

МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ
ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ (Д.01.01.133)

На правах рукописи
УДК 62:62.007.2:621.72:51

СЕИТОВ БОЛОТБЕК МУКАЕВИЧ

ВЕРОЯТНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
НАДЕЖНОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

С п е ц и а л ь н о с т ь
01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Бишкек –2002

Работа выполнена в Жалал-Абадском техническом институте

Научные консультанты: член-корреспондент **НАН КР**,
доктор технических наук,
профессор **ОРМОНБЕКОВ Т.О.**

доктор физико-математических
наук, профессор **РУДАЕВ Я.И.**

Официальные оппоненты: член-корреспондент **НАН КР**,
доктор технических наук,
профессор **ТЕНТИЕВ Ж.Т.;**

доктор технических наук,
профессор **ТАЖИБАЕВ К.Т.;**

доктор технических наук,
профессор **АБДЫЛДАЕВ Э.К.**

Ведущая организация: **КЫРГЫЗСКО-УЗБЕКСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Защита состоится « 5 » июля 2002 года в _____
часов на заседании Межведомственного диссертационного Совета
Д.01.01.133 в Кыргызском техническом университете им.И.Раззакова по
адресу: г.Бишкек, пр.Мира 66, ауд. 1/373.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КТУ
им.И.Раззакова.

Ваш отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенный пе-
чатью учреждения, просим направлять по адресу: 720044, Кыргызская
Республика г.Бишкек, пр.Мира 66, каб. 1/351.

Автореферат разослан « 4 » июля 2002 года.

Ученый секретарь
совета, к.т.н., доцент

Ж. Д. Рабидинова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. В настоящее время актуальной задачей механики деформируемого твердого тела является повышение эффективности и качества, надежности и долговечности конструкций и сооружений с учетом снижения материалоемкости и капитальных затрат. Один из путей решения этой задачи – экономное и рациональное использование материальных ресурсов как на стадии проектирования инженерных конструкций, так и на стадии эксплуатации.

Сложность исследования надежности конструкций и технических систем состоит в многочисленности факторов, определяющих надежность. Главные из них – вид материалов, характер нагрузок, тип конструкций, срок службы, капитальность объекта, а также технология изготовления конструкций и условия их эксплуатации. Задачи оценки надежности сводятся к установлению влияния частичных и полных от-казов на долговечность и работоспособность конструкций.

Существенный вклад в развитие теории надежности и использо-вание ее вероятностных моделей на практике внесли советские ученые: Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко, А.М. Половко, А.Я. Маслов, А.Д. Со-ловьев, Р.С. Судаков, А.М. Широков, И.А. Рябинин, В.В. Болотин и дру-гие.

Следует особо отметить, что впервые вопросы надежности в механике деформируемых твердых тел поставлены и решены в работах М.Майера, Н.Ф. Хоциалова, Н.С. Стрелецкого. Огромная роль в деле внедрения в механику сооружений статистических методов принадле-жит Н.С. Стрелецкому и В.В. Болотину. Развитие и приложение теории надежности и вероятности к инженерным системам и конструкциям раз-работаны в работах А.Р. Ржаницина, А.М. Фрейдентала, А. Джонсона, В.В. Болотина, В.Д. Райзера, М.Д. Кутуева и других.

Анализ исследований в этой области показал, что теория на-дежности инженерных систем охватывает множество нерешенных задач, являясь сложной комплексной проблемой.

Недостаточное знание физической природы протекающих про-цессов, становящихся причиной утраты конструктивными элементами работоспособности, случайный и стохастический характер воздей-ствующих эксплуатационных, природно-климатических и технологиче-ских факторов не позволяет получить для инженерных конструкций прямых аналитических методов, описывающих работоспособность до потери надежности. В связи с этим научные исследования, направлен-

ные на повышение надежности и эффективности инженерных систем не только в нашей республике, но и зарубежом безусловно имеют большое народнохозяйственное значение.

Существующие методы являются недостаточными для определения надежности. В расчетной практике надежность обеспечивается путем введения целых систем частных коэффициентов, которые являются в теоретическом плане несовершенными, да и требуют всестороннего научного изучения. В этом направлении отродно отметить работу профессора Кутуева М.Д.. Он впервые обосновал и предложил научную идею о необходимости инкриминировать надежность в единый расчетный контекст, рассматривая его как новое предельное состояние.

Совершенствование и развитие теории предельных состояний имеет очень большое практическое значение, однако ее роль не следует переоценивать. Она неприменима к анализу разрушения: принципы теории предельных состояний приемлемы только к начальной стадии разрушения (по восходящей ветви диаграммы «напряжение-деформация»). Но, тем не менее, расчет конструкции по предельным состоянием, являясь наиболее прогрессивным, имеет существенный недостаток – отсутствие учета фактора времени.

Проблема надежности является сложной комплексной проблемой. В настоящее время чрезвычайно актуальна разработка её теоретических основ и новых методов оценки надежности инженерных систем. Важным приоритетным научным направлением считается разработка и исследование вероятностных моделей надежности инженерных систем для обеспечения качества, долговечности и снижения материалоемкости.

Актуальность исследований определяется также непосредственной связью данных исследований с решением проблемы повышения надежности инженерных систем на Межправительственном уровне и комплексной основы развития Кыргызской Республики на период до 2010 года

Цель работы. Разработка научных основ вероятностного моделирования надежности инженерных систем и совершенствование методов расчета надежности на базе современных представлений механики деформируемого твердого тела.

Основные положения и результаты, выносимые на защиту:
- построение феноменологической модели для описания напряженно-деформированного состояния сжатого бетона в процессе необратимого деформирования и разрушения методами неравновесной статической механики;

- вероятностная природа надежности инженерных систем и ее приложения;
- особенности вероятностного моделирования природно-климатических и технических воздействий и нагрузок;
- вероятностные методы расчета надежности инженерных конструкций;
- развитие метода расчета надежности строительных конструкций в рамках теории предельного состояния;
- сопоставление отечественных и европейских норм проектирования конкретных примерах;
- вариант концепции расчета конструкций на надежность с учетом нормирования потребительских требований.

Научная новизна:

- сформулирована задача исследования закономерностей деформирования бетона с привлечением положений неравновесной статической механики, причем предполагается, что текущему напряженно-деформированному состоянию бетона ставится в соответствие энергетическая функция состояния, зависящая от уровня напряжений и деформаций, а также от параметров несовершенства;
- показана полезность привлечения методов теорий катастроф в качестве инструмента для построения физико-механической модели;
- обобщена концепция вероятностного моделирования природно-климатических и технических воздействий и нагрузок;
- осуществлен выбор критериев оценки надежности инженерных систем с целью повышения качества конструктивных решений и ее безотказной работы;
- предложены алгоритмы вычисления вероятностей отказа и безотказной работы, причем для железобетонных конструкций наиболее приемлемым принят метод статистических испытаний;
- разработаны теоретические основы расчета на надежность конструкций в рамках метода предельных состояний путем сопоставления проектной вероятности отказа с нормируемым целесообразным значением этой вероятности;
- исследована надежность внецентренно-сжатого железобетонного стержня с определением обеспеченности несущей способности и выбором оптимального значения коэффициента армирования;
- на основе сопоставления отечественных и европейских норм проектирования разработан вероятностный расчет железобетонного каркасного здания с учетом изменчивости нагрузок, прочностных харак-

теристик бетона и арматуры, отличающихся от принятых при детерминированном расчете;

- предложен метод прогнозирования надежности железобетонных конструкций в период ее изготовления, который позволяет количественно оценить уровень ее надежности по Чуйской и Ошской области Кыргызской Республики;

- предложен вариант концепции расчета конструкций на надежность с учетом нормирования потребительских требований.

Методы исследования. Разработанная физико-механическая модель бетона оценивалась сравнениями с существующими экспериментальными данными. Полученные вероятностные модели надежности сооружений сравнивались с известными решениями и методами расчета, а также сопоставлялись с российскими отечественными и европейскими нормами и правилами проектирования конструкций.

Личный вклад автора состоит в:

- анализе и обобщении преимуществ и недостатков в теории надежности и вероятности конструкций, а также предложены модели природно-климатических и технических воздействий и нагрузок;

- разработке физико-механической модели сопротивления бетона с научным обоснованием прочности в условиях полной диаграммы деформирования сжатого бетона;

- выборе методов расчета вероятности отказа и их научном обосновании для приемлемых инженерных конструкций, а также в осуществление сравнительного анализа вычисления отказа (двух моментов, горячих точек, статистических испытаний, Монте-Карло и т. д.);

- разработке основ расчета на надежность инженерных сооружений в рамках метода предельных состояний;

- обосновании вероятностного подхода к расчету надежности внецентренно-сжатого железобетонного элемента с привлечением метода статистических испытаний;

- сопоставлении отечественных и зарубежных норм оценки надежности и проектирования, с выполнением расчетов и анализом для многоэтажных железобетонных каркасных зданий с учетом срока службы и класса бетона;

- составлении предложений и рекомендаций к выбору и формированию целесообразных надежностных показателей с установлением нормативных потребительских требований.

