 08.04.1996.
4. Приказ Росземкадастра от 15.04.02 № П/261 «Об утверждении «Основных положений об опорной межевой сети».

РАСЧЕТ БЕЗОПАСНОГО РЕСУРСА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

А.П. Мельчаков, В.Г. Косоголов, И.С. Никольский

Изложен логико-вероятностный подход к оценке технического состояния зданий и сооружений, основанный на взаимосвязи информационной энтропии несущего каркаса объекта и его риска аварии. Приведена математическая модель расчета физического износа здания. Показана зависимость безопасного ресурса объекта от величины риска аварии на момент окончания строительства.

Время безопасной эксплуатации (ресурс) здания зависит от степени деградации его несущих конструкций, происходящей под влиянием различных системоразрушающих факторов (дефекты, старение, коррозия и др.). Интегральными показателями деградации являются физический (конструкционный) износ объекта и величина его фактического риска аварии.

В работе [1] за риск аварии объекта принята величина r , равная отношению фактической вероятности аварии здания к теоретической вероятности, закладываемой по умолчанию в объект при его проектировании. Величина r является случайной и на неограниченном множестве m -этажных зданий плотность ее вероятности подчиняется закону Рэлея [1]:

$$f(r) = (r-1)/\sigma^2 \cdot \exp[-(r-1)^2/2\sigma^2], \quad (1)$$

где параметр σ связан с математическим ожиданием (средним значением) риска аварии R соотношением:

$$R = 1 + 1,25\sigma, \quad (2)$$

Закон распределения (1) позволяет извлечь информацию о степени неопределенности технического состояния объекта. Такую информацию предоставляет энтропия риска аварии H , определяемая по формуле [2]:

$$H = -\sum P(A_i) \log_2 P(A_i), \quad (3)$$

где $P(A_i)$ – вероятность события, заключающегося в том, что риск аварии находится в i -м диапазоне значений риска, определяемых уравнением (1).

На рис. 1 приведен построенный на основе машинного эксперимента с формулами (1), (2) и (3) график функции $H(R)$ (пунктирная линия), показывающий зависимость энтропии от величины математического ожидания R закона (1) распределения риска аварии. Этот график аппроксимирован уравнением (сплошная линия) вида

$$H(R) = \log_{2,15} R, \quad (4)$$

и полученная таким образом зависимость по существу является законом деградации несущего каркаса объекта.

Известно [3], что любое изменение скорости энтропии информирует об изменении технического состояния объекта. На рис. 2 показана модель деградации несущего каркаса объекта, полученная

выделением на кривой, показанной на рис. 1, три линейных участка, на стыке которых скорость энтропии скачкообразно меняется. Решение о расположении стыковых точек на этой модели принято на основе анализа результатов оценки риска аварии, полученных при диагностике технического состояния зданий различного срока эксплуатации (новых, подержанных, аварийных и ветхо-аварийных).

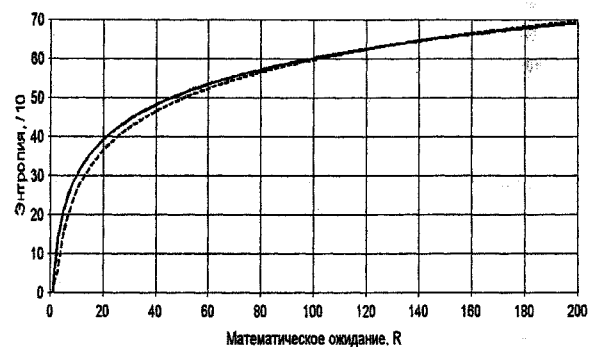


Рис. 1. Зависимость энтропии от среднего значения риска аварии

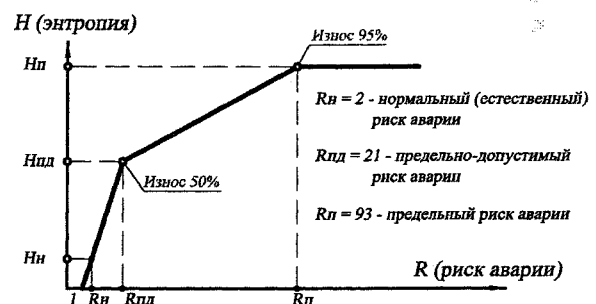


Рис. 2. Модель деградации несущего каркаса объекта

Полученная модель (рис. 2) позволяет утверждать:

1. Если риск аварии объекта не превышает предельно-допустимого значения, равного $R_{пл} = 21$, то состояние объекта следует трактовать как безопасное. В этом состоянии несущий каркас объекта способен сопротивляться не только проектным нагрузкам, но и неучтенным при проектировании нагрузкам в виде перегрузок, возникающих в чрезвычайных ситуациях (непроектные воздействия).

Экспертиза и оценка объектов недвижимости

Безопасным ресурсом T_6 объекта является время его эксплуатации объекта с момента окончания строительства до достижения предельно-допустимого значения риска аварии.

2. Превышение рисков аварии предельно-допустимого значения означает переход объекта в аварийное состояние, при котором вероятность появления в несущих конструкциях трещин (предвестников аварии) становится ощутимой. В этом состоянии сопротивляемость несущего каркаса объекта неперспективным воздействиям снижается, а с дальнейшим ростом риска аварии полностью исчерпывается. Как будет показано ниже, при достижении объектом предельно-допустимого риска величина его физического (конструкционного) износа составляет ~50%. При такой величине износа требуется капитальный ремонт здания [4] с целью восстановления способности его несущего каркаса сопротивляться неперспективным воздействиям. Если ремонтно-восстановительные мероприятия на объекте произведены не будут, то риск аварии растет и время достижения предельного значения риска, равного $R_n = 93$, определяет предельный ресурс T_n объекта.

3. При достижении рисков аварии предельного значения максимальной становится не только энтропия риска, но и величина конструкционного износа объекта. При $R > R_n$ способность несущего каркаса объекта сопротивляться любым нагрузкам теоретически исчерпывается. Такое состояние объекта принято считать ветхо-аварийным [4].

Безопасный ресурс здания, его физический (конструкционный) износ и фактический риск аварии – тесно связанные величины. При построении математических моделей для определения физического износа и ресурса объекта приняты две гипотезы:

1. Формой модели роста физического износа объекта в процессе его эксплуатации является экспонента. Ее представительным параметром служит фактический риск аварии R_ϕ , зафиксированный через T_ϕ лет эксплуатации объекта.

2. К моменту времени эксплуатации, когда риск аварии объекта достигает предельного значения R_n , физический износ объекта становится равным 0,95 (95%).

Выбор формы модели физического износа объекта (1-я гипотеза) обоснован исследованиями ресурса конструкций в теории надежности [5], а вторая гипотеза введена по аналогии с «гамма» % ресурсом по износу, используемым в теории надежности [5].

Принятым гипотезам отвечает математическая модель, имеющая вид:

$$J_\phi = J(T) = 1 - \exp\{-0,0325(R_\phi - 1)\}. \quad (5)$$

Математическая модель (6) позволяет оценить физический износ (J_ϕ) эксплуатируемого здания (сооружения) на момент времени T . При $R_\phi = 1$ (момент начала строительства) формула (5) дает нулевой износ объекта, а при подстановке в фор-

мулу (5) $R_\phi = R_n = 93$ физический износ объекта равен 0,95. Износ при достижении объектом предельно-допустимого риска аварии $R_\phi = R_{нд} = 21$ равен $J_{нд} = 0,48$ (48%).

В математической модели (5) фактор времени присутствует в неявном виде. Им является зафиксированный момент времени $T = T_c + T_\phi$, где T_c – время возведения (строительства) объекта, а T_ϕ – срок эксплуатации объекта, при котором произведена диагностика его технического состояния и рассчитан риск аварии, позволяющий по формуле (5) определить фактический износ объекта J_ϕ на момент времени T . Для расчета безопасного остаточного ресурса здания зависимость физического износа от времени в явном виде по аналогии с выражением (5) также принимается в форме экспоненты:

$$J(T) = 1 - \exp\{-i \cdot T\}, \quad (6)$$

где i – интенсивность физического износа объекта, определяемая из условия, что при $T = T_c + T_\phi$, величина износа известна и равна $J_\phi = J(T)$.

Безопасный остаточный ресурс T_{60} определяется по формуле

$$T_{60} = T_{нд} - T, \quad (7)$$

где $T_{нд}$ – время от начала строительства объекта до достижения им предельно-допустимого значения риска аварии. Время $T_{нд}$ при найденном значении интенсивности найдется из уравнения (6), если принять, что $J(T = T_{нд}) = J_{нд} = 0,48$. Величина $T_{нд}$ также можно определить из формулы, вытекающей из равенства правых частей зависимостей (5) и (6): $\{-0,0325(R_{нд} - 1)\} = \{-i \cdot T_{нд}\}$. Из этой формулы следует, что

$$T_{нд} = 0,65 / i. \quad (8)$$

Очевидно, если $R_\phi > R_{нд}$, безопасный остаточный ресурс объекта равен нулю.

Предельный срок службы объекта (T_n) можно спрогнозировать из условия, что при $T = T_n + T_c$ износ, согласно принятой гипотезы, известен и равен $J(T_n + T_c) = J_n = 0,95$. Здесь время $(T_n + T_c)$ также можно определить из равенства: $\{-0,0325(R_n - 1)\} = \{-i \cdot (T_n + T_c)\}$, из которого следует, что

$$T_n = 2,99 / i - T_c. \quad (9)$$

Безопасный ресурс объекта существенным образом зависит от величины фактического риска аварии на момент сдачи его в эксплуатацию. Действительно, пусть после окончания строительства фактический риск аварии объекта нормальный ($R_\phi = R_n = 2$), а срок строительства был $T_c = 2$. Из формулы (5) следует, что фактический износ объекта к моменту сдачи его в эксплуатацию составил $J_\phi = 0,0319$ (3,19%). Из формулы (6) определим интенсивность износа $i = 0,01625$ (1/лет), а при найденной величине интенсивности по формуле (8) находим время ($T_{нд}$) до достижения объектом предельно-допустимого риска $R_{нд}$: $T_{нд} = 40$ лет. Из формулы (7) следует, что безопасный ресурс объекта составил $T_6 = 38$ лет.

Теперь предположим, что фактический риск аварии объекта после окончания его строительства

превысил нормальное значение в два раза, т.е. $R_{\phi} = 2R_n = 4$. В этом случае $J_{\phi} = 0,0929$ (9,29 %); $i = 0,04875$ (1/лет); $T_{пл} = 0,65 / 0,04875 = 13,3$ лет; $T_6 = 13,3 - 2 = 11,3$ лет. Следовательно, превышение нормального значения риска аварии к окончанию строительства объекта в 2 раза, снизило безопасный ресурс объекта в 3,36 раза. Такова плата за превышение нормального значения риска аварии при строительстве зданий и сооружений.

В заключение следует отметить, что для эксплуатируемых зданий и сооружений наиболее значимым из показателей ресурса является безопасный остаточный ресурс T_{60} . Если по истечению безопасного ресурса ремонтно-восстановительные мероприятия по снижению риска аварии на объекте произведены не будут, то величина $(T_n - T_{пл})$ является временем «дожития» объекта. В этот период жизни объекта его сопротивляемость непроектным воздействиям снижена и использование $(T_n - T_{пл})$ ресурса может привести к аварии, а зна-

чит и к убыткам, которые будут несоизмеримо выше стоимости предупредительных мероприятий.

Литература

1. Мельчаков А.П. К теории прогнозирования риска аварии объектов строительства // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Строительство и архитектура». – Выпуск 1. – 2001.
2. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969.
3. Скоробогатов С.М. Принцип информационной энтропии в механике разрушения инженерных сооружений и горных пластов. – Екатеринбург: УрГУПС, 2000.
4. Попов Г.Т., Бурак Л.Я. Техническая экспертиза жилых зданий старой застройки. 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1986.
5. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1990.

ПРАВИЛА ФОРМАЛИЗАЦИИ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКА АВАРИИ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

А.П. Мельчаков, А.Н. Рябков

Предложены правила формализации экспертной информации о техническом состоянии конструкций строительного объекта. Правила предназначены для прогноза риска аварии зданий и сооружений и используются при формировании законов распределения уровней надежностей в группах однотипных конструкций несущего каркаса.

Известно [1], что задача прогнозирования риска аварии «m»-этажного здания сводится к задаче отыскания на экспертной основе законов распределения фактических уровней надежности в однотипных группах конструкций несущего каркаса объекта. Закон считается сформированным, если определены его вид (А, Б или В) (рис. 1) и уровень надежности μ для «слабой» в группе конструкции. Процедура формализации экспертной информации при формировании таких законов делится на два этапа.

На первом этапе для каждой из групп однотипных конструкций несущего каркаса исследуемого объекта устанавливается один из следующих возможных законов распределения уровней надежностей конструкций (рис. 1):

где ζ – уровни надежности конструкций в группе ($\mu < \zeta \leq 1$), а μ – уровень надежности «слабой» в группе конструкции.

На втором этапе формализации определяется значение μ по правилу 1 или 2:

Правило 1. Для построения правила 1 использован метод теории нечеткой логики, основанный на применении лингвистической переменной «очень» [2] и позволяющий определить уровень надежности «слабой» конструкции при выявленных отступлениях (дефектах) ее параметров от требований проекта. Правило содержит семь уровней опасности «слабой» конструкции, определяемые признаками в лингвистической форме (таблица, столбцы 1–4). При составлении таблицы использовано два приема нечеткой логики. Один из них со-

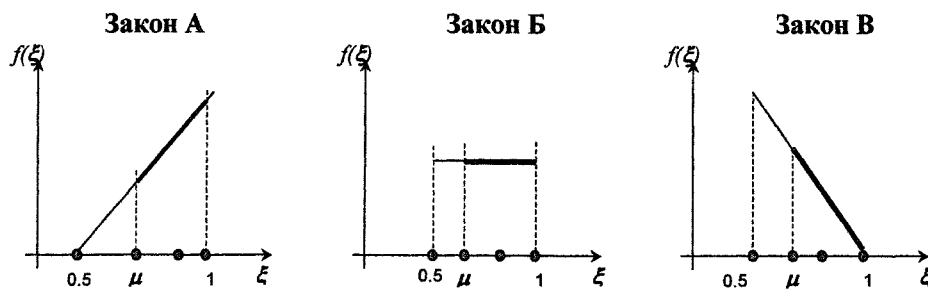


Рис. 1. Типовые законы распределения надежностей конструкций в группе

Вид закона распределения зависит от соотношения в группе дефектных и не дефектных конструкций. Если экспертом установлено, что число не дефектных в группе конструкций значительно превышает число дефектных, то следует принять закон А; если число не дефектных и дефектных конструкций в группе соизмеримо, то закон Б; в случае, если число не дефектных в группе конструкций значительно меньше числа дефектных, то принимается закон В. Математические модели законов имеют вид:

$$\text{для закона А} \quad f(\zeta) = (2\zeta - 1)/(\mu(1 - \mu)); \quad (1)$$

$$\text{для закона Б} \quad f(\zeta) = 1/(1 - \mu); \quad (2)$$

$$\text{для закона В} \quad f(\zeta) = 2(1 - \zeta)/(1 - \mu)^2, \quad (3)$$

стоит в присвоении значению переменной (очень)⁴ нижней числовой оценки степени соответствия, равной 0,5, что позволило получить числовую оценку переменной (очень)¹ и вычислить степени соответствия конструкции требованиям проекта при всех семи уровнях ее опасности. Другой прием состоит в введении рангов уровней опасности, позволяющий расширить диапазон устанавливаемых степеней соответствия конструкции требованиям проекта.

Для первого и третьего рангов уровней степени соответствия определяются, если диапазон [1; 0,5] разбить между опорными точками на три интервала: **1,000**; 0,993; 0,986; **0,979**; 0,972; 0,965; **0,958**; 0,945; 0,931; **0,917**; 0,889; 0,866; **0,841**;

Связь уровней опасности «слабой» конструкции и степеней ее соответствия требованиям проекта

Уровень опасности	Признак уровня опасности «слабой» конструкции	Значение переменной «очень»	Степень соответствия	Ранг уровня	Надежность «слабой» конструкции (μ)
0	Дефекты не обнаружены	–	–	–	1,000
				–	0,993
1	Отступление от требований проекта незаметное	(очень) ^{1/8}	0,979	1	0,986
				2	0,979
				3	0,972
2	Отступление от требований проекта заметное	(очень) ^{1/4}	0,958	1	0,965
				2	0,958
				3	0,945
3	Отступление от требований проекта незначительное	(очень) ^{1/2}	0,917	1	0,931
				2	0,917
				3	0,889
4	Отступление от требований проекта существенное	(очень) ¹	0,841	1	0,866
				2	0,841
				3	0,797
5	Отступление от требований проекта значительное	(очень) ²	0,707	1	0,752
				2	0,707
				3	0,669
6	Отступление от требований проекта очень значительное	(очень) ³	0,595	1	0,632
				2	0,595
				3	0,564
7	Соответствие требованиям проекта предельное	(очень) ⁴	0,500	–	0,532
				–	0,500

0,797; 0,752; **0,707**; 0,669; 0,632; **0,595**; 0,564; 0,532; **0,500**. Отбрасывая согласно нечеткой логики крайние (подчеркнутые) значения, и заменяя, согласно той же логики степень соответствия на уровень надежности конструкции, приходим к правилу, показанному в табл. 1 (столбцы 5–6). Для уровня опасности 0 и 7 ранги не назначаются, а уровень 0 означает, что в конструкции дефекты не обнаружены. Уровни опасности «слабых» конструкций и ранги уровней назначаются ведущим экспертом на основе экспертной информации о техническом состоянии «слабых» в группах конструкций, своего опыта, знаний и интуиции. При назначении уровней опасности «слабых» конструкций эксперт определяет вид предельного состояния конструкции (по прочности или по величине раскрытия трещин), привлекая в случае необходимости для решения этой задачи узких специалистов.

Правило 2. В правиле 2 для определения уровня надежности «слабой» конструкции при наличии численной информации о выявленных дефектах использован подход, основанный на применении математических моделей, устанавливающих степень принадлежности «слабой» конструкции к одному из абсолютных предельных состояний, к которым относятся:

- местное хрупкое разрушение в ограниченном объеме или сечении конструкции;
- чрезмерное деформирование несущей конструкции, провоцирующее превращение ее в механизм;

– общая или местная потеря устойчивости вида деформации конструкции.

Для назначения μ служит следующая математическая модель:

$$\mu = \exp \left[- \frac{(x-c)^2}{(t \cdot u)^2} \right], \quad (4)$$

где x – фактическое числовое значение отступления параметра «слабой» конструкции от требований проекта, c – проектное значение величины x ; u – предельное значение величины x , соответствующее одному из абсолютных предельных состояний; t – число, равное значению, при котором $\mu = 0,5$, если $x = u$ (рис. 2).

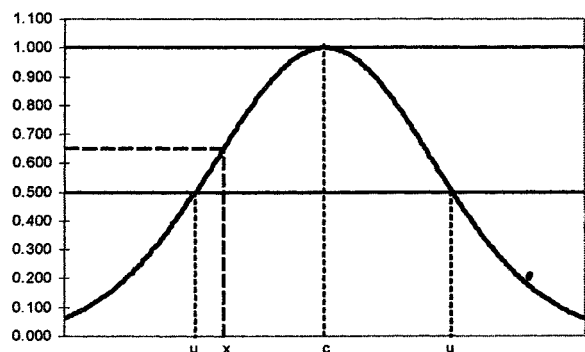


Рис. 2. Математическая модель для определения μ

Для определения предельных числовых значений (u) параметров конструкции используются методы и подходы, цель которых состоит в выяв-

Экспертиза и оценка объектов недвижимости

лении фактического запаса безопасности, заложенного в установленное проектом значение параметра. Удаление этого запаса приводит к предельному значению параметра. Предельные значения формируются из расчета конструкции по предельному равновесию. При этом задача формулируется следующим образом: определить числовое значение параметра, при котором действующая на конструкцию нагрузка становится предельной, соответствующей переходу конструкции в механизм.

Данная математическая модель является аналогом нормального закона распределения плотности вероятности и отражает известную закономерность, состоящую в том, что при малых отклонениях x от c величина μ мало отличается от единицы; с увеличением этого отклонения μ начинает снижаться до своего предельного значения, равного 0,5. В правиле 1 (табл. 1) величина μ с повышением уровня опасности «слабой» конструкции ведет себя аналогично и в этом смысле описанные правила тождественны. Для доказательства приведем простейший пример. Пусть экспертом установлено, что ж/б плита перекрытия имеет глубину опирания на кирпичную стену 4,5 см, проектная глубина – 12 см, предельная глубина, соответствующая сколу края кирпичной стены – 2 см. Следовательно, $x = 4,5$; $c = 12$; $u = 2$. Значение параметра t определяется из уравнения

$$0,5 = \exp[-(2 - 12)^2 / (t \cdot 2)^2], t = 6,006.$$

По формуле $\mu = \exp[-(4,5 - 12)^2 / (6,006 \cdot 2)^2]$ определяется значение $\mu = 0,677$. Если бы эксперт для определения μ воспользовался правилом 1, приведенного в табл. 1, то, учитывая, что отклонение глубины опирания ж/б плиты на стену от проектного значения *значительное*, с высокой долей вероятности назначил бы пятый уровень опасности, а ранг уровня либо 2-й ($\mu = ,707$), либо 3-й ($\mu = 0,669$).

В экспертной практике имеют место случаи,

когда требуется оценить надежность сложной (комплексной) конструкции, возведенной по единой технологии и состоящей из целого ряда конструктивных элементов. Как правило, это комплексные конструкции несущего каркаса монолитных зданий. В таких случаях необходимо оценить уровни надежности всех конструктивных элементов, а за уровень надежности μ комплексной конструкции принять минимальный из уровней надежностей составляющих ее элементов.

В заключение следует отметить недостатки и достоинства предложенных правил. Главное преимущество 1-го правила формализации – это оперативность принятия решения об уровне надежности «слабой» конструкции, позволяющая в «реальном времени» прогнозировать уровень конструкционной безопасности объекта. При его использовании определяется уровень надежности конструкции целиком, а при использовании 2-го правила – конкретного дефекта. Преимущество 2-го правила заключается в максимальном снижении субъективизма при оценке дефекта, но с помощью его нельзя оценить некоторые дефекты, такие как отсутствие гидроизоляции, скол бетона и т.д. Для повышения точности принимаемых решений по правилу 1 можно воспользоваться приемом, когда в процедуре назначения уровней опасности «слабых» конструкций участвуют несколько ведущих экспертов и окончательное решение принимается коллегиально.

Литература

1. Мельчаков А. П. К теории прогнозирования риска аварии объектов строительства // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Строительство и архитектура». Выпуск 1. – 2001. – С. 33–36.
2. Заде Л. Понятие лингвистической перемкнутой и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976.

ИЗМЕРЕНИЕ ОСАДОК ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ЭЛЕКТРОННЫМИ ТАХЕОМЕТРАМИ

А.П. Ворошилов

Рассмотрено применение электронных тахеометров для измерения осадок зданий и сооружений. Выполнен расчет точностных характеристик и допусков на параметры таких измерений. Рекомендуются специальные осадочные марки для измерений осадок безотражательными тахеометрами.

Измерение осадок оснований и сооружений проводится с точностью 1; 2; 5 и 10 мм в зависимости от грунтов, расчетных величин осадок, уникальности и времени эксплуатации зданий и сооружений [1]. Высокие требования к точности достигались геометрическим нивелированием с применением высокоточных нивелиров и инварных реек. Широкое распространение в инженерно-геодезических работах электронных тахеометров, обеспечивающих быстроту, автоматизацию и достаточную точность измерений расширяет возможности тригонометрического нивелирования. А появление безотражательных тахеометров с погрешностями $m_z = 1...3''$, $m_s = 1...4$ мм и меньше способствует их применению в контроле за осадками. Для измерения осадок электронными тахеометрами необходим расчет точности и анализ технологии таких работ.

Метод тригонометрического нивелирования, в том числе электронными тахеометрами, может обеспечить высокую точность лишь при определенных условиях. Автором было показано, что точность определения осадок в 1 и 2 мм можно обеспечить таким нивелированием способом «из середины» короткими лучами [2]. Поэтому ограничимся рассмотрением этого способа.

Превышение h_{ij} между двумя осадочными марками объекта определяется в способе «из середины» по формуле

$$h_{ij} = (S_j \cos z_j - S_i \cos z_i) + (l_j - l_i) + (v_i - v_j) + \frac{(1-k_j) \cdot S_j^2}{2 \cdot R \sin^2 z_j} - \frac{(1-k_i) \cdot S_i^2}{2 \cdot R \sin^2 z_i}, \quad (1)$$

где S_j, S_i – измеренное со станции 1 наклонное расстояние до марок с номерами j и i ; z_j, z_i – измеренные зенитные расстояния, соответствующие значениям S_j и S_i ; l_j, l_i – высота прибора при визировании на марки j и i ; v_i, v_j – высоты наведения на эти марки; k_j, k_i – коэффициенты вертикальной рефракции.

Обеспечение точности в 1 и 2 мм требует высокоточных измерений не только вертикальных

углов z и расстояний S , но и высот прибора, что существенно осложняет методику наблюдений. Но при стабильности высотного положения тахеометра на станции измерения l не требуются, так как будет выполнено условие $l_j = l_i$. Для этого достаточно надежная установка штатива и тахеометра на станции, а при измерениях рекомендуется применять выносную клавиатуру, что исключит подвижки прибора при нажатии его клавиш. В формуле (1) обеспечивается $v_i = v_j$, если визирование проводить непосредственно на марку или на один и тот же штрих, установленной на ней рейки. Кроме того, расчеты показывают, что при малых расстояниях можно принять $k_j = k_i$. Так, в самых неблагоприятных условиях, характеризующихся изменением коэффициента вертикальной рефракции в максимальных пределах (0,14...0,20) и неравенстве плеч в 20 м, влияние вертикальной рефракции на превышение h_{ij} не превысит 0,03 мм.

При обеспечении указанных условий ($l_j = l_i$, $v_i = v_j$, $k_j = k_i$) формулу (1) можно записать в виде

$$h_{ij} = S_j \cos z_j - S_i \cos z_i, \quad (2)$$

тогда СКП превышения на станции определяется выражением

$$m_h^2 = 2m_s^2 \cos^2 z + 2(S/\rho \sin z)^2 m_z^2, \quad (3)$$

где S – измеренное тахеометром расстояние до марки; m_s – средняя квадратическая погрешность (СКП) этого расстояния; z – измеренный зенитный угол; m_z – его СКП; $\rho = 206265''$.

Измерение каждой осадки выполняется в два цикла при n стоянках прибора, поэтому СКП определения осадки можно оценить по формуле

$$m_{oc} = m_h \sqrt{2n}, \quad (4)$$

где m_h – СКП превышения, n – число станций в нивелирном ходе.

В соответствии с указанными требованиями к точности определения осадок вычислены ограничения на средние квадратические погрешности измерения превышений m_h на каждой станции тахеометра, представленные в табл. 1.

Экспертиза и оценка объектов недвижимости

Таблица 1
Ограничения на погрешности

n	m _{ос} , мм			
	1	2	5	10
1	0,71	1,41	3,54	7,1
5	0,32	0,63	1,58	3,2
10	0,22	0,44	1,12	2,2

В табл. 2 вычислены по формулам (3) и (4) СКП измерения превышений и осадки конкретных типов тахеометров SET, которые они обеспечивают при $S \leq 25$ м и $z \geq 87^\circ$. В соответствии с полученными данными измерение осадки в 1 мм возможно лишь тахеометром SET 230R при очень малом n . Измерение осадки в 2 мм может быть выполнено любым из рассмотренных приборов, но при количестве станций в ходах, не превышающих указанных в табл. 2. Следует отметить, что осадки в 1 мм могут быть измерены новым тахеометром SOKKIA NET1200. Для него при аналогичных условиях обеспечиваются СКП превышений 0,2 мм.

Таблица 2
Погрешности тахеометров

Тахеометр	СКП, мм		Доп. n
	m _h	m _{ос}	
SET 230R	0,41	0,6	11
SET 330R	0,56	0,8	6
SET530R	0,88	1,2	3

При использовании безотражательных тахеометров для измерений осадок рекомендуется новый тип марок. Такая марка должна иметь четкое изображение точки или геометрической фигуры (ромба, треугольника или концентрических окружностей) для однозначного наведения на них центра сетки нитей прибора во всех циклах наблюдений. Кроме того, она должна быть достаточно рефлекторной, без шероховатостей для отражения дальнометрного сигнала. В качестве таких марок можно использовать замаркированные детали строительных конструкций или специальные металлические марки (5×5 см), жестко закрепленные на наблюдаемом объекте. На марки нанесена четкая геометрическая фигура с светлым центром для лучшего отражения сигнала. Проведенные опытные измерения свидетельствуют, что на расстояниях до 50 м диаметр лазерного луча в безотражательном режиме не превышает 5 мм в тахеометрах SET и 15 мм в тахеометрах TS 3305DR. Поэтому светлый центр марки достаточно нанести диаметром 2 см.

Предлагаемые осадочные марки не выступают из строительных конструкций, поэтому их сохранность ожидается выше, чем традиционных, используемых при геометрическом нивелировании для установки на них инварных реек.

Высоту закладки марок в стены здания определяет угол z при их наблюдении. Учитывая, что высокую точность измерений превышений на станции можно обеспечить лишь при углах z ,

близких к 90° , следует ограничить высоту закладки марок. Допустимое превышение марки над станцией можно оценить по формуле:

$$h_M = l + S \sin \nu, \quad (5)$$

где l – высота прибора; S – расстояние от станции до марки; ν – угол наклона при визировании на марку.

Так, для электронных тахеометров точность измерения осадки в 1 мм можно получить, если h_M не превысит 2 м. Используя отметки станций и отмытки возле здания, вычисляется высота закладки марок в стены. При этом следует учитывать, что высокое расположение марок дополнительно снизит точность расстояний, измеренных безотражательным дальномером, так как визирование будет проводиться под острым углом к марке.

Допустимые длины плеч тригонометрического нивелирования из середины можно оценить по формулам (3) и (4). Фрагмент такой оценки приведен в таблице 3 для СКП измерения осадок ($m_{ос}$) в 1; 2 и 5 мм при условии $m_S = 3$ мм; $n = 5$. Значения m_Z в табл. 3 соответствуют точности тахеометров SET.

Таблица 3
Допустимые длины плеч, м

z	m _Z	m _{ос} , мм		
		1	2	3
88°	2"	20,7	44,7	115
	3	13,8	29,8	77
	5	8,2	17,9	46
87°	2	17,2	43,2	114
	3	11,5	28,8	76
	5	6,9	17,3	46
85°	2	–	37,3	112
	3	–	24,8	75
	5	–	14,9	45

Данные табл. 3 свидетельствуют, что при проектировании измерений осадок на длины плеч и углы z необходимо наложить существенные ограничения, особенно при требованиях $m_{ос}$ в 1 и 2 мм. При близком расположении станций от плоскости закрепления марок увеличится количество станций в ходах, а визирование будет проводиться под острым углом в горизонтальном направлении, что может привести к снижению точности измерения осадок.

Для обеспечения высокой точности измерений зенитных расстояний необходимо регулярно контролировать значение m_Z , а измерения на каждой станции проводить несколькими приемами.

При измерении расстояний до марок следует учитывать в циклах поправки за метеоусловия и не применять визирования под острым углом.

Обработка измерений в каждом цикле включает: вычисления превышений по формуле (2) между связующими марками, вычисление средних превышений по приемам, контроль по невязкам,

уравнивание, вычисление отметок связующих и промежуточных точек. Для обеспечения миллиметровой точности в вычислениях должны сохраняться знаки до 0,1 мм. Если в тахеометре в вычислениях превышений и на дисплее сохраняются только миллиметры, то в память прибора необходимо записать измеренные S и Z , а в постобработке на ПК сохранить требуемое число знаков.

При соблюдении указанных требований будет обеспечена необходимая точность измерения осадок электронными тахеометрами.

Такие измерения по сравнению с геометрическим нивелированием будут иметь ряд преимуществ:

- не требуется установки рейки на осадочные марки, что часто опасно или невозможно в условиях строительной площадки и действующего промышленного производства;
- измерения выполняются одним исполнителем;

- процесс измерений и обработки автоматизирован;

- марки для установок рейки выступают из строительных конструкций, поэтому часто уничтожаются или повреждаются, в результате информативность контроля за осадками ухудшается; электронный тахеометр не требует таких марок.

Литература

1. ГОСТ 24846-81. Грунты. Методы измерений деформаций оснований и сооружений. – М.: Изв-во стандартов, 1982. – 36 с.

2. Ворошилов А.П. Особенности тригонометрического нивелирования коротким лучем при маркшейдерских наблюдениях за осадками// Проблемы повышения эффективности маркшейдерских работ на горных предприятиях: Сб. науч. тр. – Свердловск, 1989. – С. 22–26.

Строительные материалы и изделия

УДК 691.328.004.8

МОРОЗОСТОЙКОСТЬ ТЯЖЕЛЫХ БЕТОНОВ НА ЦЕМЕНТЕ ФИРМЫ «ЛАФАРЖ»

Б.Я. Трофимов, И.А. Зинов, С.П. Горбунов

Представлены результаты экспериментальных исследований морозостойкости тяжелых бетонов с добавками микрокремнезема и суперпластификатора С-3. Показано, что направленное модифицирование гидратных фаз цементного камня позволяет повысить сопротивляемость бетона попеременному замораживанию и оттаиванию.

Использование бетона в строительстве дорог и аэродромов требует разработки композиций с высокой скоростью твердения и высокой прочностью на ранних стадиях твердения.

По данным специалистов США, которые исследовали преимущества цементного бетона перед асфальтовым, цементное дорожное покрытие имеет большую долговечность, низкие затраты при строительстве и эксплуатации и высокую технологичность при укладке. Средний срок эксплуатации цементобетонного покрытия до замены или ремонта составил 31,5 года, асфальтового покрытия 17,4 года. Особенно жесткие условия эксплуатации дорожного полотна отмечаются в зимнее время вследствие использования солей антиобледенителей, что обуславливает необходимость разработки бетонов с высокими показателями морозостойкости.

Характер разрушения бетонных сооружений в основном зависит от условий их эксплуатации. Конструкции, полностью погруженные в минерализованную воду, разрушаются под влиянием химической или физико-химической коррозии, в то время как их надводная часть дополнительно подвергается действию циклического замораживания и оттаивания. Наиболее уязвим бетон, находящийся в минерализованной воде, который испытывает попеременное увлажнение и высушивание, подвергается циклическому замораживанию-оттаиванию,

химическому воздействию водной среды, влияющей на стойкость цементного камня и сохранность стальной арматуры в бетоне.

Одной из составляющих, существенно влияющих на стойкость бетона к воздействию внешних факторов, является основное звено бетонной композиции – цементный камень.

Уральский регион, как, впрочем, и другие районы с резко континентальным климатом, характеризуются неудовлетворительным состоянием дорожных покрытий, вызванным не только пониженным качеством строительно-монтажных работ и плохим уходом за твердеющим бетоном, но, и зачастую некондиционными сырьевыми материалами.

