

научно-технический журнал

ВЕСТНИК



МГУ

2/2011
Т.1



материалы оборудование технологии

Научно-технический журнал Вестник МГСУ

ПЕРИОДИЧЕСКОЕ НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

№2/2011

Т. 1

Москва

Научно-технический журнал Вестник МГСУ, № 2. Т.1. 2011.
Периодическое научное издание. Москва, МГСУ.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации ПИ №ФС77-21435 от 30 июня 2005 г.

Редакционная коллегия:

Главный редактор – ректор МГСУ, акад. РААСН, д.т.н., проф. – **В.И. Теличенко**; зам. главного редактора – советник ректора МГСУ, чл.- корр. РААСН, д.т.н., проф. – **Е.А. Король**; зам. главного редактора – советник ректора МГСУ, д.ф.-м.н., проф. – **М.В. Самохин**; зам. главного редактора – проф., к.т.н. **Н.С. Никитина**; отв. секретарь – академик РАЕН, проф., д.т.н. **А.Д. Потапов**; редактор – **Е.Н. Аникина**; верстка – **Д.А. Матвеев**.

Редакционный совет:

Теличенко В.И. (председатель), **Амбарцумян С.А.**, **Егорычев О.О.**, **Баженов Ю.М.**, **Дмитриев А.Н.**, **Король Е.А.** (зам.председателя), **Кошман Н.П.**, **Крузлик С.И.**, **Никитина Н.С.** (зам. председателя), **Николаев С.В.**, **Маклакова Т.Г.**, **Мэрфи Анжела** (Университет Центрального Ланкашира, Англия), **Паль Ян Петер** (Технический Университет Берлина, ФРГ), **У Хой** (Пекинский Университет строительства и архитектуры, Китай), **Ян Буйнак** (Университет Жилина, Словакия), **Бегларян А.Г.** (Ереванский государственный университет архитектуры и строительства, Армения), **Потапов А.Д.** (отв. секретарь), **Пунырев Е.И.**, **Самохин М.В.** (зам.председателя), **Сидоров В.Н.**, **Тер-Мартirosян З.Г.**, **Травуш В.И.**, **Чунюк Д.Ю.** (зам. отв. секретаря)

Адрес редакции:

129337, Москва, Ярославское ш. 26. МГСУ, Тел. +7 (499) 183-56-83,
Факс +7 (499) 183-56-83
e-mail: vestnikmgsu@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru>, Электронная версия
<http://www.mgsu.ru>

Подписано в печать 01.04.11

Все материалы номера являются собственностью редакции, перепечатка или воспроизведение их любым способом полностью или по частям допускается только с письменного разрешения редакции.

ISSN 1997-0935

© «Вестник МГСУ», 2011

ДОРОГИЕ КОЛЛЕГИ!



За время пребывания Николая Антоновича Стрельчука на должности ректора была создана материально-техническая база института, построены новые лаборатории и учебные корпуса, студенческие общежития, открыты новые факультеты. В 1966 г. институту был присвоен статус базового учебного заведения строительного профиля.

Николаем Антоновичем была основана научная школа по решению государственных проблем в области взрывоустойчивости зданий и сооружений, динамики сооружений, обеспечению огнестойкости строительных конструкций как при проектировании, так и при эксплуатации.

По его инициативе при МИСИ им. В.В. Куйбышева были созданы проблемная лаборатория «Исследование напряжений» и отраслевая научно-исследовательская лаборатория «Взрывобезопасность промышленных зданий и сооружений».

В процессе научной работы Н.А. Стрельчуком подготовлено 5 докторов и 39 кандидатов технических наук, которые успешно продолжают его научные исследования. Опубликованы учебники, монографии и более 500 научных статей.

Н.А. Стрельчук обладал неиссякаемым трудолюбием, талантом организатора, ученого и педагога. Он навсегда останется в памяти коллег как крупный ученый и создатель.

23 мая 2010 года исполнилось 100 лет со дня рождения Стрельчука Николая Антоновича, дважды лауреата Сталинской премии, лауреата Государственной премии СССР, крупного ученого в области взрывобезопасности зданий и сооружений, динамики строительных конструкций, исследований и расчета конструкций на огнестойкость.