Обоснованность и достоверность полученных результатов обеспечивается корректным применением теории вероятности и надеж-

ности, основными положениями механики деформируемого твердого тела и теории катастроф, а также различных нетрадиционных критериев при решении физически-нелинейных задач с учетом вероятностных процессов. О достоверности результатов также свидетельствует согласованность с известными теоретическими и экспериментальными данными, а также с решениями для внецентренно-сжатых элементов и многоэтажных зданий.

Реализация результатов. Составлены рекомендации и технические условия по проектированию строительных конструкций с заданными физико-механическими свойствами, а также регламентированы и нормированы показатели надежности и вероятности отказов.

Практическая ценность. Разработанная модель деформации бетона позволяет учитывать изменчивость структурных состояний в процессе нагружения. Применением теории вероятности и теории надежности усовершенствуется не только основная расчетная формула метода предельных состояний при детерминистской постановке задачи, но и наиболее общие аспекты надежности конструкций и инженерных систем в целом.

Предложен научно обоснованный подход к инженерному расчету надежности строительных конструкций и сформулирован новый вариант расчетных представлений к проектированию на основе пересмотра взаимоотношений заказчика и исполнителя.

Апробация работы: Основное содержание и результаты работы докладывались и обсуждались на Республиканской научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития технических наук в Киргизии (Фрунзе, 1980), на Республиканской конференции молодых ученых и специалистов Киргизии (Фрунзе, 1981), на Всесоюзной конференции «Экспериментальные исследования инженерных сооружений» (Таллин, 1981), на региональной научно-технической конференции «Совершенствование региональных и экспериментальных методов исследования физических процессов» (г. Николаев, 1983), на Всесоюзном Координационном совещании «Экономичное армирование железобетонных конструкций» (Фрунзе, 1990), на XXIII Международной конференции в области бетона и железобетона «ВОЛГО-БАЛТ-91» (г. Москва, 1991), на Республиканской научной конференции «Применение ЭВМ в НИР и в учебном процессе» (ЖАГУ, 1994), на Международной научной конференции «Современные методы и средства информационных технологий» (ОшВТК, 1995), на Ученом совете инженерного факультета и на заседании кафедры инженерных конструкций (ОшТУ, 1991, 1997), на Международной научно-теоретической кон-

ференции, посвященной «3000 - летию юбилею г. Ош» (ОшТУ, 1997), на Международной научно-практической конференции «Традиции и новации в системе университетского образования» (Кыргызский технический университет, 1997), на Международной конференции, посвященной «100-летию г. Кызыл-Кыя» (Кызыл-Кийский филиал ОшТУ, 1998), на научном семинаре кафедры теоретической механики и сопротивления материалов КГУСТА (Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры, 1998), на Международной научно-технической конференции «Технологии и перспективы современного инженерного образования, науки и производства», посвященной «45-летию ФПИ - КТУ» (Кыргызский технический университет, 1999), на Международной научной конференции, посвященной «200-летию А.С. Пушкина» (Кыргызско - Российский Славянский Университет, 1999), на Международной научно-практической конференции «Ош на пороге XXI века: из глубин истории в цивилизованное будущее», посвященной юбилею «Ош-3000» (г.Ош, 1997), на научном семинаре кафедры механики КРСУ (Кыргызско-Российский Славянский университет, 2000), на Ученом совете ЖАТИ (Жалал-Абадский технический институт, 1999-2000), на XIX Международной конференции «Математическое моделирование в механике сплошных сред» (г. Санкт-Петербург, 2001), на Республиканской научно-практической конференции «Проблемы строительной отрасли и пути их решения» (г. Бишкек, июль 2001 г.), на VIII Всероссийском съезде по теоретической и прикладной механике (г. Пермь, 2001), на I съезде инженеров Кыргызской Республики, посвященной «10-летию юбилею Инженерной академии Кыргызской Республики» (г. Бишкек, 2001), на IV Всероссийском семинаре «Проблемы оптимального проектирования сооружений» (Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, 2002), на Международной научно-практической конференции, посвященной «10- летию юбилею КГУСТА» (г. Бишкек, 2002); на региональной научно-теоретической конференции «Современные проблемы науки и техники» (г. Жалал-Абад, 2002); на расширенном заседании кафедры «Математика и механика» Жалал-Абадского государственного технического института и на научном семинаре кафедры «Механика» КРСУ (г. Бишкек, 2002)

Публикации. Основные результаты работы опубликованы в монографии и в 32 научных статьях, список которых приведен в конце автореферата.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, семи глав, общих выводов по работе, списка литературы, вклю-

чающего 140 наименований и приложений. Общий объем работы составляет 335 страниц основного текста и включает 61 рисунков, 29 таблиц.

Научные консультанты работы: член – корреспондент Национальной Академии Наук Кыргызской Республики, доктор технических наук, профессор Ормонбеков Т. О. и доктор физико-математических наук, профессор Рудаев Я. И.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрено современное состояние проблемы по совершенствованию и развитию теорий надежности и проведен обзорный анализ общих положений и проблем обеспечения надежности инженерных систем. Сформулирована актуальность проблемы, цель и методы исследования, охарактеризованы научная новизна и практическое значение работы, изложены основные научные положения, выносимые на защиту.

Глава первая посвящена разработке физико-механической модели бетона, отвечающей закономерностям деформирования при кратковременном нагружении на сжатие и устанавливающая связь между напряжениями и деформациями с учетом запредельной стадии.

Обобщены физические основы деформации бетона при одноосном сжатии. Описание полной диаграммы «напряжение-деформация» $\sigma = f(\varepsilon)$ представляет нелинейную задачу механики деформируемого твердого тела. Это означает, что модуль деформации бетона не является константой материала - текущий модуль упругости E_t отличается от начального E_0 . Аналогично вторая упругая характеристика - коэффициент Пуассона так же переменная величина.

Проанализированы модели деформационного поведения бетона ЕКБ – ФИП, (М. Саргина), Л.П. Саенца, Ш. Поповича, А.В. Яшина, ДЖ. Каррейра, К.Х. Чу, З.П. Базанта, Н.И. Карпенко, Т.А. Мухаммедиева, А.Н. Петрова, М.Л. Зака, Ю.П. Гуца. Из-за отсутствия строго обоснованной теории бетона до сих пор аналитические зависимости между напряженным и деформированным состояниями представляются, как правило, в виде аппроксимационных формул. Сопоставление эмпирических формул с экспериментальными данными показали их в основном

ром повреждаемости (ω). Параметр ω считается вероятностным и, следовательно, может трактоваться как степень полноты фазового пере-

удовлетворительное соответствие только на восходящей ветви диаграммы « $\sigma_b - \varepsilon_b$ ».

Необходимо отметить, что все проанализированные соотношения, в принципе, обладают управляемостью, гибкостью, минимумом контролируемых характеристик, простотой математического аппарата и хорошей сходимостью с экспериментами. Анализ математических моделей деформации бетона показывает, что подавляющему большинству вариантов определяющих соотношений соответствует неучет структурной изменчивости при нагружении, хотя развитие таких процессов очевидно. Исключение составляют теории накопления повреждений, значимость которых очевидна.

Процесс деформации бетона рассмотрим с позиций вероятностного подхода, в рамках которого указанный процесс интерпретируется как иерархия структурных состояний диссипативных структур. На рис. 1 качественно представлена диаграмма деформирования бетона в приведенных координатах $F - \eta$.

Считается, что текущему напряженно - деформированному состоянию отвечает энергетическая функция, представляемая в виде суммы потенциальной составляющей ($V_p(F, \eta)$), ответственной за обратимые процессы, и возмущения $s(\eta, \beta)$

$$V(F, \eta, \beta) = V_p(F, \eta) + s(\eta, \beta), \quad (1)$$

где F - приведенное напряжение, η - приведенная деформация (параметр порядка), β - параметр несовершенства (управляющий параметр).

Минимизируя функцию (1), получаем уравнения состояния в форме

$$F = \frac{\beta}{\eta} + \eta + F_R, \quad (2)$$

где F_R - приведенный предел прочности бетона.

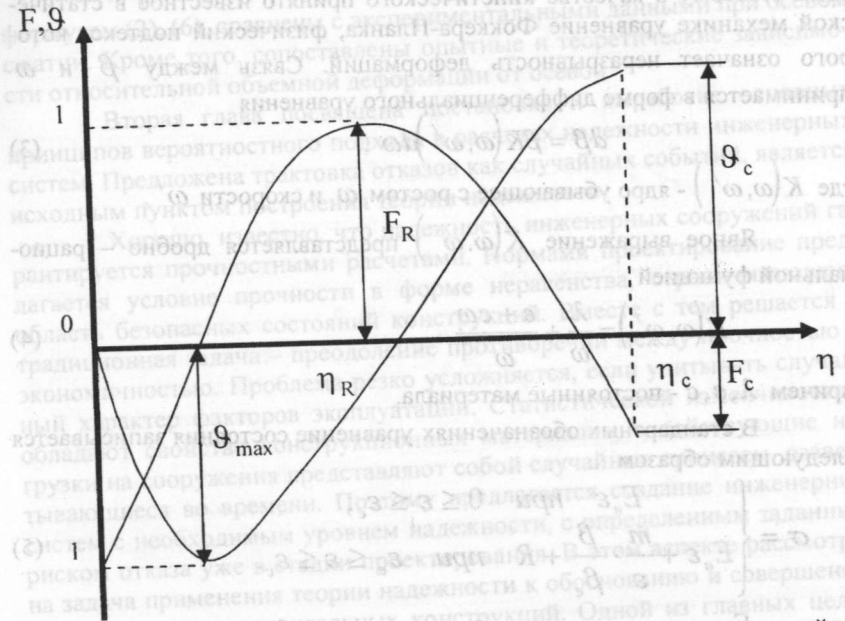


Рис.1. Качественное представление приведенных напряжений

$F = \frac{\sigma}{\sigma_c} - 1$ и зависимости объемной деформации $\theta = \frac{\theta}{\theta_c}$ от па-

раметра порядка $\eta = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_c}$, θ_c - объемная деформация на пределе

текучести бетона σ_c .

