

**В.А. Волосухин А.З. Зарифьян С.И. Евтушенко
В.Б. Логвинов И.А. Петров В.Е. Федорчук**

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА



В. А. Волосухин, А. З. Зарифьян, С. И. Евтушенко,
В. Б. Логвинов, И. А. Петров, В. Е. Федорчук

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЁТОВ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Допущено Министерством сельского хозяйства Российской Федерации
в качестве учебного пособия для студентов сельскохозяйственных
высших учебных заведений, обучающихся по специальности
270104 «Гидротехническое строительство»

Издание второе, исправленное

Москва
2007

УДК 624.07:004.9 (075.8)

ББК 38.112я7

А 22

Рецензенты:

профессор, доктор технических наук, ректор Московского государственного университета природообустройства И. С. Румянцев;
профессор, доктор технических наук, первый проректор Московского государственного университета природообустройства Д. В. Козлов

Авторы:

В. А. Волосухин, А. З. Зарифьян, С. И. Евтушенко,
В. Б. Логвинов, И. А. Петров, В. Е. Федорчук

А 22 **Автоматизация расчетов стержневых систем гидротехнического строительства:** учеб. пособие. – Изд. 2, испр. / Издательство АСВ. – М: 2007. – 160 с.

ISBN 978-5-88998-647-3

ISBN 978-5-93093-524-0

В пособии изложены различные методы расчета на прочность стержневых систем гидротехнического и промышленного строительства. Особенностью данного учебного пособия является то, что для выполнения прочностных расчетов конструкций предлагается использовать программно-вычислительный комплекс SCAD Office for Windows (ПВК SCAD), реализующий метод конечных элементов. Даны теоретические основы методов сил и перемещений, примеры расчета различных стержневых систем гидротехнических и промышленных сооружений. К методикам расчета прилагается необходимый справочный материал.

Учебное пособие предназначено для студентов строительных и гидростроительных специальностей, выполняющих курсовые работы или индивидуальные задания по строительной механике. Примеры, предложенные для расчета, поясняют принципы выбора расчетных схем для различных конструкций, используемых при проектировании зданий и сооружений различного назначения и оценке их технического состояния с целью продления безопасного срока эксплуатации.

УДК 624.07:004.9 (075.8)

ББК 38.112я7

ISBN 978-5-88998-647-3

ISBN 978-5-93093-524-0

- © Волосухин В.А., Зарифьян А.З., Евтушенко С.И., Логвинов В.Б., Петров И.А., Федорчук В.Е., 2007
- © Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт), 2007
- © Новочеркасская государственная мелиоративная академия, 2007
- © Издательство АСВ, 2007

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. СТЕРЖНЕВЫЕ СИСТЕМЫ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	8
1.1. Продление срока службы стержневых систем гидротехнических сооружений	10
1.2. Оценка технического состояния стержневых систем и мероприятия по их усилению	12
2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ РАБОТЫ С ПРОГРАММНЫМ КОМПЛЕКСОМ SCAD OFFICE	15
2.1. Загрузка комплекса SCAD	15
2.2. Задание и корректировка исходных данных	21
2.3. Расчет стержневой системы и графический анализ результатов	32
2.4. Вывод на печать результатов расчета стержневой системы	36
3. РАСЧЁТ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ ПЛОСКИХ ФЕРМ	37
3.1. Классификация ферм	37
3.2. Образование простейших плоских ферм	40
3.3. Составление уравнений равновесия для расчёта ферм	41
3.3.1. Способ вырезания узлов	42
3.3.2. Способ сечений (моментных точек)	43
3.4. Пример расчета сложной статически неопределимой плоской фермы	44
3.4.1. Исходные данные для расчета фермы	44
3.4.2. Аналитический расчёт фермы	47
3.5. Составление информации для запуска программного комплекса SCAD Office при расчете плоских ферм	49
3.6. Результаты вычисления перемещений узлов и расчётных усилий в стержнях фермы	54
3.7. Подбор поперечного сечения сжатых элементов ферм	60
4. РАСЧЁТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ РАМ МЕТОДОМ СИЛ	64
4.1. Основные понятия	65
4.2. Алгоритм расчёта рам методом сил	66
4.2.1. Определение числа неизвестных при расчете статически неопределимых рамных конструкций методом сил	66
4.2.2. Канонические уравнения метода сил для расчета статически неопределимых систем на действие внешних нагрузок	67
4.2.3. Вычисление единичных и грузовых перемещений	69
4.2.4. Построение результирующей эпюры изгибающих моментов в заданной конструкции	70
4.3. Пример расчета статически неопределимой рамы методом сил	70
4.4. Составление информации для запуска программного комплекса SCAD при расчёте плоских рам	81
4.5. Вычисление перемещений узлов и внутренних усилий в стержнях рамы ..	87