**Приветствую участников юбилейного выпуска ВЕСТНИКА МГСУ,
приуроченного к этой памятной дате!**

Академик РААСН, д.т.н., проф.,
ректор МГСУ

В.И. Теличенко

СОДЕРЖАНИЕ

КАФЕДРЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МГСУ 80 ЛЕТ <i>Головин Н.Г., ГОУ ВПО МГСУ</i>	7
ПРОБЛЕМЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗДАНИЙ ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ РАЗРУШЕНИЮ <i>Алмазов В.О., Плотников А.И., Расторгуев Б.С., ГОУ ВПО МГСУ</i>	15
ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ РИСКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ <i>Тамразян А.Г., ГОУ ВПО МГСУ</i>	21
ТЕОРИЯ ПРОЧНОСТИ СЖАТОЙ ЗОНЫ БЕТОНА НАД НАКЛОННОЙ ТРЕЩИНОЙ <i>Жарницкий В.И., ГОУ ВПО МГСУ</i>	28
НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ АРМАТУРЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В РОССИИ <i>Мадатян С.А., ГОУ ВПО МГСУ</i>	33
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ В КОНСТРУКЦИЯХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ <i>Трекин Н.Н., Кодыш Э.Н., ГОУ ВПО МГСУ</i>	39
НЕКОТОРЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ НЕСУЩИХ СИСТЕМ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ В ЛИНЕЙНОЙ ПОСТАНОВКЕ В РАМКАХ ДИСКРЕТНО-КОНТИНУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ <i>Сенин Н.И., Акимов П.А., ГОУ ВПО МГСУ</i>	44
МЕТОДЫ РАСЧЕТА СЕЙСМОУСИЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ КАМЕННОЙ КЛАДКИ ОДНОСТОРОННИМИ МОНОЛИТНЫМИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ АППЛИКАЦИЯМИ <i>Кабанцев О.В., ГОУ ВПО МГСУ</i>	51
СТЫКИ ПРОДОЛЬНОЙ АРМАТУРЫ МОНОЛИТНЫХ КОЛОНН <i>Малахова А.Н., ГОУ ВПО МГСУ</i>	58
ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА И ПОИСК ЭФФЕКТИВНЫХ ПУТЕЙ ЕЕ РЕШЕНИЯ <i>Головин Н.Г., Алимов Л.А., Воронин В.В., ГОУ ВПО МГСУ</i>	65
РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ВНЕЦЕНТРЕННО-СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ <i>Горбатов С.В., Нè è òí î â Ñ.Ã, ГОУ ВПО МГСУ</i>	72
РЕКОМЕНДАЦИИ К РАЗРАБОТКЕ ТРЕБОВАНИЙ К ЖИВУЧЕСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ <i>Тамразян А.Г., ГОУ ВПО МГСУ</i>	77
ГАРМОНИЗАЦИЯ РОССИЙСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ НОРМ <i>Алмазов В.О., ГОУ ВПО МГСУ</i>	84

**ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖИЛЫХ И ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ
С ТЕПЛОЭФФЕКТИВНЫМИ НАРУЖНЫМИ СТЕНАМИ В
КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ
БАШКОРТОСТАН**

<i>Бедов А.И., Бабков В.В., Гайсин А.М., Габитов А.И., ГОУ ВПО МГСУ</i>	89
МНОГОЛЕТНЕЕ ПЛОДОТВОРНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО <i>Родина</i> <i>А.Ю., ГОУ ВПО МГСУ</i>	95
РАСЧЕТ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОБОЛОЧЕК ПЕРЕНОСА ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ГАУССОВОЙ КРИВИЗНЫ <i>Жихарев Ф.К., ГОУ ВПО МГСУ</i>	98
ПЛАСТИНЧАТО-СТЕРЖНЕВЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ С ПОВЫШЕННОЙ СОПРОТИВЛЯЕМОСТЬЮ КРУЧЕНИЮ <i>Топилин А.Н., ГОУ ВПО МГСУ</i>	105
СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ПРОЦЕССА РАЗВИТИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ <i>Жарницкий В.И., Алипур, ГОУ ВПО МГСУ</i>	110
ЗАДАЧИ МОНИТОРИНГА НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ <i>Алмазов В.О., Климов А.Н., ГОУ ВПО МГСУ</i>	116
ЖЕСТКОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УЧЕТОМ НЕЛИНЕЙНОЙ ПОЛЗУЧЕСТИ ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ ВЯЗКО-УПРУГОЙ МОДЕЛИ НАСЛЕДСТВЕННОГО СТАРЕНИЯ <i>Тамразян А.Г., ГОУ ВПО МГСУ</i>	121
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КАМЕННОЙ КЛАДКИ С ТРЕЩИНАМИ ПРИ ИХ ИНЪЕЦИРОВАНИИ ЦЕМЕНТНЫМ РАСТВОРОМ ПО РАЗРЯДНО-ИМПУЛЬСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ <i>Кабанцев О.В., Тонких Г.П., ГОУ ВПО МГСУ</i>	127
О ПРИЧИНАХ ПОВРЕЖДЕНИЯ НЕСУЩИХ КИРПИЧНЫХ СТЕН ЗДАНИЯ ЦЕНТРА ГИГИЕНЫ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ В Г. МЫТИЩИ <i>Сапрыкин В.Ф., Балакишин А.С., Лапишинов А.Е., ГОУ ВПО МГСУ</i>	136
ДЕФОРМАЦИИ ПОЛЗУЧЕСТИ БЕТОНА ПРИ СЖАТИИ В УСЛОВИЯХ МАЛОЦИКЛОВОГО СИЛОВОГО И ТЕМПЕРАТУРНОГО НАГРУЖЕНИЯ <i>Истомин А.Д., ГОУ ВПО МГСУ</i>	142
УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК ПРИ ДЕЙСТВИИ ПОПЕРЕЧНОЙ И ПРОДОЛЬНОЙ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК <i>Беликов А.А., Жарницкий В.И., ГОУ ВПО МГСУ</i>	145
КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ЗДАНИЯ <i>Данель В.В., ГОУ ВПО МГСУ</i>	148

**ЦИКЛИЧЕСКИЙ ИЗГИБ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ
С УЧЕТОМ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ
АРМАТУРЫ И БЕТОНА**

Курнавина С.О., ГОУ ВПО МГСУ154

**ЗАВИСИМОСТЬ ГРАНИЦ МИКРОТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ
БЕТОНА ОТ ЕГО ПРОЧНОСТИ И ВИДА НАПРЯЖЕННОГО
СОСТОЯНИЯ**

Истомин А.Д., Беликов Н.А., ГОУ ВПО МГСУ159

**ПРОЧНОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ БЕЗ ХОМУТОВ ПО НАКЛОННЫМ СЕЧЕНИЯМ С
УЧЕТОМ ПАРАМЕТРОВ ПРОДОЛЬНОГО АРМИРОВАНИЯ**

Силантьев А.С., ГОУ ВПО МГСУ163

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С КОСВЕННЫМ СЕТЧАТЫМ
АРМИРОВАНИЕМ, ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ДЕФОРМАТИВНОСТЬ И
ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ**

Ванус Д.С., ГОУ ВПО МГСУ171

**КАФЕДРЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И КАМЕННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ МГСУ ВОСЕМЬДЕСЯТ ЛЕТ****DEPARTMENT FOR REINFORCED CONCRETE
AND STONE STRUCTURES IS 80YEARS OLD****Н.Г. Головин****N.G. Golovin**

МГСУ

Краткий очерк об истории становления и развития кафедры, вкладе научно - педагогического коллектива в разработку методов расчета и принципов конструирования железобетонных и каменных конструкций, подготовку высококвалифицированных специалистов для строительной отрасли.