Параметр несовершенства β следит за сменой структурных состояний деформируемого бетона. По существу переход от упругого состояния в стадию упрочнения и далее к нисходящей ветви можно отождествлять к совершаемым фазовым переходам. Последнее означает приемлемость синергетической трактовки процесса и, как следствие, метода аналитического описания - теории катастроф. При таком подходе удобно связать параметр несовершенства с традиционным параметром повреждаемости (ω). Параметр ω считается вероятностным и, следовательно, может трактоваться как степень полноты фазового пере-

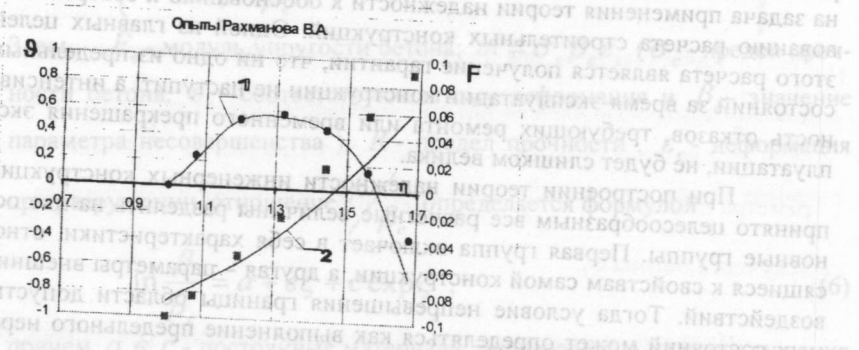
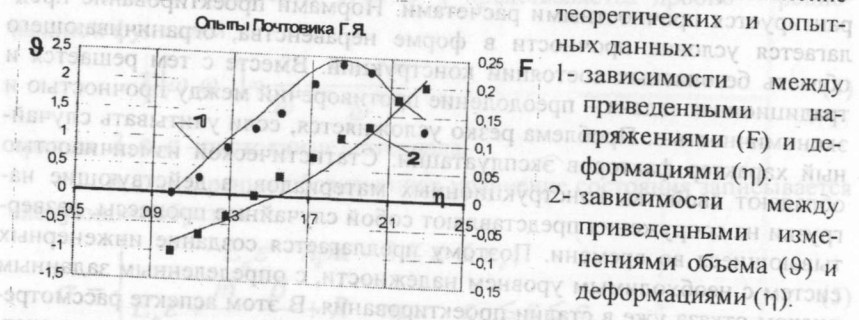
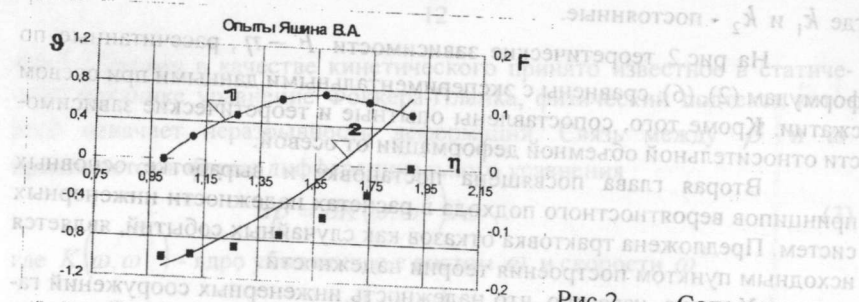


Рис.2. Сопоставление теоретических и опытных данных:
 1- зависимости между приведенными напряжениями (F) и деформациями (η);
 2- зависимости между приведенными изменениями объема (θ) и деформациями (η).

Здесь \tilde{Q} - наибольшее значение нагрузочного эффекта (усилие или напряжение в конструкции, выраженное через внешние нагрузки, т.е. задача определения напряженно-деформированного состояния предполагается решенной); \tilde{R} - несущая способность выраженная в тех

же единицах, что и \tilde{Q} , и отвечающая предельному состоянию по прочности (предел текучести, предел прочности, пластический момент); \tilde{S} - характеристика, названная резервом прочности.

Понятно, что реальные характеристики и конструктивные параметры инженерных систем отличаются от заложенных в нормах проектирования. Объяснение этого явления связано с тем, что все прочностные, геометрические и деформационные характеристики конструкций, а также воздействия на них представляет собой случайные величины или случайные процессы и наиболее реально отражают случайную природу основных расчетных величин, взаимосвязь между внешними воздействиями и прочностью конструкций. Поэтому привлечение теории вероятности к оценке надежности можно считать обоснованным. Определена основная область практического применения теории надежности - разработка правил нормирования для проектирования и изготовления конструкций.

Предложено в качества развития метода предельных состояний ввести надежностное требование сопоставления проектной вероятности отказа с нормируемым значением этой вероятности.

Введено представления о характеристике безопасности (индекс надежности или дальность отказа). Число стандартов \hat{S} , укладывающихся в интервале от $S = 0$ до $S = \tilde{S}$, называется характеристикой безопасности.

Имеем

$$\beta = \frac{\tilde{S}}{\hat{S}} = \frac{\tilde{R} - \tilde{Q}}{\sqrt{S_R^2 + S_Q^2}}, \quad (10)$$

где \hat{S} - стандарт распределения резерва прочности; \tilde{S} - резерв прочности

Соотношение между вероятностью отказа $P_s(S)$ и характеристикой безопасности β можно проиллюстрировать, положив, что скалярные функции Q и R подчиняются нормальным законам распределения. При этом вероятность отказа можно представить в виде

$$P_s = P_s(S < 0) = \frac{1}{\hat{S}\sqrt{2n}} \int_{-\infty}^0 \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{X - \tilde{S}}{\hat{S}}\right)^2\right] dx. \quad (11)$$

Тогда

$$P_s = \frac{1}{2} + \Phi(\beta), \quad (12)$$

где $\Phi(\beta)$ - интеграл вероятности Гаусса.

Сформулирована общая схема оценки надежности с учетом физических, технических и эксплуатационных аспектов. Предлагается методика нормирования расчетных параметров с решением задачи определения вероятности отказа в рамках метода предельных состояний. Доказано, что применение теории вероятности позволяет записать условие надежности конструкции в виде ограничения на область допустимых состояний (рис.3).

Рассмотрена задача контроля несущей способности строительных конструкций методами математической статистики. Стандартами на качество строительных конструкций устанавливаются определенные нормативные требования. Поэтому от партии изделий, соблюдая принцип случайности, производят выборку для испытания, чтобы иметь представление о качестве изделий и регулировании технологических режимов. Суть испытания заключается в том, что конструкция нагружается согласно расчетной схеме по возрастающей нагрузке до появления отказа - нарушения любого вида предельного состояния.

Показано, что при одних и тех же обеспеченностях расчетных значений прочности и нагрузки надежность может меняться в больших пределах в зависимости от отношения коэффициентов их вариаций. Поэтому существующие методы проектирования не могут оценить надежность конструкции, а, тем более, нормировать проектирование с заданным уровнем надежности. Для обеспечения надежности признан целесообразным статистический метод контроля несущей способности конструкций.

Предложенный статистический метод контроля несущей способности конструкций позволяет надежно оценить качество всей партии изделий и оперативно регулировать технологические режимы производства.

Третья глава посвящена анализу климатических и технических воздействий и нагрузок как вероятностного процесса. Причиной указанных воздействий являются нагрузки, которые представляют собой наиболее неопределенные величины, подчиняющиеся большому статистическому разбросу и имеющие случайный характер.

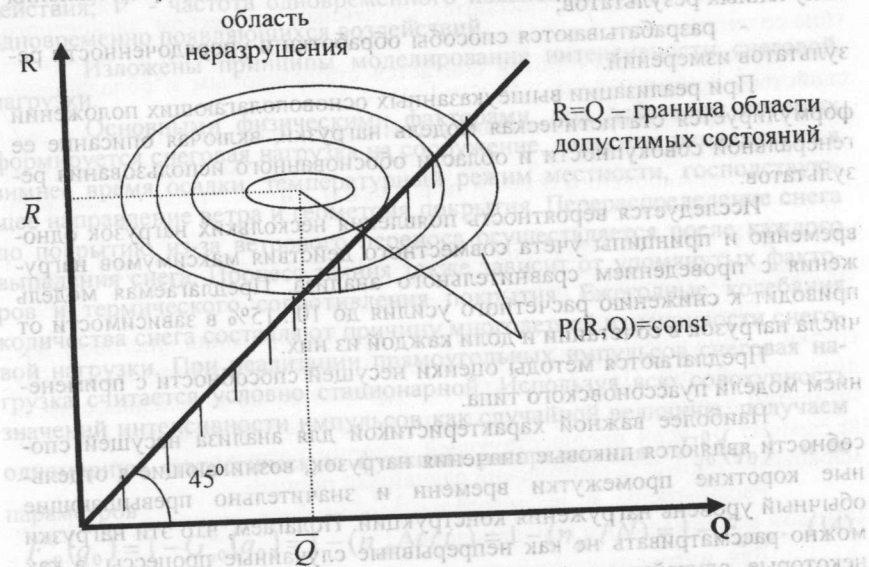


Рис.3. Граница области допустимых состояний

$$\bar{R} = \bar{Q} = 0$$

В инженерных расчетах используются модели, в которых величина и другие параметры воздействий ассоциируются с принятой нагрузкой, а не с реальным процессом нагружения.