5. РАСЧЁТ МНОГОПРОЛЕТНОЙ НЕРАЗРЕЗНОЙ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ БАЛКИ МЕТОДОМ СИЛ	92
5.1. Основные понятия	93
5.2. Алгоритм расчета балок методом сил	93
5.2.1. Определение числа неизвестных при расчете статически неопределимых балочных конструкций методом сил	93
5.2.2. Канонические уравнения для расчета статически неопределимых систем на действие внешних нагрузок методом сил	94
5.2.3. Вычисление единичных и грузовых перемещений	95
5.2.4. Построение результирующих эпюр изгибающих моментов и поперечных сил в заданной балке	96
5.3. Пример расчета статически неопределимой неразрезной балки методом сил	96
5.3.1. Исходные данные	96
5.3.2. Вычисление степени статической неопределимости	96
5.3.3. Выбор основной и эквивалентной систем	97
5.3.4. Построение единичных и грузовой эпюр изгибающих моментов в основной системе	97
5.3.5. Определение единичных и грузовых перемещений и решение системы канонических уравнений	99
5.3.6. Построение эпюр изгибающих моментов и поперечных сил	100
5.4. Составление информации для запуска программного комплекса SCAD при расчёте неразрезных балок	102
5.5. Вычисление перемещений узлов и внутренних усилий в балке	108
6. РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ	111
6.1. Общие понятия	111
6.2. Определение степени кинематической неопределимости	111
6.3. Основная система метода перемещений	113
6.4. Эквивалентная система метода перемещений	113
6.5. Каноническое уравнение метода перемещений	114
6.6. Система канонических уравнений метода перемещений	115
6.7. Определение коэффициентов и свободных членов канонических уравнений ..	115
6.8. Использование свойств симметрии при расчете рам методом перемещений ...	117
6.9. Пример расчёта рамы с вертикальными стойками	120
6.10. Пример расчёта рамы с наклонными стойками	127
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	136
ЛИТЕРАТУРА	137
ПРИЛОЖЕНИЯ	138

ВВЕДЕНИЕ

ГИДРОТЕХНИКА – наука, занимающаяся вопросами использования водных ресурсов для народного хозяйства и борьбы с водной стихией с помощью проектируемых и устраиваемых в этих целях гидротехнических сооружений. Отрасли народного хозяйства, охватываемые гидротехникой и гидротехническим строительством, многочисленны и широки. К ним относятся – осушение, орошение, обводнение, водоснабжение, судоходство, использование водной энергии, рыболовство, защита от наводнений.

Благодаря огромной роли воды в природе и жизни человека, гидротехническое строительство возникло в глубокой древности. Имеются сведения, что оросительные каналы строились в Египте еще за 4400 лет до нашей эры, в Голландии за 2000 лет до нашей эры строили ограждающие дамбы. Водопровод в Новгороде имелся в конце XI века и т.д. В России особое развитие гидротехническое строительство получило в XVIII – начале XIX вв., когда русские мастера воздвигли много замечательных сооружений (Змеиногорская плотина высотой 18 м, устроенная К.Д. Фроловым, и др.)

Гидротехника неразрывно связана с рядом других наук, в особенности с гидрологией, гидравликой, гидрогеологией, сопротивлением материалов, строительной механикой, гидрометрией и почти со всеми отраслями инженерно-строительного искусства.

В паспорте, утвержденном Министерством образования Российской Федерации (2005 г.), научной специальности 05.23.07 «Гидротехническое строительство» отмечается, что значение решения научных проблем данной специальности для России состоит в совершенствовании методов и средств комплексного использования водных ресурсов в целях водообеспечения промышленности, сельского хозяйства и населения; выработке электроэнергии; обеспечении устойчивого функционирования внутренних водных путей и морских портов; обосновании технически и экологически надежных конструкций отстойников и накопителей промышленных отходов; обновлении и совершенствовании нормативной базы всех направлений гидротехнического строительства; повышении надежности гидротехнических сооружений различного назначения.