На кафедре «Строительные материалы» ЮУрГУ рассматривались вопросы изменения прочностных и структурных характеристик бетона в процессе циклического замораживания и оттаивания.

Для изготовления бетона в качестве вяжущего применялся цемент – ПЦ 400 Д 20 фирмы «ЛАФАРЖ» г. Коркино (табл. 1).

Заполнители: кварцевый песок Федоровского карьера и гранодиоритовый щебень Новосмолинского карьера Челябинской области.

Применение только данных материалов для получения бетонов высокой долговечности не по-

Таблица 1

Характеристика вяжущего

Рсж, МПа	Ризг, МПа	Нормальная густота, %	Сроки схватывания		Удельная поверхность, м ² /кг
			Начало	Конец	
39,4	4,5	25,5	1 ч 55 мин	4 ч 20 мин	340

Химический состав клинкера

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Ппп
21,04	5,81	4,71	65,81	1,94	0,34	0,14

Расчетный минералогический состав клинкера:
C₃S = 65 %, C₂S = 13 %, C₃A = 7 %, C₄AF = 14 %.

звояет достичь высоких характеристик, поэтому в бетонную смесь дополнительно вводились суперпластификатор С-3 Первоуральского завода и аморфный микрокремнезем Челябинского электрометаллургического комбината. Совместное использование указанных добавок позволило перейти в область водовяжущих отношений 0,2...0,3 без потери подвижности бетонной смеси и перерасхода цемента. Количество вводимого микрокремнезема изменялось в интервале 0...20 %.

Результаты исследований морозостойкости бетона при замораживании в водных растворах хлорида натрия показывают, что в процессе циклического замораживания и оттаивания в порах бетона начинается накопление солей, которое приводит к частичному уменьшению диаметра пор, а также к изменениям химического состава новообразований, вследствие обменных реакций. Вместе с тем использование водных растворов электролитов приводит к увеличению вязкости поровой жидкости с увеличением концентрации электролитов и в процессе снижения температуры. Поэтому, для оценки влияния микрокремнезема на поведение бетонов с низкими водо-вяжущими отношениями использовался метод, при котором осуществлялось попеременное замораживание образцов бетона до -50°C и оттаивание при $+18^{\circ}\text{C}$ в воде.

Результаты испытаний приведены в табл.2, в состав вяжущего включался цемент и добавка микрокремнезема, водо-вяжущее отношение (В/В) рассчитывалось по исходному количеству воды.

Увеличение водо-вяжущего отношения приводит к более быстрой потере прочности в результате замораживания и оттаивания при любом количестве микрокремнезема. При постоянном В/В введение добавки микрокремнезема замедляет процесс снижения прочности.

Процессы гидратации цемента, сопровождающиеся накоплением в цементном камне свободного $\text{Ca}(\text{OH})_2$ создают условия, когда максимальное количество последнего наблюдается в бетоне с водо-вяжущим отношением 0,3 и без добавки микрокремнезема.

В результате циклического морозного воздействия происходят два физических явления, одно из которых приводит к дополнительному выделению гидроксида кальция в результате протекающих реакций гидратации вяжущего, другое заключается в его вымывании окружающим раствором или связывании активными минеральными добавками. Понижение концентрации гидроксида кальция ниже предельной (1,2...1,4 г/л) вызывает разложение высокоосновных гидросиликатов кальция. При удалении гидроксида кальция и снижении его концентрации в поровой жидкости происходит перекристаллизация других гидратных соединений. С введением микрокремнезема снижается количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в цементном камне, формируется С-S-H(I), для которого характерно понижение предельной концентрации $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Увеличение количества гидросиликатов типа С-S-H(I) с ростом водо-вяжущего отношения и количества микрокремнезема подтверждается термоанализом по росту энергии кристаллизации β -воластонита.

Абсолютное значение гелевой пористости увеличивается как при увеличении водо-вяжущего отношения, так и при введении активной минеральной добавки. При циклическом замораживании и оттаивании изменение емкости монослоя носит скачкообразный характер, что говорит о протекании в цементной матрице конструктивных и деструктивных процессов. Однако доля гелевых пор в процессе морозного воздействия остается практически на одном уровне.

Сочетание изменений всех характеристик отражается на трещиностойкости композита, выражаемой отношением прочности при сжатии к прочности на растяжение при изгибе. При водо-вяжущем отношении 0,3 происходит постоянный рост отношения R_b/R_{bt} , вследствие более интенсивного падения прочности при растяжении.

Замена части цемента микрокремнеземом приводит к повышению трещиностойкости при В/В=0,25 по сравнению с трещиностойкостью бетона без микрокремнезема. Это связано с тем, что введение активной минеральной добавки и повы-

Таблица 2

Изменение прочности бетона после различного числа циклов замораживания при -50°C в воде и оттаивание при $+18^{\circ}\text{C}$ в воде

Число ЦЗО	Прочность бетона, МПа, при различном В/В и добавке МК						
	МК=0 %		МК=10 %			МК=20 %	
	В/В=0,25	В/В=0,3	В/В=0,2	В/В=0,25	В/В=0,3	В/В=0,25	В/В=0,3
0	68	57	84	68	62	77	62
10	66	52	80	67	63	74	63
20	67	48	85	69	64	73	64
30	40	39	80	67	48	72	47
40	67	32	84	68	66	77	56
50	52	27	85	63	53	66	48
60	60	26	90	66	60	82	39

Строительные материалы и изделия

шение содержания CSH в цементном камне приводит к росту возможности системы противостоять охрупчиванию в процессе циклического замораживания. При постоянном количестве микрокремнезема (10 %) уменьшение водо-вяжущего отношения до 0,2 увеличивает трещиностойкость бетона и делает её стабильной на протяжении всего испытания.

Результаты определения остаточных относительных деформаций растяжения бетона после каждого цикла замораживания и оттаивания показывают, что введение микрокремнезема значительно снижает деструкцию бетона в результате морозного воздействия. Еще большее снижение остаточных деформаций наблюдается при уменьшении водо-вяжущего отношения с 0,3 до 0,25. Деформации образцов при В/Ц=0,25 и МК=20 % практически равны нулю на протяжении всего эксперимента (60 циклов). Для этой серии образцов, как и для серии с В/Ц=0,2 и МК=10 %, иногда наблюдались деформации сжатия, которые вызваны, по-видимому, дальнейшей гидратацией вяжущего и контракцией системы, что нашло свое выражение в изменении прочности при сжатии.

Эксперимент показал, что в интервале водоцементного отношения 0,25...0,3 замена части цемента на микрокремнезем приводит к значи-

тельному (до 55 %) росту прочности на растяжение при изгибе и незначительному (до 21 %) росту прочности при сжатии при прочих равных условиях. Рост прочности вызывается повышением однородности и прочности гидратных фаз, уменьшением макропористости при одновременном росте объема гелевых пор, снижением содержания свободного гидроксида кальция, улучшением сцепления цементного камня с заполнителем.

Введение активной минеральной добавки приводит к образованию большего количества низкоосновных гидросиликатов кальция, способных «залечивать» структуру цементного камня при различных агрессивных воздействиях. Тем самым создаются благоприятные предпосылки для получения бетонов высокой морозостойкости.

Уменьшение водоцементного отношения до 0,2 при дозировке микрокремнезема 10 % привело к стабильности коэффициента морозостойкости на протяжении 60 циклов замораживания и оттаивания.

Выводы:

1. На цементе ПЦ 400 Д 20 фирмы «ЛАФАРЖ» можно получать бетоны высоких значений прочности (до 90 МПа) и морозостойкости (до F 1000).

2. Введение активной минеральной добавки микрокремнезема повышает стабильность и однородность продуктов гидратации вяжущего.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК В САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ РАСТВОРНЫХ СМЕСЯХ

С.П. Горбунов, Ю.Б. Федоров, Б.Я. Трофимов, Е.А. Гамалий

В работе приведены результаты экспериментальных исследований по оценке влияния пластифицирующих добавок нового поколения и тонкодисперсных минеральных добавок на реологические характеристики паст вяжущего и растворных смесей и формирование структуры цементного камня и раствора. Получены адекватные математические зависимости технических характеристик цементных систем от дозировок добавок пластификаторов и золы – унос при переменных значениях водоцементного отношения.

Самоуплотняющимися бетонными смесями считают такие, которые могут быть уложены и уплотнены под действием силы тяжести (или с малым силовым внешним вибрационным воздействием). Такие смеси обладают достаточной связующей способностью, исключая водо- и раствооротделение. Самоуплотняющиеся бетонные смеси содержат в своем составе повышенное количество цементного теста и изначально предназначались для строительства в сейсмоопасных районах Японии. В настоящее время самоуплотняющиеся бетонные смеси широко используются в Европе для изготовления железобетонных конструкций широкой номенклатуры, реализуя при этом следующие принципы:

- исключение вибрации в процессе бетонирования железобетонных конструкций;
- улучшение условий труда при исключении вибрации и шума при производстве строительных работ;
- повышение качества бетонирования густоармированных конструкций;
- повышение качества поверхности бетона и возможность создания любого фантастического рельефа.

Самоуплотняющиеся бетонные смеси должны обладать высокой текучестью, что теоретически можно обеспечить регулированием вязкости теста вяжущего либо за счет его химизации, либо за счет увеличения воды затворения. В последнем случае цементные системы не в состоянии сохранять связующую способность во время производственного процесса. Из этого следует, что при проектировании состава самоуплотняющегося бетона особое внимание следует уделять определению оптимального соотношения его компонентов с позиций создания максимально плотных, но текучих, упаковок дисперсных систем. Это предполагает реализацию следующих принципов:

- оптимизацию соотношения тонкодисперсных частиц и создания на этой основе высокопла-

стичного и связного теста вяжущего (включающего в свой состав вяжущее – цемент и его модификации, минеральные тонкомолотые активные (или инертные) компоненты, мелкие фракции инертных заполнителей бетона;

- оптимизацию соотношения крупного и мелкого заполнителей при увеличенной доле последнего (как для кассетной технологии сборного железобетона).

При этом следует помнить, что увеличение доли цементно-песчаного раствора в составе бетона, как правило, приводит к увеличению его усадки и ползучести.

Настоящая работа содержит результаты исследований влияния вида тонкодисперсных минеральных добавок и типа пластификатора на реологические характеристики цементно-песчаного раствора.

В качестве вяжущего в экспериментах использовался портландцемент ПЦ 400 Д20 производства ЗАО «Невьянский цементник», в котором в качестве активной минеральной добавки используется гранулированный доменный шлак в количестве 13,5–15,0 %.

Нормальная густота цемента находится в пределах 25,0–25,5 %, активность цемента в 3 и 28 суток нормального твердения характеризуется значениями предела прочности на сжатие цементно-песчаного раствора стандартной консистенции 23,2–24,0 и 40,9–41,6 МПа соответственно.

Зола-унос Рефтинской ГРЭС от сжигания экибастузского угля – тонкодисперсный материал, образующийся из минеральной части твердого топлива, сжигаемого в пылевидном состоянии и улавливаемый золоулавливающими устройствами из дымовых газов тепловой электростанции. Зола-унос удовлетворяет требованиям ГОСТ 25818, 8779 и ТУ 57–1800–00107590–98. Удельная поверхность продукта по данным партионных испытаний производителя за 2003 год составляет величину 2850–3660 см²/г. В экспериментах использо-

Строительные материалы и изделия

валась зола из партии с величиной удельной поверхности $3060 \text{ см}^2/\text{г}$.

По данным термогравиметрического анализа потери при прокаливании пробы золы составили 1,5 % в интервале температур 580–810 °С. Плотность золы-уноса по данным пикнометрического анализа составила $1,95\text{--}2,03 \text{ г}/\text{см}^3$.

Микрокремнезем конденсированный представляет собой ультрадисперсный материал, состоящий из частиц преимущественно сферической формы, полученных в процессе газоочистки печей при производстве кремнийсодержащих сплавов. В работе использовался микрокремнезем марки МК 65 производства ЗАО «ЧЭМК», химический состав партии которого представлен содержанием следующих оксидов: SiO_2 – 72,3 %, CaO – 0,24 %, MgO – 6,89 %, Al_2O_3 – 0,60.

В качестве пластифицирующих добавок в работе использовались суперпластификатор С-3 производства АО «Полимерпласт» (г. Первоуральск) и добавка суперпластификатора нового поколения ADDIMENT FM 40 на поликарбоксилатэфирном основании фирмы ADDIMENT Sika (Германия).

Заполнителем в составе цементно-песчаного раствора использовался кварцевый песок с модулем крупности 2,3–2,5, содержание в котором пылеватых, глинистых и илстых частиц не превышало 1,0 % при полном отсутствии глины в комках.

Результаты исследований

Анализ дисперсности тонких фракций вяжущего (цемент + тонкодисперсные минеральные добавки) проводился двумя независимыми методами: лазерным анализатором частиц и ситовым анализом.

Распределение частиц по размерам в порошках определялось лазерным анализатором частиц «Micro Sizer 201» с использованием оригинального программного обеспечения.

Результаты анализа соответствия дисперсности частиц пробы значениям их весовой доли приведены в табл. 1.

Ситовой анализ заключался в определении полного остатка на ситах с размерами ячеек 80 и 24 мкм соответственно. Полученные результаты полностью коррелируют с данными лазерного анализа.

Полученные результаты показывают, что дисперсность цемента и золы практически одинакова, однако водопотребность этих материалов

существенно отличается. Так, анализ вязкости паст цемента и золы по методике определения нормальной густоты цемента показала, что водотвердое отношение теста из золы-уноса составляет величину 0,34–0,36, на 30 % превышая показатель цементного теста.

Причиной повышенной водопотребности золы, вероятнее всего, является повышенная дефектность частиц золы с наличием трещин, поглощающих часть воды затвердения в своем объеме, а также наличие среди частиц полых сфер, имеющих средний размер в пределах 100 мкм.

Использование порошков, дисперсность которых находится в широком интервале значений, позволяет предполагать возможность оптимизации гранулометрического состава тонкодисперсной фракции цементных систем с позиций создания максимальной плотности упаковок на микроуровне. При этом законы создания плотных упаковок должны учитывать влияние поверхностных явлений дисперсных систем, которые, в силу наличия заряда поверхности, могут препятствовать сближению частиц.

Тонкомолотые компоненты бетонной смеси и пластифицирующие добавки позволяют регулировать пластические характеристики теста вяжущего, создавая возможность пластического течения систем под действием силы тяжести. В то же время следует помнить, что как состав вяжущего, так и в большей степени, тип пластифицирующей добавки оказывают влияние на кинетику гидратации минералов портландцементного клинкера, определяя тем самым скорость формирования структуры камнеподобного тела и ее параметров (пористость, состав и стабильность гидратных фаз, склонность к старению и трещинообразованию).

Известно [1], что повышенная дозировка С-3 отрицательно влияет на кинетику гидратации, замедляя процессы гидратообразования на ранних стадиях твердения цементных систем. Проектирование самоуплотняющихся бетонных смесей предполагает использование повышенного количества пластификатора, дозировка которого превышает рекомендуемые значения для производства монолитного бетонирования или индустриального изготовления железобетонных конструкций.

Задачей настоящей работы являлось изучение влияния ряда варьируемых факторов на реологические характеристики цементных систем и прочностных параметров цементно-песчаного раствора.

Предварительно были проведены эксперимен-

Соответствие размеров частиц (D, мкм) заданным значениям весовой доли (P, %)

Таблица 1

Вид порошка	Размеры частиц D, мкм										
	3,12	7,61	13,5	20,6	27,9	35,2	43,8	55,5	76,9	114	
ПЦ 400 Д20	3,91	9,35	15,4	22,3	29,6	37,0	45,3	56,3	75,0	260	
Зола-унос	0,66	1,32	2,13	3,31	4,40	5,74	8,67	13,10	25,9	100	
Микрокремнезем	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
P, %											

ты по оценке влияния добавок С-3 и FM 40 на нормальную плотность и сроки схватывания цементного теста. Полученные результаты приведены на рис. 1.

Эффект самоуплотнения на цементно-песчаной смеси выражен не столь явно. Практически заметное деформирование смеси (см. рис. 2) под дейст-

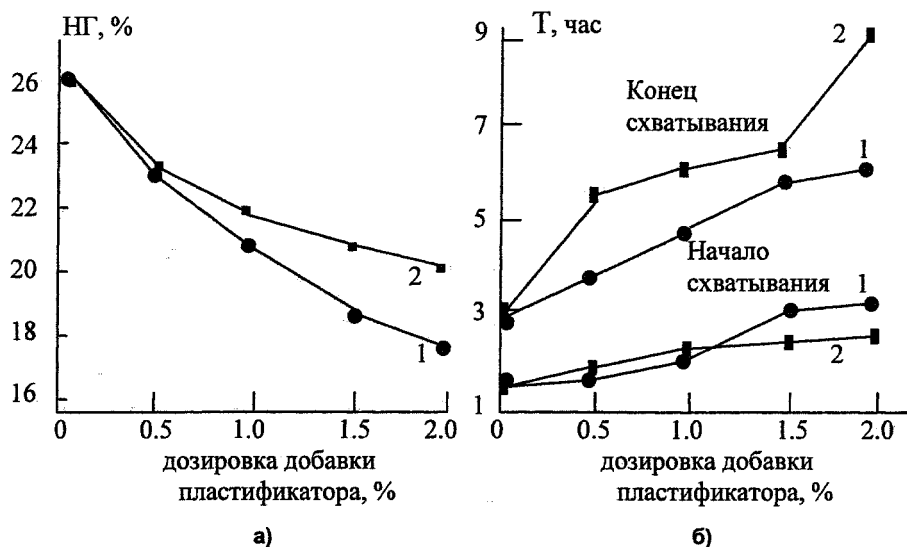


Рис. 1. Влияние пластифицирующих добавок на а) нормальную плотность и б) сроки схватывания цементного теста на ПЦ 400 Д 20: 1 – добавка FM 40, 2 – добавка С-3

Добавка на поликарбоксилатэфирном основании обладает повышенным пластифицирующим эффектом, сужая интервал между временем начала и окончания схватывания цементных систем.

Эффективность действия добавки FM 40 оценивалась на цементно-песчаной растворной смеси состава 1:2 при соотношении в вяжущем цемент: зола как 1:1. Способ контроля текучести – измерение диаметра расплыва смеси на встряхивающем столике до и после вибрационного воздействия по методике ГОСТ 310.4. Результаты испытания приведены на рис. 2.

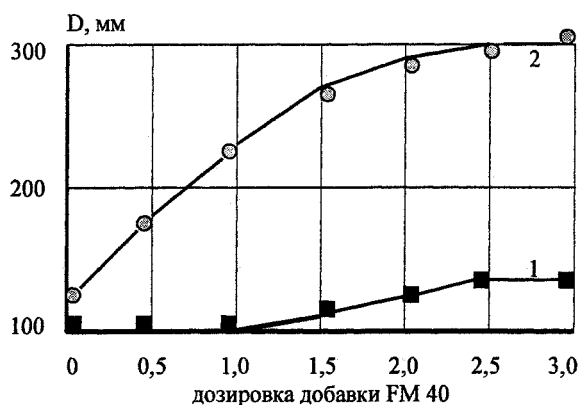


Рис. 2. Влияние дозировки добавки FM 40 на текучесть цементно-песчаного раствора: 1 – под действием силы тяжести; 2 – после 30-кратного встряхивания

Повышение дозировки FM 40 приводит в процессе вибрационного воздействия к резкому уплотнению растворной смеси с увеличивающимся водоотделением в последующие 10–15 минут после формирования контрольных образцов.

вие силы тяжести наблюдается при дозировке добавки свыше 1,5 %, то есть когда эффективность тиксотропного разжижения максимальна. Превышение дозировки FM 40 сверх 2,5 % незначительно увеличивает пластификацию растворной смеси с уже указанными выше негативными явлениями и, по-видимому, является как технологически, так и экономически нецелесообразным.

Эффект самоуплотнения растворной смеси с применением С-3 не наблюдался в выбранном интервале изменения дозировки добавки (до 2 %).

Для решения задач интерполяционного типа в работе использовался метод математического планирования эксперимента, позволяющий получать адекватные математические модели, проводить анализ влияния выбранных в эксперименте факторов на целевую функцию отклика внутри выбранного факторного пространства.

В качестве варьируемых факторов в работе использовались:

- доля золы в составе вяжущего;
- величина водовяжущего отношения (включая в состав вяжущего цемент и золу);
- дозировка пластифицирующих добавок (отдельно С-3 и FM 40).

Результатом реализации ненасыщенных планов Хартли явились адекватные математические зависимости целевых функций от варьируемых факторов в виде отрезков степенных рядов второй степени, коэффициенты которых приведены в табл. 2.

Адекватность математических моделей проверялась по критерию Фишера, расчетное значение которого не должно превышать табличное значение $F_{\alpha} = 4,68$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

В ходе проведения эксперимента контроли-

Коэффициенты целевых функций отклика эксперимента

Показатель	Коэффициенты математической модели										F _p
	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	B ₁₁	B ₁₂	B ₁₃	B ₂₂	B ₂₃	B ₃₃	
Добавка С-3											
Диаметр распыла, мм	280,10	-12,25	49,35	47,80	11,24	24,50	-16,87	-33,25	5,37	-21,50	0,89
Прочность на сжатие, МПа	24,78	-4,80	-1,79	-4,97	-0,07	-1,35	1,275	1,07	0,049	-0,59	1,08
Прочность на изгиб, МПа	5,72	-0,21	-0,47	-0,81	-0,75	-0,07	0,05	-0,28	-0,40	0,30	0,39
R _{изг} /R _{сж}	0,22	0,031	-0,003	0,008	-0,026	0,012	-0,001	-0,018	-0,012	0,024	3,26
Добавка FM 40											
Диаметр распыла, мм	319,99	-16,65	38,95	56,50	-54,86	-5,81	5,06	-38,36	11,19	-11,61	4,13
Прочность на сжатие, МПа	18,31	-5,37	0,90	-2,54	0,14	-0,05	-0,83	1,99	-1,69	1,99	0,10
Прочность на изгиб, МПа	4,45	-1,04	-0,19	-0,87	0,05	0,55	-0,15	0,54	0,24	0,36	1,03
R _{изг} /R _{сж}	0,24	-0,13	-0,21	-0,01	-0,01	0,05	-0,03	-	0,02	-0,01	0,77

ровались диаметр распыла конуса цементно-песчаного раствора; пределы прочности при сжатии и на растяжение при изгибе на образцах балках 40×40×300 мм, показатели пористости раствора по кинетике водопоглощения.

Следует отметить, что при планировании и реализации экспериментов назначение воды затворения и количества вводимых пластифицирующих добавок назначалось от массы вяжущего, включающего в свой состав цемент и тонкомолотые добавки.

Некоторые результаты проведенных исследований приведены на рис. 3, 4.

Пластифицирующий эффект добавок С-3 и FM 40 при их небольших дозировках (до 0,6 %) практически одинаков. При этом не наблюдается эффект самоуплотнения. По мере повышения дозировки добавок эффект пластификации возрастает, имея максимум в пределах выбранного факторного пространства.

Влияние добавки золы на пластифицирующий эффект напрямую зависит от вида органической добавки.

При использовании пластификатора С-3 (рис. 3а) увеличении дозировки золы Рефтинской ГРЭС приводит к возрастанию вязкости смеси.

Литературные данные о влиянии золы-уноса на реологию цементных систем неоднозначны. Считается [2], что зола, несмотря на ее большую, чем у цемента, водопотребность, пластифицирует цементное тесто и бетонные смеси. Данные авторов [3] подтверждают вышесказанное, но только для диапазона дозировки золы до 12–15 %, превышение которого приводит к резкому повышению вязкости цементных систем. По-видимому, оценка влияния золы на реологические характеристики цементных систем, учитывала не все значимые факторы, либо значимость их различных комбинаций.

Дополнительными исследованиями было ус-

тановлено, что зола-унос Рефтинской ГРЭС с удельной поверхностью 3060 см²/г обратно пропорционально влияет на пластическую прочность цементного теста. Так, например, при водовяжущем отношении 0,32 зависимость пластической прочности теста от дозировки золы (ДЗ) описывается выражением $R_{пл} = 6,42 \cdot 1,048^{ДЗ}$. И только при высокой дозировке С-3 (1,2 %) негативное влияние золы на реологические параметры цементных систем менее выражено.

В случае использования добавки FM 40 (рис. 3) увеличение дозировки золы до 25 % приводит к пластификации растворной смеси при любых количествах пластификатора. Причиной этого, вероятно, можно считать особенности адсорбции FM 40 на дисперсных носителях. Зола имеет повышенную, против цемента, адсорбционную емкость. Это подтверждается как повышением нормальной густоты цементных систем в присутствии золы, так и прямым измерением снижения концентрации водного раствора пластификатора при его контакте с минеральным дисперсным компонентом.

При увеличении дозировки золы сверх 25 % пластичность цементно-песчаного раствора снижается со скоростью, обратно пропорциональной дозировке FM 40.

Добавка золы снижает прочность цементных систем при нормальных условиях твердения в любом возрасте твердения.

Влияние пластифицирующих добавок на этот процесс проявляется в большей степени в ранние сроки твердения. Системы с применением FM 40 при равном водовяжущем отношении и дозировке золы имеют прочность, на 10–12 % большую, чем при использовании С-3. С увеличением времени твердения прочности при сжатии систем практически выравниваются, однако R_{bt} при введении FM 40 имеет при прочих равных условиях, большие значения, чем при использовании С-3.

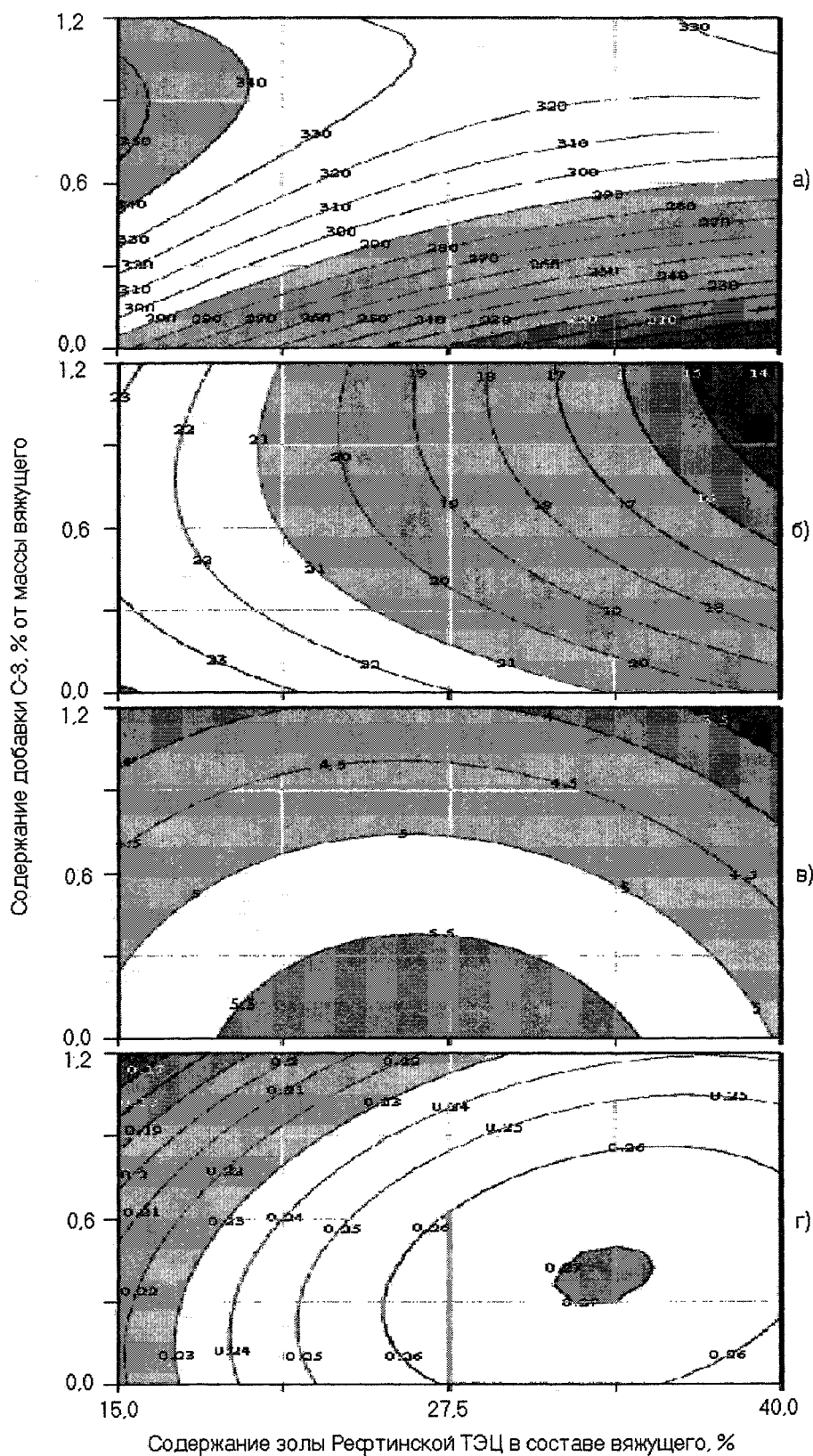


Рис. 3. Линии равных значений при В/В = 0,58: а) диаметра распыла раствора после встряхивающем столике; пределов прочности в возрасте 28 суток нормального твердения при б) сжатии и в) растяжении при изгибе; г) – отношения R_{bt}/R_b в возрасте 28 суток

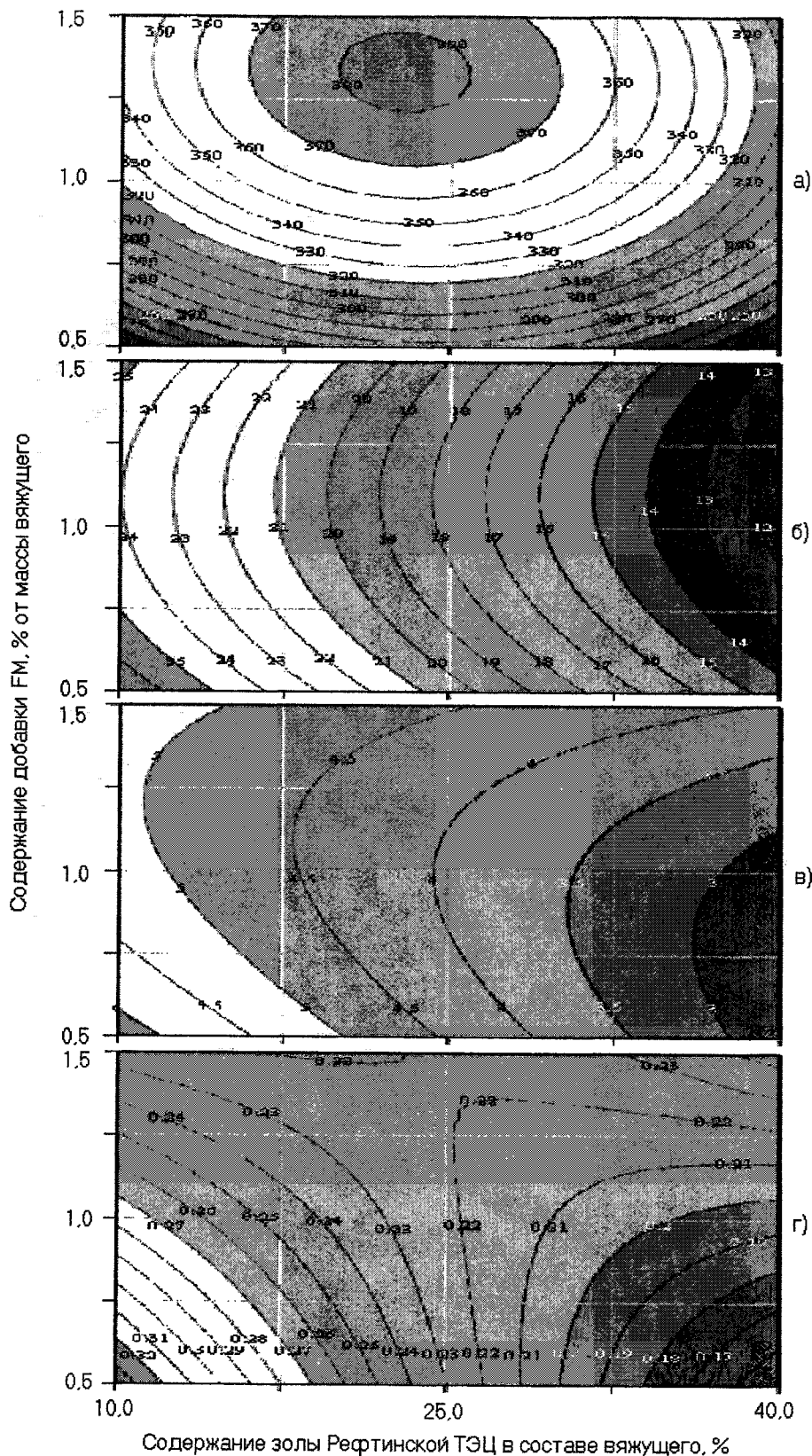


Рис. 4. Линии равных значений при В/В = 0,56: а) диаметра расплыва раствора после встряхивания на встряхивающем столике; пределов прочности в возрасте 28 суток нормального твердения при б) сжатии и в) растяжении при изгибе; г) – отношения R_t/R_c в возрасте 28 суток

Самоуплотняющиеся смеси имеют повышенное количество теста, в связи с этим, особый интерес представляет влияние минеральных и органических добавок на трещиностойкость цементных систем. Для каменноподобных структур потенциальная способность к образованию трещин при внешних силовых воздействиях зависит от возможности релаксации поля напряжений в местах их концентраций. Одним из практических значимых критериев оценки трещиностойкости является отношение R_{ch}/R_b , увеличение которого переводит материал в разряд трещиностойких [4, 5].

На рис. 3г, 4г приведены данные о влиянии варьируемых факторов на показатель $K_T = R_{ch}/R_b$. Следует отметить, что показатель K_T является расчетной характеристикой при ограниченном количестве единичных испытаний, а адекватность математической модели при этом находится на пределе критерия Фишера.

При использовании добавки С-3 оптимум K_T отмечается при дозировке золы в пределах 35 % (С-3=0,4 %). В рассматриваемом случае влияние С-3 на K_T менее существенно, чем влияние золы. Уменьшение водовяжущего отношения не изменяет качественного влияния варьируемых факторов на показатель трещиностойкости.

Добавка FM 40 позволяет получать цементные системы с большим значением K_T при небольших дозировках золы и FM 40 (рис. 4г).

Пластифицирующие добавки при использовании золы-уноса принципиально по разному влияют на K_T : при увеличении дозировки золы суперпластификатор С-3 повышает значение показателя во всем диапазоне дозировок золы-уноса; при использовании FM 40 склонность к трещиностойко-

сти возрастает по мере увеличения в составе раствора золы.

Предварительные результаты показывают, что использование совместно с золой добавки микрокремнезема в оптимальном количестве позволяет регулировать свойства цементно-песчаного раствора, в том числе создавать композиции с нормированными значениями прочности, трещиностойкости и долговечности.