Сформулированы основные положения модели нагрузок. Предлагается статистическая модель нагрузки, которая базируется на следующих положениях:

- исследуются причины возникновения воздействий и их изменения в связи с природными и технологическими факторами и явлениями;

- разрабатывается пространственно-временная структура изменчивости нагрузок в связи с условиями их проявления и группировкой этих условий по территории, типам и формам сооружений, режимам использования и т.п.;

Моделью предполагается, что изменения снегового покрова в течение зимы образуют целочисленный счетный поток. Колебания высоты снежного покрова считаются случайным процессом дискретного типа со счетным числом состояний, а именно, простейшим потоком случайных событий. Этот поток считается стационарным и обладающим свойством ординарности.

Модель накопления снега имеет вид

$$\tilde{q}(t) = \sum_{m=1}^{\tilde{n}(t)} F[t, \tau_m, \tilde{u}(t_m)], \quad (16)$$

где, $F[t, \tau_m, \tilde{u}(t_m)]$ - функция приращений веса снега; $\tau_m - m$ - ое время ожидания изменения нагрузки; t - текущее время.

Предположение о возможности моделирования снеговой нагрузки с привлечением марковских цепей расширяет возможность анализа сооружений. Процесс считается марковским по интенсивностям и моментам времени, если последующие воздействия и моменты времени не зависят от всей предшествующей истории нагружения. Дискретная марковская цепь есть марковский случайный процесс.

Рассмотрены и исследованы особенности ветровой нагрузки методом максимального правдоподобия.

Для интенсивности ветрового давления W , соответствующей исходной совокупности срочных измерений скорости ветра \tilde{v} , сохраняется распределение Вейбулла, но с измененными параметрами

$$F_w(W) = 1 - \exp\left(-\frac{W}{\eta_m}\right)^{\alpha_m}, \quad (17)$$

где, $\alpha_m = \frac{\alpha}{2}$; $\eta_m = 0,61$, $W > 0$; $\eta > 0$; $\alpha > 0$, причем α, η находятся по специальным формулам.

Окончательно имеем

$$\bar{W} = \eta_w \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha_w}\right); \quad (\Pi a)$$

$$S_w = \eta_w \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha_w}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\alpha_w}\right) \right]^{\frac{1}{2}}; \quad (\Pi a)$$

где $\Gamma(x)$ - гамма функция.

Параметры годовых максимумов ветрового давления определяются так

$$u_{mw} = \eta_w (\ln m)^{1/\alpha_w}, (m/c); \quad Z_{mw} = \frac{\alpha_w}{\eta_w} (\ln m)^{-1/\alpha_w} (c/m), \quad (19)$$

где $m = \Delta / \Delta S$ - число независимых наблюдений в частной исходной выборке длительностью Δ (месяц, год), из которой выбирается один максимум.

В переходе к n -летним максимумам ветрового давления \bar{W}_n в качестве исходного используется распределение годовых максимумов Гумбеля. С учетом последнего можно записать

$$\bar{W}_n = \bar{W}_\Delta + \frac{\ln n}{z_{mw}} = \bar{W}_\Delta + \frac{\sqrt{6}}{\pi} (\ln n) S_{w_\Delta};$$

$$V_{w_n} = \frac{V_{w_\Delta}}{1 + \frac{\sqrt{6}}{\pi} (\ln n) V_{w_\Delta}}; \quad S_{w_n} \approx S_{w_\Delta}; \quad (20)$$

где \bar{W}_n и S_{w_n} - математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение; V_{w_n} - коэффициент вариации годовых максимумов.

При $V_{w_\Delta} = 0.25$; $n = 50$ лет имеем $V_{w_n} = 0,14$.

Для учета в вероятностном расчете сооружения случайного изменения направления ветра предложены два способа, исходя из расчетной схемы, и исследовано влияние протяженности сооружения на выбор расчетного значения скоростного давления ветра. Последнее касается надежности линий электропередач (ЛЭП). Проблема состоит в назначении расчетного значения скорости ветра. В связи с этим введены основные положения и предпосылки для реализации вероятностной модели расчета. Приведены примеры расчета. Анализ показывает, что если длина ЛЭП удваивается, то расчетное значение скорости ветра увеличивается в 2.79 раз.

Исследованы температурные климатические воздействия, поскольку конструкции зданий и открытых сооружений подвергаются со временем действию температуре воздуха и солнечной радиации, которые вызывают изменения температуры элементов конструкций, их де-

формации и перемещения. В статически неопределимых системах, как известно, изменение температуры приводит к возникновению температурных напряжений.

Наиболее существенной особенностью случайного процесса среднесуточной температуры является периодическая нестационарность, проявляющаяся в годовом ходе температуры, ее функции распределения, плотности и параметров. При этом изменчивость среднесуточной температуры воздуха в зимние месяцы значительно больше, чем в летние, и отношение $S_{\theta 1-} / S_{\theta +}$ может достигать 3...4.

Анализ показывает, что вероятностное распределение $\bar{\theta}_1(t)$ близко к нормальному с плотностью

$$f_{\theta_1} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S_{\theta_1}(t)} \exp\left\{-\frac{[\theta - \bar{\theta}_1(t)]^2}{2S_{\theta_1}^2(t)}\right\}, \quad (21)$$

где $S_{\theta_1}(t)$ - среднее квадратичное отклонение; θ - среднесуточная температура воздуха; $\bar{\theta}_1(t)$ - вероятностное распределение температуры.

Вероятностное моделирование технологических нагрузок имеет серьезные отличия от климатических воздействий. Исключительное разнообразие функциональных и технологических условий, реализуемых в зданиях с различными объемно-планировочными и конструктивными схемами, приводит к резкому ограничению статистического подхода для непосредственного нормирования нагрузок. Изменение механических условий во времени, выражающееся в перепланировании и замене оборудования, перспективном росте нагрузок препятствует прямому переносу статистических данных на будущие условия.

Случайно расположенная технологическая нагрузка оказывает различное влияние на внутренние усилия и перемещения конструктивного элемента в зависимости от вида и положения сечения, к которому оно относится. Указанное влияние может быть учтено:

- выбором возможного неблагоприятного положения загруженной площади - $\bar{\alpha}_Q A_\varphi$ (A_φ - площадь влияния нагрузки и $\bar{\alpha}_Q$ - относительная плотность размещения оборудования или $\bar{\alpha}_{QA}^* A_\varphi$) в области определения поверхности влияния $\varphi_z(x, y)$ рассматриваемого эффекта

- приведением фактических нагрузок с известной плотностью распределения случайных координат $f(x, y)$ к эквивалентным по эффекту равномерно распределенным нагрузкам так

$$\tilde{z}_3 = \tilde{z}_{cp};$$

$$\tilde{z}_3 = \tilde{q}_3 \iint_{A_\varphi} \varphi_z(x, y) dx dy = \tilde{q}_3 \bar{\varphi}_z A_\varphi = \tilde{q}_3 V_z, \quad (22)$$

где \tilde{q}_3 - эквивалентная равномерно распределенная нагрузка; V_z - объем, ограниченный поверхностью влияния; $\bar{\varphi}_z$ - среднее значение функции влияния.

Нагрузка, определяемая собственным весом несущих конструкций, действует в течение всего срока службы сооружения. Нагрузка от несущих конструкций может изменяться во время эксплуатации здания в результате реконструкции. Указанные изменения могут касаться величины нагрузки и ее положения в пространстве. Нормативные значения веса конструкции определяются на основе стандартов, рабочих чертежей или паспортных данных заводов-изготовителей, а также по известным размерам и плотности материалов и грунтов с учетом их влажности в процессе возведения и эксплуатации. Условия изготовления диктуют различия в значениях коэффициентов надежности. Так, для бетона, изготовленного в заводских условиях, $\gamma_f = 1.2$, на строительной площадке - $\gamma_f = 1.3$.

Вес элемента конструкции записывается в виде

$$dG = \gamma_o dV, \quad (23)$$

где γ_o - плотность материала, V - элементарный объем.

Возможные флуктуации веса определяются изменчивостью плотности материалов, геометрических размеров, веса под влиянием окружающей среды (влажность), а также рядом неучтенных факторов (вес защитных покрытий, пренебрежение отверстиями и швами и т.п.). Отмеченные факторы влияют на нагрузку от собственного веса. Они носят как случайный, так и систематический характер.

Итак, сформулированы основные положения статистического и вероятностного моделирования нагрузок от климатических и технических воздействий.