Overview of the history of the department and of scientific and pedagogic contribution to the development of the new design and analysis methods for reinforced concrete and stone structures and education of high-level specialists for the construction industry.

Кафедра железобетонных и каменных конструкций - одна из старейших в МИСИ-МГСУ: она была основана в 1930г. в составе строительного факультета МВТУ, а с 1933г. вошла в состав МИСИ.

Основателем кафедры и ее первым заведующим был один из основоположников современной теории железобетона проф. А.Ф. Лолейт. Затем кафедрой заведовали: проф., д.т.н. Давыдов С.С.(1933-34гг), проф.,д.т.н. Пастернак П.Л.(1934-38г.г., 1955-1963 г.г.), проф.,д.т.н. Кацанович Л.А.(1938-55 г.г), проф., д.т.н. Байков В.Н.(1963-1989 г.г.), проф.,д.т.н. Забегаев А.В. (1989-2002 г.г.). С 2002 г. кафедру возглавляет проф., к.т.н. Головин Н.Г.



А.Ф. Лолейт



П.Л. Пастернак



В.Н. Байков



А.В. Забегаев

С историей кафедры и строительной науки в целом неразрывно связаны имена профессоров Гвоздева А.А., Мурашева В.И., Дроздова П.Ф., Сигалова Э.Е., Трифонова И.А., Хлебного Я.Ф., Антонова К.К., Складнева Н.Н., Попова Н.Н., Дмитриева С.А., Крылова С.М. и др.

Значительный вклад в развитие научных исследований кафедры внесли работы Деллоса К.П., Ермоловой Д.И., Калатурова Б.А., Клевцова В.А., Казакова М.В., Артемьева В.П., Рубинштейна В.С., Стронгина С.Г., Сулова Ю.А., Елагина Э.Г., Фомичева В.И., Фролова А.К., Пухонто Л.М., Панышина Л.Л. и др.

На всех этапах массового строительства в стране кафедра занимала ведущие позиции по целому ряду научных направлений, обогащая практику теоретическими и экспериментальными исследованиями, опытом конструирования, решения практических задач проектирования, выявляя перспективные пути в области разработки новых конструктивных решений; участвовала в подготовке нормативных документов, научно-технических и учебных материалов, в последующем составляющих основу для полноценной подготовки специалистов и базу для научных исследований. Многие крупные научно-технические проблемы зарождались на кафедре и результаты их решений становились всеобщим достоянием. Научные достижения кафедры широко известны, а тесное и постоянное сотрудничество с родственными организациями - НИИЖБ, ЦНИИПромзданий, ВНИИЖелезобетон, Промстройпроект, ЦНИИЭПЖилища, МНИИТЭП, и др. - делало их более яркими и значимыми в результате включения в нормативные документы, конструкторские разработки и т.п.

В научно-педагогической деятельности кафедры в первые годы ее становлении получил отражение разработанный проф. Лолейтом А.Ф. принципиально новый подход к расчету железобетонных конструкций. В этот период общепринятым считался метод расчета сечений железобетонных элементов по условным допускаемым напряжениям, как линейно деформируемых систем. А.Ф. Лолейт в 1931 г. выдвинул новую теорию расчета железобетонных элементов по разрушающим ("критическим") усилиям. Согласно принципу А.Ф.Лолейта, в изгибаемом элементе под влиянием текущей арматуры сокращается высота сжатой зоны и разрушение происходит при предельных напряжениях в арматуре и бетоне. Предложение А.Ф.Лолейта определять несущую способность по предельному состоянию на десятилетия опередило мировую практику в этом вопросе. Оно получило экспериментальное подтверждение, легло в основу нормативных документов по расчету железобетонных конструкций.

Профессор П.Л.Пастернак, развивший исследования А.Ф.Лолейта в части, касающейся степени влияния формы эпюры напряжений в сжатой зоне бетона на результаты расчета, в 1944г. предложил принять вместо криволинейной прямоугольную форму эпюры. Она была в дальнейшем принята при расчете изгибаемых и внецентренно сжатых элементов.

Новая теория расчета железобетонных конструкций по разрушающим усилиям, предложенная А.Ф.Лолейтом и получившая развитие в работах П.Л.Пастернака, легла в основу норм и технических условий (Н и ТУ38).

Последующий период характеризовался активным участием кафедры в разработке конструкций из монолитного и сборного железобетона, совершенствовании норм проектирования железобетонных конструкций. Исследования, выполненные кафедрой под руководством П.Л.Пастернака, способствовали внедрению методов расчета конструкций по предельным состояниям, основы которого были сформулированы Н.С.Стрелецким. На ка-

федре получают развитие методы расчета сложных и пространственно работающих железобетонных конструкций (тонкостенные пространственные покрытия, балочные и плитно-балочные фундаменты, балочные автодорожные мосты и др.). Эти исследования выполнены с позиций инженерного подхода к расчету сложных железобетонных конструкций. Так, в 1934 г. был сооружен самый большой в то время железобетонный купол диаметром 55,5 м над зрительным залом театра в г.Новосибирске, конструкцию которого разработал инж. Б.Ф.Матери по идее и под руководством П.Л.Пастернака.