Литература

1. К вопросу оценки блокирующей функции суперпластификатора на кинетику твердения цементов/ В.С. Демьянова, С.В. Калашиников, А.С. Мишин, Ю.С. Кузнецов// Композиционные строительные материалы. Теория и практика: Сб. науч. тр. – Пенза: Изд-во Пензенского Приврожского дома знаний, 2003. – С. 54–59.
2. Волженский А.В., Иванов И.А., Виноградов Б.Н. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1984. – 255 с.
3. Zhang Xiong, Han Jihong. The effect of ultra-fine admixture on the reological properti of cement paste// Cem. and Concr. Res., 2000, 30, № 5, P. 827–830.
4. Комохов П.Г. Нанотехнология, структура и свойства бетона// Бетон и железобетон в третьем тысячелетии. Третья международная научно-практическая конференция. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГСУ, 2004. – С. 263–270.
5. Грушко И.М. Прочность бетонов на растяжение. – Харьков: Изд-во Харьковского университета, 1973. – 155 с.

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЛЕГКОВЕСНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ МИКРОСФЕР

И.Я. Чернявский

Изложены основные свойства микросфер, представляющих собой пустотелые силикатные образования, являющиеся частью зольных отходов ТЭЦ. Приведены основные характеристики микросфер, на которые необходимо обратить внимание при их использовании в качестве составляющих шихты при производстве керамики. Приведены данные при изготовлении керамики способом полусухого формования изделий и шликерного, а также характеристики полученной керамики.

Микросферы, представляющие собой пустотелые силикатные образования, являющиеся частью зольных отходов ТЭЦ, могут быть эффективно использованы при производстве керамических материалов, которые по своим свойствам могут быть отнесены к легковесным теплоизоляционным материалам.

Особенностью данного материала является невысокий коэффициент теплопроводности, при достаточно высокой температуре применения. Образуются микросферы в процессе сжигания молодого угля в топках котлов ТЭЦ, когда минеральная часть топлива подвергается действию высоких температур, прогревается, и наиболее легкоплавкие частицы оплавляются и стягиваются за счет сил поверхностного натяжения в наиболее компактную сферическую форму, которая фиксируется при охлаждении снаружи стекловидной оболочкой, которая внутри заполнена газом (в основном CO_2). Также пустотелые сферы обладают низкой объемной массой, вследствие чего легко всплывают в воде, что облегчает их извлечение из массива золоотвала.

К микросферам, как одной из главных составляющих шихты, для получения из нее керамического легковеса, предъявляется ряд требований, которые должны быть учтены при организации его производства.

Прежде всего – это чистота микросфер, которая определяется количеством загрязняющих их примесей в виде коксика, плотных силикатных шариков и обломков сфер. Рассев отобранной на ТЭЦ части микросфер показал, что количество указанных выше примесей достигает 17...18 %. Это количество обломков достаточно велико и может вызвать неоднородность свойств самих изделий. Поэтому необходимо предусмотреть разделение золоотходов и микросфер, что достигается обычно за счет использования установок с избыточным давлением.

Другим важным показателем является подвижность микросфер, которая определяется спо-

собностью их к взаимному перемещению при внешних усилиях. Обычно подвижность микросфер обратно пропорциональна их влажности. Максимальную подвижность микросферы имеют при низкой влажности (менее 1...2 %), когда их масса «течет» и легко может транспортироваться пневмотранспортом, ее можно без проблем дозировать весовыми дозаторами, так как полностью исключается ее «зависание» в бункерах, лотках и другом оборудовании. Угол естественного откоса в данном состоянии микросферы составляет 28...30°. Незначительное (до 5...6 %) повышение влажности микросферы значительно ухудшает ее подвижность и самопроизвольного смещения массы микросферы не наблюдается. Угол естественного откоса α , характеризуемый $\text{tg}\alpha$ возрастает до $\text{tg}\alpha=0,9...1,0$. Для ее перемещения необходимы уже внешние усилия (вибрация, встряхивание и т.п.), которые могут обеспечить первоначальный сдвиг массы. Дальнейшее увеличение влажности микросферы (более 5 %) приводит к зависанию части массы и известными дозаторами (весовыми или объемными) дозировка такой массы затруднена.

Микросфера во влажном состоянии легко смерзается в монолит при отрицательных температурах. При этом прочность этого монолита довольно высока. При влажности от 6 до 35 % прочность смерзшейся микросферы составляет 6...10 кг/см², а при большей влажности прочность возрастает до 200 кг/см².

Другой составляющей шихты для получения легковесной керамики являются требования к глинам. Применяются, как правило, глины с высокой температурой спекания. Мы использовали каолиновую глину Кыштымского ГКК, которая по минеральному составу приближается к мономинеральному с преобладающим минералом каолинитом, которая характеризуется достаточно высокой температурой огнеупорности 1730...1760 °С, а также высокой температурой спекания (более 1300 °С). Этот каолин (обогащенный) имеет химический состав, приведенный в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав обогащенного Кыштымского каолина

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	ППП
46,4...49,3	0,5...1,0	32,05...36,15	0,3...0,4	0,3...0,4	0,3...0,35	—	—	10,8...12,7

Таким образом, для получения керамики использовали микросферу из золы Аргаяшской ТЭЦ и каолин Кыштымского месторождения.

Преобладающий размер частиц микросферы 100...300 мкм, количество примеси в пределах 2 %, насыпная объемная масса 360 ± 40 кг/м³. Перед использованием микросферу высушивали до сыпучего состояния и отсевом на сите 1 мм удаляли случайные грубозернистые примеси.

Исследовали два способа формования изделий: способ полусухого прессования и шликерный способ подготовки формовочной массы.

Исследования показали, что получение керамики полусухого прессования из шихты, куда входит каолин (до 25 %) и микросфера (остальное) не обеспечивает надлежащей прочности изделий из-за слабой связующей способности каолина. Реально же получить удовлетворительного качества кирпич удалось лишь при введении глины до 35 %. Однако при этом значительно увеличивается плотность изделий, и ухудшаются теплоизоляционные свойства легковесной керамики.

Получение керамики при использовании шликерного способа тесно связана с количеством связки. Исследование показало: при использовании необогащенного каолина для связки прочность полученной керамики невысокая и сопоставима с керамикой, полученной при сухом способе подготовки массы. Использование обогащенного каолина позволяет повысить прочность керамики (до 900 кг/см²).

Общая оценка результатов показывает, что при определенных условиях подготовки шихты и режимах прессования может быть отформована керамика с прочностью 10 кг/см², плотностью 700 кг/м³ и водопоглощением до 27 %.

Оценка максимальной температуры службы керамики проводилась по ГОСТ 23383-78 на изделиях, изготовленных по шликерной технологии формования керамики. Количественное соотношение микросферы и шликера составляло 7:3. Деформация под нагрузкой 1 кг/см² площади образца проводилась при равномерном подъеме температуры со скоростью 4–5 °С/мин. Данные представлены в табл. 2, из которой видно, что температура службы изделий на основе микросфер составляет 1000...1050 °С.

Таблица 2

Характеристика полученной керамики

Состав, мас. %		Температура начала размягчения, °С	Температура 4 % деформации, °С
микросфера	каолин		
70	30	1070...1080	1100...1140

Из проведенной работы следует, что

– сочетание каолина Кыштымского ГМК и микросферы Аргаяшской ТЭЦ (при соотношениях 30 % каолина и 70 % микросфер) пригодно для получения легковесных теплоизоляционных изделий;

– по основным характеристикам полученные изделия имеют свойства, соответствующие свойствам аналогичных теплоизоляционных изделий по основным характеристикам, а по некоторым (максимальная температура применения) превосходят их;

– структура теплоизоляционного изделия может быть улучшена за счет дополнительного введения глины более легковесной и пластичной, чем каолин Кыштымского ГМК.

Теория расчета строительных конструкций

УДК 624.042.8:534.1

ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МНОГОЭТАЖНОГО КАРКАСНОГО ЗДАНИЯ НА ДЕЙСТВИЕ ИМПУЛЬСОВ СИНУСОИДАЛЬНОЙ ФОРМЫ

Л.М. Артемьева

Проводится анализ колебаний многоэтажного каркасного здания, моделируемого дискретной расчетной схемой и деформирующегося по форме сдвига, на действие синусоидального периодического импульса. Динамическая задача решается с помощью временного анализа, обеспечивающего надежную оценку реакции системы при сложном характере демпфирования и внешнего воздействия.

Введение

Современные конструкции испытывают сложные динамические нагрузки эксплуатационного и специального характера в виде ударов, импульсов, групп импульсов и т.д. Однако решение задачи о действии периодических кратковременных импульсов на систему с несколькими степенями свободы при учете внутреннего трения еще в недавнем прошлом не представлялось возможным [1] и наибольшие во времени перемещения системы оценивались весьма приближенно. С развитием более совершенных методов динамического анализа можно рассматривать реальную работу конструкций с учетом принятых допущений.

Общая информация

Наиболее эффективным методом динамического расчета упруго-вязких дискретных систем является временной анализ реакции, базирующийся на алгебраических подходах. Уравнение движения дискретной диссипативной системы и его алгебраический аналог – уравнение движения собственных форм – записываются в виде [2]:

$$M \ddot{Y}(t) + C \dot{Y}(t) + KY(t) = P(t), \quad (1)$$

$$MS^2 + CS + K = 0, \quad (2)$$

где $M = \text{diag}(m_1, \dots, m_n)$, $C = C^T = [c_{ij}]$, $K = K^T = [r_{ij}] \in M_n(R)$ ($i, j = 1, \dots, n$) – положительно определенные матрицы инерции, демпфирования и жесткости соответственно; $Y(t)$ – вектор искомых перемещений; $P(t)$ – вектор заданных внешних сил; $S \in M_n(C)$ – матрица внутренних динамических характеристик системы, определяющая коэффициенты демпфирования, собственные частоты и формы колебаний.

Уравнение реакции, полученное на основе анализа уравнения (2), представляется в матричной форме интеграла Дюамеля:

$$Y(t) = 2 \text{Re} \left\{ \Phi(t-t_0) U^{-1} M [-\bar{S}Y_0 + \dot{Y}_0] + U^{-1} \int_{t_0}^t \Phi(t-\tau)^T P(\tau) d\tau \right\}, \quad (3)$$

где $U = 2i \cdot M \text{Im} S$ ($\text{Im} S$ – мнимая часть S); $\Phi(t) = e^{St}$ – матричная экспонента; Y_0, \dot{Y}_0 – векторы начальных перемещений и скоростей; \bar{S} – матрица, сопряженная к S .

Уравнение реакции (3) является наиболее общей формой записи уравнения для динамической системы и содержит реакцию системы при свободных колебаниях (первое слагаемое в фигурных скобках) и реакцию при вынужденных колебаниях (второе слагаемое). В частности, из этого уравнения можно получить реакцию системы при действии группы периодических импульсов синусоидальной формы (рис. 1). Перемещения и скорости узлов системы на активном участке действия i -го импульса длиной t_a определяются уравнениями:

$$Y(t) = 2 \text{Re} \left\{ \Phi(t-t_{i-1}) U^{-1} M [-\bar{S}Y_0 + \dot{Y}_0] + X(t) P_0 \right\},$$

$$\dot{Y}(t) = 2 \text{Re} \left\{ S \left[\Phi(t-t_{i-1}) U^{-1} M [-\bar{S}Y_0 + \dot{Y}_0] + X(t) P_0 \right] \right\},$$

$$X(t) = \left[\theta \Phi(t-t_{i-1}) - S \sin(\theta(t-t_{i-1})) - \theta \cos(\theta(t-t_{i-1})) \right] \left[U(S^2 + \theta^2) \right]^{-1}.$$

Здесь $\theta = \text{diag}(\vartheta_1, \vartheta_2, \dots, \vartheta_n)$ – матрица угловых частот; t_{i-1}, t_i' – моменты начала и окончания действия i -го импульса.

Выражения для перемещений и скоростей системы при свободных колебаниях после окончания действия i -го импульса имеют вид:

$$Y(t) = 2 \text{Re} \left\{ \Phi(t-t_i') U^{-1} M [-\bar{S}Y_0 + \dot{Y}_0] \right\},$$

$$\dot{Y}(t) = 2 \text{Re} \left\{ S \Phi(t-t_i') U^{-1} M [-\bar{S}Y_0 + \dot{Y}_0] \right\}.$$

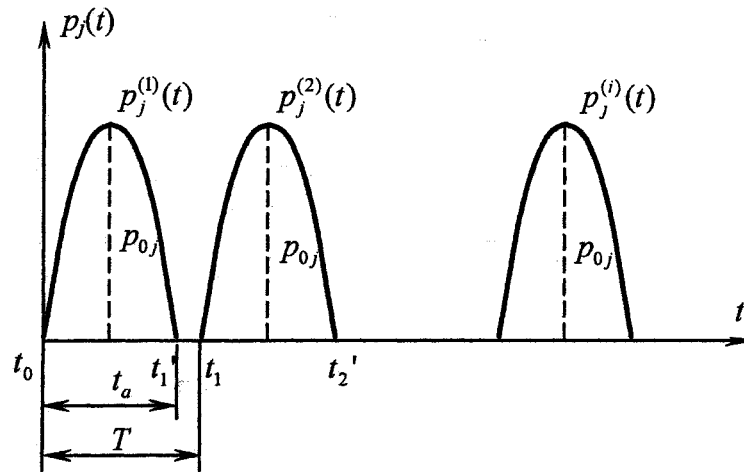


Рис. 1. Модель внешней нагрузки

Численная реализация разрешающих уравнений

Проведен анализ колебаний 15-этажного каркасного здания постоянной жесткости при действии группы импульсов синусоидальной формы. Очертания здания в плане и общий вид представлены на рис. 2. Шаг колонн $L = 6$ м, высота этажа $h_{эт} = 3,3$ м. Плотность материала конструкций $2,2 \text{ т/м}^3$; модуль упругости $2,05 \cdot 10^7 \text{ кН/м}^2$. Система имеет $3 \times 15 = 45$ степеней свободы: два линейных и одно угловое смещение в горизонтальной плоскости каждого перекрытия.

Внешняя нагрузка в уровне перекрытия каждого этажа задается группой периодических им-

пульсов синусоидальной формы (см. рис. 1), которую можно представить как модель ветровой нагрузки. Амплитудное значение ветровой нагрузки определяется в соответствии со СНиП [4] (III-й ветровой район, тип местности А) и меняется в зависимости от этажа в пределах $P_1 = 28,215 \text{ кН}$ до $P_{15} = 63,954 \text{ кН}$.

Внешние динамические параметры системы (матрицы инерции, жесткости и демпфирования) определяются приложении, разработанном на базе программного комплекса Matlab. Матрица демпфирования соответствует модели непропорционального демпфирования и определяется по формуле [2]: $C = KT$, где $T = \text{diag}(t_1, t_2, \dots, t_n)$,

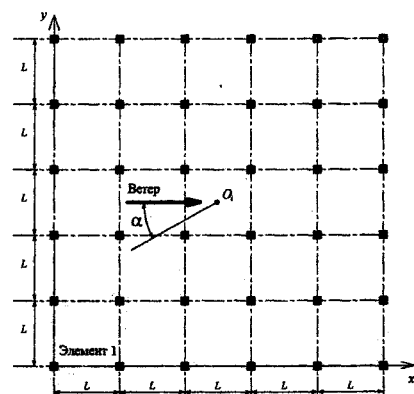
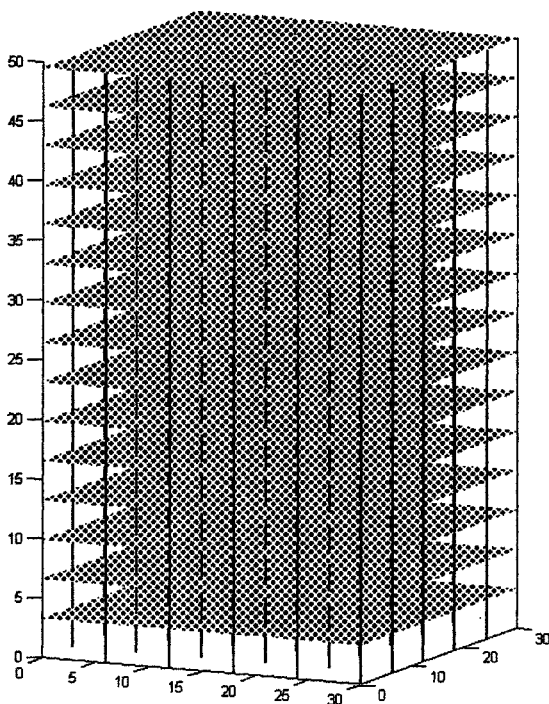


Рис. 2. Общий вид здания, план этажа

Теория расчета строительных конструкций

$$t_i = \frac{\delta}{\pi} \sqrt{\frac{m_i}{r_{ii}}}, \quad \delta - \text{логарифмический декремент}$$

колебаний; m_i, r_{ii} – диагональные элементы матриц инерции и жесткости. Поскольку такая матрица демпфирования не является симметричной, необходимо преобразовать уравнение (1), умножив его справа на матрицу $K^{-1}M$. В результате получим уравнение симметричными матрицами-коэффициентами:

$$MK^{-1}M \ddot{Y}(t) + TM \dot{Y}(t) + MY(t) = P(t)K^{-1}M.$$

Внутренние динамические параметры системы (матрицы коэффициентов демпфирования, собственных форм колебаний и собственных частот) определяются на основе матрицы S , так как они являются собственными значениями этой матрицы. Собственные частоты здания представлены в табл. 1. Вследствие симметрии здания в плане частоты, соответствующие линейным формам колебаний, дублируются.

Анализ колебаний каркаса проводился при варьировании длины импульса t_0 , периода его действия T_p и угла α действия нагрузки. Графики (рис. 3–5) построены при периодичности действия

импульсов $T_p = T_1/2 = 0,76$ с, где $T_1 = 1,522$ с – период основного тона колебаний каркаса.

Анализ полученных поверхностей показывает, что максимальные перемещения вдоль оси x возникают в здании при $\alpha = 0^\circ$, а вдоль оси y при $\alpha = 90^\circ$; максимальные суммарные перемещения и нормальные напряжения в колоннах возникают при $\alpha = 45^\circ$. Это не противоречит расчетам, выполненным в программном комплексе Лира, что позволяет говорить о достоверности результатов.

Максимальное суммарное перемещение $\delta_{\max} = 2,25$ см, максимальное напряжение $\sigma_{\max} = 4,71$ МПа. С увеличением длины импульса растут перемещения и напряжения (см. рис. 3, 5). Максимальные нормальные напряжения, возникающие в колоннах различных этажей, показаны на рис. 6.

В связи с тем, что жесткость здания по высоте постоянна (рис. 7а), величина максимальных нормальных напряжений с увеличением номера этажа монотонно убывает (кривая а на рис. 6). В случае здания со ступенчато переменной жесткостью (рис. 7б) в уровне этажа с измененной жесткостью наблюдается резкий скачок напряжений (кривая б, рис. 6).

Таблица 1

Спектр частот собственных колебаний здания

№ п/п	Частота, 1/с	Число повторений	№ п/п	Частота, 1/с	Число повторений	№ п/п	Частота, 1/с	Число повторений
1	4,1294	2	11	42,9182	2	21	74,4559	2
2	4,8862	1	12	49,6139	2	22	77,3372	2
3	12,3404	2	13	50,7841	1	23	78,6396	1
4	14,6022	1	14	55,8053	2	24	79,4225	2
5	20,4098	2	15	58,707	1	25	80,6846	2
6	24,1504	1	16	61,4383	2	26	83,7938	1
7	28,2485	2	17	66,0332	1	27	88,102	1
8	33,4258	1	18	66,4591	2	28	91,5114	1
9	35,7753	2	19	70,815	2	29	93,9788	1
10	42,3321	1	20	72,6985	1	30	95,4723	1

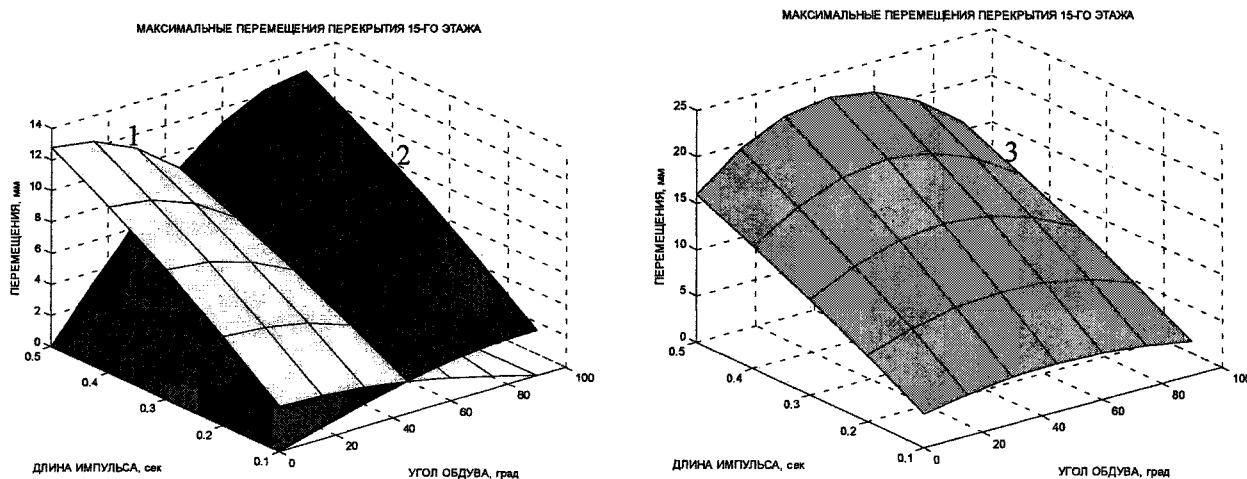


Рис. 3. Поверхности линейных смещений перекрытия 15-го этажа (1 – вдоль оси x , 2 – вдоль оси y , 3 – суммарные)

Графики (рис. 8, 9) построены при угле действия нагрузки $\alpha = 45^\circ$.

Максимальные суммарные перемещения $\delta_{\max} = 6,6$ см (рис. 8а) и напряжения $\sigma_{\max} = 14,1$ МПа (рис. 9а) возникают при совпадении периода внешней нагрузки $T_p = 1,5$ с периодом основного

тона колебаний здания $T_1 = 1,522$ с. В данном случае имеет место явление резонанса. Поскольку учитывается внутреннее трение, резонансные амплитуды являются конечными, что согласуется с известными источниками [5].

Резонанс возникает также при совпадении

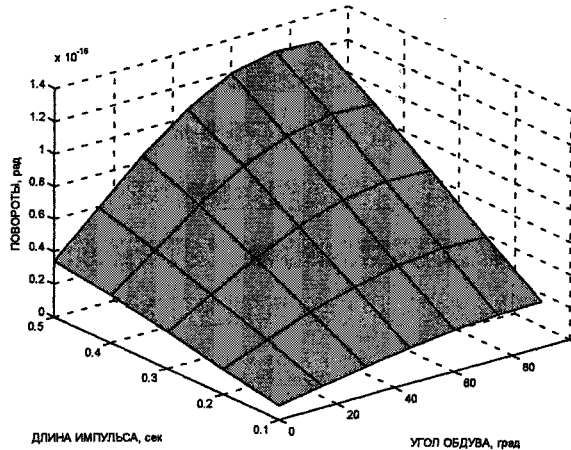


Рис. 4. Поверхность углов поворота перекрытия 15-го этажа

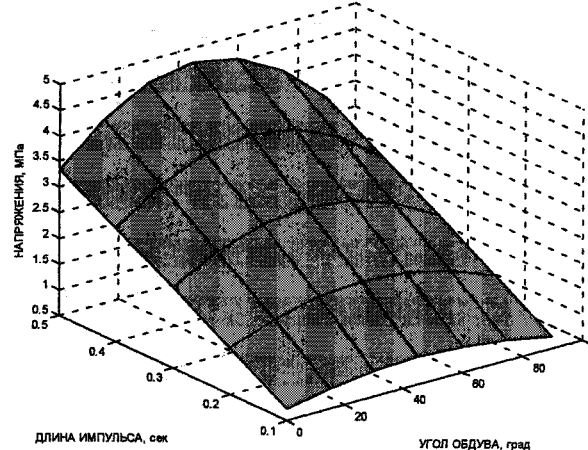


Рис. 5. Поверхность максимальных нормальных напряжений в колоннах

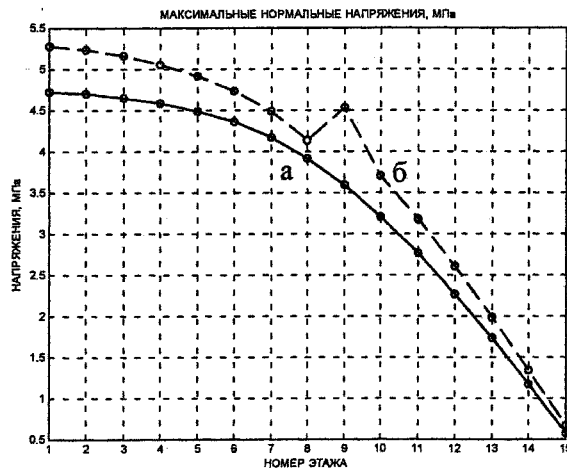


Рис. 6. Максимальные нормальные напряжения по этажам

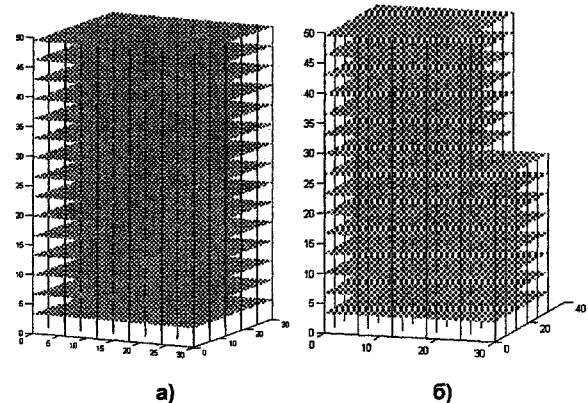
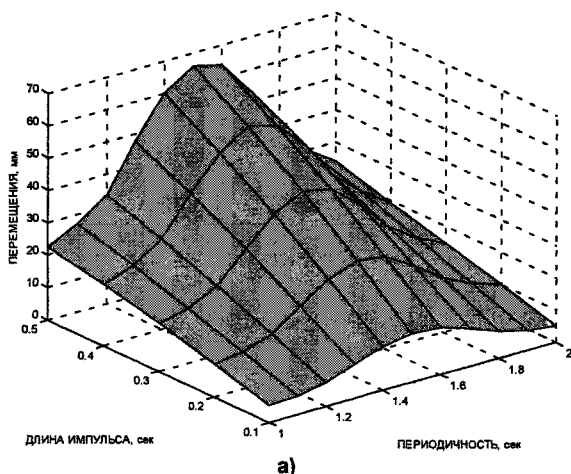
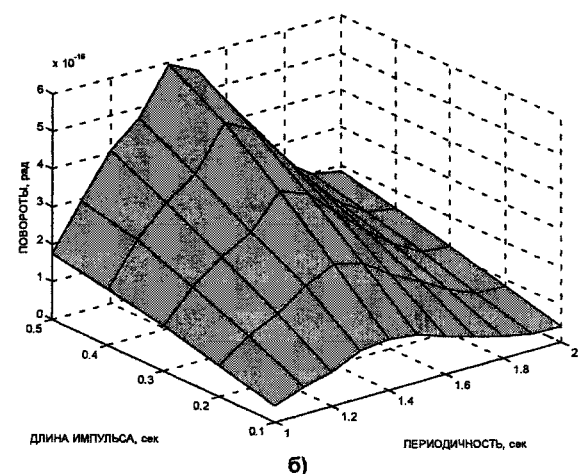


Рис. 7. Схемы зданий: а – постоянной, б – ступенчато-переменной жесткости



а)



б)

Рис. 8. Поверхности линейных смещений (а) и углов поворота (б) перекрытия 15-го этажа

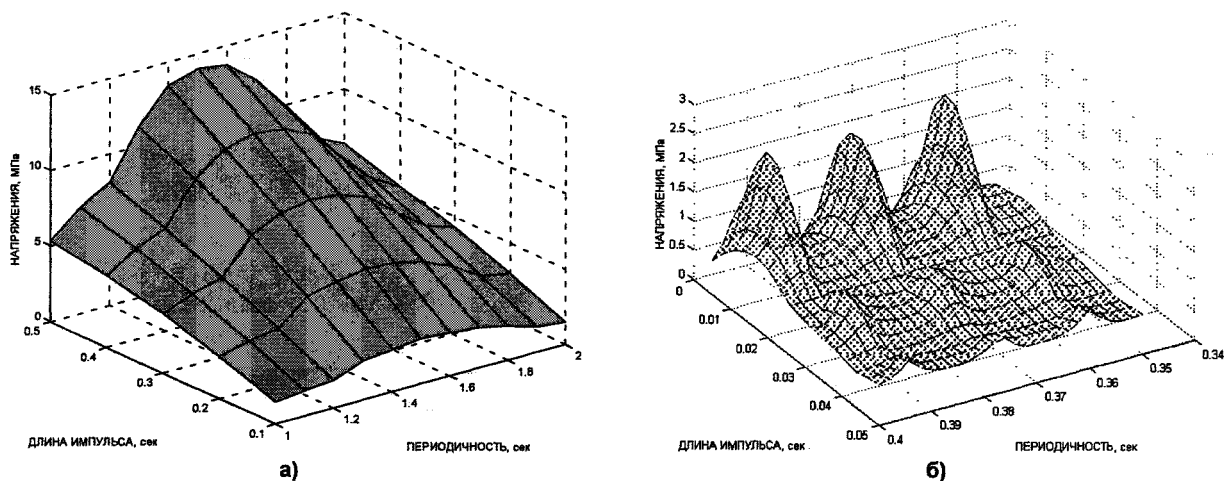


Рис. 9. Поверхности максимальных нормальных напряжений в колоннах

частоты внешней нагрузки с собственными частотами более высокого порядка (рис. 9б).

Приведенные результаты решения динамической задачи при действии периодических импульсов с учетом внутреннего трения показывают возможность получения замкнутых решений для различных приложений динамики дискретных диссипативных конструкций. Данная методика может быть использована в традиционно трудных для анализа задачах с неустановившимися режимами колебаний, для оптимизации проектирования строительных конструкций, поскольку отражает картину реальной работы сооружения в рамках принятых допущений.

Литература

1. Динамический расчет зданий и сооружений / М.Ф. Барштейн, В.А. Ильичев, Б.Г. Корнев и др.; Под ред. Б.Г. Корнева, И.М. Рабиновича. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1984. – 303 с.

2. Потапов А.Н. Динамический анализ дискретных диссипативных систем при нестационарном воздействии: Монография. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 167 с.

3. Корн Г.А., Корн Т.М. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1977. – 831 с.

4. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 36 с.

5. Киселев В.А. Строительная механика // Специальный курс: Динамика и устойчивость сооружений. – М.: Стройиздат, 1980. – 616 с.

ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ КОНЕЧНОМЕРНЫХ ДИССИПАТИВНЫХ СИСТЕМ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

А.Н. Потапов

Изложен аппарат технической реализации метода временного анализа диссипативных конструкций из идеально упругопластического материала при нестационарном процессе. Рассмотрен пример неупругих колебаний плоского трехэтажного каркаса под действием кратковременной нагрузки большой интенсивности.

Введение

Временной анализ реакции конечномерных систем с внутренним трением представляет исключительно сложную и трудоемкую задачу, особенно в тех случаях, когда требуется проводить учет пластических деформаций в элементах конструкций при нестационарных воздействиях. Поэтому аналитические решения в подобных задачах крайне редки и связаны с упрощающими предпосылками. Упрощения относятся либо к выбору расчетных динамических моделей с числом степеней свободы не более одного-двух [1, 2], либо к выбору модели упруговязкого сопротивления, обычно соответствующей классическому пропорциональному (однородному) демпфированию [3].

В [4] изложены основные положения теории временного анализа, основанной на разработанных методах анализа матричных линейных и нелинейных уравнений. Эта теория обладает достаточно широкой областью приложений. Объектами исследования являются конечномерные (дискретные) диссипативные системы (ДДС). Учет внутреннего трения проводится на базе линейной модели вязкого сопротивления. Разрешающие уравнения как упругой, так и неупругой реакции строятся в замкнутом виде через интеграл Дюамеля, причем в задачах колебаний ДДС с нелинейной восстанавливающей силой закон деформирования подчиняется идеально упругопластической диаграмме Прандтля. Важно подчеркнуть, что эффективность подхода не зависит ни от типа демпфирования (однородное, неоднородное), ни от характера внешнего воздействия и соответствующего ему режима колебаний.

Теоретические основы

Общая идея подхода состоит в использовании теории промежуточных состояний (в рамках теории пластического течения). Весь процесс неупругого анализа реакции разбит на такие интервалы, внутри которых динамические параметры системы неизменны. Переход из одного интервала в другой происходит при скачкообразном изменении параметров жесткости в критических временных точках t_i , соответствующих открытию или закрытию шарниров текучести. Поэтому на каж-

дом отдельном интервале используется схема упругого решения, а при переходе через критические точки решения на смежных интервалах стыкуются посредством начальных условий, обеспечивающих непрерывность движения упругопластической диссипативной системы. В результате весь неупругий процесс представляется рядом последовательно изменяющихся квазиупругих решений.

Условие равновесия динамической квазиупругой системы на произвольном интервале времени $t \in [t_i, t_{i+1}]$, где t_i, t_{i+1} – время перехода в промежуточные состояния, выражается матричным уравнением движения

$$M\ddot{Y}(t) + C\dot{Y}(t) + K(t)Y(t) = \tilde{P}(t), \quad (1)$$

где

$$\tilde{P}(t) = -R_0(t) + R^*(t) + P(t).$$

Здесь: $M = \text{diag}(m_1, \dots, m_n)$, $C = C^T$, $K(t_i) = K(t_i)^T$ – матрицы инерции, демпфирования и жесткости соответственно; $R_0(t)$, $R^*(t)$ – векторы составляющих восстанавливающих сил (пределных значений и остаточных усилий); $Y(t)$, $P(t)$ – векторы искомого перемещения и заданной внешней нагрузки (все обозначения приняты в соответствии с работой [4]).

Уравнения реакции системы на интервале $t \in [t_i, t_{i+1}]$ ($i = 0, 1, \dots$) имеют вид:

$$Y(t) = \sum_{k=1}^2 U_k^{-1} Z_k(t), \quad \dot{Y}(t) = \sum_{k=1}^2 S_k U_k^{-1} Z_k(t), \quad (2)$$

$$Z_k(t) = \Phi_k^T(t - t_i) M [-S_l Y_0 + \dot{Y}_0] + J_k(t) [-R_0(t_i) + R^*(t_i)] + \psi_k(t), \quad (3)$$

где $U_k = -U_l = M(S_k - S_l)$ ($l = 1, 2; l \neq k$), $\Phi_k(t) = e^{S_k t}$; Y_0, \dot{Y}_0 – векторы начальных условий (перемещений и скоростей);

$$J_k(t) = \int_{t_i}^t \Phi_k^T(t - \tau) d\tau; \quad (4)$$

$$\psi_k(t) = \int_{t_i}^t \Phi_k^T(t - \tau) P(\tau) d\tau. \quad (5)$$

Уравнения реакции (2), (3) обобщают интеграл Дюамеля на область физически нелинейных

Теория расчета строительных конструкций

систем, позволяя на квазиупругом интервале определять значения перемещений и скоростей узлов упругопластической конструкции при произвольной нагрузке. Матрицы S_k ($k = 1, 2$) суть корни характеристического уравнения движения собственных форм (матричного квадратного уравнения): $MS_k^2 + CS_k + K(t_i) = 0$ ($i = 0, 1, \dots$), которое вытекает из однородного дифференциального уравнения, соответствующего (1).