Четвертая глава посвящена методам вычисления вероятности отказа. Здесь, главным образом, анализируются практически важные

стороны нормирования расчетных параметров, а также приводятся методы расчета вероятности отказа.

Одной из главных целей расчета конструкций является получение гарантии того, что за время эксплуатации не наступит ни одно из недопустимых предельных состояний, а интенсивность отказов, требующих ремонта или временного прекращения эксплуатации, не будет слишком велика.

Все показатели надежности, необходимые для формулировки нормативных требований к строительным конструкциям, представляют собой достаточно простые функции вероятности отказа за какой-либо определенный промежуток времени. Поэтому в качестве основной выдвигается задача вычисления вероятности отказа.

Условие отказа представляется неравенством

$$R - Q < 0. \quad (24)$$

В общем случае R и Q – случайные величины. При рассмотрении требований жесткости R может быть детерминированным ограничением.

Вероятность отказа есть вероятность реализации неравенства (24), т.е.

$$P_s = P_{rob}\{R - Q < 0\} = \int_0^{\infty} f_R(x) f_Q(x) dx. \quad (25)$$

Здесь P_s – вероятность отказа; $P_{rob}(A)$ – вероятность реализации события A ; $f_R(x)$, $f_Q(x)$ – вероятности величин R и Q .

Метод «двух моментов» вычисления вероятности отказа при распределении по нормальному закону несущей способности R и нагрузочного эффекта Q позволяет интеграл (25) выразить через интеграл вероятностей

$$P_s = 1 - \Phi(\beta), \quad (26)$$

где $\beta = \frac{\bar{R} - \bar{Q}}{(S_R^2 + S_Q^2)^{1/2}}$ – характеристика безопасности (индекс надежности); \bar{R} и \bar{Q} – средние значения величин R и Q , S_R и S_Q – стандартные отклонения R и Q .

Метод может считаться достаточно простым. Недостаток метода состоит в ограниченности применимости логонормального закона и

может быть использован при применении нормального закона. При этом следует учитывать, что если R и Q – функции несколько случайных переменных, то они могут отвечать закону нормального распределения в случае, когда все исходные переменные распределены нормально.

Другой подход использует метод «горячих точек» с локальной аппроксимацией распределения исходных величин нормальным законом. Аппроксимация осуществляется в «горячей точке» – точке подгонки. Поскольку положение указанной точки заранее неизвестно, то привлекается итерационная процедура. Метод считается универсальным. Определенным ограничением при достаточной простоте алгоритма является требование гладкости и дифференцируемости функции работоспособности. При кусочно-гладкой границе области отказа вводятся дополнительные условия, существенно усложняющие алгоритм. Отметим определенную затруднительность в оценке погрешности.

Рассмотрим метод «статистических испытаний» для вычисления вероятности отказа как оценку вероятности отказа по частоте события. Ему соответствуют достаточно большое число статистических данных по результатам испытания по схеме Бернулли, т.е. на каждом испытании генерируются случайные реализации всех исходных величин. При этом выполняется детерминированный расчет значений и функций реализаций с проверкой условия $Q > R$. При выполнении этого условия исходном испытании считается отказ. Частота появления отказа рассматривается как оценка его вероятности в форме

$$v = \frac{k}{m} = P_s, \quad (27)$$

где k – число отказов, m – общее число испытаний.

Метод исключительно прост и универсален, но требует обязательного анализа близости оценки к исходной вероятности P_s , которая зависит от числа испытаний m . Необходимо отметить, что основная сложность задачи, решаемой методом статистических испытаний, заключается в длительности проводимых расчетов. Конечно, развитие средств вычислительной техники сводит на нет указанную сложность. Поэтому целесообразно привести алгоритм расчета надежности строительных конструкций методом статистических испытаний.

Все параметры конструкции R_1, \dots, R_n и нагрузки, Q_1, \dots, Q_n , обладающие изменчивостью, считаются случайными величинами с известными законами распределения, которые задаются численно, с помощью генераторов случайных чисел; при этом предполагается

известным детерминированный метод расчета конструкций, а отказом считается невыполнение принятого основного расчетного условия (24).

Определение частоты отказов и построение гистограммы функции резерва прочности осуществляется по следующему алгоритму:

- методом статистического моделирования согласно известным законам распределения назначаются n реализаций случайных величин параметров конструкций и нагрузок $R_{1e}, \dots, R_{mi}; Q_{1e}, \dots, Q_{mi}$ ($i=1, \dots, n$);

- производится n детерминированных расчетов строительных конструкций согласно выбранному методу, при этом n раз определяется значение функции резерва прочности g ;

- при значении $g < 0$ фиксируется отказ, а частота отказов вычисляется по формуле (27);

- сравнивается полученная частота отказов с заданной вероятностью отказов P_s , изменяя один из параметров (например, процент армирования для железобетонных конструкций), далее возвращаются ко второму шагу, повторяя вычисление методом итераций до достижения нужной частоты отказов;

- строятся гистограммы относительных частот функции распределения резерва прочности на интервале, равном m стандартам g , причем правая и левая границы интервала лежат на расстоянии $m/2$ стандартов вправо и влево от математического ожидания.

Метод статистических испытаний с достаточной степенью точности дает оценку вероятности безотказной работы строительных конструкций.

Метод «статистического моделирования» для оценки вероятности отказа дает меньший разброс оценки вероятности отказа сравнительно с методом статистических испытаний.

Преимуществом метода является простота сравнительно с методом оценки вероятности по частоте.

Недостаток метода заключается в том, что в многомерном случае одна из функций распределения величин R и Q должна быть известна заранее. Кроме этого, анализ точности и достоверности результата приходится выполнять с использованием асимптотических распределений получаемой оценки, а не искомой вероятности, как в ме-

тоде статистических испытаний. Для этого используются более сложные и менее эффективные известные процедуры.

Предложен для вычисления вероятности отказа модифицированный метод Монте-Карло.

Одним из способов повышения эффективности метода Монте-Карло является уменьшение дисперсии оценки, которая достигается стратификацией моделируемой выборки.

Понятно, что при таком походе дисперсия оценки резко уменьшается, поскольку является суммой весьма малых дисперсий случайных величин, ограниченных на одном классовом интервале. Однако, при вычислении малых вероятностей классовые интервалы, дающие основной вклад, лежат в области маловероятных значений величины Q . Поэтому значительная часть выборки оказывается ненужной и необходимое число реализаций будет большим.

Этот недостаток исправим модификацией метода Монте-Карло, в которой непосредственно формируются стратифицированная выборка только на нужных классовых интервалах и с заданными объемами классовых выработок. Для этого модифицируются ограниченные случайные величины $Q_{j-1}^* \leq Q_j \leq Q_j^*$ с плотностями распределения вероятностей

$$f_Q(x) = \frac{1}{P_{Q_j}} f_{Q_j}(x). \quad (28)$$

Преимуществом метода является высокая вычислительная эффективность. Недостаток заключается в более сложной, чем в прямом методе Монте-Карло, процедуре формирования выборок. Кроме того, при решении многомерных задач не всегда просто выделить нужные классовые интервалы для исходных величин. Анализ точности и достоверности выполняется аналогично прямому методу Монте-Карло и создает то же затруднения.

Исследованы методы вычисления вероятности отказа и сформулированы основные положения их реализации. Составлены алгоритмы решения задачи. Проанализирована эффективность методов. Установлены качественные и количественные согласия расчетных величин вероятности отказов и вероятности безотказной работы, которые указывают на достоверность полученных результатов. Осуществлен сравнительный расчет определения вероятности безотказной работы внецентренно-сжатого сварного двутавра различными методами. Установлена приемлемость для строительных конструкций метод статистических испытаний.

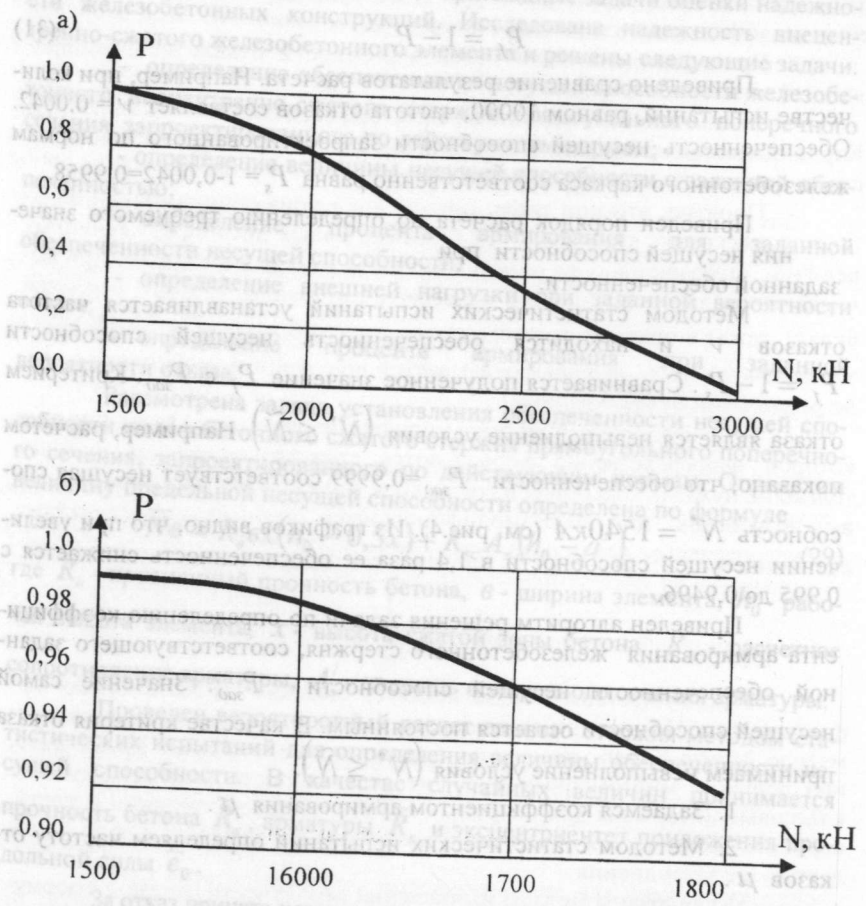


Рис.4. Зависимость обеспеченности несущей способности P от величины несущей способности N : а - общий график; б - значения, близкие к 1.