Ближайшие коллеги проф. П.Л.Пастернака поддержали его научные инициативы: проф. И.А.Трифонов по тематике большепролетных мостов; проф. П.Ф.Дроздов по многоэтажным крупнопанельным жилым зданиям; проф. Э.Е.Сигалов по многоэтажным сборным каркасным зданиям; проф. К.К.Антонов по технико-экономическому анализу железобетонных конструкций.

С 1954г по 1959г на кафедре работал проф. В.И.Мурашев, внесший неоценимый вклад в разработку теории трещиностойкости и жесткости железобетонных конструкций. На основании этих исследований была разработана и включена в нормы проектирования методика расчета по второй группе предельных состояний. Разработки В.И.Мурашева на четверть века определили приоритет в исследованиях этого рода по сравнению с зарубежными публикациями.

Значительный вклад в развитие научных исследований внес проф. В.Н.Байков. Он существенно расширил круг вопросов, которыми занималась кафедра, в том числе связанных с повышением надежности строительных конструкций, исследованием поведения железобетонных конструкций, работающих в условиях сложного напряженно-деформированного состояния, вопросов оптимизации. Под руководством В.Н.Байкова и при его участии получили дальнейшее развитие исследования по общим свойствам железобетона, совместной работе сборных железобетонных элементов в стержневых, плоских и пространственных конструктивных системах. Изучена внутренняя объемная структура железобетонных элементов, находящихся под воздействием кручения в сочетании с изгибом и поперечным срезом. Большое внимание проф. В.Н.Байков уделял развитию теории железобетона на основе использования действительных диаграмм деформирования бетона и арматуры.

Научные идеи проф. В.Н.Байкова получили развитие в работах его учеников Н.Н.Складнева, А.К.Фролова, В.И.Фомичева, С.В.Горбатова, А.Н.Топилина и др. Впоследствии член-корреспондент АН СССР проф. Н.Н.Складнев разработал методику оптимизации железобетонных конструкций, занимался ее реализацией в ведущих проектных организациях. Затем он длительное время возглавлял научное направление по оптимальному проектированию строительных конструкций в нашей стране.

Эти годы характеризовались значительными научными достижениями кафедры в области теории расчета и практики проектирования многоэтажных зданий, которые представляют собой сложнейшие пространственно деформируемые несущие системы.

Основополагающий вклад в изучение действительной работы конструкций многоэтажных зданий принадлежит П.Ф.Дроздову. Он создал общую теорию расчета несущих систем многоэтажных зданий на основе дискретно-континуальной модели, в которой получили отражение: пространственное взаимодействие разнотипных конструктивных элементов; оценка податливости соединений сборных и монолитных конструкций; оценка влияния жесткости дисков перекрытий на напряженно-деформированное состояние несущих конструкций; учет физической и геометрической нелинейности конструктивных элементов несущей системы; влияние податливости основания.

Проф. Э.Е.Сигаловым разработана теория расчета динамических характеристик многоэтажных зданий с учетом действительной работы железобетонных рамных каркасов - податливости стыков, изгиба перекрытий в своей плоскости, совместной работы фундаментов и оснований.

Разработку и совершенствование конструктивных решений многоэтажных и высотных зданий, методов их расчета в последующие годы на кафедре продолжили Л.Л.Паньшин, М.И.Додонов, Н.И.Сенин, А.Ю.Родина, В.Н.Шпанова, Т.А.Щепетьева и др.

Другой проблемой, в решении которой кафедра имеет приоритет в течение последних трех десятилетий является расчет и проектирование железобетонных конструкций и сооружений, подвергающихся кратковременным динамическим воздействиям (проф. Н.Н.Попов, проф. Б.С.Расторгуев, проф. А.В.Забегаев). Были созданы методы динамического расчета железобетонных конструкций на взрывные воздействия, получила заметное продвижение теория деформирования железобетонных конструкций при особых динамических и малоцикловых воздействиях. Проф. А.В.Забегаевым разработана теория динамического расчета железобетонных конструкций на действие аварийных ударных нагрузок, предложены мероприятия по защите конструкций, состоящие из активной и пассивной ударозащиты.

В декабре 1996г. решением Ученого Совета университета в состав кафедры Железобетонных и каменных конструкций в качестве отделения была включена кафедра Динамики зданий и сооружений. Это решение позволило сохранить уникальный педагогический и научный потенциал, который создавался в течение более чем 30-летнего периода. Большой вклад в становление научного направления и специализации внесли профессоры и доценты Нерпин Н.В., Жарницкий В.И., Рыков Г.В., Чернов Ю.Т., Костин И.Х., Ковальчук С.Т., Беликов А.А., Алексеенко В.Д., Казаков А.М. и др. В современных условиях, когда вопросы обеспечения безопасности приобрели особую актуальность, объединение кафедр позволило сконцентрировать усилия двух коллективов на решении проблем живучести и безопасности зданий и сооружений при различных природных и техногенных воздействиях аварийного характера.