Технический анализ проблемы

Проблема реализации разрешающих уравнений (2), (3) требует построения аналитических зависимостей для интегралов (4), (5). Это наиболее предпочтительный вариант, хотя не исключена возможность использования численных процедур. В любом случае сложности временного анализа переносятся на область технической реализации задачи. Как показали исследования, формализация интегралов (4), (5) на базе строгого математического аппарата оказывается чрезвычайно плодотворным шагом, что позволяет задействовать весь технический арсенал методов анализа сложных ДДС, ориентируя их на современную вычислительную технику и делая доступными для практического применения.

Вычислительная формула интеграла (4) зависит от условий состояния квазиупругой системы [4]. При условии невырожденного состояния ($\det S_k \neq 0$) интеграл (4) представляется конечной формулой $J_k(t) = (S_k^T)^{-1}[\Phi_k^T(t - t_i) - E]$. В случае вырожденного состояния при полной диссипации системы ($\det S_k = 0, \det S_i \neq 0$), интеграл (4) имеет вид функционального ряда

$$J_k(t) = \Phi_k^T(t) \sum_{p=0}^{\infty} (-S_k^T)^p \frac{(t^{p+1} - t_i^{p+1})}{(p+1)!}. \quad (6)$$

Вычислительная формула (6) может быть преобразована к более простому виду, не содержащему матричных функций-сомножителей, что позволит эффективнее осуществлять практический анализ уравнений (2), (3). Покажем это.

Поскольку для фундаментальной матрицы $\Phi_k(t)$ справедливо разложение в бесконечный ряд по степеням матричного аргумента S_k :

$$\Phi_k^T(t) = \sum_{p=0}^{\infty} \frac{(S_k^T t)^p}{p!},$$

то проведем почленное перемножение элементов ряда в (6). Выполнив группировку слагаемых перед одинаковыми степенями матричных корней S_k , получим скалярные функции $a_p(t)$ ($p = 0, 1, \dots$) в виде степенных рядов:

$$a_p(t) = \sum_{q=0}^p \frac{(-1)^q (t^{q+1} - t_i^{q+1}) t^{p-q}}{(q+1)!(p-q)!}, \quad (7)$$

в результате чего формула (6) запишется так

$$J_k(t) = \sum_{p=0}^{\infty} (S_k^T)^p a_p(t). \quad (8)$$

Проведем более детальное исследование функции (7).

Вынесем величину $1/(p+1)!$ за знак суммы. Замечая, что факториальный множитель, входящий в q -й член ряда, является биномиальным коэффициентом многочлена $(t - t_i)^{p+1}$, то есть

$$C_{p+1}^{q+1} = \frac{(p+1)!}{(q+1)!(p-q)!},$$

где C_{p+1}^{q+1} – число сочетаний из $p+1$ по $q+1$, будем иметь

$$a_p(t) = \frac{1}{(p+1)!} \sum_{q=0}^p (-1)^q C_{p+1}^{q+1} (t^{q+1} - t_i^{q+1}) t^{p-q}.$$

В развернутой форме записи получим многочлен со степенями $t^{p-q} t_i^{q+1}$

$$a_p(t) = \frac{1}{(p+1)!} \{ C_{p+1}^0 t^{p+1} - C_{p+1}^1 t^p t_i + C_{p+1}^2 t^{p-1} t_i^2 - \dots - (-1)^{p-1} C_{p+1}^p t t_i^p - (-1)^p C_{p+1}^{p+1} t_i^{p+1} \},$$

где

$$C_{p+1}^0 = C_{p+1}^1 - C_{p+1}^2 + \dots + (-1)^{p-1} C_{p+1}^p + (-1)^p C_{p+1}^{p+1}.$$

Далее учтем некоторые свойства биномиальных коэффициентов:

$$C_{p+1}^{q+1} = C_{p+1}^{p-q}, \quad C_{p+1}^{p+1} = C_{p+1}^0 = 1, \quad \sum_{q=0}^{p+1} (-1)^q C_{p+1}^q = 0,$$

согласно которым

$$a_p(t) = \frac{1}{(p+1)!} \sum_{q=0}^{p+1} (-1)^q C_{p+1}^q t^{p-q+1} t_i^q.$$

В соответствии с формулой бинома Ньютона имеем

$$(t - t_i)^{p+1} = \sum_{q=0}^{p+1} (-1)^q C_{p+1}^q t^{p-q+1} t_i^q.$$

Сопоставив правые части двух последних выражений, приходим к очевидному соотношению $a_p(t) = (t - t_i)^{p+1}/(p+1)!$. Отсюда, учтя (8), найдем окончательно

$$J_k(t) = \sum_{p=0}^{\infty} (S_k^T)^p \frac{(t - t_i)^{p+1}}{(p+1)!}. \quad (9)$$

Таким образом, получено аналитическое выражение интеграла (4), обеспечивающее разложение $J_k(t)$ в одинарный ряд с более простой (по сравнению с (6)) структурой входящих в него членов. С технической точки зрения организация вычислений ряда (9) намного проще, нежели для ряда (6), поскольку при программировании задачи для многочленов вида $(t - t_i)^{p+1}$ гораздо удобнее использовать схему вложенных умножений.

Вычисление интеграла (5) связано с характером внешнего воздействия. Рассмотрим действие кратковременной нагрузки по синусоидальному закону $P(t) = \sin \theta t \cdot P_0$, где $\theta = E\pi/t_a$, E – единичная матрица, t_a – время действия нагрузки; P_0 – вектор амплитуд внешних сил. Тогда из (5)

$$\psi_k(t) = I_k(t)P_0, \quad I_k(t) = \int_{t_i}^t \Phi_k^T(t-\tau) \sin(\theta\tau) d\tau. \quad (10)$$

Техника вычисления интеграла $I_k(t)$ изложена в [4] и сводится к исследованию непрерывного уравнения Сильвестра ($t \in [t_i, t_{i+1}]$ ($i = 0, 1, \dots$))

$$(S_k^T)^2 I_k(t) + I_k(t)\theta^2 = F_k(t), \quad (11)$$

правая часть которого определяется выражением

$$F_k(t) = \Phi_k^T(t-t_i)[S_k^T \sin\theta t_i + \theta \cos\theta t_i] - [S_k^T \sin\theta t + \theta \cos\theta t].$$

Здесь матрицы S_k ($k = 1, 2$) являются постоянными величинами на интервале времени $t \in [t_i, t_{i+1}]$. Для скалярной матрицы θ из (11) вытекает обычное матричное линейное уравнение

$$[(S_k^T)^2 + \theta^2]I_k(t) = I_k(t)[(S_k^T)^2 + \theta^2] = F_k(t),$$

из которого непосредственно следует

$$I_k(t) = [(S_k^T)^2 + \theta^2]^{-1}F_k(t) = F_k(t) [(S_k^T)^2 + \theta^2]^{-1}.$$

Пример расчета

Рассмотрим пример упругопластических колебаний 3-этажного каркасного здания с металлическими колоннами и железобетонными перекрытиями, находящегося под действием кратковременной нагрузки большой интенсивности синусоидальной формы $P(t) = \sin(E\pi t/t_a)P_0$, где $t_a = 0,8$ с – продолжительность импульсной нагрузки. Вектор амплитуд динамических сил равен $P_0 = [250, 30, 170]^T$ (кН). Расчетная схема здания имеет вид свдвиговой модели (рис. 1), согласно которой ригели считаются абсолютно твердыми (заключающими в себе массы этажей) и жестко соединенными с невесомыми колоннами. Поперечные сечения колонн (сталь С255) нижнего этажа – сквозные, верхних этажей – сплошные.

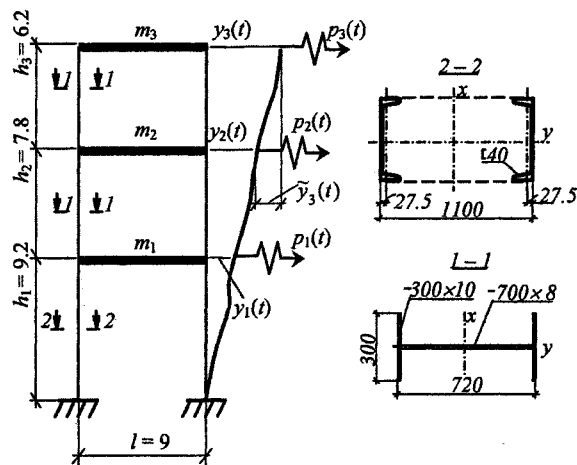


Рис. 1. Расчетная схема 3-этажного каркасного здания

На основе инерционных и жесткостных характеристик конструкции сформированы следующие матрицы: $M = \text{diag}(2,97, 2,97, 2,1)$ (кНс²/см),

$$K = \begin{bmatrix} 289,96 & -99,62 & 0 \\ -99,62 & 297,97 & -198,36 \\ 0 & -198,36 & 198,36 \end{bmatrix} \text{ (кН/см)},$$

$$C = \begin{bmatrix} 93,88 & -32,04 & 0 \\ -32,04 & 95,17 & -64,16 \\ 0 & -64,16 & 64,97 \end{bmatrix} \cdot 10^{-2} \text{ (кНс/см)}.$$

Демпфирование является неоднородным и учитывается по модели [4]: $C = (KT + TK)/2$, где $T = \text{diag}(t_1, t_2, t_3)$; $t_i = (\delta/\pi)(m_i/r_{ii})^{0,5}$, m_i, r_{ii} – диагональные элементы матриц T, M, K ; $\delta = 0,1$ – логарифмический декремент колебаний.

Значения предельно упругих перемещений концов колонн по этажам здания составили $\tilde{Y}_0 = [1,57, 1,72, 1,09]^T$ см. Вследствие высокой скорости деформирования ($\dot{\epsilon} = 3 \cdot 10^{-3} > 10^{-4} \text{ с}^{-1}$), реакция системы на интервале $t \in [0, t_a]$ вычислялась с учетом изменения прочностных свойств материала. Превышение динамического предела текучести [2] над статическим обусловило возрастание предельно упругих перемещений на активном участке нагружения на 5 %.

Численная реализация упругопластической задачи проводилась в универсальной математической системе MatLab. Шаг временного анализа был принят $\Delta t = 0,01$ с. При поиске критических временных точек минимальный шаг доходил до 10^{-7} с. Основные этапы временного анализа по вычислению параметров неупругой реакции приведены в табл. 1–3.

Табл. 1 содержит информацию о времени образования и закрытия пластических шарниров в несущих элементах этажей здания, включая повторную текучесть и разгрузку в колоннах второго этажа (см. второй полуцикл диаграммы деформирования на рис. 2).

Таблица 1

№№ этажей здания	Начало текучести $t_f, \text{с}$		Начало разгрузки $t_r, \text{с}$	
	1-й п/ц	2-й п/ц	1-й п/ц	2-й п/ц
1	0,4235	0	0,8548	0
2	0,6039	2,1113	1,1570	2,1174
3	0	0	0	0

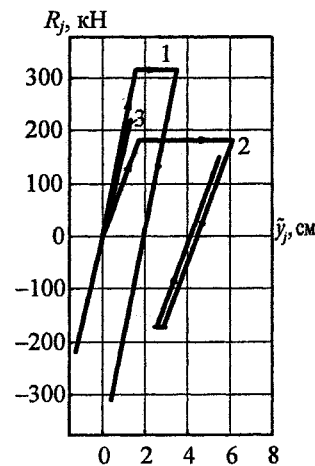


Рис. 2. Диаграммы деформирования «восстанавливающая сила – относительное перемещение» конструктивных элементов этажей здания

Теория расчета строительных конструкций

В табл. 2 представлены значения максимальных относительных перемещений каждого этажа здания (вектор \tilde{Y}_{\max}), остаточных относительных и абсолютных перемещений (векторы $\tilde{Y}^* = \tilde{Y}_{\max} - Y_0$, Y^*), накопленных в процессе реагирования системы.

В табл. 3 дана некоторая информация о промежуточных состояниях квазиупругой системы на интервалах $t \in [t_i, t_{i+1}]$ (переходы из одного промежуточного состояния в другое происходят в моменты времени t_i).

На диаграмме «восстанавливающая сила – относительное перемещение» (рис. 2) изображены жесткости этажей конструкции в упругопластической стадии. Причем диаграмма деформирования 2-го этажа состоит из двух полуциклов, каждый из которых содержит площадку текучести. Первый полуцикл диаграммы построен при динамическом предельно упругом перемещении, равном $y_{02} = 1,05 \cdot 1,72 = 1,806$ см, так как начало текучести ($t_2 = 0,6039$ с) по времени оказалось в активной зоне нагружения. Высота площадки текучести соответствует предельному значению восстанавливающей силы $R_{02} = 179,9$ кН. Второй полуцикл построен при $R_{02} = -171,3$ кН и статическом пре-

дельно упругом перемещении $y_{02} = 1,72$ см, поскольку начало текучести по времени ($t_5 = 2,1113$ с) относится к этапу свободных колебаний здания. Вследствие необратимых деформаций колебания этажей происходят со смещением относительно первоначального недеформированного положения здания.

На рис. 3 приведены осциллограммы параметров неупругой реакции здания при нестационарном процессе от импульсного воздействия. Колебания второго этажа совершаются с учетом гистерезисного характера диаграммы деформирования (рис. 3 а). Движение этажа на отрезке времени $t \in [0, 1,492$ с] соответствует первому полуциклу диаграммы. Асимптоты a_1 , b_1 на графиках фиксируют уровень остаточных смещений (абсолютный и относительный), устанавливающий новое положение равновесия этажа при его колебаниях. Начиная с момента времени t_6 , происходит понижение этого уровня на величину $0,00653$ см (асимптоты a_2 , b_2) вследствие разгрузки и смены знака пластических деформаций при реализации второго полуцикла диаграммы деформирования ($t > 1,492$ с). При $t = t_3$ абсолютные перемещения второго (и третьего) этажа возрастают на величину

Таблица 2

№№ этажей здания	Наибольшие перемещения \tilde{Y}_{\max} , см	Относительные и абсолютные остаточные перемещения в k -х полуциклах диаграмм деформирования					
		\tilde{Y}^* , см			Y^* , см		
		1-й п/ц	2-й п/ц	за оба п/ц	1-й п/ц	2-й п/ц	за оба п/ц
1	3,5662	1,9177	0	1,9177	1,9177	0	1,9177
2	6,2685	4,4626	-0,0065	4,4560	6,3803	-0,0065	6,3737
3	< 1,1445	0	0	0	6,3803	-0,0065	6,3737

Таблица 3

Параметры реакции	j	Время t_i (с) начала открытия или закрытия пластических шарниров						
		$t_1=0,4235$	$t_2=0,6039$	$t_a=0,8000$	$t_3=0,8548$	$t_4=1,1570$	$t_5=2,1113$	$t_6=2,1174$
$\tilde{Y} = (\tilde{y}_j)$, см	1	1,6485	2,4953	3,4223	3,4877	2,4418	1,3901	1,4108
	2	0,0778	1,8060	3,5129	4,1001	6,1826	2,7425	2,7360
	3	0,4853	0,5805	0,6604	0,4130	0,5814	-0,3579	-0,3580
$\dot{\tilde{Y}} = (\dot{\tilde{y}}_j)$, см/с	1	5,2486	5,1660	2,3943	0	-3,2352	3,9375	2,8848
	2	7,3361	9,1227	10,1631	11,1249	0	-2,1533	0,0036
	3	-0,5868	2,3307	-3,6806	-4,9809	3,6847	0,4419	-0,4571
$Y_0 = (y_{0j})$, см	1	1,6485	2,4953	3,4223	3,4877	2,4418	1,3901	1,4108
	2	1,7263	4,3013	6,9352	7,5878	8,6244	4,1326	4,1468
	3	2,2116	4,8818	7,5955	8,0008	9,2058	3,7747	3,7889
$\dot{Y}_0 = (\dot{y}_{0j})$, см/с	1	5,2486	5,1660	2,3943	0	-3,2352	3,9375	2,8848
	2	12,5847	14,2887	12,5574	11,1249	-3,2352	1,7842	2,8883
	3	11,9979	16,6194	8,8768	6,1440	0,4495	2,2261	2,4312
R_0 , кН	1	313,778	133,869	133,869	-179,909	0	171,341	0
	2	0	179,909	179,909	179,909	0	-171,341	0
	3	0	0	0	0	0	0	0
R^* , кН	1	0	0	0	365,012	-79,536	-79,536	-78,885
	2	0	0	0	0	444,548	444,548	443,897
	3	0	0	0	0	0	0	0

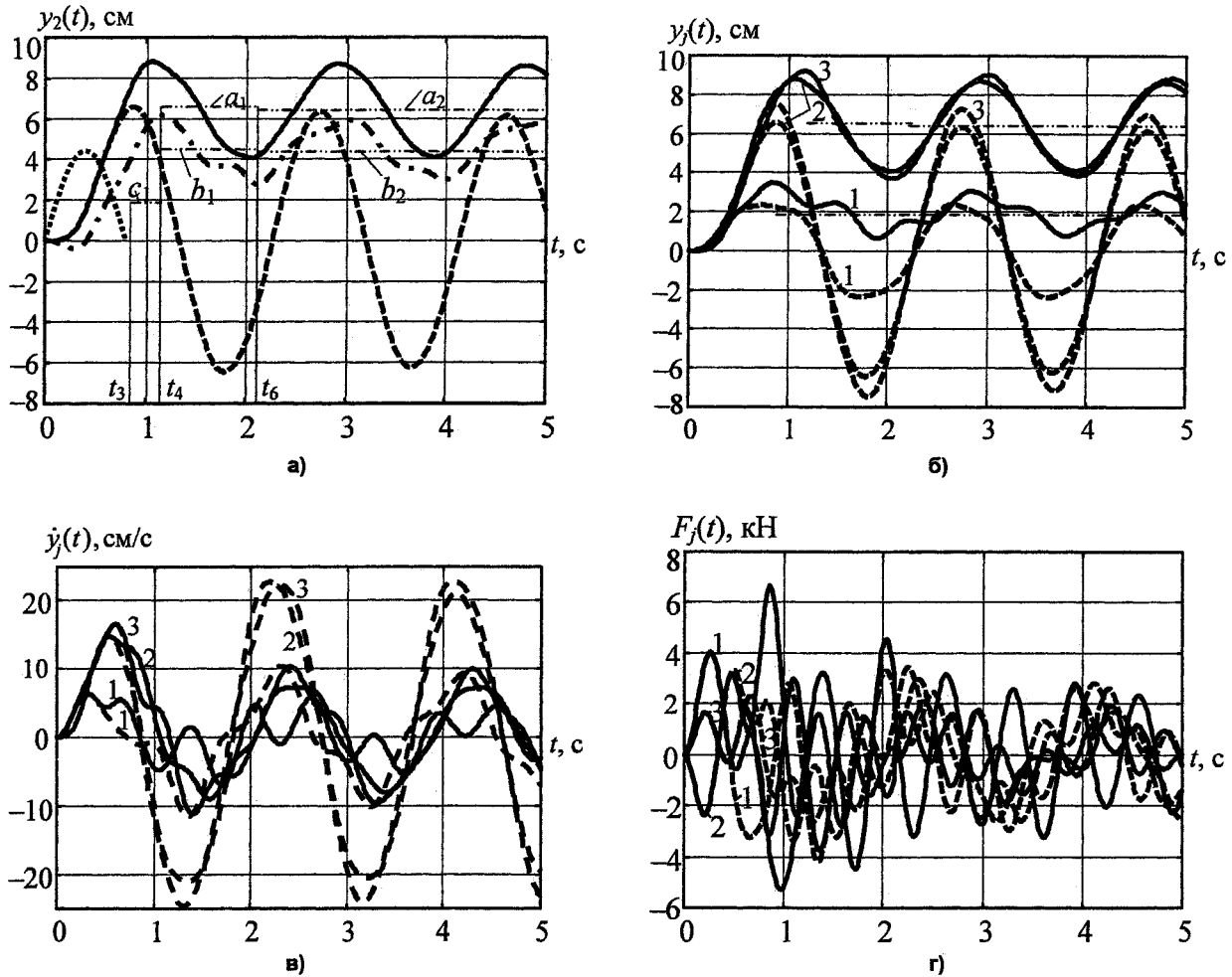


Рис. 3. Осциллограммы параметров упругопластической реакции каркасного здания (цифры на графиках – номера этажей; пунктир – упругая реакция здания): а – перемещений 2-го этажа (сплошная линия – абсолютные; штрихпунктир – относительные; точки – статические перемещения); б – перемещений всех этажей; в – скоростей; г – диссипативных сил

1,9177 см. Это вызвано развитием и последующим накоплением пластических деформаций в концевых сечениях колонн первого этажа (асимптота c_1).

Более общую картину упругопластической работы этажей конструкции иллюстрируют осциллограммы перемещений (рис. 3б), скоростей (рис. 3в) и сил внутреннего трения (рис. 3г).

Экстремальные пики на осциллограмме диссипативных сил образуются в моменты времени, соответствующие появлению текучести. При этом наибольшие значения силы (положительная $F_2 = 6,65$ кН при $t = 0,86$ с и отрицательная $F_1 = -5,26$ кН при $t = 0,98$ с) приходятся на интервал текучести $t \in [t_2, t_4]$, когда происходит рост пластических деформаций в колоннах второго этажа.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности метода временного анализа в задаче колебаний конструк-

ций с учетом вязких и пластических свойств материала при нестационарных воздействиях.

Литература

1. Гольденблат И.И., Николаенко Н.А. Расчет конструкций на действие сейсмических и импульсивных сил. – М.: Гостройиздат, 1961. – 320 с.
2. Попов Н.Н., Расторгуев Б.С. Динамический расчет железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 1974. – 208 с.
3. Чернов Ю.Т. Исследование нелинейных систем при кратковременных динамических воздействиях // Строительная механика и расчет сооружений. – 1982, № 3. – С. 35–40.
4. Потапов А.Н. Динамический анализ дискретных диссипативных систем при нестационарных воздействиях. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 167 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСАДОК И КОЭФФИЦИЕНТОВ ЖЕСТКОСТИ ПРИ РАСЧЕТЕ ФУНДАМЕНТОВ НА НЕОДНОРОДНОМ ОСНОВАНИИ

В.И. Соломин

Предложен алгоритм расчета осадок и коэффициентов жесткости неоднородных грунтовых оснований. Алгоритм нашел применение при проектировании ряда построенных сооружений.

Характерной чертой строительных площадок на Урале является неоднородность грунтовых напластований в плане фундамента и по глубине основания. Наиболее сильно это проявляется в условиях элювиальных грунтов, когда в пределах «пятна» фундамента могут соседствовать выходы скальных пород и «карманы», заполненные рыхлыми грунтами.

Однако, этот фактор, особенно важный при расчете осадок большемерных (плитных или плитно-свайных фундаментов), не нашел отражения в формулах, содержащихся в Нормах [1] и [2], поскольку они учитывают неоднородность основания только по глубине.

С целью преодолеть этот недостаток автором разработан алгоритм, который излагается ниже.

Площадь подошвы фундамента (A) по инженерно-геологическим условиям разбивается на участки с площадями (A_i), где i – номер участка. В плане участка основание считается однородным

По СНиП 2.02.01-83 или по СП 50-101-2004 определяются осадки основания на каждом участке (S_i^0) от равномерно распределенной нагрузки единичной интенсивности. При этом считается, что каждый участок имеет форму квадрата, с площадью равной площади плиты (A).

Таким образом, определяются коэффициенты жесткости (их часто называют «коэффициентами постели») основания в пределах каждого участка

$$K_i^0 = 1/S_i^0.$$

Эти коэффициенты учитывают неоднородность основания в плане и по глубине. Знания K_i^0 достаточно, чтобы, выполнив расчет, найти усилия в плите, осадки и крены здания.

Если необходимо учесть распределительную способность основания, предлагается дополнительно к сказанному обратиться к модели упругого слоя (см., например, [3]).

Для этого вычисляются средние по площади плиты:

– значение коэффициентов жесткости

$$K_{\text{ср}}^0 = 1/A \sum K_i^0 A_i;$$

– толщина слоя

$$H_{\text{ср}} = 1/A \sum H_i A_i;$$

– модуль деформации и коэффициент Пуассона материала слоя

$$E_{\text{ср}} = 1/A \sum E_i A_i, \quad \mu_{\text{ср}} = 1/A \sum \mu_i A_i.$$

Далее выполняется следующая процедура:

– рассчитывается плита с учетом жесткости верхнего строения на основании с коэффициентом жесткости $K_{\text{ср}}^0$;

– определяются реактивные давления в узлах сетки, нанесенной на плиту – $p_{ij}^{(1)}$;

– поверхность слоя загружается давлениями $p_{ij}^{(1)}$ и определяются осадки слоя $w_{ij}^{(1)}$;

– находят новые значения коэффициентов жесткости $k_{ij}^{(1)} = p_{ij}^{(1)} / w_{ij}^{(1)}$;

– снова рассчитывается плита на основании с коэффициентами жесткости $k_{ij}^{(1)}$.

Процедура продолжается, пока разница в осадках плиты и слоя не станет остаточной малой. Практика показала, что для этого достаточно 6–8 приближений. В результате получаем осадки $w_{ij}^{(n)}$ и коэффициенты жесткости $k_{ij}^{(n)} = 1/w_{ij}^{(n)}$.

Чтобы устранить противоречие между осадками слоя и осадками, вычисленными по Нормах, введем поправочный коэффициент

$$\alpha = S_{\text{ср}} / w_{\text{ср}}^{(n)},$$

где $S_{\text{ср}} = 1/A \sum A_i / A$.

Для того чтобы учесть неоднородность основания, введем коэффициенты неоднородности

$$\alpha_i = S_{\text{ср}} / S_i^0.$$

Окончательно получаем

$$w_{ij} = S_{ij} = \alpha \cdot \alpha_i w_{ij}^{\text{ср}}, \quad k_{ij} = 1/w_{ij}.$$

При расчете плитно-свайных фундаментов в узлах плиты (kl), где расположены сваи, коэффициенты жесткости k_{kl} вычисляются по формуле

$$k_{kl} = 1/w_{kl} + 1/w_{p,kl},$$

где $w_{p,kl}$ – осадка сваи при единичной нагрузке.

Если для выравнивания осадок плиты необходима группа свай, в узлах (sm), где они расположены, коэффициенты жесткости k_{sm} определяются по формуле

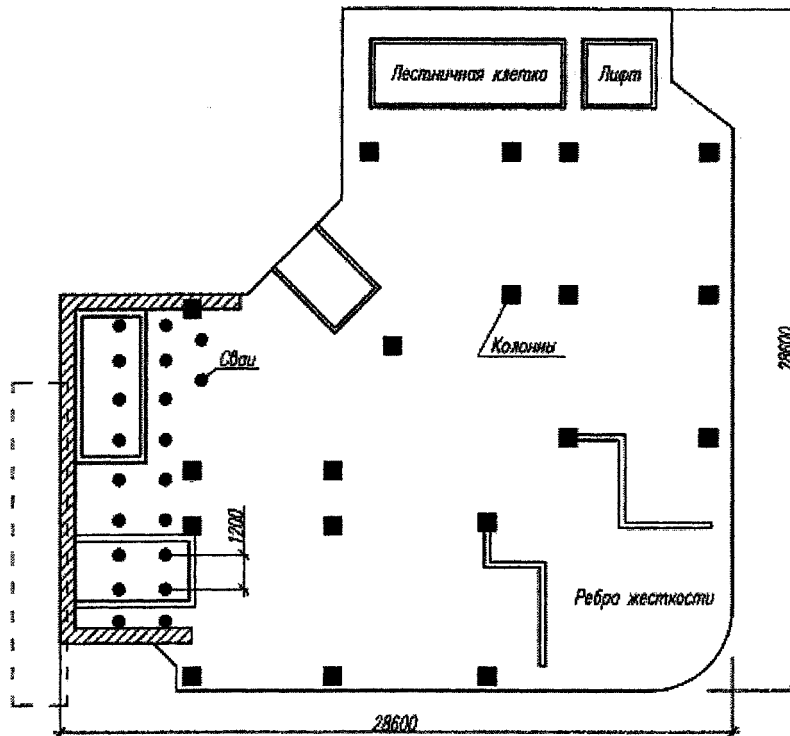
$$k_{sm} = 1/w_{sm} + 1/w_{p,sm}$$

где $w_{p,sm}$ – осадка, определяемая по формуле осадки свайного ростверка от единичной нагрузки, умноженная на количество свай, составляющих ростверк.

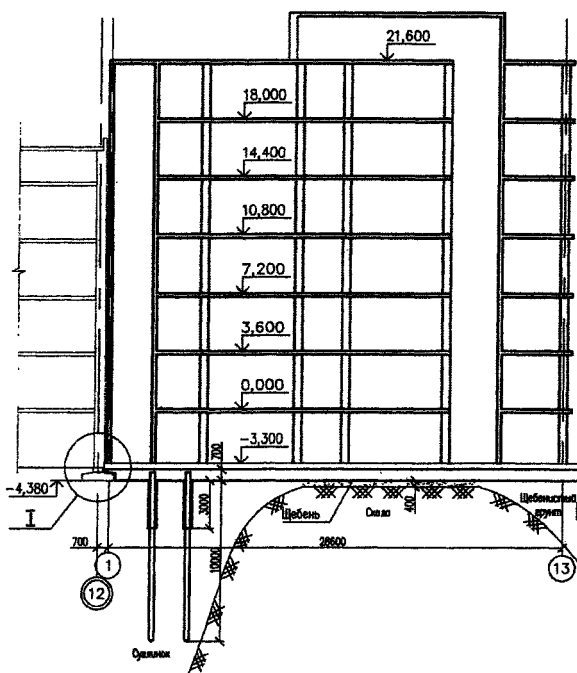
Когда коэффициенты k_{ij} , k_{kl} , k_{sm} найдены, можно определять усилия во всех элементах здания, рассматривая его как единую конструкцию. В рамках такой расчетной схемы определяются: осадки и крены здания, а также усилия в фундаменте и несущих конструкциях надземной части.

В разработке Программы вычисления осадок неоднородного основания для РС IBM в разное время принимали участие А.С. Сытник, Е.Ю. Казанцев, А.Ю. Рыжков. Эта Программа, сервис которой ориентирован на локального пользователя, находит применение при проектировании главным образом многоэтажных каркасных зданий.

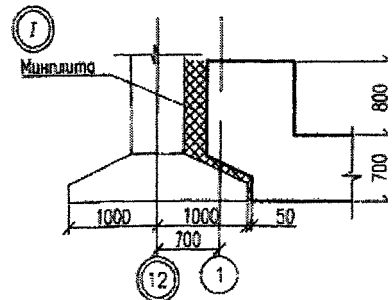
В качестве примера приводятся результаты расчета и проектирования фундаментной плиты административного здания, построенного в г. Снежинске Челябинской области.



Фундаментная плита и узел примыкания к существующему зданию



Разрез здания



Теория расчета строительных конструкций

Грунтовые условия участка застройки оказались довольно сложными, что видно по рисункам. Определенные трудности возникли и в связи с тем, что проектируемое здание вплотную примыкало к существующему шестиэтажному кирпичному дому.

Здание имеет семь этажей, монолитное, каркасное с безбалочными перекрытиями. Неоднородность грунтов основания и необходимость предотвратить деформации существующего здания диктовали жесткие требования к величине и равномерности осадок. Это было достигнуто применением плитно-свайного фундамента, изображенного на рисунке.

Коэффициенты жесткости основания определены А.Ю. Рыжковым, расчет несущих конструкций, включая плитно-свайный фундамент, выпол-

нен Е.Ю. Казанцевым и А.В. Алешиным при участии автора.

Здание нормально эксплуатируется несколько лет, его деформаций и деформаций примыкающего дома не обнаружено.

Литература

1. СНиП 2.02.01-83*. *Основания зданий и сооружений.*

2. СП 50-101-2004. *Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений.*

3. Соломин В.И., Широков В.Н., Комаров Э.А. *Расчет прямоугольных плит, опирающихся на упругий слой конечной мощности. Основания, фундаменты и механика грунтов.* – 1968, № 4. – С. 34–36.

НОВЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СРЕДНЕЙ И БОЛЬШОЙ ГИБКОСТИ

В.В. Теряник

Проанализированы и обобщены результаты экспериментальных исследований по определению несущей способности внецентренно сжатых колонн средней и большой гибкости. Усовершенствована методика проверки несущей способности внецентренно сжатых колонн из условия прочности и устойчивости с учетом реальных свойств материала.

Известно, что для нормальной эксплуатации конструкций должно соблюдаться общее требование строительных норм [4]

$$\gamma F \leq \Phi \cdot K, \quad (1)$$

где F – фактическая нагрузка на конструкцию в момент обследования, когда выявлены дефекты и повреждения; Φ – несущая способность конструкции без учета повреждений и дефектов, определяемая расчетом из условия прочности и устойчивости по фактическим значениям площадей сечений A_b , A_s и прочности бетона и стали R_b , R_s ; K – коэффициент снижения несущей способности конструкции при наличии дефектов и повреждений, значение которого может быть установлено на основе результатов обследований; γ – коэффициент надежности по материалу.

При практических расчетах условие (1) удобно представить в виде

$$F \leq (1/\gamma)\Phi K. \quad (2)$$

Чтобы правильно решить вопрос, какие элементы конструкции надо усиливать и по какой причине, условие (2) необходимо проверять для каждого элемента конструкции отдельно. Для внецентренно сжатых элементов:

а) из условия прочности

$$M_{\text{факт}} \leq (\gamma_b, \gamma_s) M_{\text{пр}}$$

или

$$N_{\text{факт}} \leq (\gamma_b, \gamma_s) N_{\text{пр}}; \quad (3)$$

б) из условия устойчивости

$$N_{\text{факт}} \leq (\gamma_b, \gamma_s) N_{\text{кр}}, \quad (4)$$

где γ_b , γ_s – коэффициенты надежности по бетону и арматуре.

Как показано в работе [1], для внецентренно сжатых элементов средней и большой гибкости несущая способность при потере устойчивости всегда будет меньше, чем из условия прочности $N_{\text{пр}}$. Однако методика определения $N_{\text{кр}}$ из условия устойчивости для внецентренно сжатых эле-

ментов (колонн) при малых и средних эксцентриситетах e_0 с учетом гибкости λ разработана пока недостаточно. По имеющейся методике расчета бетонных и железобетонных колонн в СНиПе [4] проверка устойчивости выполняется в косвенном виде и приближенно. При этом проектировщики не имеют возможности строгой оценки несущей способности таких колонн из условия устойчивости. А для решения вопроса о необходимости усиления сжатых колонн следует более точно проверять несущую способность их из условия возможной потери устойчивости, особенно это относится к колоннам средней и большой гибкости [2].