Настоящее учебное пособие предназначено для студентов гидротехнических и строительных специальностей, продолжает пособия, ранее выпущенные авторами, и обобщает опыт работы за последние годы.

Стержневые конструкции широко применяют в строительстве различных гидротехнических и других сооружений. Нами рассмотрены только теоретические основы расчета плоских ферм, рам методом сил и методом перемещений и неразрезных балок как наиболее характерных стержневых систем в промышленном и гидротехническом строительстве.

Для автоматизации расчетов используются различные программные комплексы, реализующие метод конечных элементов [13], такие как Лира [2–4], RADIUS+, SCAD Office [6] и др. Остановимся более подробно на вычислительном комплексе SCAD Office (версии 7.31R3). Комплекс SCAD представляет собой интегрированную систему прочностного анализа и проектирования конструкций на основе метода конечных элементов и позволяет определить напряженно-деформированное состояние конструкций от статических и динамических воздействий, а также выполнить ряд функций проектирования элементов конструкций.

В основу комплекса положена система функциональных модулей, связанных между собой единой информационной средой. Эта среда называется **проектом** и содержит полную информацию о расчетной схеме, представленную во внутренних форматах комплекса. В процессе формирования расчетной схемы проект наполняется информацией и сохраняется на диске в файле (с расширением *.SPR). Имя проекта и имя файла, в котором он сохраняется, задаются пользователем при создании новой схемы.

Создать проект можно путем импорта данных, описывающих расчетную схему или ее часть на входном языке. Такие данные представляют собой текстовый файл, состоящий из описания документов. В процессе импорта выполняется преобразование информации из текстового представления схемы в виде набора документов во внутренние форматы, т.е. в проект. Возможность перехода от текстового представления расчетной схемы к проекту обеспечивает языковую совместимость с комплексами Structure CAD for Windows, SCAD DOS, Мираж, Лира и совместимыми с ними по входному языку. Это позволяет пользователям, работавшим с более ранними версиями (в том числе функционировавшими на ЕС ЭВМ), легко работать в удобном для них режиме и сокращает срок освоения комплекса. В свою очередь проект может быть преобразован в текстовое описание и, как правило, выводится при распечатке результатов расчета. Однако ввод исходных данных по этим распечаткам для расчета на старых версиях комплекса, естественно, не гарантирует их полную совместимость.

Функциональные модули SCAD [16] делятся на четыре группы: в первую группу входят модули, обеспечивающие ввод исходных данных в интерактивном графическом режиме (графический препроцессор) и графический анализ результатов расчета (графический постпроцессор). Модули второй группы служат для выполнения статического и динамического расчета (процессор), а также вычисления расчетных сочетаний усилий (PCY), комбинаций загружений, главных и эквивалентных напряжений, реакций, нагрузок на фрагмент схемы, расчета устойчивости (эти модули условно называются расчетными постпроцессорами). Документирование результатов расчета выполняется модулями третьей группы. В четвертую группу включаются проектирующие модули (проектирующие постпроцессоры), которые служат для подбора арматуры в элементах железобетонных конструкций, расчета и проектирования узлов металлоконструкций и др.

Модульная структура и единый информационный интерфейс взаимодействия модулей дают возможность сформировать для каждого пользователя такую конфигурацию SCAD, которая максимально отвечает его потребностям по классу решаемых задач, средствам создания расчетных схем, анализу и документированию результатов расчета.

Все функциональные модули комплекса реализованы в единой графической среде. Интерфейс, сценарии взаимодействия пользователя с системой, функции контроля исходных данных и анализа результатов полностью типизированы, что обеспечивает минимальное время освоения комплекса и логичную последовательность выполнения операций.

Высокопроизводительный вычислительный модуль позволяет решать задачи статики и динамики с большим (до 400 000) количеством степеней свободы и высокой точностью. Расчет выполняется на заданное количество загружений и форм колебаний и сопровождается подробным протоколом, который может быть проанализирован как

по ходу выполнения расчета, так и после его завершения. Средства прерывания расчета позволяют продолжить его выполнение, начиная с точки прерывания.