Результаты расчета графически представлены на рисунке 5. Исследована надежность железобетонного каркасного здания. Рассмотрены задачи сопоставления уровня надежности конструкций, проектируемых по отечественным и европейским нормам с применением вероятностных методов. Сопоставлены нормативные и расчетные

значения нагрузок, формулы для определения коэффициента снижения расчетных нагрузок, результаты расчета по коэффициенту армирования и расчетное сопротивление бетона при проектировании, а также значение коэффициента армирования в зависимости от класса бетона и высоты здания.

Анализ результатов показывает, что европейские нормы проектирования дают завышенные значения коэффициента армирования, сравнительно с отечественными.

Этот факт объясняется тем, что европейскими нормами проектирования предписывается использование больших коэффициентов надежности по нагрузке, коэффициентов надежности по материалу, а также привлечение расчетных формул учета сочетания нагрузок, которые приводят к увеличению коэффициентов армирования. Кроме этого, европейскими нормами в расчет вводятся большие значения нормативной равномерно распределенной нагрузки на плиты перекрытия и большие значения ветрового давления.

Приведенный анализ показывает, что отечественные нормы допускают при проектировании более низкий уровень надежности, чем европейские. Одно из объяснений такого положения заключается в директивности требований экономии металла в строительстве, насаждаемого в стране в течение десятилетий. Это привело к необходимости глубокого исследования нагрузок на сооружения и к более смелому назначению расчетных нагрузок. Многолетний опыт безаварийной эксплуатации зданий массового применения свидетельствует об оправданности сделанных предложений.

Предложен вероятностный расчет железобетонного каркасного здания с обоснованием метода предельных состояний вероятностным подходом. Сформулирован алгоритм вероятностного расчета и проверки надежности железобетонных конструкций с учетом случайных величин и процессов. Построены функции надежности в зависимости вероятности безотказной работы от срока службы.

Проведен анализ расчета 4-х этажного и 7-ми этажного здания, запроектированных по отечественным нормам и установлено, что надежность более высокого здания снижается сильнее в зависимости от срока службы. Надежность здания, запроектированного по европейским нормам, и выше, чем по отечественным (рис.6 и рис.7).

Разработанный алгоритм вероятностного расчета дает возможность проектировать инженерные системы с заданным уровнем надежности согласно сроку службы.

взять мгновенную вероятность $P_{\text{мгн}}$ попадания в отказное или ущербное

Таким образом, в целом результаты позволили разработать базу вероятностного метода расчета строительных конструкций по предельным состояниям с использованием современных представлений механики деформируемого твердого тела.

Шестая глава посвящена анализу новых расчетных требований проектирования строительных конструкций. Определены основные положения оптимизации экономических показателей надежности на стадии проектирования конструкций и концепция надежности в условиях рыночной экономики.

Сформулированы задачи новых расчетных требований проектирования. Современные рыночные отношения требуют, чтобы во всех нормативных и правовых документах были включены комплексы требований к строительным сооружениям, охватывающих права и обязанности всех участвующих в процессе возведения.

Разработана концепция развития надежности строительных конструкций, с обоснованием характеристики вероятностей модели работы конструкции.

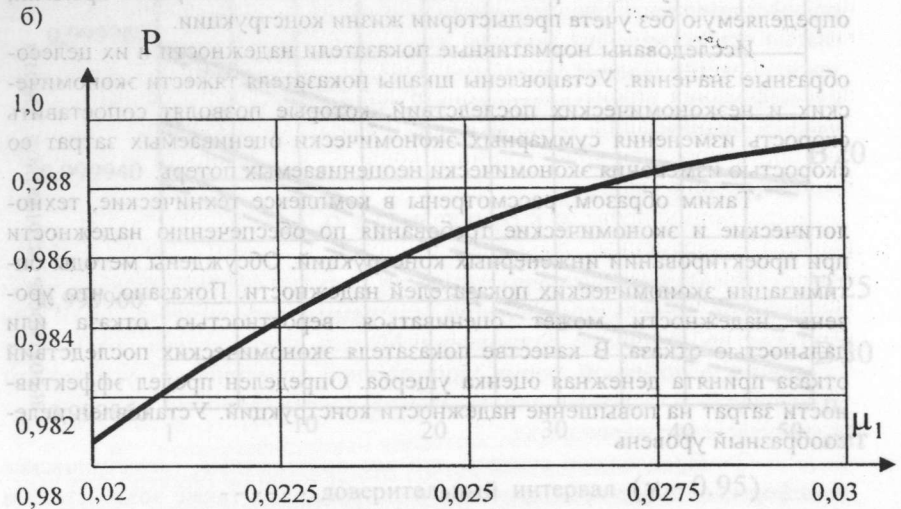
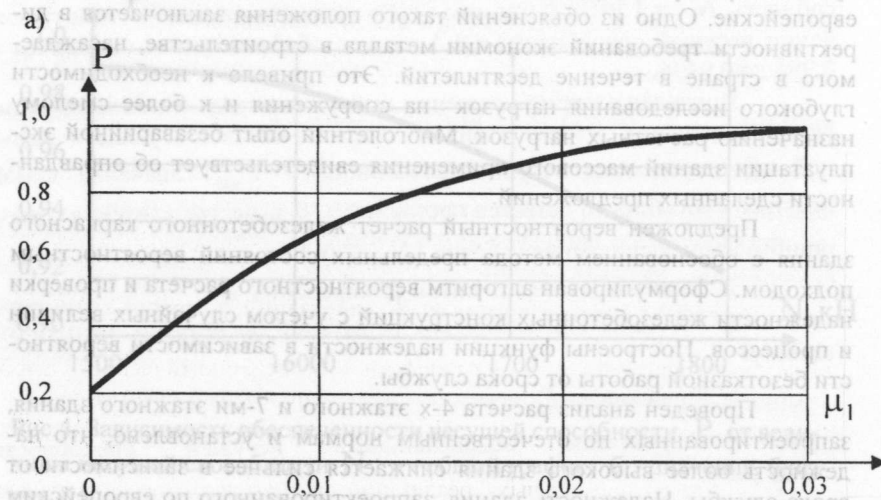


Рис.5. График зависимости обеспеченности несущей способности $N = 1718,25кН$ от коэффициента армирования μ_1 : а- общий график; б- значения, близкие к 1.

В качестве основы для выбора нормативных надежностных требований к конструкции предлагается математическая модель функционирования, предусматривающая деление ее реализаций на два класса:

- класс ущербных (отказных) реализаций, в которых внутрисхемные механические случайности осуществляются так, что ими определяется существенный экономический или неэкономический ущерб или, по крайней мере, причинение такого ущерба оказывается зависимым, главным образом, от внесхемных механических или посторонних немеханических случайностей;
- класс нормальных реализаций, в которых перечисленные ущербные ситуации отсутствуют или могут считаться несущественными.

Рассматриваются задачи выбора формирования нормативных надежностных требований. Предлагается при наличии нескольких переменных во времени механических случайности отказа $P_s(t)$ использовать мгновенную вероятность P_{inst} попадания в отказное или ущербное

состояние в наугад выбранном бесконечно малом интервале времени, определяемую без учета предыстории жизни конструкции.

Исследованы нормативные показатели надежности и их целесообразные значения. Установлены шкалы показателя тяжести экономических и неэкономических последствий, которые позволят сопоставить скорость изменения суммарных экономически оцениваемых затрат со скоростью изменения экономически неопределимых потерь.