На кафедре проводятся также исследования по развитию теории железобетона при сложных комплексных воздействиях (силовых, климатических, атмосферных) - проф. В.О.Алмазов, проф. Л.М. Пухонто. Исследование сопротивления железобетона при сложном напряженно-деформированном состоянии (кручение, предварительное напряжение, коробчатая форма поперечного сечения) позволили оценить жесткостные характеристики и разработать методы расчета стержневых железобетонных элементов и конструкций в этих условиях (проф. В.И.Фомичев, проф. Э.Г.Елагин). Выполняются работы по совершенствованию конструктивных решений сборных железобетонных конструкций заводского изготовления с использованием эффективных способов армирования преднапряженной и ненапрягаемой арматурой, применением бетонов на зольном гравии и мелкозерновых бетонов (Н.Г.Головин, В.С.Кузнецов, А.М.Набатников, В.Ф.Сапрыкин и др.)

Кафедра принимала участие в выполнении ряда научных международных программ совместно с техническими университетами зарубежных стран. В последние годы осуществлялась международная деятельность в форме:

– демонстрации результатов исследований и разработок преподавателей кафедры на конгрессах, конференциях, семинарах, проводимых в университетах Европы, Азии, Америки;

- представительства и прямого участия в работе ведущих международных организаций Евросоюза в области строительства и управления учебным процессом;
- организации международных конференций, проводимых в МГСУ, и участия в них;
- подготовки иностранных студентов и аспирантов;
- проведения научно-технических работ по заказам зарубежных университетов и строительных фирм.

Многолетний опыт научных исследований и преподавания курса железобетонных конструкций способствовал написанию членами кафедры значительного числа учебников и учебных пособий с графом министерства, по которым учились многие поколения инженеров строителей.

Основной учебник для ВУЗов профессоров Байкова В.Н. и Сигалова Э.Е. "Железобетонные конструкции" (общий курс) выдержал, начиная с 1962 г., пять изданий (первое было подготовлено совместно с проф. Мурашевым В.И.) и отмечен Государственной премией СССР 1981 г. Он переведен на ряд иностранных языков: английский (четыре издания), испанский (два издания), французский и арабский.

Учебное пособие "Железобетонные конструкции"(спецкурс) под редакцией проф. Пастернака П.Л. в первом издании (1961 г.) и под редакцией проф. Байкова В.Н. во втором (1974 г.) и третьем (1981 г.) изданиях написано большим авторским коллективом (профессора Антонова К.К., Артемьев В.П., Дроздов П.Ф., Трифионов И.А. и др.).

Учебник профессора Попова Н.Н. и Забегаева А.В. "Проектирование и расчет железобетонных и каменных конструкций" выдержал два издания (1985 г. и 1989 г.).

Хотя эти и другие учебники и учебные пособия не утратили своего значения и до настоящего времени, современная практика проектирования зданий и сооружений выдвигает новые требования к высшей школе по подготовке высококвалифицированных инженеров-строителей. Отвечая на эти требования, обогащенная современным опытом решения практических задач проектирования и строительства с учетом ввода в действие нормативных документов следующего поколения и все более широкого распространения монолитного железобетона, кафедра ведет работу по написанию нового учебника по железобетонным конструкциям. Наряду с этим подготовлено и выдержало 2 издания (2002г, 2008г) учебное пособие "Проектирование каменных и армокаменных конструкций" Авторы: проф. Бедов А.И., доц. Щепетьева Т.А. Учебное пособие "Каменные и армокаменные конструкции. Проектирование, усиление и восстановление", подготовленное проф. Бедовым А.И. в соавторстве с Габитовым А.И. издано трижды (2005г, 2006 г, 2008 г)

Для совершенствования методики преподавания и подготовки современного инженера, владеющего компьютерными технологиями, на кафедре разработаны учебные программы и методики использования промышленных программных комплексов в учебном процессе (проф. Алмазов В.О., доценты Набатников А.М., Андреев В.В., Тихомирова Е.И.). Созданная в начале 90-х годов прошлого века компьютерная версия лабораторных работ по железобетонным конструкциям использовалась во многих вузах страны и 2005г была существенно переработана и обновлена.

К достижениям кафедры можно отнести и постановку дипломного проектирования. Его тематикой, за редким исключением, являются реальные строительные объекты. Немало случаев, когда отдельные проекты были использованы строительными организациями. Кафедра всегда придавала самое большое значение вариантному проектированию, ибо считала, что оно является наиболее важной, творческой частью всего проекта.

Укреплению связей кафедры с производством, внедрению последних достижений науки и практики в учебный процесс, повышению эффективности производственных практик, выполнению дипломных проектов по реальным заказам способствовало привлечение на кафедру видных специалистов отрасли проф. к.т.н. Кабанцева О.В., проф., д.т.н. Мадатяна С.А., проф., д.т.н. Трекина Н.Н.

Характерной особенностью коллектива кафедры, начиная с ее становления, явились активное участие во всех сферах деятельности университета, его основных подразделений, а также в ведущих научных, технических и общественных организациях страны. В разные периоды времени занятость на кафедре с деятельностью в качестве проректоров по научной и учебной работе МИСИ-МГСУ совмещали проф. Байков В.Н. (1969-1974г.г.), проф. Шилов Е.В. (1973-1990г.г.), проф. Забегаев А.В. (1986-2002г.г.), проректора по международным связям - проф. Жихарев Ф.К. (1987-2007г.г.).

Представители кафедры были деканами строительного факультета (проф. Кацанович Л.А., 1932-53г.г.; проф. Трифионов И.А., 1956-58 г.г.), факультета ПГС (проф. Дроздов П.Ф., (1969-1971г.г.), факультета повышения квалификации преподавателей (проф. Бедов А.И., 1988-2007 г.г.), руководили вузовскими общественными организациями (проф. Жихарев Ф.К., проф. Головин Н.Г., проф. Сенин Н.И.) и научно-техническим обществом (НТО) Стройиндустрии (проф. Лолейт А.Ф., проф. Байков В.Н.), принимали участие в работе технических советов ряда министерств, издательств и редколлегий журналов. И сегодня кафедра представлена в руководстве университета (проф. Сенин Н.И. - директор института Строительства и архитектуры (ИСА), декан факультета ПГС, проф. Топилин А.Н. - зам. директора ИСА).