Для проверки несущей способности гибких сжатых элементов при $\lambda > 14$ рекомендуется использовать условие [4]

$$N_{\text{рас}} \cdot e_{\text{рас}} \leq [M_{\text{гр}} = R_b A_b \cdot Z_b + R_{sc} A'_s \cdot Z_s], \quad (5)$$

где для прямоугольного сечения с симметричной арматурой A_s и A'

$$e_{\text{рас}} = e_0 \cdot \eta + \left(\frac{h}{2} - a \right); \quad e_0 = \frac{M}{N} + e_a. \quad (6)$$

Здесь η – коэффициент, учитывающий влияние поперечного прогиба колонны на увеличение расчетного момента от N , определяемый по приближенной формуле

$$\eta = 1 / \left(1 - N_{\text{рас}} / N_{\text{кр}} \right), \quad (7)$$

$N_{\text{кр}}$ – условная критическая сила для сжатой колонны, определяемая по обобщенной формуле, учитывающей неупругие свойства сжатого бетона и характер действия нагрузки, учитываемого коэффициентом φ :

$$N_{\text{кр}} = \frac{6,4 E_b}{l_0^2} \left[\frac{J_b}{\varphi_l} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_l / \varphi_p} + 0,1 \right) + \alpha I_s \right], \quad (8)$$

где

$$\alpha = E_s / E_b; \quad \delta_l = e_0 / h \geq (0,5 - 0,01 l_0 / h - 0,01 R_b). \quad (9)$$

Недостатком методики [4] является приближенная формула (7), которая при больших значе-

ниях $N_{рас}$ дает неоправданно большое значение η . Теоретически, при $N_{рас} \rightarrow N_{кр} \rightarrow \eta = \infty$.

Чтобы не было большого перерасхода арматуры, в правой части условия (4) СНиП ограничивают максимальное значение этого коэффициента величиной $\eta_{max} = 2,5$, чему соответствует отношение $N_{рас}/N_{кр} = 0,6$.

В последние годы при строительстве жилых, общественных и промышленных зданий начали широко применяться бетоны повышенной и высокой прочности с прочностью до 800 МПа. Внедрение высокопрочных бетонов в изготовлении несущих каркасов повлекло за собой применение конструкций сжатых колонн меньшего сечения по сравнению с сечениями из обычного бетона. При этом гибкости их возрастают, поэтому возникает опасность потери устойчивости колонн в плоскости эксцентриситета или из плоскости. Таким образом, актуальность разработок по совершенствованию методики проверки устойчивости таких колонн возрастает. При этом важными факторами в решении задачи устойчивости является более точный учет неупругих свойств материала (бетона), расчетных эксцентриситетов $e_{рас}$, а также расчетных длин колонн l_0 , входящих в состав каркаса.

За последние пять лет вопрос совершенствования нормативных рекомендаций поднимался многократно проектировщиками и исследователями. Среди выполненных исследований особо надо отметить натурные эксперименты, выполненные Д.О. Астафьевым [1] и В.С. Бабичем [2].

Исследования Д.О. Астафьева производились на рамном каркасе с гибкостью колонн $\lambda = 80$. Бабич В.С. для экспериментов использовал одиночные колонны гибкостью $\lambda = 95$, варьируя эксцентриситеты приложения продольной силы. Общим выводом экспериментальных исследований является доказательство об исчерпании несущей способности колонн вследствие потери устойчивости первоначальной изогнутой оси колонн при достижении критического значения прогиба. При этом найденные значения $N_{кр}$ близко совпадали с уточненными теоретическими значениями $N_{кр}$, полученными авторами [3, 5, 6]. В работе В.С. Бабича [2] уточняется формула (7) для определения η , но по структуре она остается такой же. В работе Д.О. Астафьева [1] уточняется формула для определения $N_{кр}$ с использованием коэффициента продольного изгиба φ , зависящего от гибкости λ , относительного эксцентриситета $m = e_0 A/W$ и класса бетона. Для прямоугольного сечения $W = bh^2/6$, тогда

$$m = e_0 (bh) \cdot 6/bh^2 = 6e_0/h. \quad (10)$$

Экспериментальные значения $N_{кр}$, полученные В.С. Бабичем, близко совпадают с теоретическими $N_{кр}$, полученными автором [3, 5, 6] из общего условия потери устойчивости 2 рода внецентренно сжатых колонн в виде

$$dN/df = 0, \quad (11)$$

при кубической и квадратной зависимостях « $\sigma - \varepsilon$ » для бетона:

$$\sigma = \alpha_1 \varepsilon - \alpha_3 \varepsilon^3 \quad \text{и} \quad \sigma = \alpha_1 \varepsilon_1 - \alpha_2 \varepsilon^2. \quad (12)$$

Здесь $\alpha_1 = E_b$, $\alpha_3 = E_b/3\varepsilon_{пл}^2$, $\alpha_2 = E_b/2\varepsilon_{пл}$, $\varepsilon_{пл}$ – относительная деформация бетона при напряжении, равном пределу прочности $\sigma_{пл} (R_b)$.

Использованы допущения: учитывается работа только восходящих ветвей диаграммы « $\sigma - \varepsilon$ »; деформация стойки в предельном состоянии по устойчивости происходит по полуволне синусоиды до появления трещин; при выводе основных уравнений используется закон плоских сечений; работа сжатых элементов происходит при малых относительных деформациях ε_1 соответствующих $\sigma = \sigma_{вр}$; при выявлении физико-механических характеристик используются диаграммы одноосного напряженного состояния; рассматривается симметричное сечение колонны (в виде прямоугольника или двутавра с одинаковыми полками).

С учетом принятых допущений для внецентренно сжатой стойки составлены уравнения равновесия

$$N = \int_A \sigma_z dA; \quad M = \frac{E}{\rho} \int_A z dA - \frac{\alpha_3}{\rho^3} \int_A z^3 dA.$$

В результате решения приведенных уравнений получена простая формула для определения $N_{кр}$, в которой впервые поперечные прогибы f внецентренно сжатой стойки учтены более точно по сравнению с [6]:

$$N_{кр} = N_{кр}^y \cdot k_n, \quad (13)$$

где $N_{кр}^y = \pi^2 E_b J_b / l^2$ – в упругой стадии работы бетона; k_n – коэффициент, учитывающий деформацию f внецентренно сжатой стойки с учетом нелинейности материала, значение которого всегда меньше единицы (коэффициент нелинейности); f – поперечный прогиб, определяемый из решения кубического или квадратного уравнения, полученного из условия (12) с учетом выражения $N_{кр}$ по (13).

Доказано, что с увеличением эксцентриситета продольной силы значение коэффициента нелинейности уменьшается. Получены графики зависимости коэффициента нелинейности от поперечного прогиба элемента при различных значениях относительного эксцентриситета и гибкости. Разработана методика решения уравнений по определению поперечных прогибов. Формула (13) может

быть использована для построения кривых равновесных состояний $N_{кр} - f$. Произведена оценка несущей способности сжатых элементов различной гибкости по условиям прочности и устойчивости, в том числе для железобетонных колонн из серии, испытанных Бабиным С.В. и Астафьевым Д.О. при гибкостях $\lambda = 98$ и 78 . Результаты сравнения экспериментальных данных с результатами аналитического расчета, полученными по предлагаемой методике, показали незначительные расхождения в пределах до 5%. Инженерная практика допускает применение расчетов с такой погрешностью.

Таким образом, получена формула для критической продольной силы в сжатом элементе, в которой более точно учитывается геометрическая и физическая нелинейность по сравнению с нормами [4].

Литература

1. Астафьев Д.О. Расчет реконструируемых железобетонных конструкций. – СПб.: СПб гос. архит.-строит. ун-т, 1995. – 158 с.
2. Бабин В.С. Исследование и расчет сжатых элементов с переменными эксцентриситетами по длине // Бетон и железобетон. – 1992. – №10. – С. 12.
3. Раевский А.Н., Теряник В.В. Определение несущей способности внецентренно сжатых элементов средней и большой гибкости по прочности и устойчивости // Известия ТулГУ. Серия «Строительные материалы, конструкции и сооружения». – Вып. 6. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2004. – С. 152–156.
4. СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции. – М.: Госстрой России, 1999. – 75 с.
5. Теряник В.В. О проблеме устойчивости внецентренно сжатых бетонных и железобетонных элементов средней и большой гибкости // Вестн. СамГТУ. Серия «Физико-математические науки». – Вып. 19. – Самара: Изд-во СамГТУ, 2003. – С. 167–169.
6. Теряник В.В. Совершенствование методики определения несущей способности железобетонных колонн из условия прочности и устойчивости // Наука – производству. – 2004. – №8(76). – С. 27–29.

Технология и организация строительного производства

УДК 69.05

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

А.Х. Байбурин

Предлагается методика комплексной оценки качества строительно-монтажных работ, включающая оценку: системы качества строительства; качества технологических процессов; качества возведенных конструкций. Рассматривается реализация методики на примере оценки качества возведения жилых крупнопанельных зданий.

Ввиду отсутствия нормативной методики оценка качества строительно-монтажных работ производится по всей совокупности требований норм на основе единичных показателей качества. При этом используется, главным образом, контроль по альтернативному признаку «соответствует – не соответствует», который не раскрывает неопределенности качества, а лишь фиксирует степень соответствия показателей нормам.

В статье предлагается методика комплексной оценки качества строительно-монтажных работ (рис. 1), включающая оценку: системы качества

строительства; качества технологических процессов; качества возведенных конструкций.

Оценка системы качества участников строительства производится экспертным методом по показателям ГОСТ Р ИСО серии 9000, адаптированным к условиям строительной отрасли [1]. Статистические показатели качества технологических процессов строительно-монтажных работ: уровень бездефектности, точность, стабильность – оцениваются статистическими методами по результатам измерений [2]. Оценка качества возведенных конструкций производится по данным статистическо-

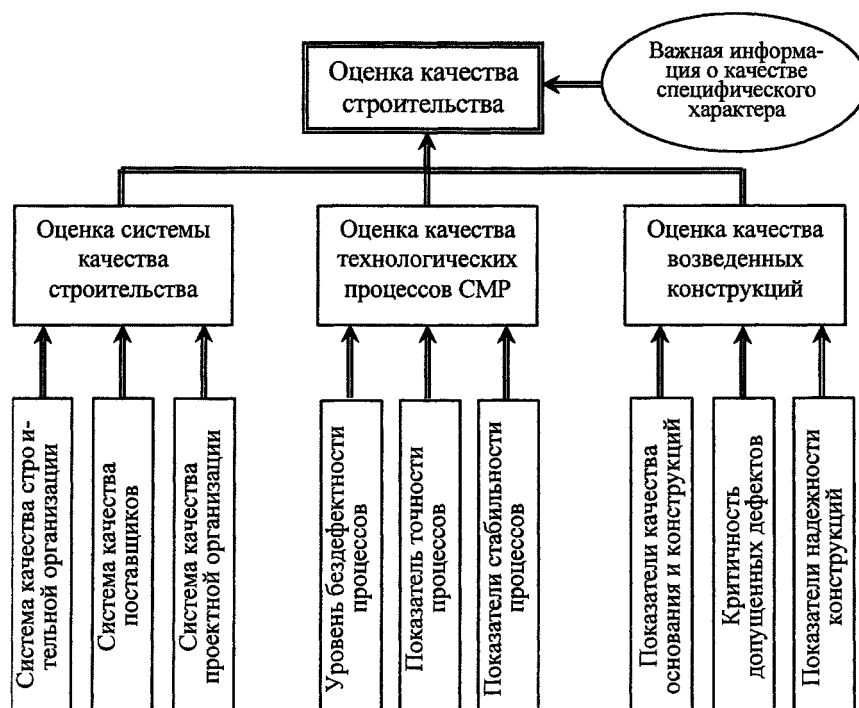


Рис. 1. Структура комплексной оценки качества строительно-монтажных работ

го приемочного контроля, систематизированным в группы показателей по видам конструкций. Кроме того, учитываются результаты оценки критичности дефектов [3], а также показатели надежности и безопасности возведенных конструкций. Последние могут быть рассчитаны для основных несущих конструкций непосредственно по данным статистического контроля качества или приняты по специальным расчетным таблицам [4].

Для принятия решения о качестве может использоваться дополнительная информация (см. рис. 1): отзывы заказчиков и потребителей; предыдущие результаты контроля; данные входного контроля материалов и изделий; сведения о сертификации системы качества и т.д. Эта информация может использоваться по правилам, установленным стороной, осуществляющей оценку, или лицом, принимающим решение.

Комплексный показатель качества СМР вычисляется по формуле:

$$K_{СМР} = [0,3K_{СК} + 0,15(K_{Д} + K_{Т}) + 0,05(K_{Х} + K_{S}) + 0,5(K_{R} + K_{P})] / 1,7, \quad (1)$$

где $K_{СК}$ – показатель, оценивающий систему качества строительства; $K_{Д}$ – показатель бездефектности технологических процессов СМР; $K_{Т}$ – показатель точности процессов; $K_{Х}$, K_{S} – показатели стабильности процессов по отношению соответственно к систематическим и случайным погрешностям (отношение числа стабильных параметров к их общему числу); K_{R} – показатель снижения несущей способности; K_{P} – показатель снижения конструктивной надежности в результате допущенных дефектов.

Коэффициенты весомости в формуле (1) определены методом парных сравнений, реализация которого показана в табл. 1. При этом назначение приоритета одного показателя над другим настолько очевидно, что не требует привлечения экспертов.

Объединив однородные показатели в группы, округляя значение весомости и проведя нормирование умножением на 1,7, получим коэффициенты весомости, указанные в формуле (1).

Преимущества показателя качества (1) обусловлены его комплексностью, количественностью (возможные значения от 0 до 1) и наибольшей чувствительностью к интегральному свойству конструкций в виде надежности, что позволяет обеспечить удобство и достоверность его применения в процедурах управления качеством.

Таблица 1

	$K_{СК}$	$K_{Д}$	$K_{Т}$	$K_{Х}$	K_{S}	K_{R}	K_{P}	$\Sigma+$	Весомость
$K_{СК}$	0	+	+	+	+	-	-	4	0,19
$K_{Д}$	-	0	+	+	+	-	-	3	0,14
$K_{Т}$	-	-	0	+	+	-	-	2	0,10
$K_{Х}$	-	-	-	0	+	-	-	1	0,05
K_{S}	-	-	-	-	0	-	-	0	0
K_{R}	+	+	+	+	+	0	-	5	0,24
K_{P}	+	+	+	+	+	+	0	6	0,28
$\Sigma-$	4	3	2	1	0	5	6	21	1,00

Примечание. Знак «+» означает приоритет одного из построчно оцениваемых показателей.

В зависимости от полученного значения $K_{СМР}$ и вида конструкций качество выполненных СМР предлагается классифицировать по трем категориям (табл. 2).

Граничные значения комплексного показателя $K_{СМР}$ в табл. 2 определены по формуле (1) с учетом оценочных значений частных показателей, обоснованных в [2].

Для смешанных конструктивных систем граничные значения $K_{СМР}$ рекомендуется рассчитывать с учетом относительных объемов конструкций, составляющих конструктивную систему здания или сооружения. Возможна также раздельная оценка основания, фундамента и надземных конструкций с последующим осреднением оценки с учетом весомости групп показателей.

Решающие правила табл. 2 могут быть дополнены в зависимости от целей контроля и оценки качества. Например, независимо от полученного значения $K_{СМР}$ итоговая оценка качества не может быть признана нормальной при неудовлетворительной оценке системы качества строительства или низких показателях надежности возведенных конструкций. При этом указанные показатели рассматриваются как коэффициенты «вето».

Рассмотрим пример оценки качества возведения крупнопанельных зданий по описанной методике. Показатели качества для объединенных выборок по четырем исследованным домам сведены в табл. 3. Для отнесения оценок к категориям качества «нормально» и «неудовлетворительно» используются критерии [2].

В табл. 3 приведены расчетные значения $K_{СМР}$, которые варьируются для исследованных

Таблица 2

Вид конструкций	Оценка комплексного показателя качества		
	нормальная	удовлетворительная	неудовлетворительная
Основания	Более 0,91	0,78...0,91	Менее 0,78
Каменные	- " - 0,89	0,72...0,89	- " - 0,72
Железобетонные	- " - 0,90	0,75...0,90	- " - 0,75
Стальные	- " - 0,91	0,78...0,91	- " - 0,78

Таблица 3

№ дома	$K_{СК}$	$K_{Д}$	$K_{Т}$	$K_{Х}$	K_{S}	K_{R}	K_{P}	$K_{СМР}$
1	0,73	0,52	0,23	0,63	0,50	0,840	0,977	0,763
2	0,69	0,48	0,31	0,54	0,72	0,952	0,992	0,800
3	0,69	0,53	0,18	0,50	0,67	0,829	0,991	0,754
4	0,67	0,47	0,15	0,50	1,00	0,986	0,998	0,801
Средняя оценка	0,70	0,50	0,22	0,54	0,72	0,902	0,990	0,781
Оценка «нормально»	0,75	0,90	1,00	0,75	0,75	0,90	0,99	0,900
Оценка «неудовлетворительно»	0,50	0,75	0,67	0,50	0,50	0,80	0,91	0,746

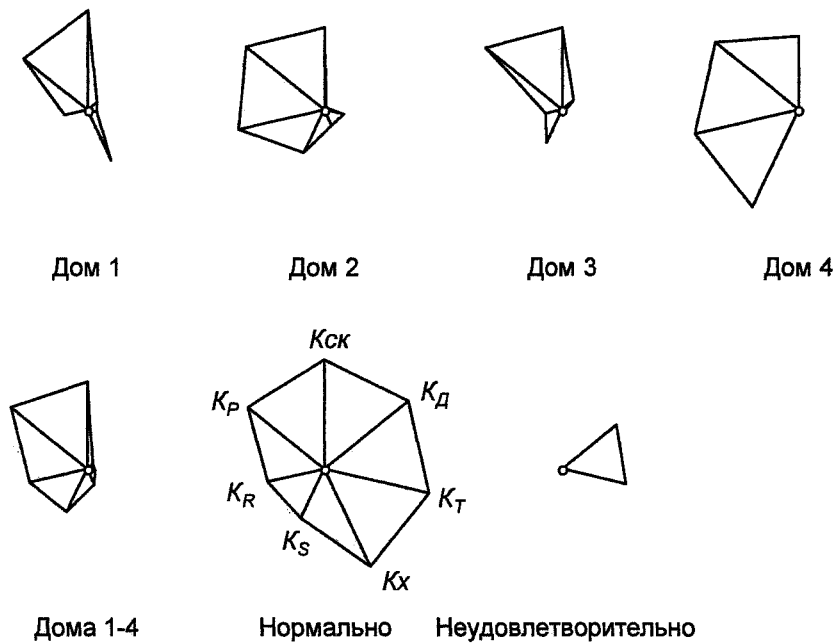


Рис. 2. Профили качества возведения домов: сверху по часовой стрелке отложены относительные значения показателей $K_{СК}$, $K_{Д}$, $K_{Т}$, $K_{Х}$, $K_{С}$, K_{R} , K_{P} ; минимальное значение каждого показателя принято за нуль

зданий в пределах 0,754...0,801. Наибольшая оценка соответствует СМР по возведению дома № 4. Оценка качества возведения всех исследованных зданий соответствует категории «удовлетворительно» (от 0,75 до 0,90, см. табл. 1).

Итоговую оценку качества можно визуализировать при помощи профилей качества (рис. 2), изображающих относительные оценки и позволяющих «на глаз» сравнить качество возведения исследованных объектов. По пиктограммам рис. 2 можно визуально установить, что качество возведения протестированных зданий удовлетворительное, а также ранжировать полученные оценки по относительным площадям профилей качества.

Литература

1. Байбури А.Х., Головнев С.Г. Оценка системы качества строительной организации// Известия вузов. Строительство. – 2001. – № 1. – С. 57–61.
2. Байбури А.Х., Головнев С.Г. Методика статистической оценки качества строительно-монтажных работ// Известия вузов. Строительство. – 2000. – № 5. – С. 85–89.
3. Байбури А.Х. Анализ критичности дефектов возведения жилых зданий// Жилищное строительство. – 2003. – №5. – С. 13–14.
4. Байбури А.Х. Качество возведения крупнопанельных зданий// Жилищное строительство. – 2002. – №10. – С. 10–11.

СЦЕПЛЕНИЕ БЕТОНА В ЗОНЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ШВА

С.Г. Головнев, С.Б. Коваль, М.В. Молодцов

Исследованы характер изменения сцепления бетона при устройстве технологических швов и зависимость его от температуры, а также влияние загрузки бетона в раннем возрасте на конечную прочность бетона шва.

Конструктивные и технологические особенности монолитного домостроения заключаются в том, что бетон стен, работающий преимущественно на сжатие, обжат жесткими элементами опалубки. Это дает возможность использования эффекта «обоймы» при загрузении свежесуложенного бетона в местах контакта с порогами. Эти особенности монолитного домостроения позволяют говорить о необходимости проведения исследований, направленных на определение влияния внешней нагрузки на свежесуложенный бетон, подверженный воздействию отрицательных температур и обжатый жесткой конструктивно неизменяемой опалубкой. Кроме этого, необходимо учитывать то обстоятельство, что свежесуложенный бетон в зоне контакта с порогами уже находится в пригруженном состоянии от действия выше расположенных слоев бетона и, естественно, возникает вопрос о достаточности этого пригружения с точки зрения компенсации негативного влияния отрицательных температур.

со старым бетоном основания в зоне устройства рабочего шва. При устройстве технологического шва, помимо необходимости тщательного снятия цементной пленки, важным технологическим параметром является также температура бетонного основания перед укладкой на него бетонной смеси.

Поэтому задачей проводимых исследований явилось выявление зависимости величины сцепления раннее уложенного бетона с вновь укладываемым бетоном от температуры бетонного основания.

Для исследования прочности рабочего шва изготавливались комбинированные образцы, состоящие из старого и вновь доливаемого бетона. Плоскость контакта бетонов имитировала плоскость рабочего шва в реальных конструкциях.

Эксперимент проводился на трех составах (табл. 1). Для моделирования реальных условий технологии бетонирования в качестве старого бетона, служившего основанием, применялся один состав (состав № 2). А вновь укладываемый бетон,

Таблица 1

Составы для изготовления экспериментальных образцов

№ состава	Класс бетона	R ₂₈ , МПа	Средняя плотность, кг/м ³	Расход материалов на 1 м ³ бетона, кг					В/Ц
				Цемент	Песок	Щебень	Вода	Добавка ЛСТ	
				360	678	1190	212	0,8	
1	B20	26,9	2400	420	619	1190	212	0,9	0,59
2	B25	32,7	2400	500	540	1190	212	1	0,50

При ранних исследованиях влияния раннего нагружения свежесформованного бетона, выдерживаемого при различных температурах, было выявлено, что внешняя нагрузка оказывает положительное влияние при невысоких отрицательных температурах, находящихся в пределах до -10 °С в зависимости от марки бетона [1, 2].

Эти исследования показывают, что в зоне контакта с основанием необходимо учитывать эффект пригружения бетона от собственных выше расположенных слоев бетона при укладке его на неотогретое основание, имеющее невысокую отрицательную температуру.

Однако, помимо непосредственной прочности уложенного бетона, необходимо определение влияния различных технологических параметров на величину сцепления вновь уложенного бетона

являющийся бетоном основной конструкции, выполнялся из различных составов (состав № 1, 2, 3).

Первоначально часть стандартной формы заполнялась бетонной смесью состава № 2, оставляя другую часть свободной. Кроме того, была изготовлена партия образцов размером 100×100×100 мм для определения марочной прочности бетона на сжатие. Изготовленные образцы подвергали уплотнению на виброплощадке в течение 30 секунд. Для устранения влагопотерь в начальный период твердения сразу после уплотнения образцы в формах плотно накрывали стальными крышками с резиновыми прокладками. Далее все образцы помещали в камеру нормального хранения. Образцы для определения марочной прочности бетона на сжатие – на 28 суток, а для изготовления комбинированных образцов – на 72 часа.

Технология и организация строительного производства

Далее бетон, предназначенный для изготовления комбинированных образцов, извлекали из камеры нормального хранения. Из инвентарной металлической формы демонтировались внутренние перегородки, и та грань, к которой должен примыкать доливаемый бетон, обрабатывалась металлической щеткой для улучшения сцепления старого и нового бетона в зоне устраиваемого рабочего шва.

Подготовленный для изготовления комбинированных образцов бетон разбивался на 5 групп для выдерживания его перед доливкой свежей бетонной смеси в заданном температурном режиме:

- первая группа помещалась в морозильную камеру с температурой минус 13 °С;
- вторая – в холодильную камеру с температурой 0 °С;
- третья – в холодильную камеру с температурой +5 °С;
- четвертая – в камеру нормального хранения с температурой +20 °С;
- пятая – в камеру термообработки с температурой +40 °С.

Время термообработки при заданной температуре составляло 6 часов. Температура экспериментальных образцов непрерывно контролировалась хромель-копелевыми термопарами и автоматическим потенциометром.

После 6 часов выдерживания при заданной температуре свободную часть формы заполняли свежеприготовленной бетонной смесью различных составов (см. табл. 1). Кроме того, из того же состава изготавливалась партия образцов размером 100×100×100 мм для определения марочной прочности доливаемого бетона на сжатие.

После формирования комбинированные образцы подвергали уплотнению на виброплощадке в течение 30 секунд и помещались на 28 суток в камеру нормального хранения. Время изготовления образцов составляло не более двух минут на каждый образец. После определенного выдерживания образцов в камере нормального хранения производилась их распалубка.

Поскольку для оценки величины сцепления между ранее и вновь укладываемыми бетонами в технологическом шве нет стандартных методов, исследования проводились по двум ниже приведенным методикам.

Первый метод заключался в определении прочности бетона на сжатие параллельно плоскости рабочего шва, второй – в оценке прочности рабочего шва через прочность бетона на срез.

По первой методике формы размером 100×100×100 мм наполовину заполнялись бетонной смесью состава № 2, оставляя другую часть формы того же размера свободной. Верхняя часть изготовленных таким образом половинок обрабатывалась металлической щеткой и выдерживалась при различных температурах согласно методике проведения эксперимента. После 6 часов термообработки свободную часть формы размером

50×100×100 мм заполняли свежеприготовленной бетонной смесью различных составов (см. табл. 1). Испытываемый образец (кубик размером 100×100×100 мм) представлял комбинацию старого и вновь укладываемого бетона, каждый в виде пластины размером 50×100×100 мм. Окончательный вид приготовленного комбинированного образца после распалубки представлен на рис. 1.

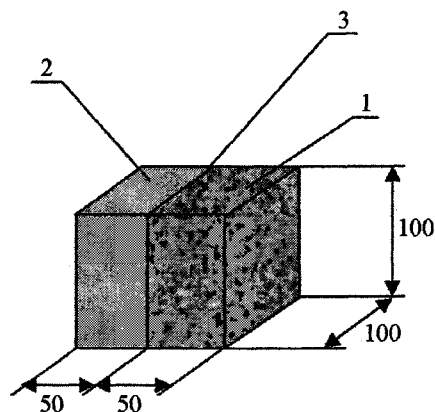


Рис. 1. Образец для испытаний по определению прочности бетона технологического шва на сжатие: 1 – бетон, набравший трехсуточную прочность, имеющий заданную температуру; 2 – вновь доливаемый бетон; 3 – технологический шов

Определение прочности на сжатие комбинированных образцов проводилось после 28 суток нормального хранения на прессе ПСЦ-50. Нагрузка прикладывалась вдоль слоев укладки и плоскости рабочего шва. Схема проведения испытаний по первой методике представлена на рис. 2.

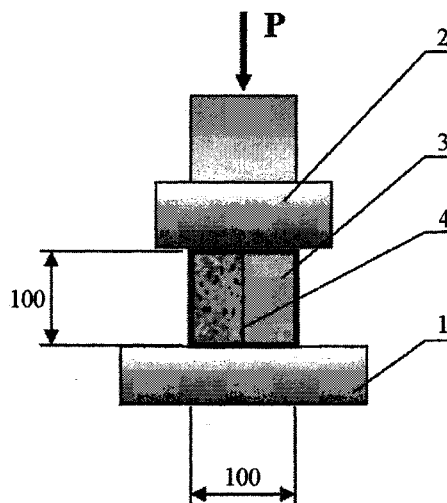


Рис. 2. Схема проведения испытаний бетонного кубика на сжатие в зоне технологического шва: 1 – опорная площадка пресса ПСЦ – 50; 2 – рабочий шток пресса создающий сжимающее усилие; 3 – испытываемый образец; 4 – плоскость рабочего шва

Напряжение сжатия определялось как отношение максимальной нагрузки – P (кг), при которой происходит разрушение образца, к площади рабочего шва – F (см²). Данные испытаний на сжатие представлены в табл. 2.

Таблица 2

Экспериментальные значения прочностей рабочих швов на сжатие

№ эксперимента	Прочность бетона основания R_{28} , МПа	Прочность вновь укладываемого бетона R_{28} , МПа	Прочность шва при различных температурах		
			Температура выдерживания бетона основания, °С	Прочность на сжатие рабочего шва R , МПа	Прочность в % от прочности при t выдерживания +20°С
1	32,7	26,9	-13	23,9	83,28
			0	30,4	105,92
			+5	33,9	118,12
			+20	28,7	100,00
			+40	27,3	95,12
2	32,7	32,7	-13	24,4	81,89
			0	31,6	106,04
			+5	34,6	116,10
			+20	29,8	100,00
			+40	27,8	93,29
3	32,7	38,3	-13	25,35	80,99
			0	33,5	107,03
			+5	35,6	113,73
			+20	31,3	100,00
			+40	28,7	91,69

По второй методике в формах размером $300 \times 100 \times 100$ мм крайние ячейки размером $100 \times 100 \times 100$ мм заполнялись бетонной смесью состава №2, оставляя центральную ячейку того же размера незаполненной. Изготовленные таким образом образцы выдерживались в камере нормального хранения, затем плоскость контакта с вновь укладываемым бетоном обрабатывались металлической щеткой и выдерживались при различных температурах согласно методике проведения эксперимента.

После 6 часов термообработки свободную центральную часть формы размером $100 \times 100 \times 100$ мм заполняли свежеприготовленной бетонной смесью различных составов (см. табл. 1).

Испытываемый образец-балочка (размером $300 \times 100 \times 100$ мм) представлял собой комбинацию старого бетона (по краям) и вновь укладываемого (в центре), каждый в виде кубика размером $100 \times 100 \times 100$ мм. Окончательный вид комбинированных образцов после распалубки представлен на рис. 3.

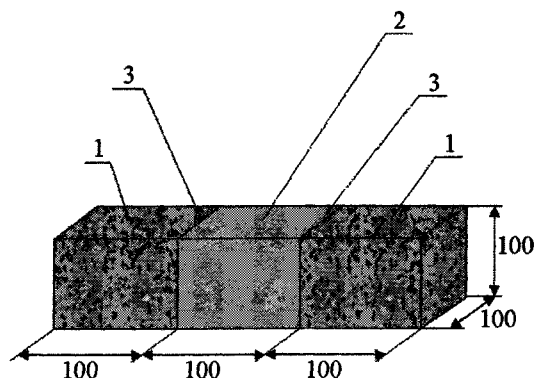


Рис. 3. Образец для испытаний по определению прочности бетона технологического шва на срез: 1 – бетон трехсуточной прочности, имеющий заданную температуру; 2 – свежизготовленный вновь доливаемый бетон; 3 – технологический шов

Определение прочности на срез комбинированных образцов проводилось после 28 суток нормального хранения на прессе П-10. Нагрузка прикладывалась вдоль плоскости рабочего шва. Схема проведения испытаний по второй методике представлена на рис. 4.

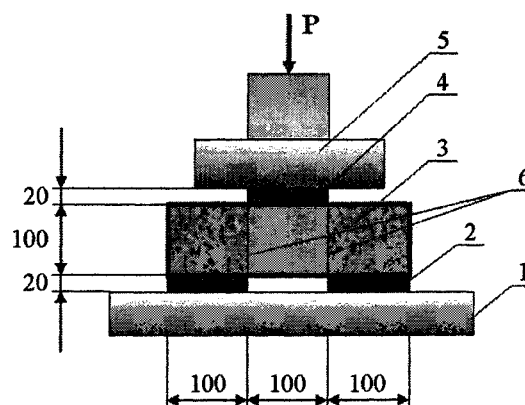


Рис. 4. Схема проведения испытаний бетонной балочки на срез в зоне технологического шва: 1 – опорная площадка пресса П-10; 2 – металлические пластины размером $100 \times 100 \times 20$ мм, закрепленные к опорной площадке; 3 – испытываемый образец-балочка; 4 – металлическая пластина размером $100 \times 100 \times 20$ мм передающая нагрузку на среднюю часть образца; 5 – рабочий шток пресса создающий сжимающее усилие; 6 – плоскости среза

Напряжение среза определялось как отношение максимальной нагрузки – P (кг), при которой происходит разрушение образца, к площади одной плоскости среза – F (см^2), так как разрушение образцов всегда происходило только по одной из плоскостей. Данные испытаний на срез представлены в табл. 3.

Технология и организация строительного производства

Как уже было отмечено ранее, для оценки прочности бетона в технологическом шве нет стандартных методик, поэтому при анализе результатов исследований определялся только характер зависимостей прочностных показателей от температуры.

Для этого за 100 % прочности была принята прочность рабочего шва при температуре выдерживания образцов равной +20 °С (нормальные условия твердения бетона). Величины прочностей при других температурах определялись в процентном отношении от 100 % прочности (см. табл. 2, 3).

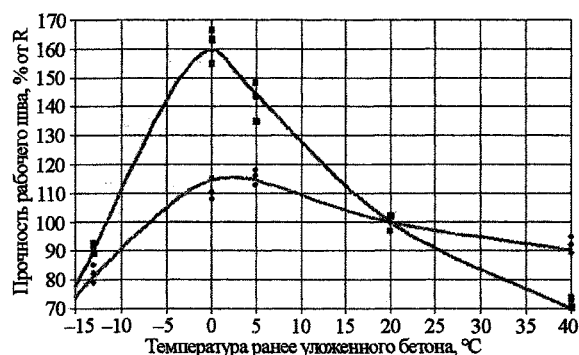


Рис. 5. График зависимости прочности бетона рабочего шва от температуры ранее уложенного бетона, после 28 суток нормального хранения: ■ – прочность на срез; ● – прочность на сжатие

С повышением прочности вновь укладываемого бетона прочность рабочего шва также увели-

чивается, но прирост прочности составляет, в зависимости от температуры, при которой устраивается шов, не более 9 %.

Характер зависимости прочности рабочего шва от температуры для всех экспериментов остается постоянным. Если принять прочность рабочего шва при температуре +20 °С за 100 %, то изменение прочности рабочего шва от температуры представится в виде кривых рис. 5.