Таким образом, рассмотрены в комплексе технические, технологические и экономические требования по обеспечению надежности при проектировании инженерных конструкций. Обсуждены методы оптимизации экономических показателей надежности. Показано, что уровень надежности может оцениваться вероятностью отказа или дальностью отказа. В качестве показателя экономических последствий отказа принята денежная оценка ущерба. Определен предел эффективности затрат на повышение надежности конструкций. Установлен целесообразный уровень

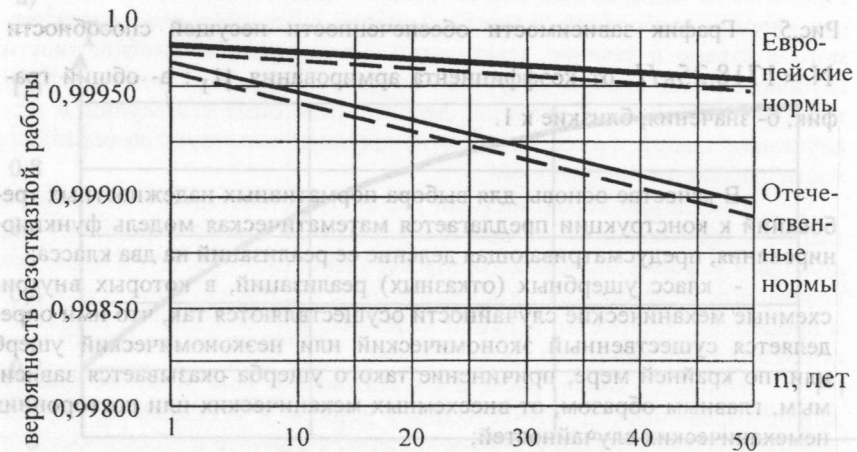


Рис. 6. Зависимости вероятности безотказной работы от количества лет для 7-ми этажного здания

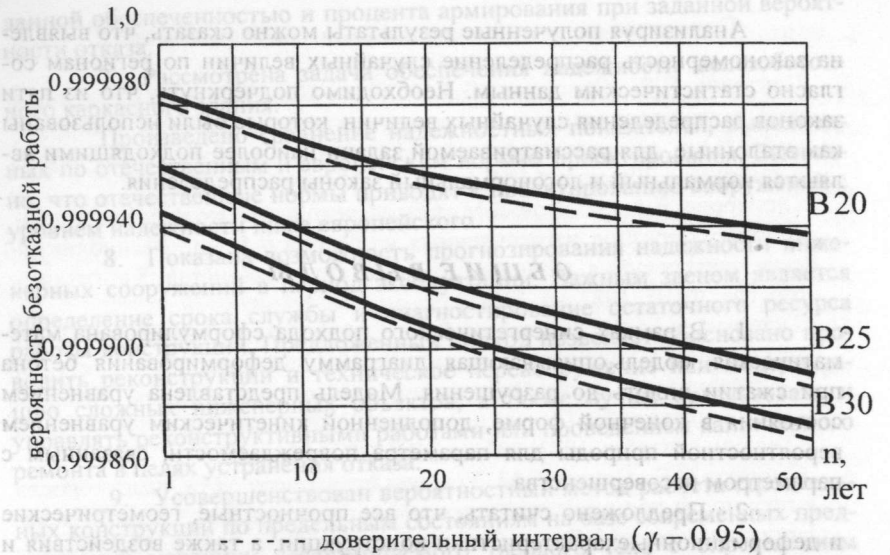


Рис. 7. Зависимости вероятности безотказной работы от количества лет для четырехэтажного здания. --- доверительный интервал ($\gamma = 0,95$)

надежности конструкции для наилучшего удовлетворения экономической потребности, а также требования безопасности.

Седьмая глава посвящена анализу общих и численных решений задач применения вероятностных моделей надежности определения эталонных моделей для оценки надежности железобетонных конструкций по регионам Кыргызской Республики.

Рассмотрена задача описания исходных статистических данных с привлечением известных законов распределения. Сформулирован алгоритм выбора закона распределения. С этой целью разработана программа «СТАТИСТ». Программа составлена для случая, когда число наблюдений равно 308. Максимальному числу наблюдений (испытаний) в конкретном случае. По полученным результатам были построены графики плотности распределения случайных величин (нормальный закон, логарифмически-нормальный закон, закон Вейбулла, закон Гумбеля и закон Пуассона) по статистическим данным (результаты экспериментальных исследований) для Ошской и Чуйской области Кыргызской Республики.

Анализируя полученные результаты можно сказать, что выявлена закономерность распределения случайных величин по регионам согласно статистическим данным. Необходимо подчеркнуть, что из пяти законов распределения случайных величин, которые были использованы как эталонные, для рассматриваемой задачи наиболее подходящими являются нормальный и логонормальный законы распределения.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. В рамках синергетического подхода сформулирована математическая модель, описывающая диаграмму деформирования бетона при сжатии вплоть до разрушения. Модель представлена уравнением состояния в конечной форме, дополненной кинетическим уравнением вероятностной природы для параметра повреждаемости, связанным с параметром несовершенства.
2. Предложено считать, что все прочностные, геометрические и деформационные характеристики конструкции, а также воздействия и нагрузки на них представляют собой случайные процессы и наиболее реально отражают случайную природу основных расчетных величин, взаимосвязь между внешними воздействиями и прочностью конструкций. Такой подход соответствует привлечению теории вероятности к оценке надежности в рамках метода предельных состояний и выработке «целесообразного уровня надежности».
3. Принято, что при статистическом методе контроля несущей способности нормативное требование сопоставление расчетных значений следует заменить требованием сопоставления проектной вероятности отказа с нормируемым значением этой вероятности.
4. Сформулированы основные положения статистической модели нагрузки от природно-климатических и технических воздействий. Систематизация статистических характеристик от снегового, ветрового, температурно-климатических воздействий, а так же нагрузки от технологического оборудования и, собственного веса конструкции, позволили обосновать основные законы распределения.
5. Решена задача сопоставления различных методов вычисления вероятности отказа (двух моментов, «горячих точек», статистических испытаний, Монте-Карло). Исследование показало пригодность для класса рассматриваемых задач метода статистических испытаний.
6. Осуществлен анализ надежности внецентренно сжатого железобетонного стержня с определением несущей способности с за-

данной обеспеченностью и процента армирования при заданной вероятности отказа.

7. Рассмотрена задача обеспечения надежности железобетонного каркасного здания.

Произведено сравнение надежностных показателей, выполненных по отечественным и европейским нормам проектирования. Выявлено, что отечественные нормы приводят к проектированию сооружений с уровнем надежности ниже европейского.

8. Показана возможность прогнозирования надежности инженерных сооружений в период эксплуатации. Важным звеном является определение срока службы и диагностирование остаточного ресурса работы конструкции. Предложенный подход позволяет обосновано проводить реконструкции и техническое перевооружение или модернизацию сложных инженерных объектов, а также лучше организовать и управлять реконструктивными работами или проведением капитального ремонта в целях устранения отказа.

9. Усовершенствован вероятностный метод расчета строительных конструкций по предельным состояниям на базе современных представлений механики деформируемого твердого тела с определением основных путей повышения надежности инженерных систем:

- формированием основных требований социальной защиты потребителей;
- пересмотрением правовых и законодательных актов, охраняющих интересы потребителей;
- разработкой организационно-технических и других мероприятий по выбору нормативных надежностных требований.

10. Установлены нормативные показатели надежности и их целесообразные значения. Приведена шкала показателя тяжести экономической и неэкономической категории, которая позволяет сопоставить скорость изменения суммарных экономически оцениваемых затрат со скоростью изменения экономически неопределяемых потерь. Выявлен «целесообразный» уровень надежности конструкций для наилучшего удовлетворения экономических потребностей, а также требований безопасности.

11. Осуществлено прогнозирование надежности железобетонных конструкций в период изготовления, которое позволяет количественно оценить уровень ее надежности во время их эксплуатации по регионам (Чуйской и Ошской областей) Кыргызской Республики.

**Основные содержание диссертации опубликовано
в следующих работах:**

1. Почтовик Г.Я., Столярова Е.А., Сеитов Б.М. Влияние слоистости бетона на прочностные характеристики железобетонных конструкций // В кн.: «Состояние и перспективы развития технических наук в Киргизии»: -Фрунзе: ФПИ, 1980. -с. 137-139.
2. Столярова Е.А., Сеитов Б.М. Об исследовании модельных анизотропных образцов изготовленных из бетона // В кн.: Республиканская конференция молодых ученых и специалистов Киргизии - Фрунзе: ФПИ, 1981. -с. 120-121.
3. Тулемышев М.Ш., Столярова Е.А., Сеитов Б.М. О прогнозировании механических характеристик в изделиях с анизотропной структурой ультразвуком // В кн.: Экспериментальные исследования инженерных сооружений. Тезисы докладов V Всесоюзной конференции (Таллин, сентябрь 1981) - Киев: НИИСК, 1981. -с. 161.
4. Смирнов С.Б., Сеитов Б.М. Условия псевдоупругости, пластичности и прочности полухрупкого строительного материала с позиции механики разрушения // В кн.: Современные методы расчета пространственных конструкций: Межвузовский сборник научных трудов. - Москва: МИСИ, 1987. -с. 158-165.
5. Сеитов Б.М. О несущей способности неармированных соединений сборно-монолитных балочных железобетонных конструкций // Материалы Всесоюзного координационного совещания «Экономическое армирование железобетонных конструкций» - Фрунзе: Госстрой СССР, НИИЖБ, ФПИ, 1990 г. с. 59-61.
6. Сеитов Б.М. О некоторых прочностных константных бетона // Межвузовский сборник научных трудов «Проблемы научно-технического прогресса» - Фергана, Ош: ФПИ-Ош ВТК, 1994.-с.132-136.
7. Сеитов Б.М. Автоматизация проектирования железобетонных конструкций. // Материалы международной научно-практической конференции «Современные методы и средства информационных технологий» -Ош: Ош ВТК, 1995.- с. 77-78.
8. Сеитов Б.М. Практические методы расчета элементов железобетонных конструкций Ош: ОшВТК, 1995. -28 с.
9. Смирнов С.Б., Сеитов Б.М. Расчет строительных конструкций по прочности и несущей способности. -Ош: Ош ТУ, 1997. -117 с.
10. Сеитов Б.М. О физико-механической модели деформирования бетона // Материалы международной научной конференции, посвященной «45-летию организации ФПИ-КТУ» (7-8 октября 1999 г.).