Все это способствует выработке стиля работы кафедры, ее творческой атмосферы, основными чертами которой являются компетентность, требовательность и ответственность при неизменном сохранении доброжелательного подхода.

На протяжении всей своей истории кафедра железобетонных и каменных конструкций была и продолжает оставаться одной из ведущих кафедр МИСИ-МГСУ, является высокопрофессиональным научно-педагогическим коллективом, в составе которого 15 профессоров в т.ч. 7 докторов технических наук, 12 доцентов, 13 ассистентов и старших преподавателей.

С традиционной преемственностью на кафедре сегодня уделяется внимание совершенствованию конструктивных решений и методов расчета конструкций из монолитного и сборного железобетона (проф. Алмазов В.О., проф. Головин Н.Г., проф. Плотников А.И., проф. Трекин Н.Н., доц. Беликов Н.А., асс. Силантьев А.С. и др.), каменных и армокаменных конструкций (проф. Бедов А.И.) изучению действительной работы железобетонных конструкций многоэтажных и высотных гражданских зданий (проф. Сенин Н.И., проф. Родина А.Ю. и др.), конструкционной безопасности железобетонных, каменных и армокаменных конструкций, методом их восстановления и усиления (проф. Бедов А.И., проф. Горбатов С.В., проф. Топилин А.Н., доц. Сапрыкин В.Ф. и др) проф. Алмазов В.О., проф. Жарницкий В.И., проф. Кабанцев О.В., проф. Плотников А.И., проф. С.В., проф. Топилин А.Н., доц. Сапрыкин В.Ф. и др.).

Успешно развивается научное направление, связанное с повышением надежности, безопасности и живучести зданий и сооружений при особых динамических воздействиях типа взрывных и сейсмических, разработкой методов оценки и снижения рисков (проф. Расторгуев Б.С., проф. Алмазов В.О., проф. Жарницкий В.И., проф. Тамразян А.Г., проф. Кабанцев О.В., проф. Плотников А.И. и др.). Ведутся экспериментальные

исследования конструкций, армированных стальной и неметаллической арматурой (проф. Мадатян С.А.) конструкций из легких бетонов и бетонов на вторичных заполнителях (проф. Головин Н.Г., асс. Воронов А.А., зав. лабораторией Балакшин А.С.)

На кафедре успешно защищаются диссертации, издаются научные труды, учебные пособия и монографии. Результаты исследований находят отражение при разработке нормативных документов, учитываются в проектной практике. За последние годы преподавателями кафедры подготовлены и изданы следующие основные труды:

1. "Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений". Автор - проф. Пухонто Л.М. Монография на русском и английском языках (2004г.).

2. "Снижение рисков в строительстве при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера". Монография под общей редакцией проф. Тамразяна А.Г. (2004г.).

3. "Проектирование зданий и сооружений при аварийных взрывных воздействиях". Авторы проф. Расторгуев Б.С., проф. Плотников А.И., проф. Хуснутдинов Д.З. (2007г.)

4. "Вибрации строительных конструкций" Автор - проф. Чернов Ю.Т.

5. "Проектирование железобетонных конструкций по Евронормам". Автор - проф. Алмазов В.О. (2007г.)

На кафедре работают известные ученые в области теории и практики железобетона, каменных и армокаменных конструкций почетный академик РААСН, проф., д.т.н. Расторгуев Б.С., проф., д.т.н. Алмазов В.О., проф., д.т.н. Жарницкий В.И., советник РААСН, проф., д.т.н. Тамразян А.Г., проф., д.т.н. Мадатян С.А., проф., д.т.н. Трекин Н.Н., кандидаты технических наук Бедов А.И., Кабанцев О.В., Плотников А.И. и др.

Ежегодно обучение по дисциплинам кафедры проходят около 1500 студентов, более 80 студентов ПГС защищают дипломы. В магистратуре кафедры обучаются 8-10 студентов, в аспирантуре проходят обучение от 10 до 20 аспирантов.

Ключевые слова: кафедра железобетонных и каменных конструкций, достижения, теория железобетона, учебник, научные исследования, научные труды, подготовка аспирантов, дипломы.

Key words: department of reinforced concrete and stone construction, achievements, the reinforced concrete theory, the textbook, scientific researches, proceedings, preparation of post-graduate students, diplomas.

*Почтовый адрес автора: 129337, Москва Ярославское шоссе, 26, МГСУ
e-mail: gbk@mgsu.ru*

ПРОБЛЕМЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗДАНИЙ ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ РАЗРУШЕНИЮ

PROBLEMS OF BUILDING'S STRENGTH TO PROGRESSIVE COLLAPSE

В.О.Алмазов, А.И.Плотников, Б.С.Расторгуев

V.O. Almazov, A.I. Plotnikov, B.S. Rastorguev

МГСУ

Рассматриваются специальные вопросы, связанные с проектированием несущих конструкций зданий с учётом требования защиты от прогрессирующего разрушения, обсуждаются различные аспекты динамического и статического расчётов.

Special subjects deals with bearing structure design for buildings with accounting requirement of progressive collapse protection are considered. Various aspects of dynamic and static analysis are discussed.