Наибольший прирост прочности рабочего шва наблюдается при температурах его устройства близких к 0 °С. Сброс прочности рабочего шва происходит при температурах ниже –10 и выше +20 °С. Это объясняется тем, что при низких отрицательных температурах высока вероятность протекания существенных деструктивных процессов вновь укладываемого бетона, связанных с замерзанием жидкой составляющей. В то время как при температурах выше +20 °С снижается полнота гидратации клинкерного вяжущего в результате уменьшения его активности вследствие образования нерастворимых пленок новообразований вокруг непрореагировавшего цементного ядра.

Литература

1. Саталкин А.В., Сенченко Б.А. *Раннее нагружение бетона и железобетона в мостостроении*. – М.: Автотрансиздат, 1956. – 125 с.
2. Головнев С.Г. *Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов*. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1999. – 156 с.

КРАТКОВРЕМЕННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА

С.Б. Коваль, М.В. Молодцов, С.Г. Головнев

Исследованы характер изменения и зависимость от различных технологических факторов мгновенных деформаций бетона, загруженного первый раз в раннем возрасте, и деформаций в момент его догрузки после твердения под нагрузкой в течение некоторого времени.

В момент приложения внешней нагрузки в конструкциях возникают мгновенные напряжения. В некоторых случаях они могут значительно превосходить расчетные из-за рывков и неточности выполнения монтажных работ. В результате чего, при загрузке монолитных железобетонных конструкций внешней нагрузкой, бетон в начальный момент времени может испытывать значительные деформации. Поэтому одной из основных задач проводимого эксперимента являлась определение скорости нарастания и величины деформаций в момент приложения нагрузки.

Особенно важным моментом проводимого эксперимента явилось не только определение мгновенных деформаций бетона, загруженного первый раз в раннем возрасте, но и исследование его деформаций в момент догрузки после твердения под нагрузкой в течение некоторого времени (в проводимом эксперименте – 10 дней).

Из полученных экспериментальных данных, представленных в таблице, видно, что относительные сжимающие деформации достигают своих максимальных значений в момент приложения к бетону внешней нагрузки. После окончания нагружения деформации продолжают расти с тенденцией «затухания» в течение 5 минут, характеризуя собой кратковременную ползучесть бетона.

Причем в величине полных кратковременных деформаций доли деформаций, возникающих непосредственно в момент загрузки, и кратковременной ползучести отличаются по величине. Зависимость соотношения деформаций, возникающих непосредственно в момент приложения нагрузки, и кратковременной ползучести от номера загрузки и прочности бетона представлены на рис. 1 и 2.

Доля относительных деформаций, возникающих непосредственно в момент приложения нагрузки, несомненно, выше по сравнению с де-

Относительные деформации

№ замеса	№ загрузки	Прочность, МПа	Относительные деформации сжатия, $\epsilon \cdot 10^{-5}$		Полные кратковременные деформации – ϵ_{Σ}
			В момент загрузки – $\epsilon_{\kappa 1}$	Кратковременная ползучесть – $\epsilon_{\kappa 2}$	
С добавкой NaNO_2					
1	1	6,76	14,46	0,67	15,13
	2	8,82	4,25	0,39	4,64
	3	10,78	4,12	0,39	4,51
2	1	5,49	13,58	1,28	14,86
	2	8,82	2,81	0,84	3,65
	3	11,03	3,55	2,25	5,80
3	1	2,35	8,19	0,00	8,19
	2	6,76	8,18	0,26	8,44
	3	8,33	2,64	0,27	2,91
Без добавки					
4	1	7,06	18,88	0,81	19,69
	2	10,78	4,04	0,27	4,31
	3	11,27	2,28	0,004	2,28
5	1	3,36	13,24	0,80	14,04
	2	5,20	2,96	0,26	3,22
	3	6,86	3,36	0,00	3,36
6	1	1,86	9,01	0,83	9,84
	2	3,92	3,17	0,28	3,45
	3	5,88	1,80	0,14	1,94

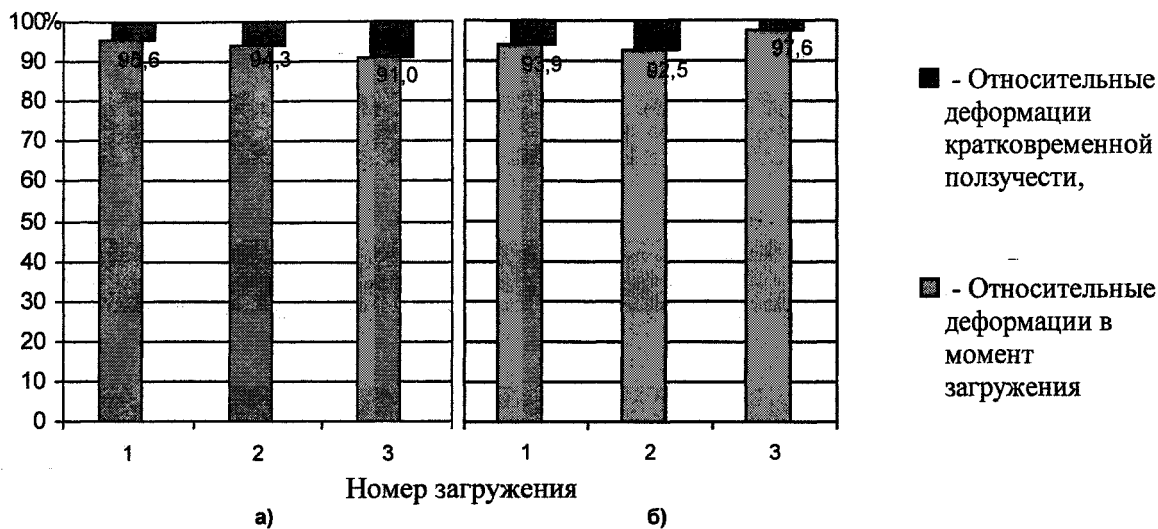


Рис. 1. Соотношение относительных деформаций сжатия, возникающих в момент загрузки и кратковременной ползучести в зависимости от номера загрузки: а – для бетона с добавкой NaNO₂; б – для бетона без добавки NaNO₂

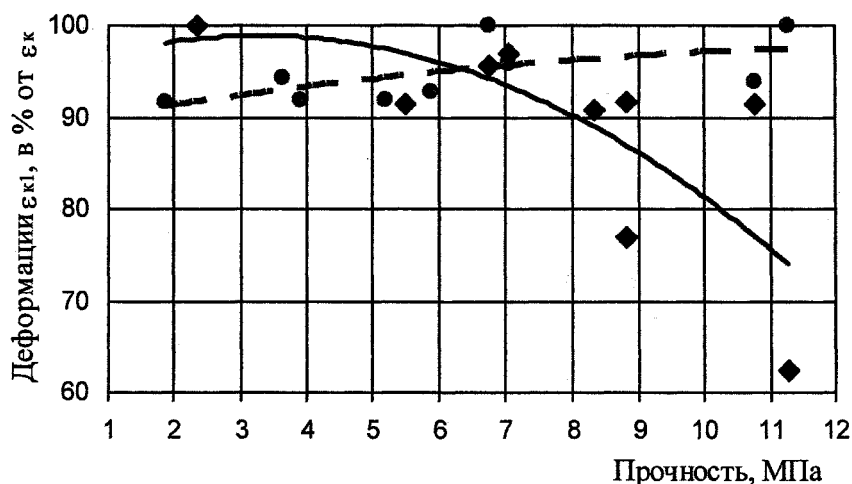


Рис. 2. Соотношение величины относительных деформаций, возникающих в момент загрузки – $\epsilon_{к1}$ в зависимости от прочности бетона: • – бетон без добавки NaNO₂; ♦ – бетон с добавкой NaNO₂

формациями относительной ползучести. Из рис. 1 видно, что номер загрузки не оказывает существенное влияние на изменение соотношения между ними и составляет в среднем 94 % на 6 % соответственно.

В тоже время зависимость соотношения мгновенных деформаций и кратковременной ползучести от прочности в момент загрузки носит более выраженный характер, в особенности для бетонов с добавкой нитрита натрия. Объяснить увеличение доли деформаций кратковременной ползучести с увеличением прочности бетона можно за счет более сформировавшейся при этом структуры бетона.

Несмотря на это, развитие деформаций, возникающих непосредственно в момент приложения нагрузки, более опасно, так как кратковременная ползучесть протекает в течение хоть и небольшого, но промежутка времени. В тоже время величина кратковременной ползучести при любых усло-

виях не превышает значения мгновенных деформаций. В связи с этим необходимо более подробное рассмотрение механизма возникновения мгновенных деформаций и определение их зависимости от различных технологических параметров.

В зависимости от номера загрузки деформации, возникающие в момент загрузки – $\epsilon_{к1}$, при первом загрузении больше по сравнению с деформациями последующих загрузений (рис. 3). В тоже время деформации второго загрузения превышают деформации третьего. То есть, с увеличением номера загрузки величина мгновенных деформаций под действием приложенной нагрузки уменьшается. Это объясняется тем, что в процессе первого загрузения происходят существенное обжатие бетона с созданием более плотной структуры. Кроме этого, перед вторым и третьим загрузениями бетон в течение 10 дней находился под нагрузкой, под действием которой в нем протекали пластические деформации. Откуда очевид-

но, что более интенсивное уплотнение будет наблюдаться на более ранних этапах загрузки – при меньших значениях прочности.

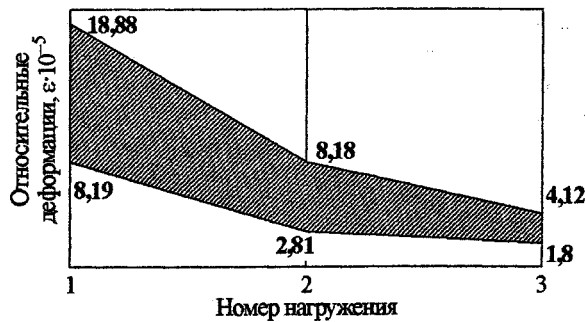


Рис. 3. Область изменения относительных деформаций, возникающих непосредственно в момент загрузки в зависимости от номера загрузки

На величину относительных деформаций, возникающих непосредственно в момент загрузки, помимо номера загрузки оказывает влияние и прочность бетона в момент загрузки. Однако это влияние наиболее наглядно проявляется только в процессе его первого загрузки. Так если принять минимальную прочность первого загрузки и соответствующую ей значение деформации за начало координат, то с процентным увеличением прочности наблюдается прирост деформаций бетона (рис. 4.). Причем, независимо от наличия в его составе противоморозной добавки, эта зависимость носит ярко выраженный линейный характер.



Рис. 4. Превышение относительных деформаций в момент первого загрузки в зависимости от приращения прочности бетона: ■ – бетона без NaNO₂; ● – бетона с NaNO₂

Характер изменения представленной зависимости объясняется тем, что при первом загрузке отсутствовали пластические деформации, возникающие в процессе длительного выдерживания под нагрузкой. При этом бетон с меньшей прочностью меньше деформируется из-за присутствия большого количества свободной влаги, которая препятствует (в отличие от сформировавшейся структуры бетона) развитию деформаций от действия внешних сил. Как показывают ранние иссле-

дования [1], наибольшей сжимаемостью обладает «сухой» цемент. С увеличением содержания жидкой составляющей происходит уменьшение сжимаемости цементного теста.

Из двух выше представленных факторов, влияющих на деформации бетона, возникающие непосредственно в момент приложения нагрузки, наибольшее влияние на величину деформаций оказывает не прочность бетона в момент загрузки, а номер загрузки.

Это же подтверждают данные рис. 5, из которых видно, что в зависимости от номера загрузки величина относительных деформаций бетона, имеющего одну и ту же прочность, может изменяться в несколько раз. В то же время при одном и том же номере загрузки деформации в зависимости от прочности бетона меняются в значительно меньшей степени (см. таблицу).

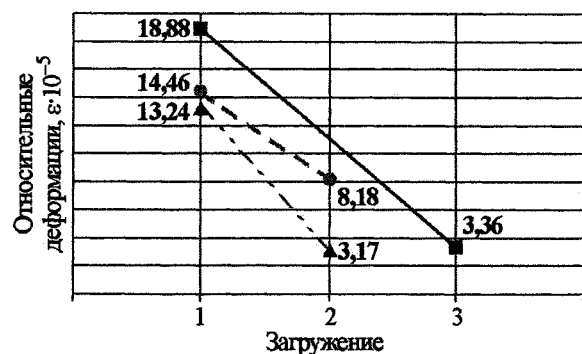


Рис. 5. Деформации, возникающие в момент приложения нагрузки к бетону различной прочности в зависимости от номера загрузки: ■ – прочность бетона 72 кг/см² без NaNO₂; ● – прочность бетона 69 кг/см² с NaNO₂; ▲ – прочность бетона 69 кг/см² без NaNO₂

Общеизвестно, что изменение относительных деформаций в зависимости от величины внешней приложенной нагрузки может приводить как к положительному уплотнению бетона, так и к образованию нежелательных микротрещин, снижающих конечную прочность бетона. Поэтому величину интенсивности нагружения внешней нагрузкой необходимо увеличивать по мере набора прочности бетона [2]. Однако, как показали приведенные выше данные, эта интенсивность загрузки так же должна зависеть и от номера загрузки.

Помимо прочности бетона и номера загрузки на величину деформаций оказывает влияние и наличие в составе бетона различных добавок. Как видно из данных таблицы влияние противоморозной добавки проявляется в должной степени только при первом загрузке бетона, которое представлено на рис. 6.

В процессе второго и третьего загрузок наличие добавки не носит ярко выраженного влияния и может приводить как к увеличению, так и уменьшению относительных деформаций, что объясняется более существенным влиянием других технологических параметров выдерживания

бетона под нагрузкой при реальных температурах наружного воздуха.



Рис. 6. Влияние добавки NaNO_2 на относительные деформации бетона, возникающие в момент первого нагружения: ■ — без добавки NaNO_2 ; ● — с добавкой NaNO_2

Из представленных экспериментальных данных видно, что наличие противоморозной добавки NaNO_2 приводит к уменьшению величины относительных деформаций. Причиной этого может являться то, что данная добавка способствует снижению пористости за счет уменьшения средней крупности пор и увеличения их однородности по объему бетона [3]. А это позволяет получать более плотную структуру бетона, что препятствует увеличению деформаций при влиянии на бетон внешней приложенной нагрузки. Это объяснение также хорошо согласуется с данными представленными на рис. 2. А именно: в результате более плотной структуры бетона с добавкой при увеличении прочности он менее подвержен мгновенным деформациям в момент непосредственного приложения нагрузки. В результате чего доля кратковременной ползучести возрастает.

Таким образом, на величину кратковременных деформаций бетона, выдерживаемого длительное время под нагрузкой и догружаемого в

процессе твердения, оказывают влияние номер загрузки, величина приложенной нагрузки и наличие в составе бетона добавок (в частности противоморозной добавки NaNO_2). Решающим фактором, обеспечивающим наибольшие деформации в момент приложения нагрузки, является номер загрузки. Величина приложенной к бетону нагрузки и наличие добавки оказывает ощутимое влияние только на первом этапе загрузки, когда бетон не подвергнут длительным пластическим деформациям в результате выдерживания под нагрузкой.

Скорость нарастания кратковременных деформаций достигает наибольших значений непосредственно в момент приложения нагрузки. Соотношение величины мгновенных деформаций и кратковременной ползучести увеличивается в пользу последней только с увеличением прочности бетона к моменту загрузки.

Литература

1. Ахвердов И.Н. *Высокопрочный бетон (экспериментальные и теоретические исследования по технологии бетона)*. — М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1961. — 162 с.
2. А.с. 1442618. СССР, Е 04 F 21/20, 1980. *Способ возведения монолитных железобетонных конструкций в зимнее время* / С.Г. Головнев, А.Н. Алабугин, С.Б. Коваль, Н.В. Юнусов (СССР). — № 4068852/29-33; Заявлено 08.09.88; Опубл. 07.12.88, Бюл. № 45, Приоритет 18.02.86. — 2 с.
3. Мягков А.Д. *Совершенствование технологии зимнего бетонирования тонкостенных и малообъемных монолитных конструкций на основе электропрогрева бетона, содержащего противоморозные добавки*: Автореф. дис. ... канд. тех. наук. — М.: ЦНИИОМТП Госстроя СССР, 1983 — 22 с.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДА «ТЕРМОСА», ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ГАРАНТИРОВАННЫЙ НАБОР ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

С.В. Никоноров, А.Х. Байбурун, Н.В. Кнутарева

В статье представлена методика расчета технологических параметров метода «термоса», основанная на вероятностно-статистическом подходе, учитывающая изменения температуры наружного воздуха и скорости ветра, позволяющая обеспечить гарантированный набор прочности бетона. Представлены алгоритм и результаты расчета по предлагаемой методике, а также статистический анализ среднесуточных температур наружного воздуха и скорости ветра зимнего периода в г. Челябинске.

Методы зимнего бетонирования классифицируются на две основные группы: методы «активной» термообработки и методы «пассивной» термообработки. Методы «активной» термообработки обеспечивают набор требуемой прочности бетона при изменении внешних факторов (снижении температуры наружного воздуха, увеличении скорости ветра) за счет изменения параметров термообработки. «Пассивные» методы термообработки (например, метод «термоса») являются нерегулируемыми, так как изменение внешних факторов невозможно компенсировать изменением технологических параметров термообработки бетона. Поэтому для метода «термоса» расчет технологических параметров должен учитывать отклонения внешних факторов от установленных значений.

Для решения поставленной задачи предлагается методика расчета, обеспечивающая гарантированный набор прочности бетона, в которой применяется вероятностно-статистический метод проектирования. Эта методика предусматривает определение расчетного запаса прочности бетона, который зависит от стандартного отклонения прочности бетона к моменту замораживания, и выражается через индекс надежности Z [1]:

$$Z = \frac{R_{\text{сп}} - R_{\text{тр}}}{S}, \quad (1)$$

где $R_{\text{тр}}$ – требуемая прочность бетона к моменту замораживания (гарантированная прочность), МПа; $R_{\text{сп}}$ – средняя прочность бетона к моменту замораживания, которая определяется по методике [2], МПа; S – стандартное отклонение средней прочности бетона к моменту замораживания, МПа.

Стандартное отклонение средней прочности бетона зависит от стандартных отклонений параметров, определяющих прочность бетона к моменту замораживания. К ним относятся температура наружного воздуха и скорость ветра. Стандартное отклонение прочности бетона будет равно [3]:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (k_i \cdot S_i)^2}, \quad (2)$$

где n – количество параметров; k_i – коэффициент влияния i -го параметра на прочность бетона, который равен:

$$k_i = \frac{\partial R}{\partial x_i} \approx \frac{\Delta R}{\Delta x_i} = \frac{R_{\text{сп}} - R_i}{x_i - (x_i - S_i)} = \frac{R_{\text{сп}} - R_i}{S_i}, \quad (3)$$

где R_i – прочность бетона, определяемая с i -м параметром, уменьшенным на его стандартное отклонение $(x_i - S_i)$; x_i – установленное значение i -го параметра; S_i – стандартное отклонение i -го параметра.

Подставляя выражение (3) в выражение (2), стандартное отклонение средней прочности бетона выразится:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (R_{\text{сп}} - R_i)^2}. \quad (4)$$

Исходя из формулы (1) требованием обеспечения заданной прочности бетона является выражение:

$$R_{\text{сп}} \leq R_{\text{тр}} - Z \cdot S. \quad (5)$$

В связи с вышеизложенным предлагается следующий алгоритм расчета:

- задается требуемая прочность бетона к моменту замораживания;
- задается индекс надежности в соответствии с требуемым уровнем бездефектности;
- принимаются значения технологических параметров и внешних факторов и их стандартные отклонения;
- вычисляется средняя прочность бетона к моменту замораживания по принятым значениям технологических параметров и внешних факторов;
- вычисляется стандартное отклонение средней прочности бетона по формуле (4);

Технология и организация строительного производства

– проверяется условие (5), если оно выполняется, расчет заканчивается, если нет, то изменяются технологические параметры и расчет производится сначала.

Для определения средних значений и стандартных отклонений температуры наружного воздуха и скорости ветра в зимний период проведен статистический анализ среднесуточных температур и скоростей ветра зимних периодов (ноябрь – декабрь) 1993–2004 гг. в г. Челябинске по данным Челябинского гидрометеоцентра. Результаты анализа представлены в табл. 1.

В табл. 2 приведены результаты расчета технологических параметров метода «термоса», обеспечивающие гарантированный набор прочности бетона, с требуемой прочностью 40 % от R_{28} и ин-

дексом надежности равным 1,65, что соответствует бездефектности равной 0,95.

Использование предлагаемой методики расчета снижает риск недобора требуемой прочности бетона к моменту замораживания конструкций, выдерживаемых методом «термоса».

Литература

1. Райзер В.Д. Теория надежности в строительном проектировании. – М.: Изд-во АСВ, 1998. – 304 с.
2. Головнев С. Г. Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1999. – 156 с.
3. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. Учебник для вузов. – М.: Юнити, 1998 – 1022 с.

Таблица 1

Средние значения и стандартные отклонения температуры наружного воздуха и скорости ветра в зимний период в г. Челябинске

	Температура наружного воздуха, °С					Скорость ветра в зимний период, м/с
	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	
Среднее значение	-6,8	-11,9	-13,0	-11,7	-5,3	1,5
Стандартное отклонение	7,3	7,2	6,5	7,6	5,4	1,6

Таблица 2

Результаты расчета гарантированной прочности бетона

M_n , м ⁻¹	$R_{оп}$, м ² ·°С/Вт	$T_{нв}$, °С	S_T , °С	V_v , м/с	S_V , м/с	$R_{ср}$, %	S , %	$(R_{ср}-Z\cdot S)$, %
2	0,70	-6,8	7,3	1,5	1,6	70,0	15,5	44,4
2	0,70	-11,7	7,6	1,5	1,6	58,8	11,7	39,4
2	0,70	-13,0	6,5	1,5	1,6	56,4	9,6	40,6
6	1,25	-6,8	7,3	1,5	1,6	68,9	15,2	43,9
6	1,25	-11,7	7,6	1,5	1,6	58,0	11,5	39,0
6	1,25	-13,0	6,5	1,5	1,6	55,6	9,4	40,1

Примечания:

1. M_n – модуль поверхности конструкции; $T_{нв}$, S_T – среднее значение и стандартное отклонение температуры наружного воздуха; V_v , S_V – среднее значение и стандартное отклонение скорости ветра; $T_{бс}$ – температура бетонной смеси; $R_{оп}$ – термическое сопротивление опалубки; $R_{ср}$ – средняя прочность бетона к моменту замораживания, S – стандартное отклонение средней прочности, $(R_{ср}-Z\cdot S)$ – гарантированная прочность бетона.

2. Бетон класса В25, начальная температура бетонной смеси +30 °С, дальность транспортирования бетонной смеси 10 км.

Инженерное оборудование зданий и сооружений

УДК 669.046: 658.52.011.56

ВЫБОР И НАСТРОЙКА АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В.И. Панферов

Рассматривается задача параметрического и структурного синтеза регуляторов. Для типовых объектов управления теплоснабжающих систем приводятся структуры и параметры настройки оптимальных регуляторов. Анализируется проблема устойчивости систем автоматического регулирования.

В литературе известно множество различных способов синтеза систем автоматического регулирования (САР). При этом для расчета САР тепловых процессов наибольшее распространение получили методы работ [1, 2], в которых рекомендуется, в частности, использовать наиболее простой по закону регулятор, обеспечивающий на данном объекте необходимое качество переходного процесса. В то время, когда появилась работа [1], требование простоты было равносильно требованию надежности системы автоматического регулирования, так как регуляторы реализовывались аппаратно. Однако в современных условиях это требование не является определяющим, поскольку утрачена прямая связь закона регулирования с физической структурой регулятора, а, следовательно, и с его надежностью. В настоящее время регуляторы обычно представляют собой виртуальные регулирующие приборы (вследствие реализации их программным способом). Кроме того, наиболее простой регулятор, обеспечивающий заданное качество регулирования, может быть далеко не оптимальным. Дело в том, что требования к качеству переходного процесса, как правило, формулируются в виде максимально допустимых (а не оптимальных) значений некоторых показателей. Вместе с тем, интересно было бы знать, какой регулятор является идеальным или близким к идеальному для данного объекта. При этом будет замечательно, если для ответа на поставленный вопрос удастся привлечь ясные и хорошо понятные соображения и математические выкладки, поскольку приводимые в литературе рекомендации по выбору типа регулятора и его настроек базируются прежде всего на результатах многочисленных вычислительных и натурных экспериментов, а также и на опыте промышленной эксплуатации САР. Как отмечал в свое время академик Воронов А.А., большинство методов синтеза САР являются

«...эмпирическими, не имеющими строгого математического обоснования, но проверенными большим количеством расчетов и опытом построения практических систем» [3, с. 220]. В данной работе рассматривается, на наш взгляд, одно из интересных в указанном смысле решений задачи синтеза.

Очевидно, что идеальной передаточной функцией замкнутой системы по задающему воздействию является передаточная функция вида $W_{зс}(p)=1$ [4]. В этом случае САР абсолютно точно обрабатывает задание, а также полностью исключает влияние возмущений на процесс управления [5]. Однако, как это достаточно хорошо известно научной общественности, добиться такой передаточной функции совершенно невозможно. Поэтому есть смысл попытаться за счет выбора регулятора получить такую передаточную функцию замкнутой системы, которая в определенной мере будет близка к идеальной. Нетрудно видеть, что при малом значении параметра θ следующие передаточные функции близки к 1: $\frac{1}{\theta p+1}$, $e^{-\theta p}$, причем при $\theta \rightarrow 0$ предел этих передаточных функций будет точно равен 1. Кроме того $\frac{1}{\theta p+1} \approx e^{-\theta p}$, т.е. данные передаточные функции приближенно равноценны. Здесь p – оператор преобразования Лапласа. Отметим также, что по данной работе [5] система с передаточной функцией $\frac{1}{\theta p+1}$ является оптимальной по робастности и точности.

Если известна передаточная функция замкнутой САР по заданию $W_{зс}(p)$, то передаточная функция регулятора $W_p(p)$ находится по формуле:

$$W_p(p) = \frac{W_{zc}(p)}{W_{об}(p)[1 - W_{zc}(p)]}, \quad (1)$$

где $W_{об}(p)$ – передаточная функция объекта.

Динамические свойства большинства объектов в системах теплоснабжения описываются следующими передаточными функциями:

$$\frac{1}{T_{об}p} e^{-\tau p}, \quad \frac{k_{об}}{T_{об}p+1} e^{-\tau p}, \quad \frac{k_{об}}{a_2 p^2 + a_1 p + 1} e^{-\tau p},$$

где $k_{об}$, $T_{об}$, τ – соответственно коэффициент передачи, постоянная времени и время запаздывания объекта; a_1, a_2 – коэффициенты дифференциального уравнения объекта. Если для объектов данного типа $W_{zc}(p)$ выбрать в виде $\frac{1}{\theta p + 1}$, то в соответствии с формулой (1) будут получаться физически нереализуемые структуры регуляторов из-за наличия в числителе $W_p(p)$ сомножителя вида $e^{\tau p}$.

Поэтому будем сначала считать, что $W_{zc}(p) = e^{-\tau p}$, т.е. будем считать, что $\theta = \tau$. Такой выбор использовался и в работе [6, с. 81], однако в этой работе решалась несколько иная и частная задача. Кроме того, при вычислениях по формуле (1) будем иметь в виду, что $e^{-\tau p} \approx 1 - \tau p$. Тогда для объекта первого типа получим, что $W_p(p) = \frac{T_{об}}{\tau}$, т.е. близким к идеальному является ПИ-регулятор с коэффициентом передачи $k_p = \frac{T_{об}}{\tau}$. Для объекта второго

типа $W_p(p) = \frac{T_{об}}{k_{об}\tau} \left[1 + \frac{1}{T_{об}p} \right]$, т.е. квазиоптимальным является ПИ-регулятор с коэффициентом передачи $k_p = \frac{T_{об}}{k_{об}\tau}$ и временем интегрирования

$T_{ин} = T_{об}$. Если рассмотреть объект третьего типа, то искомая передаточная функция регулятора будет равна $W_p(p) = \frac{a_1}{k_{об}\tau} \left[1 + \frac{1}{a_1 p} + \frac{a_2}{a_1} p \right]$. Таким образом, в данном случае близким к идеальному является ПИД-регулятор с коэффициентом передачи

$k_p = \frac{a_1}{k_{об}\tau}$, временем интегрирования $T_{ин} = a_1$ и

временем дифференцирования $T_d = \frac{a_2}{a_1}$.

Примечательно то, что полученные настройки достаточно близки к рекомендациям работ [1, 2]. Для объекта второго типа полученные настройки ПИ-регулятора полностью совпадают с настройками работы [2] для переходного процесса с минимальной квадратичной площадью отклонения от идеального результата. Для объекта первого типа

настройка П-регулятора для аperiodического переходного процесса и переходного процесса с 20% перерегулированием в работе [2] отличается от полученной только на постоянный множитель. Для переходного процесса с минимальной квадратичной площадью отклонения настройка П-регулятора в работе [2] отсутствует, причем никаких разъяснений на этот счет не приводится. Для объекта третьего типа в работах [1, 2] вообще нет никаких рекомендаций.

Подчеркнем, однако, что настройки работ [1, 2] определялись с помощью моделирования и по работе на промышленных объектах и являются достаточно проверенными практикой. Вместе с тем, в работах [1, 2] не указывается, как была найдена структура приводимых формул для настройки.

Далее, учитывая данные работы [5], будем считать теперь близкой к идеальной передаточную функцию вида $W_{zc}(p) = \frac{1}{\theta p + 1} e^{-\tau p}$, где θ – достаточно малая постоянная времени. В результате для объекта первого типа получим, что $W_p(p) = \frac{T_{об}}{\tau + \theta}$, т.е. близким к идеальному также является П-регулятор, только его коэффициент передачи будет иметь несколько меньшее значение $k_p = \frac{T_{об}}{\tau + \theta}$. Для

объекта второго типа квазиоптимальным также будет ПИ-регулятор, только его передаточная функция будет иметь вид $W_p(p) = \frac{T_{об}}{k_{об}(\tau + \theta)} \left[1 + \frac{1}{T_{об}p} \right]$. Переда-

точная функция регулятора для объекта третьего типа будет такой $W_p(p) = \frac{a_1}{k_{об}(\tau + \theta)} \left[1 + \frac{1}{a_1 p} + \frac{a_2}{a_1} p \right]$. Та-

ким образом, введение инерционного звена первого порядка в передаточную функцию замкнутой САР во всех случаях привело только к уменьшению коэффициента передачи регуляторов, структуры квазиоптимальных регуляторов при этом не изменились, как не изменились и настройки их интегрирующей и дифференцирующей частей. В принципе такой результат и следовало бы ожидать, так как, как это уже отмечалось выше, переда-

точные функции $\frac{1}{\theta p + 1}$ и $e^{-\theta p}$ приближенно эквивалентны, поэтому соответствующий параметр в настройках регуляторов просто увеличивается.

Следует отметить, что данный подход к решению задачи синтеза (посредством предварительного выбора передаточной функции замкнутой системы) вообще-то известен уже давно. По-видимому, впервые в отечественной литературе идея этого метода достаточно ясно изложена в работе [1, с. 7–8]. Многие методы синтеза САР, в частности, и методы [4] по существу основаны на предварительном выборе желаемой передаточной

функции замкнутой системы. В известной мере этот подход используется даже при выборе желаемой логарифмической амплитудно-частотной характеристики разомкнутой системы [7, 8]. Обсуждаются и используются такие подходы и в настоящее время [5, 9]. Однако непосредственно этот метод в литературе практически не рассматривается, во всяком случае, автору неизвестны работы конкретно с вышеизложенной постановкой и решением задачи синтеза. Вместе с тем, метод достаточно прост и отличается предельной ясностью. Очень важно, что метод приводит к явному формульному решению задачи, дает однозначный ответ на вопрос: какой регулятор следует применить на данном объекте и каковы должны быть его параметры настройки. Последнее замечание достаточно значимо, по крайней мере, в учебных целях, т.к. в литературе по существу нет формализованных процедур, позволяющих однозначно решать задачу синтеза регуляторов. Так, например, в [1, с. 85], в частности, отмечается, что каждый из типовых переходных процессов «...может быть обеспечен любым регулятором непрерывного действия». При этом в работах [1, 2] для любого типового переходного процесса предлагаются настройки любого из типовых регуляторов. Если учесть, что требование простоты закона регулирования в настоящее время уже не является существенным, то следует признать неоднозначность рекомендаций работ [1, 2] по выбору структуры регуляторов в современных условиях. Определенная неоднозначность прослеживается также и в известных процедурах параметрической настройки уже выбранного каким-то образом закона регулирования. Здесь достаточно упомянуть о показателе колебательности M , ведь в работе [8] требуется, чтобы он не превышал значения, равного двум, а в работе [10, с. 59–60] вообще утверждается, что «...обоснованные рекомендации по выбору M устанавливаются на основании опыта эксплуатации каждого класса систем», т.е. уже после проектирования и внедрения САР. Таким образом, рассмотренный метод, на наш взгляд, незаслуженно обделен вниманием. Отметим также, что в результате применения метода получаются структурно устойчивые и астатические САР.

Нетрудно видеть, что во всех рассмотренных случаях передаточная функция разомкнутой системы $W_{pc}(p)$ получается одинаковой и равной

$$W_{pc}(p) = \frac{e^{-\tau p}}{(\theta + \tau)p}, \text{ поэтому передаточная функция}$$

$$\text{замкнутой САР будет равна } W_{sc}(p) = \frac{e^{-\tau p}}{(\theta + \tau)p + e^{-\tau p}}.$$

Отсюда следует, что дифференциальное уравнение замкнутой САР будет иметь вид:

$$(\theta + \tau) \frac{dx}{dt} + x(t - \tau) = U(t - \tau), \quad (2)$$

где x – выходная (регулируемая) величина объекта; U – заданное значение регулируемой величины.

Решая уравнение (2) для единичного ступенчатого воздействия, найдем переходную функцию замкнутой системы. На рис. 1 приведены переходные функции САР для $\tau = 5$ с и различных значений параметра θ : для кривой 1 $\theta = 0$ с; для кривой 2 $\theta = 3$ с; для кривой 3 $\theta = 5$ с; для кривой 4 $\theta = 8$ с.

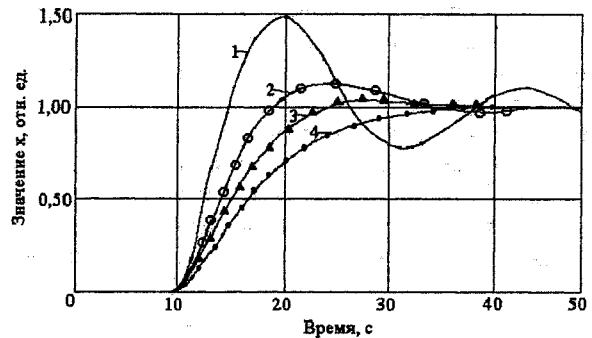


Рис. 1. Переходные функции САР

Как видно из рис. 1 во всех случаях САР устойчивая, причем с увеличением параметра θ колебательность переходной функции уменьшается, переходный процесс все в большей степени приобретает аperiодический характер (демпфированность САР возрастает), причем при $t \rightarrow \infty$ $x \rightarrow 1$, т.е. САР астатическая. При этом очевидно, что во многих случаях за счет выбора параметра θ всегда можно добиться приемлемого качества процесса регулирования.