Секции: математика, физика и механика. -Бишкек: КТУ, 1999. -с. 216-121.

11. Сеитов Б.М. Шабданов М.Д. количественная оценка показателей надежности железобетонных конструкций // Сборник научных трудов Ош ТУ. -Ош: Ош ТУ, 1999.- Вып. №2.- с. 64-72.
12. Сеитов Б.М. О механической прочности бетона при сжатии // Журнал «Наука и новые технологии». -Бишкек: Технология. 2000.- №3. С. 67-73.
13. Сеитов Б.М., Бекташев Т.Б. О расчете статически неопределимых балок. // Материалы научно-практической конференции «Наука и наукоемкие горные технологии» - Бишкек: КГМИ, 2000.
14. Сеитов Б.М., Рудаев Я.И., Бекташев Т.Б. О механической прочности бетона. // Материалы Международной научно-теоретической конференции - Бишкек: КРСУ, 2000. - с. 118-126.
15. Сеитов Б.М., Рудаев Я.И., Бекташев Т.Б. К теории прочности бетона. // Материалы научной конф. посв. 200-летию юбилею А.С. Пушкина в Кыргызстане. - Бишкек: КРСУ, 2000. - с. 14-15.
16. Сеитов Б.М. Вероятностные модели надежности строительных конструкций // Сборник научных трудов ППС КГУСТА. -Бишкек: 2001. -Вып. 10, с.82-96.
17. Сеитов Б.М., Бекташев Т.Б. О разрушении центрально сжатого железобетонного элемента по нормальному сечению. //Материалы международной конференции «Современные технологии и управление качеством в образовании, науке и производстве: опыт и адаптации и внедрения» - Бишкек: КТУ им. И. Разазакова, 2001. - с. 164-168.
18. Сеитов Б.М., Бекташев Т.Б. О моделях деформационного поведения бетона. // Материалы научно-практической конф. «Повышение эксплуатационной эффективности транспортных, строительно дорожных машин и коммуникаций в горных условиях. - Бишкек: КГУСТА, 2001. - с. 204-212.
19. Сеитов Б.М.О статистической модели деформации бетона // Материалы VIII Всероссийского съезда по теоретической и прикладной механике. (23-26 августа 2001 г.). - Пермь, Институт механики сплошных сред УРО РАН, 2001. - с. 521.
20. Рудаев Я.И., Сеитов Б.М. О механической прочности бетона при сжатии // Материалы XIX международной конференции по механике. (30 мая - 2 июля, 2001 г.). - Санкт-Петербургский дом ученых. Научный центр РАН, 2001. -Том 3, с. 71-81.

21. Сеитов Б.М. Расчет надежности железобетонных конструкций // Сборник научных трудов ППС Жалал-Абадского государственного технического института. - Жалал-Абад, 2001. - Вып. 1. - с.5-13.
22. Ормонбеков Т.О., Сеитов Б.М. Некоторые вопросы расчета вероятности отказа инженерных систем // Сборник научных трудов ППС Жалал-Абадского государственного технического института. - Жалал-Абад, 2001. - Вып. 1. - с.55-66.
23. Ормонбеков Т.О., Сеитов Б.М. Концепция развития теории надежности строительных конструкций // Сборник научных трудов ППС Жалал-Абадского государственного технического института. - Жалал-Абад, 2001. - Вып. 1. - с.88-101.
24. Рудаев Я.И., Сеитов Б.М. О надежности строительных конструкций // Сборник трудов Республиканской научно-практической конференции «Проблемы строительной отрасли и пути их решения». - Бишкек: Технология, 2001. - том 1. - с.108-112.
25. Сеитов Б.М. О характеристики безопасности при анализе предельных состояний // Сборник трудов Республиканской научно-практической конференции «Проблемы строительной отрасли и пути их решения». - Бишкек: Технология, 2001. - том 2. - с.117-127.
26. Сеитов Б.М. Исследование прочности внецентренно сжатых железобетонных конструкций методами теории вероятности и надежности // Сборник научных трудов ППС КГУСТА. - Бишкек: 2002. - Вып. 11, - с.97-108.
27. Сеитов Б.М., Бекташев Т.Б. Расчет железобетонных конструкций методами теории вероятности и надежности // Сборник научных трудов ППС Жалал-Абадского государственного технического института. - Жалал-Абад, 2002. - Вып. 2. - с.5-12.
28. Сеитов Б.М. Вероятностное моделирование снеговых нагрузок // Сборник научных трудов ППС Жалал-Абадского государственного технического института. - Жалал-Абад, 2002. - Вып. 2. - с.45-52.
29. Сеитов Б.М. Вероятностное моделирование ветровых нагрузок // Сборник научных трудов ППС Жалал-Абадского государственного технического института. - Жалал-Абад, 2002. - Вып. 2. - с.93-102.
30. Сеитов Б.М. О концепции надежности при проектировании зданий и сооружений в условиях рыночной экономики. // Известия ВУЗов Кыргызской Республики, 2002. - №1,2. - с.120-123.
31. Сеитов Б.М. Об оптимизации экономических показателей надежности на стадии проектирования конструкций. // Известия ВУЗов Кыргызской Республики, 2002. - №1,2. - с.88-91.

32. Сеитов Б.М. Вероятностное моделирование надежности строительных конструкций (монография). - Бишкек: КРСУ, 2002 -231с.
33. Рудаев Я.И., Сеитов Б.М. К теории деформирования бетона при сжатии // IV Всероссийский семинар «Проблемы оптимального проектирование сооружений». - Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, 2002. - с.212-221.
34. Сеитов Б.М. Вероятностное моделирование надежности инженерных систем // Материалы международной научно-практической конференции. - Бишкек: КГУСТА, 2002. - 10 с.
35. Сеитов Б.М. Статистическое моделирование вероятности отказа методом Монте-Карло // Материалы региональной научно-практической конференции «Современные проблемы науки и техники». - Жалал-Абад: ЖАГТИ, 2002. - с. 51-57.
36. Сеитов Б.М. Прогнозирование надежности инженерных сооружений // Материалы региональной научно-практической конференции «Современные проблемы науки и техники». - Жалал-Абад: ЖАГТИ, 2002. - с.3-11.

АННОТАЦИЯ

В диссертации исследуются актуальные проблемы надежности инженерных систем. Рассматривается теории надежности с учетом физических, технических и эксплуатационных аспектов. Разработана физико-механическая модель сопротивления бетона и вероятностная модель ветровых снеговых и технологических нагрузок. Анализируется уровень безопасности, надежности и вероятностная природа отказов инженерных систем.

Сформулированы и обоснованы в рамках механики деформируемого твердого тела научные положения и принципы расчета надежности конструкций вероятностными методами. Развита, дополнена и предложена для практического внедрения модификация метода предельных состояний в вероятностной форме.

ТУШУНДУРМО

Диссертацияда инженердик системалардын ишенимдуулугуно байланыштуу актуалдык проблема физикалык, техникалык жана эксплуатациялык аспектерде каралган. Бетондун каршылыгы ыктымалдуулуктун негизинде физика – механикалык модели тузулгон жана ошондой эле статикалык ыкма аркылуу шамалдын, кардын жана технологиялык жуктордун таасири ыктымалдуулуктун жолдору менен моделдештирилген. Инженердик системалардын сактыгынын денгели,

ишенимдуулугу жана ыктымалдуу баш тартуунун табигаты таксыкталган.

Деформациялануучу катуу денелердин механикасынын законченемдуулугунун негизинде ишенимдуулугун ыктымалдуулуктун жолдору менен конструкцияларды эсептоонун илимий жобосу жана анын принциптери негизделген жана такталган. Узулуучу абалдын методу ыктымалдуулуктун негизинде оркундотулгон, кошумчаланган жана практикада кенири колдонуу учун анын жаны модификациясы сунуш кылынган.

ANNOTATION

The actual problems of safety engineering systems with calculation of physical, technical and exploited aspects are investigated in the dissertation.

Physico-mechanical model of resistance of concrete and statistical approach to styling of windy, snowy and technological loading is worked out on the probable basis. The level of safety and probable nature of rejections of engineering systems are being analyzed.

The scientific thesis and principles of calculation of safety of constructions with probable methods are formed and founded in the framework of mechanics of distorted solid. Modification of the method of limited conditions in the probable form is developed, completed and suggested for the practical introduction.

Подписано к печати 31.05.2002. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Офсетная печать. Объем 3,0 п.л.
Тираж 100 экз. Заказ 129.

Издательство Кыргызско-Российского Славянского университета
720000. Бишкек, Киевская, 44

Отпечатано в типографии КРСУ
720000, Бишкек, Шопокова, 68