Термин «прогрессирующее разрушение (обрушение)» является сравнительно новым: по-видимому, впервые он был использован в докладе комиссии, расследовавшей причины разрушения в 22-этажном панельном доме Ронан Пойнт в Лондоне, произошедшего в 1968г. вследствие внутреннего взрыва газа на кухне квартиры на 19-м этаже [1]. Появление этого термина в дополнение к основным свойствам несущих систем зданий – надёжности и безопасности – связано с особыми воздействиями природного и техногенного характера, возникающими в чрезвычайных ситуациях (ЧС). Данные воздействия учитываются в особых сочетаниях нагрузок [2], при этом достаточно удовлетворить только требованию безопасности конструкций, если к ним не предъявляются дополнительные требования по ограничению деформаций и раскрытию трещин. В подобных случаях безопасность обеспечивается на стадии проектирования расчётом по первой группе предельных состояний для исключения (с заданной надёжностью) любого вида разрушения.

Вместе с тем взрывные и ударные воздействия техногенного происхождения зачастую создают на отдельные конструкции динамические нагрузки, значительно превосходящие их несущую способность и неизбежно приводящие к разрушению, особенно опасному, если оно касается вертикальных несущих элементов (колонн, пилонов, стен). Такую ситуацию можно определить как запроектную, и при её рассмотрении основным требованием является сохранение жизни людей путём обеспечения достаточного времени для их эвакуации из здания после возникновения ЧС. В этих случаях понятие безопасности трактуется как такое состояние строительного объекта, при котором отсутствует недопустимый риск. При этом степень допустимого риска, т.е. вероятность смертельного исхода,



принимается 10^4 чел/год. При соответствующем обосновании возможно принятие более низких значений допустимого риска на уровне ($10^{-5} \dots 10^{-6}$ чел/год).

В результате разрушения отдельного элемента происходит перераспределение нагрузок на сохранившиеся конструкции. Если же они не выдерживают дополнительных нагрузок, то тоже разрушаются, и этот последовательный выход из строя (выключение) всё новых элементов имеет характер цепного, развивающегося во времени и в пространстве процесса разрушения части здания или всего здания в целом, что и принято обозначать термином «прогрессирующее разрушение» (ПР).

Наибольшие практические достижения в решении проблемы предотвращения ПР имеются в задачах проектирования многоэтажных каркасов зданий. Следует признать, что и в этом случае мы находимся в самом начале пути. В большинстве проектных организаций подобные задачи решают статическим расчётом в условно упругой стадии ослабленной несущей системы с использованием сертифицированных программных комплексов (Лира, SCAD, STARK ES и др.). Однако, расчёт с указанными ограничениями далеко не в полной мере отражает действительные условия деформирования конструкций, поскольку не учитывает динамические эффекты, возникающие при движении системы с удалённым элементом, а также развитие пластических деформаций в материалах, которые могут быть допущены в локальных зонах конструкции, но лишь при условии, что она не обрушится. Расчёт каркаса здания с учётом динамических эффектов и пластических деформаций является весьма сложной проблемой, для исчерпывающего решения которой возможностей современных программных комплексов (как перечисленных выше, так и более продвинутых, с более развитыми решателями, библиотеками КЭ, с реализацией некоторых вариантов теорий прочности бетона) недостаточно.

Для характеристики здания в целом при ЧС может быть использован термин «живучесть» (robustness), которым обозначается свойство конструкции сопротивляться особым воздействиям без возникновения повреждений, непропорциональных причине, их вызвавшей. Здания, обладающие этим свойством, должны быть устойчивыми против ПР, а также взрывоустойчивыми как при внутренних, так и при внешних взрывах.

Что касается сооружений иного типа, так называемых большепролетных сооружений – мостов, систем покрытий, работающих по плоской и пространственной схемам, то здесь положение менее определенное, и требуются углублённые исследования, направленные на изучение путей превращения разных вариантов локальных разрушений в глобальное, особенно при разработке новых конструктивных решений подобных сооружений.

Кафедра железобетонных конструкций МГСУ уделяет этим проблемам серьезное внимание, разрабатывая новые методы решения задач по обеспечению безопасности строительных объектов. Основной интерес – экономический – как с минимальными затратами обеспечить безопасность против ПР.

Существуют три направления по обеспечению нераспространения локального повреждения с превращением его в глобальное:

- ограничение уровня риска;
- повышение степени статической неопределённости системы;
- расчетно-конструктивные «ответы» на возможные повреждения.

Первое направление реализуется, как правило, властными структурами, которые в интересах безопасности и на основании неполной изученности новых конструктивных решений сооружений вводят повышенные значения коэффициентов безопасности. Недостаток такого подхода состоит в том, что аварийные воздействия изменяют статическую схему сооружения, и дополнительные расходы материалов зачастую оказываются неоправданными. Второе направление противоречит тенденциям современ-

ной архитектурной моды – увеличенным пролётам в помещениях различного назначения. Реализация третьего направления позволяет всем заинтересованным структурам осуществлять дифференцированный подход к сооружениям различного уровня ответственности и обеспечивать их безопасность в соответствии со значимостью и вероятностью возникновения ЧС.

Возможны три уровня требований и, соответственно, три варианта решения проблемы:

- здание (сооружение) после аварийного воздействия не получает повреждений за пределами локального участка;
- здание после аварийного воздействия сохраняет несущую способность, но становится непригодным к дальнейшей нормальной эксплуатации;
- здание после аварийного воздействия не пригодно к эксплуатации, но сохраняет свою форму (связность основных конструктивных элементов) в такой степени, что люди могут безопасно его покинуть.