Используя критерий устойчивости Найквиста для систем с запаздыванием [7], нашли, что критическая частота $\omega_{кр}$ будет равна $\omega_{кр} = \frac{1}{\theta + \tau}$, поэтому условие устойчивости замкнутой САР в общем случае запишется так: $\tau / (\theta + \tau) < \pi / 2$. В нашем же случае всегда $\tau / (\theta + \tau) < 1$, поэтому рассматриваемая САР устойчива.

Справедливости ради, отметим также следующий факт: найденная передаточная функция

$$W_{sc}(p) = \frac{e^{-\tau p}}{(\theta + \tau)p + e^{-\tau p}} \text{ близка по структуре с}$$

рекомендуемой в работе [11] передаточной функцией замкнутой САР, однако этот результат получен автором работы [11] совсем другим, достаточно сложным и не совсем «прозрачным» путем. В другой работе того же автора [12] приводится условие устойчивости систем с такими передаточными функциями, это условие применительно к нашему случаю полностью совпадает с вышеприведенным неравенством. В этой же работе [12] указывается, что если при этом $0 \leq \tau / (\theta + \tau) \leq 0,37$, то переходный процесс в САР монотонный, если $0,37 < \tau / (\theta + \tau) < \pi / 2$ – колебательный затухаю-

щий, при $\tau/(\theta+\tau) > \pi/2$ переходный процесс колебательный расходящийся. Численное моделирование показало также, что область монотонных переходных процессов, выделяемая автором работы [12] неравенством $0 \leq \tau/(\theta+\tau) \leq 0,37$, подтверждается, однако только приближенно.

Следует заметить, что представление динамических свойств реальных объектов управления теплоснабжающих систем приведенными передаточными функциями, как известно, является достаточно приближенным. Неоптимальными могут быть как структура математической модели объекта, так и численные значения ее параметров. Поэтому качество переходных процессов в реальных системах с регуляторами, алгоритмические структуры и настройки которых выбирались вышеизложенным способом, может отличаться от ожидаемого и весь вопрос состоит в том, насколько в каждом конкретном случае будет допустимым это отличие. Сконструированная САР, в частности, может и не удовлетворять такому требованию как робастность. Поэтому приемлемость для практики рассмотренного способа синтеза САР требует достаточно тщательной проверки. Вместе с тем нельзя не упомянуть, что уже частичное одобрение и применение способа можно усмотреть в работах [1, 2], а также в работах [6, 11, 13] и других. В данной же работе ограничимся исследованием того, как точность определения времени запаздывания объекта сказывается на свойствах системы. Выполненные расчеты показали, что если параметры объекта определены точно, то при $\theta=0$ с перерегулирование $\sigma = 49\%$. Если же параметры объекта определены неточно, причем если время запаздывания модели $\tau_{\text{мод}}$ меньше времени запаздывания, имеющего место на реальном объекте, $\tau_{\text{об}}$ то перерегулирование возрастает. Так, например, если $\tau_{\text{мод}} = 4$ с, а $\tau_{\text{об}} = 5$ с, то $\sigma = 72\%$. САР в такой ситуации, когда из-за погрешности параметрической идентификации получилось, что $\tau_{\text{мод}} < \tau_{\text{об}}$, может и потерять устойчивость. В самом деле, если структура математической модели объекта и все ее параметры, кроме времени запаздывания, определены достаточно точно, то во всех рассмотренных случаях передаточная функция разомкнутой системы получается одинаковой и равной

$$W_{\text{рс}}(p) = \frac{\exp(-\tau_{\text{об}}p)}{(\theta + \tau_{\text{мод}})p},$$

поэтому САР будет устойчива лишь при удовлетворении следующего неравенства: $\tau_{\text{об}}/(\theta + \tau_{\text{мод}}) < \pi/2$.

Влияние $\tau_{\text{мод}} > \tau_{\text{об}}$ аналогично увеличению параметра θ , т.е. демпфированность САР возрастает.

Как показал анализ литературных источников, часть вышеприведенных результатов можно найти и в работе [14]. Однако подход работы [14] излишне

усложнен: задача решается методом эвристического конструирования алгоритмической структуры идеальной САР, при этом используются структуры регулятора Ресвика и предиктора Смита. Кроме того, найденная таким образом структура идеального регулятора, как отмечает сам автор [см. 14, с. 240], имеет ряд недостатков. Предложенная процедура решения задачи, на наш взгляд, заметно проще, причем на всех этапах решения получаются структурно устойчивые регуляторы и системы.

Литература

1. Копелович А.П. *Инженерные методы расчета при выборе автоматических регуляторов*. – М.: Металлургиздат, 1960. – 190 с.
2. *Проектирование систем контроля и автоматического регулирования металлургических процессов*/ Г.М. Глинков, В.А. Маковский, С.Л. Лотман, М.Р. Шапировский; Под ред. Г.М. Глинкова. – М.: Металлургия, 1986. – 352 с.
3. Воронов А.А. *Основы теории автоматического управления: Автоматическое регулирование непрерывных линейных систем*. – М.: Энергия, 1980. – 312 с.
4. Фрер Ф., Ортенбургер Ф. *Введение в электронную технику регулирования*. Пер. с нем. – М.: Энергия, 1973. – 190 с.
5. Мань Н.В. *Оптимальный синтез робастной каскадной автоматической системы управления*// *Теплоэнергетика*. – 2000. – № 9. – С. 22–28.
6. Ялышев А.У., Разоренов О.И. *Многофункциональные аналоговые регулирующие устройства автоматики*. – М.: Машиностроение, 1981. – 400 с.
7. *Теория автоматического управления. Ч. 1. Теория линейных систем автоматического управления*/ Под ред. А.А. Воронова. – М.: Высш. школа, 1977. – 304 с.
8. *Теория автоматического управления*/ Под ред. А.В. Нетушила: Учебник для вузов. Изд. 2-е, доп. и перераб. – М.: Высш. школа, 1976. – 400 с.
9. Гончаров В.И., Лиетиньш А.В., Рудницкий В.А. *Синтез робастных регуляторов низкого порядка*// *Изв. РАН. Теория и системы управления*. – 2001. – № 4. – С. 36–43.
10. Кулаков Г.Т. *Инженерные экспресс-методы расчета промышленных систем регулирования: Справ. пособие*. – Минск: Вышэйшая школа, 1984. – 192 с.
11. Сметана А.З. *Методика расчета параметров настройки систем автоматического регулирования теплоэнергетических процессов*// *Теплоэнергетика*. – 2002. – № 10. – С. 40–45.
12. Сметана А.З. *Методика определения передаточной функции линейного динамического объекта по его переходной характеристике*// *Изв. РАН. Энергетика*. – 1998. – № 2. – С. 142–155.
13. Скаржепа В.А., Шелехов К.В., Герасимов А.С. *Тиристорные цифровые регуляторы температуры*. – Киев: Техника, 1979. – 144 с.
14. Лукас В.А. *Теория автоматического управления*. – М.: Недра, 1990. – 416 с.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

В.И. Панферов

Рассматриваются вопросы математического моделирования стационарных и нестационарных тепловых режимов теплопроводов теплоснабжающих систем. Приводятся структуры моделей и их решения для некоторых условий и допущений.

Современные системы теплоснабжения представляют собой сложный комплекс установок и устройств, работа которых характеризуется взаимосвязанностью режимов. Нарушение нормального режима работы в одном из звеньев неизбежно отражается на работе остальных частей системы. Положение осложняется также и тем, что тепловые сети обычно отличаются большой протяженностью и разветвленностью трубопроводных схем: радиусы теплоснабжения достигают 15–20 км, а едиными системами теплоснабжения охватываются крупные промышленные центры и жилые массивы. Нагрузка систем теплоснабжения изменяется как в течение суток и по дням недели, так и в зависимости от температуры наружного воздуха. В указанных условиях надежная и экономичная работа систем теплоснабжения возможна только при применении современных систем автоматизированного управления. К сожалению, применяемые в настоящее время системы управления процессами теплоснабжения достаточно не совершенны, поэтому необходимы разработка и внедрение наиболее эффективных систем с обратной связью по параметрам теплового и гидравлического режимов. Вместе с тем, решение этой крупной проблемы сдерживается, в основном, из-за отсутствия надежного алгоритмического обеспечения таких систем. Известные в литературе модели и алгоритмы содержат в своей структуре ряд серьезных упрощений и допущений, вследствие этого они недостаточно точны и имеют ограниченную область применения. Обычно это аналитические соотношения, полученные еще в 60–70-е годы. При этом, как правило, сами процедуры выбора структуры моделей и алгоритмов, используемых для контроля и управления в темпе с процессом теплоснабжения, и особенно их параметрической настройки являются секретом фирм-разработчиков автоматизированных систем управления (АСУ), такие задачи решаются в большинстве случаев на основе опыта и интуиции, методы решения этих задач в значительной мере относятся к области инженерного искусства, а не к области инженерных знаний. В связи с этим в Южно-Уральском государственном университете (ЮУрГУ) начата

разработка основ структурного синтеза и настройки моделей и алгоритмов применительно к современным системам управления процессами теплоснабжения. В частности, рассмотрена следующая задача. При аварийных ситуациях в системе теплоснабжения возможно отключение некоторых участков теплотрасс. Прекращение же циркуляции теплоносителя в холодный период года может привести к образованию льда на внутренней поверхности теплопроводов и к их разрушению. В связи с этим при управлении процессами теплоснабжения крайне необходимо решить вопрос о компьютерном контроле предельно допустимого времени отключения участков тепловых сетей в зимний период. Для решения этой задачи разработан комплекс математических моделей нестационарного теплообмена теплопроводов [1, 2], их структуры соответствуют физике процессов охлаждения и замерзания отключенных теплопроводов. Модели позволяют учитывать зависимость теплофизических свойств материалов стенки теплопровода от температуры и другие нелинейные соотношения. Численное интегрирование дифференциальных моделей осуществлялось неявным конечно-разностным методом, в частности, после зарождения ледяной фазы температурное поле теплопровода вычисляется по сетке с «подвижными» узлами. Схемы аппроксимации решаются методом прогонки [1, 2].

Вследствие неопределенности коэффициентов теплоотдачи потребовалась настройка моделей на реальный процесс по экспериментальным данным. Разработаны и апробированы различные варианты алгоритмов параметрической идентификации моделей тепловых режимов (как стационарных, так и нестационарных). При этом критерий настройки нестационарных моделей на реальный процесс задавался следующим образом:

$$I(\alpha_B, \alpha_H) = \sum_{i=1}^n |t^{\Delta}(\tau_i) - t^P(\tau_i)|^{\gamma},$$

где α_B , α_H – коэффициенты теплоотдачи для внутренней и внешней поверхностей теплопровода; t^{Δ} , t^P – экспериментальная и расчетная температуры наружной поверхности теплопровода; τ_i –

Инженерное оборудование зданий и сооружений

используемые при идентификации моменты времени; n – число экспериментальных точек; γ – показатель степени.

Экспериментальные данные для задачи параметрической идентификации получали на специальной лабораторной установке [3], а также брали из литературных источников, для поиска минимума критерия идентификации использовался метод покоординатного спуска со встроенным методом золотого сечения.

Для неизолированных отключенных трубопроводов разработали упрощенный алгоритм, позволяющий вычислять коэффициент теплоотдачи для наружной поверхности трубопровода α_H по найденной по экспериментальным данным постоянной времени для процесса охлаждения T . При этом процесс охлаждения теплоносителя представлялся следующим дифференциальным уравнением:

$$T \frac{dt_T}{d\tau} + t_T = t_H,$$

где постоянная времени T в соответствии с физикой процесса определяется по соотношению $T = \rho_T r_B^2 c_T R_L$. Здесь ρ_T , c_T – соответственно плотность и теплоемкость теплоносителя; r_B – внутренний радиус теплопровода; R_L – его линейное термическое сопротивление теплопередаче, t_T , t_H – температуры теплоносителя и окружающей среды соответственно. При решении задачи сначала по экспериментальным данным методом наименьших квадратов отыскивалась постоянная времени T . Затем, используя соотношение $T = \rho_T r_B^2 c_T R_L$, находили R_L . Далее, вспоминая, что R_L по физике процесса теплообмена определяется известным выражением [4] и, учитывая, что для конвективных теплопроводов $\alpha_B \rightarrow \infty$, нашли, что

$$\alpha_H = 1/(2 \cdot r_H) \cdot \left[R_L - \frac{1}{2\lambda} \cdot \ln(r_H/r_B) \right],$$

где r_H – наружный радиус теплопровода; λ – коэффициент теплопроводности стенки теплопровода.

Рассмотрена также следующая задача. Известно, что температура теплоносителя в стационарном режиме по длине трубопровода изменяется согласно уравнению

$$t_T(x) = t_H + A \cdot \exp[-\pi x / (c_T G_T R_L)], \quad (*)$$

где G_T – массовый расход воды, A – некоторый коэффициент, зависящий от температуры воды в начале участка.

Как видно из формулы, распределение температуры воды вдоль трубопровода зависит от линейного термического сопротивления теплопередаче R_L , которое определяется с использованием значений коэффициентов теплоотдачи для внутренней и внешней поверхностей трубы. Дан-

ные же коэффициенты теплоотдачи, как уже упоминалось, зависят от многих трудно учитываемых факторов, поэтому необходима настройка уравнения на конкретный процесс по экспериментальным данным, т.е. нужно решить соответствующую задачу параметрической идентификации. Эта задача решалась в двух постановках [5]. Первая постановка задачи такова.

Пусть для данного расхода теплоносителя температура воды измерялась в нескольких точках по длине трубопровода. Пусть, кроме того, достаточно точно известна и температура окружающей среды. Уравнение (*) совместно с результатами данных измерений будем использовать в качестве исходной информации для решения задачи параметрической идентификации. Причем для упрощения решения задачи будем определять по экспериментальным данным совместное произведение расхода и линейного термического сопротивления теплопередаче $G_T R_L$, а не G_T и R_L по отдельности.

Поскольку при данной постановке задачи уравнение (*) содержит только два неизвестных параметра A и произведение $G_T R_L$, то для идентификации необходимо иметь результаты измерения температуры теплоносителя не менее чем в двух точках по длине трубы. При этом если определять произведение $G_T R_L$ по результатам измерения температуры в двух точках по длине трубы L_1 и L_2 , то получим следующую формулу для вычисления произведения $G_T R_L$:

$$G_T R_L = c_T^{-1} \pi (L_2 - L_1) \times \\ \times \ln^{-1} \left\{ \frac{[t_T(L_1) - t_H]}{[t_T(L_2) - t_H]} \right\}.$$

При наличии измерительной информации о температуре теплоносителя более чем в двух точках задачу идентификации следует решать по методу наименьших квадратов, при этом предварительно уравнение (*) с целью упрощения последующего решения задачи необходимо записать в логарифмическом масштабе. Формула для вычисления $G_T R_L$ в этом случае имеет вид:

$$G_T R_L = \frac{c_T^{-1} \pi \left[n \sum_{i=1}^n L_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n L_i \right)^2 \right]}{\sum_{i=1}^n L_i \sum_{i=1}^n \ln[t_T(L_i) - t_H] - n \sum_{i=1}^n L_i \ln[t_T(L_i) - t_H]}.$$

Апробация данных алгоритмов проводилась как с помощью моделирования на компьютере, так и по экспериментальным данным, полученным в лабораторных условиях [5].

Найденное по экспериментальным данным произведение $G_T R_L$ может быть использовано не только для настройки на реальный процесс уравнения (*), но и для определения реального значения линейного термического сопротивления теп-

лопередаче R_L . Как известно, контроль термического сопротивления тепловой изоляции трубопроводов представляет серьезную техническую проблему. Эта задача в [6] решается посредством измерения теплового потока и температуры наружной поверхности изолированного теплопровода, при этом считается, что температуру внутренней поверхности теплопровода достаточно задать приближенно. Недостатком данного метода является то, что для контроля используется тепломер несерийного производства и необходимость задания температуры внутренней поверхности теплопровода. В нашем же случае для определения R_L достаточно поделить найденное произведение $G_T R_L$ на значение расхода теплоносителя G_T . При этом для контроля G_T может быть использован, например, накладной ультразвуковой расходомер жидкости «PORTAFLOW MKII-R», поставляемый фирмой «Энерготест» (г. Москва).

К задаче идентификации можно подойти и другим образом. Будем считать, что проведено n опытов, в которых измерялись и регистрировались начальная температура воды $-t^0$, ее температура в некоторой точке по длине трубопровода, а также в отличие от предыдущего случая и расход теплоносителя. При такой постановке задачи параметром настройки математической модели будет только линейное термическое сопротивление теплопередаче R_L . Решая задачу параметрической идентификации аналогичным образом, получим, что оптимальное значение линейного термического сопротивления теплопередаче следует определять по формуле:

$$R_L = \frac{-\pi/c_T \left\{ \sum_{i=1}^n G_{Ti} / L_i \ln^{-1} \left[(t_{Ti} - t_H) / (t_i^0 - t_H) \right] \right\}}{\sum_{i=1}^n (G_{Ti} / L_i)^2}.$$

Апробация данного алгоритма проводилась по экспериментальным данным, полученным в лаборатории отопления кафедры теплогазоснабжения и вентиляции ЮУрГУ. При этом во всех опытах температура теплоносителя измерялась в двух точках неизолированного теплопровода с помощью контактных хромель-копелевых термопар и потенциометра типа ПП-63. Теплопровод изготовлен из обыкновенных водогазопроводных труб условным диаметром $D_v = 20$ мм. В качестве образцового расходомера использовался мерный сосуд с секундомером. Расход теплоносителя регулировался вручную вентилем.

Используя полученные экспериментальные данные, вычислили, что R_L для данного трубопровода равно 3,648 м·К/Вт. При этом среднее квадратическое отклонение расчетных значений температуры от экспериментальных данных для найденного значения R_L составило 0,73 °С, что

вполне приемлемо. Зная R_L , с помощью вышеприведенной формулы нашли, что численное значение коэффициента теплоотдачи для наружной поверхности α_H для данного теплопровода составляет 10,233 Вт/(м²·К), что в принципе согласуется с данными работы [7, с. 69], вместе с тем, значение коэффициента теплоотдачи α_H , вычисленное по формуле работы [7], равно 12,2 Вт/(м²·К). Естественно, что предпочтение следует отдавать предлагаемому методу определения коэффициента теплоотдачи, так как нельзя ожидать, что эмпирические формулы, полученные для одних условий, будут также точны и в других случаях. К месту заметим, что задача определения численных значений коэффициентов теплоотдачи для конкретных условий является серьезной научно-технической проблемой, по этой причине возникла так называемая «новая теория теплопередачи» [8], в которой предлагается, в частности, отказаться от понятия коэффициента теплоотдачи.

Обычно считается, что разность температур теплоносителя и трубопровода достаточно мала и, тем не менее, представляет интерес такая проблема: как распределяется температура по длине самого трубопровода. Для решения этой задачи посредством рассмотрения элементарного участка трубопровода получили дифференциальное уравнение стационарного распределения температуры трубы по ее длине:

$$\lambda F \frac{d^2 t(x)}{dx^2} - c_T G_T \frac{dt(x)}{dx} = \alpha_H \cdot 2\pi r_H [t(x) - t_H],$$

где F – площадь поперечного сечения металла трубы.

Анализ решения данного уравнения показал, что температура самой трубы распределяется по длине теплопровода, также как и температура вдоль обычного стержня [4], различаются только аргументы экспонент в уравнениях. Температура трубопровода уменьшается вдоль своей длины существенно медленнее, чем температура стержня. Этот факт объясняется тем, что трубопровод в отличие от стержня получает теплоту от теплоносителя.

В работе [9] на основе соотношения (*) решены задачи определения координаты начала оледенения и оценки минимально допустимой скорости движения теплоносителя по условию отсутствия оледенения в рабочем трубопроводе. В полученных алгоритмах используются значения нормативных удельных тепловых потерь. Алгоритм оценки минимально допустимой скорости движения теплоносителя рекомендуется, например, для развивающихся систем.

В работе [10] приведен численный алгоритм расчета разогрева холодного теплопровода при его заполнении, позволяющий, в частности, оценить координату замерзания переднего фронта теплоносителя. Здесь учтено, что при разогреве холодного трубопровода температура на его внутренней

Инженерное оборудование зданий и сооружений

поверхности перед подвижным фронтом теплоносителя не меняется и определяется начальными условиями. Вследствие этого процесс охлаждения переднего фронта теплоносителя аналогичен процессу охлаждения неподвижного теплоносителя при одной и той же температуре внутренней поверхности теплопровода, равной тому значению, которое имеет место при пуске опорожненной системы. Данный алгоритм позволяет оценить возможность безаварийного запуска, например, систем отопления зданий в зимний период, т.е. без разрушения заполняемых трубопроводов замерзшим теплоносителем.

В настоящее время для анализа процессов работающих систем теплоснабжения, как правило, используются математические модели стационарного распределения температуры теплоносителя по длине теплопроводов. Однако в реальных условиях обычно имеют место нестационарные режимы работы теплоснабжающих систем. Поэтому задача построения математических моделей нестационарных процессов является вполне актуальной. Значимость данной проблемы повышается ещё и потому, что энергосберегающие алгоритмы управления теплоснабжением часто приводят к необходимости включения или отключения отдельных участков теплотрасс, к изменению расхода и (или) температуры теплоносителя в системах, т.е. нестационарность режимов это характерное свойство современных теплоснабжающих систем. Всё это настоятельно требует разработки приемлемых моделей для контроля и оценки состояния нестационарных систем теплоснабжения. Эта задача решалась в работе [11].

Рассматривая элемент теплоносителя длиной Δx , расположенный в момент времени τ на расстоянии x от начала координат, и используя рекомендации и подходы работ [12, 13], получили следующее уравнение в частных производных для температуры теплоносителя $t_T(x, \tau)$ в любой момент времени $\tau > 0$ в любой точке $x > 0$ по длине теплопровода:

$$F_T \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_T \frac{\partial t_T}{\partial x} \right) - \alpha_H P (t_T - t_H) = c_T \rho_T F_T \frac{\partial t_T}{\partial \tau} + c_T G_T \frac{\partial t_T}{\partial x}, \quad (**)$$

где F_T – площадь живого сечения потока теплоносителя; λ_T – коэффициент теплопроводности жидкости; P – внешний периметр теплопровода.

К уравнению (**) следует добавить описание распределения температуры теплоносителя по длине трубопровода в начальный момент времени, т.е. при $\tau = 0$

$$t_T(x, 0) = t_0(x), \quad x \geq 0.$$

Кроме того, естественно считать известной температуру потока на входе в теплопровод, т.е. при $x = 0$

$$t_T(0, \tau) = t_{ВХ}(\tau), \quad \tau \geq 0.$$

Здесь $t_0(x)$ и $t_{ВХ}(\tau)$ – известные функции своих аргументов.

Если учесть, что коэффициент теплопроводности воды достаточно мал, то уравнение (**) упростится и примет вид:

$$-\alpha_H P (t_T - t_H) = c_T \rho_T F_T \frac{\partial t_T}{\partial \tau} + c_T G_T \frac{\partial t_T}{\partial x}. \quad (***)$$

Для решения уравнения (***) аналогично приему работы [14] ввели в рассмотрение следующие координаты:

$$x = \eta + \int_0^{\tau_1} w(\sigma) d\sigma;$$

$$\tau = \tau_1.$$

Здесь w – скорость движения теплоносителя. Отметим также, что из приведенных уравнений следует, что для момента времени $\tau = \tau_1 = 0$ $x = \eta$, а также и то, что координата η контрольных сечений потока в дальнейшем не изменяется.

В уравнении (***) $t_T(x, \tau)$ – функция переменных x и τ . Если по приведенным формулам заменить переменные, то придем к функции t^* : $t_T(x, \tau) = t^*(\eta, \tau_1)$. Найдем уравнение, которому будет удовлетворять $t^*(\eta, \tau_1)$ как функция аргументов η и τ_1 . Следуя [15], получим:

$$\frac{\partial t_T}{\partial \tau} = \frac{\partial t^*}{\partial \eta} \frac{\partial \eta}{\partial \tau} + \frac{\partial t^*}{\partial \tau_1} \frac{\partial \tau_1}{\partial \tau} = \frac{\partial t^*}{\partial \eta} (-w(\tau_1)) + \frac{\partial t^*}{\partial \tau_1};$$

$$\frac{\partial t_T}{\partial x} = \frac{\partial t^*}{\partial \eta} \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\partial t^*}{\partial \tau_1} \frac{\partial \tau_1}{\partial x} = \frac{\partial t^*}{\partial \eta}.$$

Подставляя данные соотношения в уравнение (***), найдем

$$c_T \rho_T F_T \frac{\partial t^*}{\partial \tau_1} + \alpha_H P t^* = \alpha_H P t_H.$$

Здесь $t^*(\eta, \tau_1)$ – функция аргументов η и τ_1 . При каждом фиксированном значении η уравнение можно рассматривать как обыкновенное дифференциальное уравнение по переменной τ_1 . Известно, что решение этого уравнения при фиксированном η имеет вид:

$$t^*(\tau_1) = t_0^* \cdot \exp(-\tau_1/T) + 1/T \cdot \exp(-\tau_1/T) \int_0^{\tau_1} \exp(\tau_1/T) \cdot t_H d\tau_1,$$

где $T = 0,5 c_T \rho_T P / (2\pi \alpha_H)$;

$$t_0^* = t_0^*(\eta) = t_0^* \left(x - \int_0^{\tau} w(\sigma) d\sigma \right).$$

Возвращаясь к старым переменным, получим решение задачи для исходной постановки:

$$t_T(x, \tau) = \exp(-\tau/T) \times \\ \times \left[t_0 \left(x - \int_0^\tau w(\sigma) d\sigma \right) + 1/T \cdot \int_0^\tau \exp(\tau/T) \cdot t_H(\tau) d\tau \right].$$

Заметим, что данное уравнение «работает» при

$$x - \int_0^\tau w(\sigma) d\sigma \geq 0.$$

Подставляя в формулу вместо x и τ нужные значения, найдем температуру теплоносителя в нужной точке теплопровода в нужный момент времени.

Если $t_H = \text{const}$, $w = \text{const}$, то полученное соотношение примет вид

$$t_T(x, \tau) = \exp(-\tau/T) \cdot t_0(x - w\tau) + \\ + t_H \cdot [1 - \exp(-\tau/T)].$$

При этом также должно выполняться следующее условие $x - w\tau \geq 0$.

Из уравнения (***) и соответствующих начальных условий можно получить модель стационарного распределения температуры, для этого достаточно положить равными нулю производные по времени. В частности, для случая, когда $\lambda_T \rightarrow 0$ получим, что в стационарном режиме температура теплоносителя по длине теплопровода распределяется в соответствии со следующим уравнением:

$$t_T(x) = t_H + (t_{\text{вх}} - t_H) \cdot \exp[-x \alpha_H P / (c_T \rho_T G_T)].$$

Здесь $t_{\text{вх}} = t(0, 0)$. Данное уравнение является частным случаем широко известной формулы (см., например, работу [16, с. 36]), если в последней положить, что линейное термическое сопротивление теплопередаче равно $R_L = 1/(\alpha_H P \pi^{-1})$.

В работе [11] приведены математические модели процесса, учитывающие влияние теплоемкости стенки теплопровода и динамику распространения тепла как вдоль, так и по радиусу стенки.

Выводы. Результаты работы могут быть использованы для контроля и управления тепловыми режимами процессов теплоснабжения, в частности, для выбора наиболее экономичного варианта ликвидации аварийных ситуаций (со сливом или без слива теплоносителя из отключенного теплопровода). Алгоритм определения координаты начала замерзания теплоносителя по длине теплопровода рекомендуется для вычисления минимально допустимой скорости его движения, например, в развивающихся системах. Алгоритм идентификации стационарного распределения температуры по длине теплопровода может быть использован для оценки термического сопротивления тепловой изоляции, что достаточно интересно как для служб эксплуатации, так и для проверки качества выполнения теплоизоляционных работ. Алгоритм расчета разогрева холодного теплопровода позволяет оценить возможность безавар-

ийного запуска, например, систем отопления зданий в зимний период, т.е. без разрушения заполняемых теплопроводов замерзшим теплоносителем.

Конкретные модели и алгоритмы их параметрической настройки прошли модельные испытания и рекомендуются для использования в автоматизированных системах управления теплоснабжением.

Литература

1. Панферов В.И., Миханькова Ю.О. Разработка комплекса моделей процесса охлаждения и замерзания отключенного теплопровода// Проблемы проектирования неоднородных конструкций: Труды XVIII Российской школы, посвященной 75-летию со дня рождения академика В.П. Макеева. – Миасс: МНУЦ, 1999. – С. 236–241.
2. Панферов В.И., Миханькова Ю.О. Решение задачи Стефана для отключенного теплопровода// Теплофизика и информатика в металлургии: Достижения и проблемы. Материалы Международной конференции к 300-летию металлургии Урала, 80-летию металлургического факультета и кафедры «Теплофизика и информатика в металлургии». – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2000. – С. 284–289.
3. Панферов В.И., Миханькова Ю.О. Экспериментальное исследование процесса охлаждения отключенного теплопровода// Научно-технические проблемы систем теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения: Межвуз. сб. науч. тр. – Воронеж: ВГАСА, 2000. – С. 57–62.
4. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергоиздат, 1981. – 417 с.
5. Панферов В.И., Миханькова Ю.О. Параметрическая идентификация модели распределения температуры теплоносителя по длине теплопровода// Строительство и образование: Сб. науч. тр. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2000. – Вып. 4. – С. 161–163.
6. Прохач Э.Е., Островский Е.Т. Метод экспериментального определения термического сопротивления тепловой изоляции// Водоснабжение и санитарная техника. – 1982. – № 10. – С. 15–16.
7. Беляев Н.М. Основы теплопередачи. – Киев: Выща школа, 1989. – 344 с.
8. Адигатори Е.Ф. Новые методы в теплопередаче. Пер. с англ. – М.: Мир, 1977. – 387 с.
9. Панферов В.И., Миханькова Ю.О. Определение координаты начала оледенения движущегося теплоносителя// Строительство и образование: Сб. науч. тр. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2000. – Вып. 3. – С. 181–184.
10. Миханькова Ю.О. Численное моделирование нестационарного теплообмена при разогреве холодного теплопровода// Строительство и образование: Сб. науч. тр. – Екатеринбург, УГТУ–УПИ, 2000. – Вып. 4. – С. 192–194.
11. Панферов В.И. Моделирование нестационарного распределения температуры теплоносителя по длине теплопровода// Научно-технические

Инженерное оборудование зданий и сооружений

проблемы систем теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения: Межвуз. сб. науч. тр. – Воронеж: ВГАСУ, 2002. – С. 96–99.

12. Богословский П.А. *Ледовый режим трубопроводов гидроэлектрических станций.* – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1950. – 279 с.

13. Девятков Б.Н., Демиденко Н.Д. *Теория и методы анализа управляемых распределенных процессов.* – Новосибирск: Наука, 1983. – 272 с.

14. Бутковский А.Г. *Теория оптимального управления системами с распределенными параметрами.* – М.: Наука, 1965. – 474 с.

15. Пискунов Н.С. *Дифференциальное и интегральное исчисления для втузов. Том 2.* – М.: Наука, 1970. – 576 с.

16. Хижняков С.В. *Практические расчеты тепловой изоляции промышленного оборудования и трубопроводов.* – М.: Энергия, 1976. – 142 с.

Научно-методический раздел

УДК 67.25 03

ОБРАЗЦЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МАСТЕРСТВА – ОСНОВА ОБРАЗОВАНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЕЙ

И.В. Лазарева

В своей статье автор, первый выпускник ЧПИ по специальности «Градостроительство», обращается к истокам градостроительного образования на Южном Урале, обосновывает значимость социокультурных знаний о территории для инженера-планировщика-градостроителя. Проследившая полувековой путь отечественного градостроительства, автор Градостроительной доктрины России ставит на передний план профессионализм как основу обучения и становления инженера-градостроителя.

Где высоко стоит наука, стоит высоко человек.

А. И. Подолинский

1. Образ мастера – залог совершенствования профессионала

2005 год знаменателен для России как год 60-летия Победы народа в Великой Отечественной войне, во время которой погибли миллионы ее граждан и были разрушены многие из уникальных историко-культурных сооружений и города. После освобождения от оккупации Новгорода здесь пришлось воссоздавать символ России – памятник, воздвигнутый к ее Тысячелетию, с изображением 109 выдающихся просветителей, полководцев, летописцев, ученых. Этот же, 2005 год объявлен Европейским годом «Гражданственность через образование», что предполагает оценку роли образованных граждан в обеспечении безопасности и благополучия родного города-«града» и страны-государства.

Именно потому следует особо почитать память тех, кто защищал страну на полях сражений, в тылу, обучал новые поколения как педагог – носитель знания.

Проведение сессии РААСН в Воронеже обязывает меня отдать должное памяти архитектора Владимира Николаевича Лахтина – моего преподавателя из Челябинского политехнического института (ЧПИ, ныне ЮУрГУ), до последнего дня своей жизни возглавлявшего кафедру «Архитектурное проектирование и градостроительство» Воронежского инженерно-строительного института. Его переезд в Воронеж из Челябинска, где он занимал пост главного архитектора города, был осознанным шагом: он постоянно намеревался вернуться в эти места, где студентом, оставившим аудитории архитектурного ВУЗа, участвовал в военных боях, был тяжело ранен; здесь были захо-

ронены его сверстники-соратники. Воспоминание об этом было непреходящим.

Поскольку программу обучения специальности «Градостроительство: городское строительство и хозяйство» в 1952 году только формировали на вновь созданном в ЧПИ инженерно-строительном факультете, приглашая преподавателей из разных организаций и других городов, то это отделение стало полигоном для проверки комплекса необходимых и достаточных дисциплин, которые студенты должны были усвоить.

Кроме необходимой математики, физики и иных предметов, кроме занятий по изготовлению макетов деревянных конструкций, формованию бетонных и шлакоблочных изделий в заводских условиях (во время каникул), реконструкции сводов и стен исторических зданий (во время преддипломной практики), обязательным был курс истории градостроительства и архитектуры в разных странах мира и в различные временные периоды, а также планировки и застройки городов. Среди многих преподавателей В.Н. Лахтина, обучавшего нас рисунку и композиции, отчетливо и постоянно выделяло состояние радости бытия, редкой доброжелательности (которое было присуще старшему поколению нашей фамилии, испытавшей тяготы послереволюционных событий). В этом выражалось особое восприятие мира человеком, пережившим в юношеские годы кошмар военных сражений.

Вот его завет: «Счастье – это ощущение полноты жизни!».