Как показали тестовые расчёты, первый уровень требований – наиболее затратный, и он, как правило, не требует разработки новых расчётных методов. Второй и, особенно, третий уровень требований связаны с необходимостью изучения динамики упруго-пластических систем и нормирования предельных состояний конструкций в стадиях развития больших пластических деформаций. Такой подход применительно к железобетонным конструкциям позволяет обеспечить безопасную эвакуацию людей при возникновении аварийной ситуации в здании.

Для зданий с несложной топологией несущих систем разработаны аналитические методы расчёта на ПР в динамической постановке, основанные на предположении, что максимальные усилия и деформации возникают в конструкциях перекрытия, расположенного непосредственно над удаляемой колонной (пилоном). Это допущение основано на анализе результатов численных расчётов каркасов зданий. Помимо этого принято, что усилия в колоннах, смежных с удаляемой на данном этаже, на работу рассматриваемого перекрытия практически не влияют. В данной постановке в работах [6,7] приведён динамический расчёт плоской рамы каркаса как модели с распределённой массой при внезапном разрушении одной из колонн.

Наиболее просто и эффективно динамический расчёт перекрытий различных конструктивных систем может быть выполнен с использованием динамической модели с сосредоточенными массами, расположенными в узлах сопряжения колонн с перекрытиями. Если внезапному разрушению подвергается одна из колонн нижнего яруса, другие колонны обеспечивают связь между массами. Метод упрощённого динамического расчёта ячейки монолитного железобетонного перекрытия, расположенной непосредственно над разрушенной колонной и представленной одномассовой моделью с одной неизвестной физической координатой $Z_d(t)$, характеризующей поступательное движение узла перекрытия над удалённой колонной в упругой и пластической стадиях, рассмотрен в работе [9].

При выполнении статического расчёта учитывается нормативная статическая (постоянная и временная длительная) нагрузка q_0 , которая при внезапном устранении колонны действует на перекрытие как мгновенно приложенная динамическая нагрузка. Её эффект характеризуется коэффициентом динамичности по нагрузке:

$$k_d = \frac{q_{ult}}{q_0}, \quad (1)$$

где q_{ult} – предельная нагрузка, определяемая методом предельного равновесия.

Предельное состояние перекрытия по несущей способности оценивается коэффициентом пластичности k_{pl} , значение которого для железобетонных конструкций изменяется в пределах 1...5. Из динамического расчёта перекрытия получена взаимозависимость коэффициентов динамичности и пластичности [7]:

$$k_d = \frac{k_{pl}}{k_{pl} - 0,5}, \quad \text{или} \quad k_{pl} = 1 + \frac{2 - k_d}{2(k_d - 1)}. \quad (2)$$

При расчёте в упругой стадии ($k_{pl} = 1$) $k_d = 2$; при допущении в конструкции пластических деформаций ($k_{pl} = 2...5$) значение k_d изменяется в пределах $k_d = 1,15...1,33$ и для обеспечения несущей способности перекрытия требуется в 2...3 раза увеличить площадь арматуры по сравнению с вариантом проекта без учёта ЧС (расчёт на основные сочетания нагрузок). Значение коэффициента пластичности k_{pl} для непереармированных ($\zeta < \zeta_R$) железобетонных элементов может быть найдено из соотношения:

$$k_{pl} = \frac{\frac{0,8}{\zeta} - 1}{\frac{R_s}{E_s \varepsilon_{b,ult}}}, \quad (3)$$

При $k_d \leq 1$ происходит разрушение перекрытия вследствие неограниченного возрастания прогибов, на участках пластических шарниров происходит разрушение бетона сжатых зон, и сечения на всю высоту оказываются растянутыми. В таких случаях расчётная схема элемента представляется вантовой сеткой из арматурных стержней, деформирующихся в пластической стадии. При этом допускается развитие относительных деформаций арматуры до величины $0,6\varepsilon_{s,ult}$, где $\varepsilon_{s,ult}$ – предельная относительная деформация арматуры при разрыве, т.е. при смене статуса НДС (когда изгибаемый элемент с ростом перемещений начинает работать как вантовый) деформационные свойства арматуры используются наиболее полно. Анализ результатов выполненных расчётов даёт основание заключить, что при допущении работы ячейки перекрытия по схеме вантовой конструкции возможно предотвратить её обрушение даже без увеличения площади сечения арматуры, установленной из расчёта на основные сочетания нагрузок. Однако, при выполнении такого расчёта требуется занормировать предельный провис вантовой системы.

Теория динамического расчёта вантовых систем, образующихся после разрушения ячейки перекрытия, как изгибаемой конструкции, изложена в работах [6,7], в которых, в частности, получено, что эффект действия статической нагрузки на пластически деформирующиеся ванты характеризуется коэффициентом динамичности $k_d = 2$ вследствие возрастания сопротивления вант пропорционально перемещениям. Это обстоятельство позволяет использовать для динамического расчёта рассматриваемых вантовых систем теорию статического расчёта висячих оболочек.

Существует и иной способ обеспечения несущей способности ячейки перекрытия, из-под которой в результате особого воздействия удалена колонна (пилон). Он заключается в создании для «зависших» колонн (пилонов), расположенных над разрушенной колонной (в одном вертикальном створе с ней), условий работы на растяжение. Это может быть достигнуто путём устройства в многоэтажном или высотном здании отдельных усиленных перекрытий, расположенных не реже, чем через пять этажей, и запроектированных так, чтобы при возникновении ЧС их деформирование происходило лишь в пределах условно упругой стадии (без возникновения пластических деформаций в растянутой продольной арматуре). Следует отметить, что метод динамического расчёта такой системы в настоящее время отсутствует.