Постоянно, начиная со студенческих лет, В.Н. Лахтин наблюдал за тем, чтобы «полнота жизни» проявлялась в пополнении профессионального знания. Его особенно обрадовало, что после моей двухлетней работы в Иркутске, когда, выявив неразработанную проблематику градостроительства, а именно неполноту «блока» качественных, жизнеобеспечивающих характеристик

территорий, я смогла победить в непростом конкурсе с маститыми архитекторами и поступить в аспирантуру при НИИ градостроительства и районной планировки АСИА СССР (НИИ ГРП, преобразованный в ЦНИИП градостроительства). Ненапрасно подчеркивал П.Л. Капица: что считается общеизвестным, как правило, оказывается «белым пятном». Такими «пятнами» были **качественные характеристики территорий, их неизменная изменчивость в пространстве-времени.**

В Иркутском «Востсибгипрошахте» мне приходилось до начала планировочных работ проводить натурное обследование, поскольку нередко вблизи осваиваемых территорий вели горные разработки или обнаруживали оставленные: известно, что на пространстве России практически повсеместны залежи полезных ископаемых. Поэтому приходилось идти по бездорожью в Тыве, подниматься на промерзшие горные склоны в районе добычи слюды много севернее Киренска, отслеживать границы береговых осыпей, спускаться в шахтное пространство в Хакасии и пр. Закономерно, что следовало охарактеризовать **территориальный базис жизнедеятельности человека, выделив это направление как особую область знания и деятельности специалиста по планировке и застройке населенных мест.**

Не просто описанное состояние территорий, но и учет их влияния на планировочную структуру поселений, проекты которых были представлены, стали основанием для положительного решения приемной комиссии, а для Татьяны Александровны Чижиковой, заведующей аспирантурой НИИ ГРП – для пристального слежения за моим становлением как исследователя. Эта соратница и супруга известного специалиста по районной планировке А.П. Иванецкого добилась включения меня в число аспирантов, которых должны были направить на стажировку в Сорбонну, а затем ходатайствовала перед ВАКом о расширении номенклатуры по специальности «Градостроительство» для защиты моей, пионерной работы.

Точно так она следила и за завершением диссертации В.Н. Лахтина и прохождением защиты. В печальные дни после ее кончины (21.XI.1980) он отмечал, что Татьяна Александровна «вдохнула веру в свои силы, продолжала подталкивать все дальше и дальше по пути познания проблем современного градостроительства». Действительно, мало кому из педагогов, да еще при расстоянии в полстраны могут быть адресованы подобные слова.

Тем не менее, именно так я относилась к этим педагогам, но особенно – к Николаю Яковлевичу Бурлакову, назначенному в 1960 году заместителем директора НИИ ГРП по научной работе. Ему обязаны отечественные инженеры и архитекторы подготовкой и изданием 4-томного труда «Основы советского градостроительства», а я – трудной школой мастерства и защитой в 1963 году в стенах АСИА СССР первой диссертации с присуждением ученой степени к.т.н. по специальности «Градостроительство».

Сложность состояла в том, что многие поло-

жения и даже термины, известные в частности гидротехникам, мне были неизвестны, а потому приходилось поднимать в Ленинской библиотеке материалы разных стран и времени опубликования, переводить их и систематизировать, находя закономерности. Кстати, я обнаружила там рукопись Петра I «О руслоочищении рек России», неразрезанный том Указов Эрнста Баварского и пр. К счастью, нередко выручали книги, Атласы и словари, принадлежавшие моему деду – Иннокентию Харлампиевичу Шестунову, который с 1912 года руководил работами на Транссибе, Ачинск-Минусинской дороге, сооружением моста в Нижнем Новгороде, строительством Березняковского комбината и пр.; до настоящего времени я пользуюсь его чертежными и измерительными инструментами [1].

Н.Я. Бурлакову – в довоенные годы главному инженеру Ленгипрогора (ныне Институт урбанистики), а в послевоенные – Московского Гипрогора я обязана обращением к лауреату Нобелевской премии Н.Н. Семенову с просьбой об откомандировании меня (до завершения срока «отработки» после аспирантуры) в ЦНИИП градостроительства. Н.Я. Бурлаков стал научным редактором моей первой монографии; его памяти я посвятила один из своих сборников научных трудов, публикацию в БСЭ и иных изданиях [2]. При его участии вышли результаты моих работ в виде общесоюзных положений, которые позже вошли в рекомендации Залочительного акта СБСЕ в Хельсинки.

Действительно, следует повторить вслед за П.Л. Капицей: **история науки показывает, что крупный ученый не может не быть большим человеком.**

2. Образование градостроителя – введение в образ осваиваемого пространства

Программы подготовки специалистов: строителей, градостроителей – в прежние годы предусматривали обязательную «отработку» по окончании вуза для закрепления полученного знания и приобретения навыков деятельности; при этом нередко обнаруживались «проблемные» ситуации, которые для многих становились темой диссертационного исследования. Кстати, такая практика существовала в России в конце XIX – начале XX веков: в течение нескольких лет выпускник ВУЗа должен был подтверждать свою квалификацию, а лишь затем получал право называться «Господин инженер».

По окончании ЧПИ я попросила замены места распределения: не преподавание на кафедре, но работа в организации Иркутска, на берегах Байкала, где начинал строительство Транссиба мой дед: об этих местах свидетельствовали многие стереоскопические фотографии деда. Однако в структурах областного Жилкомхоза требовалось выполнять лишь пообъектные ремонтные работы в частном секторе. Случай привел меня в незнакомом городе, оказавшуюся без какой-либо поддержки, в «Востсибгипрошахт», где вскоре я оказалась в группе архитектора Н.А. Румянцевой, которая с того времени, с 1957 года следит за моими работами. Годы

спустя материалы по Иркутску были опубликованы как пример выполнения работ по охране и инженерной подготовке территорий для целесообразного экологообеспеченного использования.

Работы по оценке территориальных особенностей городов и иных населенных мест стали темой международного сотрудничества: Чехия и Словакия, Китай, специалистам которого была предложена модель составления Экологического атласа города, Сербия. Такие авторские работы базировались на отработке методики выполнения работ в районе КМА – Курской магнитной аномалии, районе размещения Омска, Орска и пр. Наиболее результативными по массиву информации были экспертные работы проектов в Киргизии, Таджикистане, Туркмении, на побережье Каспия и др.

Эти итоговые материалы были опубликованы в 1983 году и стали пособием для проектировщиков, поскольку сводили параметры пространства и времени возможных нарушений состояния территорий и, следовательно, опасности для человека и ценных объектов природной и созданной среды. Именно это издание «Рекомендации по использованию нарушенных территорий для градостроительства» под редакцией и при участии И.В. Лазаревой заставило директора Университета ООН, базирующегося в Токио, во время Международной конференции «Безопасность больших городов» обратить внимание на имеющийся значительный опыт России, на профессионализм отечественных градостроителей.

Очевидно, что следует в группы представителей РААСН, выезжающих для изучения зарубежного опыта, включать и тех, кто может продемонстрировать собственные разработки. Поэтому как высокую оценку деятельности авторского коллектива Творческой мастерской Почетного члена РААСН и МААМ В.В. Лазарева мы восприняли приглашение организаторов XXI Всемирного архитектурного конгресса в Берлине продемонстрировать на специальном стенде свои работы, названные «Потенциал градостроительства и архитектуры XXI века – пространственно-временные диалоги цивилизаций». В этой связи представляется целесообразным опубликование результатов исследования этого же авторского коллектива «Пятое измерение города. Пространственный базис развития», поскольку учет хода развития города от момента его возникновения в конкретных пространственно-временных ситуациях позволит сохранить уникальное этнонациональное наследие Руси–России вопреки недопустимому увлечению не ценностью Земли, но ее рыночной «ценой».

Приобретенное знание о «населенном месте», о факторах возникновения исторических городов и причинах их упадка вплоть до исчезновения: из-за военных событий, экономических просчетов, природных и природно-техногенных (Na-Tech) явлений, подобно случившемуся в Нефтегорске, где погибло почти все население, требует изменения учебных пособий по градостроительству, планировке городов, сохранению природного и культур-

ного наследия. Такое Пособие важно не только для студентов, но и проектировщиков, поскольку позволяет транслировать этноградостроительную культуру ушедших поколений. Им может быть подготовленный труд «Трансляция градостроительно-архитектурных традиций Руси–России» с приложением «История и перспективы градостроительного освоения территорий Сибири».

Неслучайно еще в 1928 году И.Э. Грабарь призывал: берегите свои памятники новгородцы, псковичи, владимирцы, суздальцы, ростовцы и вы все, счастливые потомки великих народных строителей, сумевшие сберечь несравненные создания до наших дней. Берегите их, ибо, когда к нам будут ездить так же, как сейчас ездят в Италию, – а это время не за горами, – они явятся источниками вашего благополучия и наполнят ваше сердце гордостью...

Проведение сессии РААСН в Воронеже иллюстрирует эту идею: именно здесь по указанию Петра I было сооружено первое Адмиралтейство в России, которое послужило прототипом известного Адмиралтейства в Санкт-Петербурге. Сооружение разместили на Луговой стороне р. Воронеж; здесь отсыпали две земляные насыпи, укрепленные деревянными сваями длиной от 2 до 5,5 метров (этот же метод повторили на затопляемой и заболоченной территории при строительстве Адмиралтейства в северной столице). В Воронеже крепость и верфь защитили от нападения каналами, а искусственный остров соединили с городом мостом, который направлял к дороге на Москву.

Очевидно, что Воронеж – то место, где демонстрируется роль планировки города с учетом предотвращения внешних и внутренних угроз; образ местности требует образованности градостроителей: инженеров и архитекторов. Поэтому так важна формулировка Градостроительной доктрины России, которую впервые д.т.н. И.В. Лазарева изложила 24.02.1994 года в Военной академии Генштаба ВС РФ во время обсуждения Военной и Морской доктрин страны [3]. По сути, следовало лишь дать градостроительную интерпретацию идеи графа П.И. Шувалова – организатора защиты рубежей Отечества (и даже создателя гаубицы): она обозначена как «Сбережение народа». Именно такая, организующая идея и означает суть любой доктрины.

Древние различали две категории доктрин, соответствующих концепций и программ. Первая из них – *ad usum*, т.е. направленная на пользу дела, а вторая – *ad hominem* ориентирует на интересы человека. Безусловно, что градостроительство предполагает защиту человека от природно-техногенных ситуаций и формирование окружающей среды города, стимулирующей развитие человеческого потенциала; именно так – в развитии идеи П.И. Шувалова – и должна быть сформулирована этнонациональная градостроительная доктрина России (с учетом упреждения внешних и внутренних опасностей).

Неслучайно в Докладах ООН, подготавливаемых в соответствии с критериями здоровья че-

ловека, принятыми в 1968 году, ввели еще один – критерий развития потенциала человека, а именно образованность населения. Как фиксируют эксперты, Россия оказывается в перечне стран на рубеже «развитые/развивающиеся», при этом полностью пренебрегают фактом, что именно ее специалисты впервые вышли и освоили космическое пространство, а некогда, в период энеолита создали уникальную систему расселения на Южном Урале (где в военные годы начали работы по созданию оружейного плутония).

3. Агональность как стимул самосовершенствования, подготовки и переподготовки профессионалов

Эллины выработали принцип агональности – состязательности как условие сопоставления созданного, осуществленного с тем, что признается образцом. Этот принцип оказывается результативным при изложении основ градостроительства студентам, в ходе подготовки, а также переподготовки специалистов разных организаций из многих районов страны.

Показательно, что практически никто из группы занимающихся на курсах повышения квалификации архитекторов не в состоянии назвать порядок перечисления постулатов Витрувия, точно так же, как и специалисты Института генплана Москвы не могут указать, каков порядок учета градоформирующих принципов. Обычно называют строительное, функциональное, ландшафтное зонирование; действительно, раз-два-три, но что «во-первых»? Именно потому мы наблюдаем то, что случается при хронологически подтвержденном подтоплении территорий, естественно продолжающемся меандрировании реки Москвы, которое сопровождается в частности разрушением заповедных земель Коломенского и пр.

Агональный прием преподавания давал свои успехи при чтении лекций в МГСУ, где одновременно в аудитории было по три группы студентов с различной степенью подготовки, из разных регионов страны, из семей с разными ценностными установками. Поэтому после каждой из лекций по программам «Территориальные основы градостроительства и архитектуры», «Предупреждение чрезвычайных ситуаций в техносфере» проводили занятия с разбиением на группы: одна из них исполняла роль представителей мэра и заказчиков, другие – изыскателей, проектировщиков, прорабов, пожарную команду и пр.; на следующих занятиях они выполняли иные функции.

Поскольку новые корпуса МГСУ находятся в районе улицы Вешних вод, в обязательном порядке рассматривали вероятность случаев затопления территории университета при весеннем снеготаянии. Однако всегда сосредоточивали внимание на сохранении самого ценного для вуза – его библиотеки и специальных фондов.

Еще один из аспектов, на который обращалось внимание студентов во время занятий и дипломного проектирования, – сохранение уникальных объектов, в частности, Петровского Путеевого

дворца и ландшафтного парка, созданных М. Казаковым. При этом вели натурные замеры трещин на зданиях, в покрытии дорожной сети, мощности стволов деревьев, аварийных мест автотранспорта на прилегающих территориях, потребовались данные о заболеваемости жителей участка и пр. Поэтому оказалось закономерным обращение некоторых из выпускников к правовым вопросам реализации проекта и ответственности автора проекта за допущенные ошибки [4].

Выводом при оценке работ названного плана становится необходимость соблюдения этнонациональной идеи как Градостроительной доктрины России и перефокусировка внимания на работы по выбору мест для рекреативных (восстанавливающих здоровье) и образовательных центров. Десятилетие назад такая работа на примере наукограда Дубна была выполнена авторским коллективом Творческой мастерской В.В. Лазарева: работу дважды рассматривали на комиссиях в Государственной Думе, а в документах второй Европейской конференции по устойчивому развитию городов в Лиссабоне (1996 г.) проект был оценен как модель формирования своеобразной Академии Платона на Волге [5]. По этому образовательному Центру в Афинах сопоставляли другие города: Веймар – Афины на Ильме, Эдинбург – Шотландские Афины, Томск – Сибирские Афины и пр. Принципиально важно при разработке функционально-планировочной структуры наукограда, особенно при размещении его на берегу водохранилища – учесть особенности территорий, наиболее пригодных ныне и впредь для целесообразных функций.

Главное – профессионализм. Именно потому необходима разработка Глоссария по предупреждению чрезвычайных ситуаций – ЧС при инженерном и архитектурном обосновании градостроительных решений, это будет способствовать расширению сотрудничества отечественных и зарубежных специалистов.

Литература

1. Лазарев В.В., Лазарева И.В. *Инженер – профессия и призвание (К 120-летию со дня рождения инженера-строителя И.Х. Шестунова)*// *Промышленное и гражданское строительство*. – № 8, 2004. – С. 63–64.
2. Лазарева И.В. *Инженер – это генератор идей (памяти Н.Я. Бурлакова)*.
3. Лазарева И.В. *Безопасность – основа Градостроительной доктрины России// Мир без границ – война без фронтов? – Челябинск, изд-во ЮУрГУ, 2002. – С. 141–144.*
4. Лазарева И.В. *Природообусловленность в градостроительстве – новации дипломных проектов// Актуальные проблемы городского строительства и хозяйства: Сб. науч. тр. факта ГСХ. – М.: Мин-во образования РФ, МГСУ, 2001. – С. 131–138.*
5. Lasareva Irina V. *“Development arrow from prehistory to postreality” – method to identify limits for the sustainable development of cities// Lisbon, 1996.*

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ГРАФИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ

А.М. Швайгер, В.С. Дукмасова, С.А. Печорская

Приведено описание программно-методического обеспечения дистанционного обучения графическим дисциплинам, разработанного на кафедре графики ЮУрГУ и используемого в учебном процессе на факультете открытого и дистанционного образования.

Благодаря средствам новых информационных и коммуникационных технологий появилась еще одна форма обучения (в дополнение к традиционному очному и заочному обучению) – дистанционное обучение. При дистанционном обучении учащийся и преподаватель пространственно разделены друг от друга, но при этом они находятся в постоянном взаимодействии, организованном с помощью особых приемов построения учебного курса, форм контроля, методов коммуникации с помощью электронной почты и прочих технологий Internet.

Разрабатываемое программно-методическое обеспечение включает три взаимосвязанных компонента: «Электронный учебник по начертательной геометрии и инженерной графике», «Методические указания» и «Электронный учебный центр компании ГиперМетод», представляющий собой комплекс средств коммуникации электронной образовательной среды, созданный с помощью продукта eLearning Server 3000. ELearning Server 3000 – это современная система управления процессом обучения, позволяющая создавать многофункциональные центры дистанционного обучения в пространстве Internet.

Средствами ГиперМетода организуется регистрация обучаемых, комплектование учебных групп, выдача контрольных заданий, доска объявлений, чат, проведение обсуждений, форумов и конференций, формирование расписания занятий учебной группы, проведение текущей и итоговой аттестаций и многое другое, связанное с управлением процессом дистанционным обучением.

Содержание электронного учебного пособия основывается на «Конспекте лекций по начертательной геометрии» Н.П. Сенигова и других авторов. Наряду с текстовым материалом учебные курсы по начертательной геометрии включают набор статических и анимационных сцен, демонстрирующих процессы формообразования кривых линейчатых поверхностей, решение типовых позиционных и метрических задач, построение линии взаимного пересечения поверхностей, способы преобразования комплексного чертежа, построение плоских разверток гранных и кривых поверхностей и т.д.

Приведенные в пособии примеры решения позиционных задач сопровождаются их логическим анализом, исследованиями условий существования и количества возможных решений, четкими, ясными алгоритмами.

Особенностью пособия является то, что наряду с традиционными мультимедийными средствами – гипертекстовые документы, графические изображения, аудио – и видеoinформация, в него включены интерактивные упражнения, разработанные на основе технологии Direct X. При этом пользователю предоставляются широкие возможности по моделированию условий задачи – изменению размеров и взаимного расположения геометрических фигур, содержащихся в сцене. Изменяя исходные условия, можно получать большое количество результатов, отражающих геометрическую сущность решаемой задачи. Так, например, изменяя положение плоскости относительно поверхности конуса можно наглядно рассмотреть все возможные виды конических сечений и т.д.

Взаимосвязи между геометрическими фигурами сцены имеют, как правило, индивидуальный характер и обеспечивают эффективное управление сценой при демонстрации конкретной задачи. Принципиально то, что объекты, расположенные на верхнем уровне иерархической цепочки, не оказывают воздействия на объекты более низкого уровня, и наоборот, манипуляция базовыми (родительскими) объектами приводит в движение объекты более высокого уровня. Любой из объектов, всю сцену, или отдельную группу взаимосвязанных объектов можно анимировать (привести в движение), указав на соответствующие объекты мышью (левая клавиша) и плавно переместив ее в нужном направлении. Каждому из объектов сцены или отдельной группе можно задать свое вращение. Во время работы программы можно изменять размер окна демонстрации.

В разделе инженерной графики, наряду с общими правилами выполнения чертежей, введен значительный объем нормативно-справочного материала, призванного оказать существенную помощь в выполнении контрольных заданий и реальных курсовых проектов. Инженерная графика охватывает основные разделы традиционных курсов

Научно-методический раздел

сов черчения и инженерной графики для студентов, преимущественно, машиностроительных специальностей. Наряду с плоскими чертежами здесь приведено большое количество объемных трехмерных изображений, поясняющих, например, правила построения изображений – видов, разрезов, сечений и т.д. Широко представлены разделы, демонстрирующие правила простановки размеров и значений шероховатости поверхностей, изображения резьбовых крепежных изделий и соединений, правила выполнения чертежей разъемных и неразъемных соединений, последовательность эскизирования деталей машин и этапы выполнения чертежей сборочных единиц и многое другое.

Интерфейс пользователя электронного учебного пособия включает систему вложенных подкаталогов, обеспечивающих переходы по разделам пособия, поиск необходимой информации, словарь ключевых терминов, блок просмотра графических иллюстраций и анимационных сцен, вызов интерактивных упражнений и контролирующего комплекса.

Раздел начертательной геометрии электронного учебника включает 37 анимационных сцен и свыше 200 статических рисунков. Раздел инженерной графики содержит одну анимационную сцену, 145 чертежей и аксонометрических рисунков, 20 таблиц нормативно-справочных данных.

Методические указания предназначены для студентов, проходящих курс дистанционного обучения по специальностям: 151001 – «Технология машиностроения»; специальность 270102 – «Промышленное и гражданское строительство»; специальность 200101 – «Приборостроение»; 140205 – «Электроэнергетические системы и сети»; 1200106 – «Информационно-измерительная техника и технологии»; специальность 260901 – «Технология швейных изделий».

Методические указания включают необходимые материалы для организации и проведения учебного процесса по начертательной геометрии и инженерной графике в условиях дистанционного обучения.

Методические указания, также как и учебное пособие, написаны на языке HTML, содержат два раздела (начертательная геометрия и инженерная графика) и обеспечивают выполнение всего цикла практических заданий по соответствующим дисциплинам.

Раздел начертательной геометрии включает: программу курса, календарно-тематический план, методические указания, рабочую тетрадь, контрольные задания. В электронной версии рабочей тетради приведены (в формате PDF-файлов) задачи, обязательные для решения в рамках практических занятий по начертательной геометрии. Разработаны два варианта рабочих тетрадей – одна для машиностроительных и строительных специальностей и другая для энергетических и приборостроительных. Задачи в тетрадях сгруппированы

по учебным темам. В первой тетради тема «Тени в ортогональных проекциях» учитывает особенности преподавания начертательной геометрии на строительных специальностях.

Структура PDF-файлов позволяет распечатывать задания с достаточно точным сохранением пропорций и размеров исходных изображений, что оказывает существенное влияние на точность результатов решения геометрической задачи. Формат заданий – А4 обеспечивает их распечатку на обычных принтерах соответствующего формата. На одном листе размещаются, как правило, от двух до 4-х задач. Выполненные задачи постранично сканируются и высылаются на рецензию в соответствии с календарно-тематическим планом.

Именно с этих задач, присланных по электронной почте, обычно и начинается процесс творческого взаимодействия студента и преподавателя. Здесь же преподаватель сталкивается с первыми трудностями обучения, связанными с тем, что студент допускает в решениях большое количество ошибок. Большинство из них вызваны, по нашему мнению, тем, что обучаемый никогда раньше ничего не слышал о данном предмете (в школе нет такой дисциплины, а пояснительные лекции, как например, у заочников, в данном случае не предусмотрены), не знает ни методов, ни приемов решения даже самых элементарных задач, не владеет приемами графических построений – чертит и пишет, как «курица лапой», криво, бледно. И все это усугубляется низким качеством сканированных изображений. Как правило, студенты не умеют оптимизировать полученные сканированием файлы, которые получаются огромными и некачественными.

Для того чтобы объяснить самую рядовую ошибку, например, что глубины точек (координаты Y) на горизонтальной и профильной проекциях взаимосвязаны между собой и должны быть одинаковы, и что для этого рационально использовать линию преломления чертежа, приходится исписать страницы бумаги. И, как показывает опыт, нет никакой гарантии, что все это будет правильно понято. И появляется искушение пригласить студента на очную встречу и объяснить ему хотя бы самые элементарные вещи, например, как чертить толстую и тонкую линии, как писать чертежным шрифтом и многое другое (хорошо, если студент живет в вашем городе).

Это то, что касается простых задач. Значительно сложнее обстоят дела с решением задач повышенной сложности, предусмотренных программой обучения студентов дистанционного обучения, которая, к сожалению, мало отличается от программ «очников» и «заочников».

Огромное значение в решении отмеченных проблем имеет, на наш взгляд, качество проработки методических материалов, предоставляемых обучаемым. Они должны быть значительно более продуманными и детализированными, количество

примеров существенно большим, чем в обычных учебниках. По содержанию эти примеры необходимо максимально приближать к контрольным задачам, предлагаемым студентам для самостоятельного решения. Как уже отмечалось, в электронном учебнике, именно с этими целями, решения многих геометрических задач на проекционных чертежах сопровождаются анимационными сценами, и интерактивными упражнениями на моделях, раскрывающими их пространственное содержание.

Проблемным остается вопрос выполнения крупноформатных чертежей (A2...A1). Сканирование таких чертежей представляет собой достаточно серьезную техническую проблему, как для преподавателя, при выдаче задания, так и для обучающегося, выполнившего данную работу.

В разделе «Контрольные графические задания» приведены методические указания к выполнению заданий, варианты заданий (в форме графических изображений условий задачи с размерами и координатами опорных точек), примеры выполнения заданий. Для повышения наглядности многие из задач сопровождаются трехмерными фотореалистичными изображениями.

Методические указания по отдельным темам, например, «Перспективные проекции и тени» для студентов специальности «Промышленное и гражданское строительство» носят развернутый характер и включают наряду с конкретными указаниями по выполнению контрольных заданий теоретический материал, раскрывающий сущность данного вопроса. Графические задания выполняются на стандартной бумаге формата A3, A2 и отсылаются на проверку обычной почтой.

Календарно-тематический план является основным документом, определяющим состав и сроки выполнения заданий, виды контроля и сроки

предоставления работ на рецензию. Развитый аппарат гипертекстовых ссылок позволяет переходить непосредственно из календарного плана в любой раздел методических указаний, просмотреть рекомендуемую литературу, открыть рабочую тетрадь, познакомиться с примерами выполнения семестровых заданий.

Раздел «Инженерная графика» включает программу, календарно-тематический план, общие методические указания по выполнению заданий и правилам предоставления заданий на рецензию, контрольные задания.

В раздел «Контрольные задания» включено 14 заданий. Эти задания охватывают графические работы, выполняемые студентами всех вышеперечисленных специальностей. Три первых задания посвящены теме «Проекционное черчение» и выполняются студентами всех специальностей. Отдельные задания, например, № 8 «Чертежи гражданского здания» предназначены для студентов строительных специальностей, а № 14 – «Выполнение чертежа схемы электрической принципиальной» для студентов приборостроительных и энергетических специальностей.

Наряду с вариантами контрольных заданий здесь, также как и в начертательной геометрии, даны развернутые методические указания по выполнению каждой из работ, приведены таблицы нормативно-справочного обеспечения конкретного задания, показаны примеры их графического выполнения.

Литература

1. *Электронное учебное пособие по начертательной геометрии и инженерной графике // Труды Всероссийской научно-технической конференции «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика».* – Екатеринбург: Типография УрГУПС, 2000.

Сведения об авторах

АРТЕМЬЕВА Любовь Михайловна - аспирант кафедры «Строительная механика» ЮУрГУ.

Область научных интересов: расчеты многоэтажных зданий на динамическую нагрузку.

БАЙБУРИН Альберт Халитович – к.т.н., доцент кафедры «Технология строительного производства» ЮУрГУ.

Область научных интересов: контроль, оценка и управление качеством в строительстве; проектирование строительных технологий гарантированного качества; повышение эффективности технологических процессов; раннее нагружение монолитных железобетонных конструкций в зимних условиях.

ВОРОШИЛОВ Александр Прокопьевич – к.т.н., доцент кафедры «Градостроительство» ЮУрГУ, руководитель секции геодезии и кадастра.

Область научных интересов: геодезическое обеспечение строительства и кадастра объектов недвижимости, высокоточные геодезические работы.

ГАМАЛИЙ Елена Александровна – студентка архитектурно-строительного факультета ЮУрГУ по специальности «Производство строительных материалов, изделий и конструкций».

ГОЛОВНЕВ Станислав Георгиевич – д.т.н., профессор, член-корреспондент РААСН, заслуженный работник высшей школы РФ, почетный строитель России, заведующий кафедрой «Технология строительного производства».

Область научных интересов: интенсивные технологии зимнего бетонирования, оптимизация параметров и выбор методов бетонирования, экологические вопросы строительства, разработка технологий раннего нагружения бетонных конструкций и применения магниезольных вяжущих.

ГОРБУНОВ Сергей Павлович – к.т.н., доцент кафедры «Строительные материалы» ЮУрГУ.

Область научных интересов: разработка составов цементных бетонов с использованием минеральных добавок с целью направленного структурообразования композиций в условиях гиперпрессования или при использовании высокоподвижных смесей.

ДУКМАСОВА Вера Степановна – доцент, зав. кафедрой «Графика» ЮУрГУ.

Область научных интересов: новые информационные технологии в области образования.

ЗИНОВ Игорь Алексеевич – к.т.н., доцент кафедры «Строительные материалы» ЮУрГУ.

Область научных интересов: использование вторичных продуктов промышленности при производстве долговечных железобетонных конструкций.

КОВАЛЬ Сергей Борисович – к.т.н., доцент кафедры «Технология строительного производства».

Область научных интересов: интенсивные технологии зимнего бетонирования, разработка технологий раннего нагружения бетонных конструкций и применения нетрадиционных бетонов (шлакощелочных).

КОСОГОРОВ Валерий Геннадиевич – аспирант кафедры «Строительная механика» ЮУрГУ.

Область научных интересов: ресурс и надежность строительных конструкций и зданий.

КОСТИН Александр Михайлович – к.т.н., доцент кафедры «Градостроительство» ЮУрГУ.

Область научных интересов: оценка земли и городских территорий.

КРАВЧЕНКО Татьяна Александровна – доцент кафедры «Градостроительство» ЮУрГУ.

Область научных интересов: техническая экспертиза объектов недвижимости, оценка земельных участков.

КНУТАРЕВА Наталья Владимировна – студентка 5 курса архитектурно-строительного факультета ЮУрГУ по специальности «Промышленное и гражданское строительство».

ЛАЗАРЕВА Ирина Владимировна – д.т.н., старший научный сотрудник ЦНИИП градостроительства (г. Москва), Действительный член Международной академии энергоинформационных наук, первая выпускница ЧПИ (1957 г.) по специальности «Градостроительство».

Область научных интересов: развитие теории сохранения природного и градостроительного наследия на базе изучения нарушаемости экологически значимых характеристик в условиях техногенеза; применение в конкретных градостроительных (нарушенных) условиях данных урбомониторинга, принятых в комплексной программе развития страны до 2010 года.

МЕЛЬЧАКОВ Анатолий Петрович – д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Строительная механика» ЮУрГУ.

Область научных интересов: безопасность строительных систем, технологии предупреждения аварий в строительстве.

МИТИНА **Нина Владимировна** - студентка 5 курса архитектурно-строительного факультета ЮУрГУ по специальности «Экспертиза и управление недвижимостью».

МИХАЙЛИК **Татьяна Сергеевна** – аспирант кафедры «Геодезия и геоинформатика» Государственного Университета по Землеустройству (ГУЗ).

Область научных интересов: создание кадастра промышленного предприятия, ГИС, геодезическое обеспечение.

МОЛОДЦОВ **Максим Вилленинович** – к.т.н., доцент кафедры «Технология строительного производства».

Область научных интересов: интенсивные технологии зимнего бетонирования, разработка технологий раннего нагружения бетонных конструкций и применения нетрадиционных бетонов (сталефибробетонов).

НИКОЛЬСКИЙ **Иван Сергеевич** – ассистент кафедры «Строительная механика» ЮУрГУ.

Область научных интересов: диагностика и сертификация зданий на соответствие требованиям конструкционной безопасности.

НИКОНОВ **Станислав Валерьевич** – к.т.н., доцент кафедры «Технология строительного производства» ЮУрГУ.

Область научных интересов: контроль и оценка качества строительно-монтажных работ, вероятностно-статистические методы в проектирование строительных технологий.

ОЛЕНЬКОВ **Валентин Данилович** – к.т.н., доцент, профессор кафедры «Строительная механика» ЮУрГУ.

Область научных интересов: территориальные основы градостроительства, природообусловленность развития городов, нарушенные территории городов, их восстановление и использование с учетом аэрационного режима, сохранение архитектурного наследия Южного Урала.

ПАНФЕРОВ **Владимир Иванович** – д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Теплогасоснабжение и вентиляция» ЮУрГУ.

Область научных интересов: моделирование и оптимизация теплотехнических процессов и систем, автоматизация технологических объектов.

ПЕЧОРСКАЯ **Софья Александровна** – ассистент кафедры «Строительная механика» ЮУрГУ.

Область научных интересов: напряженно-

деформированное состояние несущих конструкций многоэтажных сооружений.

ПОНОМАРЕНКО **Елена Владимировна** – кандидат архитектуры, доцент кафедры «Искусствоведение и культурология» ЮУрГУ.

Область научных интересов: градостроительство и архитектура Южного Урала в XVIII – начале XX вв.

ПОТАПОВ **Александр Николаевич** - д.т.н., профессор кафедры «Строительная механика» ЮУрГУ.

Область научных интересов: матричная алгебра, линейные и нелинейные (квадратные) уравнения; вариационные методы решения двумерных краевых задач строительной механики; теория динамического анализа конечномерных систем при нестационарном процессе, учет физической нелинейности материала и упруговязкого сопротивления.

РЯБКОВ **Алексей Николаевич** – аспирант кафедры «Строительная механика» ЮУрГУ.

Область научных интересов: экспертные системы, безопасность и надежность строительных конструкций.

СИБРИКОВА **Марина Анатольевна** – доцент кафедры «Градостроительство» ЮУрГУ.

Область научных интересов: транспортная система города, принципы формирования городской территории.

СОЛОМИН **Виталий Иванович** – д.т.н., профессор кафедры «Строительная механика» ЮУрГУ, действительный член Академии архитектуры и строительных наук, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации.

Область научных интересов: методы расчета гибких железобетонных фундаментов, механика грунтов.

ТЕРЯНИК **Владимир Васильевич** - к.т.н., профессор кафедры «Строительные конструкции, механика твердого тела» Тольяттинского филиала военного инженерно-технического университета.

Область научных интересов: разработка и совершенствование способов усиления железобетонных конструкций и методов их расчета.

ТРОФИМОВ **Борис Яковлевич** – д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Строительные материалы» ЮУрГУ.

Область научных интересов: повышение стойкости железобетонных конструкций путем регулирования структуры бетонов за счет модифицирования продуктов гидратации минерального вяжущего для увеличения их дисперсности и стабильности в условиях агрессивного воздействия внешней среды.

Сведения об авторах

ФЕДОРОВ Юрий Борисович – директор общества с ограниченной ответственностью «Производственно – строительное объединение крупнопанельного домостроения и строительных конструкций» (ООО ПСО КПД и СК), г. Челябинск, соискатель кафедры «Строительные материалы» ЮУрГУ.

Область научных интересов: оптимизация технологических процессов производства сборного железобетона при использовании побочных продуктов промышленности.

ЧЕРНЯВСКИЙ Исаак Яковлевич – д.т.н., профессор кафедры «Строительные материалы» ЮУрГУ.

Область научных интересов: применение зол и шлаков при производстве строительных материалов широкой номенклатуры.

ШВАЙГЕР Александр Михайлович – к.т.н., доцент, профессор кафедры «Графика» ЮУрГУ.

Область научных интересов: прикладные графические системы автоматизированного проектирования изделий машиностроения и технологической оснастки.

**ВЕСТНИК
ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
№ 13 (53) 2005**

**Серия
«СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»
Выпуск 3**

Издательство Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 20.12.2005. Формат 60×84 1/8. Печать трафаретная.
Усл. печ. л. 11,62. Уч.-изд. л. 14,29. Тираж 150 экз. Заказ 296/52.

Отпечатано в типографии Издательства ЮУрГУ.
454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76