Библиотека конечных элементов включает различные виды стержневых элементов, включая шарнирно-стержневые, рамные, балочного роставерка на упругом основании, позволяет учитывать сдвиг в сечении стержня. Пластинчатые элементы, которые представлены трёх- и четырёхузловыми элементами плит, оболочек и балок-стенок, могут включать дополнительные узлы на ребрах и обеспечивают решение задач для материалов с различными свойствами (с учетом ортотропии, изотропии и анизотропии). Кроме того, библиотека включает различные виды объемных элементов, набор трёх- и четырёхузловых многослойных и осесимметричных конечных элементов, а также специальные элементы для моделирования связей конечной жесткости, упругих связей и др.

В режиме графического диалога задаются все основные параметры схем, включая жесткостные характеристики элементов, условия опирания и примыкания, статические и динамические нагрузки и др. Графический интерфейс максимально приближен именно к технологии создания и модификации расчетных схем и имеет развитую систему задания параметров «По умолчанию». Главную роль при задании расчетной схемы играет введенная в SCAD развитая система фильтров, с помощью которых устанавливаются правила отображения информации на схеме, а также функции визуализации и фрагментации схемы. Фильтры позволяют выбрать для отображения информацию о расчетной схеме по десяткам критериев. При этом широко используются цветовые средства отображения выбранной информации.

Результаты расчета могут быть представлены в виде схем перемещений и прогибов, эпюр, изолиний и изополей. Одновременно на схему могут выводиться и числовые значения факторов. Для статических и динамических загружений предусмотрена возможность анимации процесса деформирования схемы и записи этого процесса в формате видеоклипа (*.AVI). Любая графическая информация может выводиться на печать или сохраняться в виде метафайла (*.WMF). Наряду с результатами расчета, средства графического анализа позволяют отобразить характеристики напряженного состояния на схеме в виде эпюр (для стержневых элементов) или изолиний и изополей (для пластин).

Модули документирования результатов расчета позволяют сформировать таблицы с исходными данными и результатами в текстовом или графическом формате, а также экспортировать их в MS Word или MS Excel.

1. СТЕРЖНЕВЫЕ СИСТЕМЫ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Понятие «гидротехника» включает науку и область техники, ориентированные на использование и охрану водных ресурсов для различных народнохозяйственных целей (электроэнергетики, черной и цветной металлургии, машиностроения и металлообработки, химической и нефтехимической, легкой, пищевой, лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной, топливной промышленности, производства строительных материалов, сельского хозяйства, жилищно-коммунального хозяйства), а также на борьбу с вредными проявлениями водной стихии при помощи специальных инженерных сооружений и устройств, называемых гидротехническими. Под гидротехническими сооружениями понимают сооружения, подвергающиеся воздействию водной среды, предназначенные для использования и охраны водных ресурсов, предотвращения вредного воздействия вод [18].

В 2005 г. промышленность использовала 58,8 % свежей воды, забранной из природных водных объектов; жилищно-коммунальное хозяйство – 21,0 %; сельское хозяйство – 19,4 %; прочие отрасли – 0,8 %. Из сброса сточных вод в природные поверхностные водные объекты на промышленность пришлось – 57,6 %, на жилищно-коммунальное хозяйство – 22,8 %, на сельское хозяйство – 10,1 %, на прочие отрасли – 9,5 %.

По назначению гидротехнические сооружения классифицируются на гидроэнергетические, коммунальные, водно-транспортные, мелиоративные, комбинированные и т.д. По местоположению гидротехнические сооружения могут быть речные, морские, озерные, внутрисистемные. Гидротехнические сооружения подразделяются на постоянные и временные. К временным сооружениям относятся сооружения, используемые только в период строительства и ремонта постоянных сооружений.

С точки зрения строительной механики, гидротехнические сооружения, представляют собой тело или систему соединенных между собой тел, предназначенных для восприятия внешних силовых или других воздействий и передачи их на основание. В зависимости от соотношения геометрических размеров элементов, составляющих сооружение, различают:

- **стержни**, у которых один размер (длина) значительно превышает два других;
- **пластины и оболочки**, у которых размеры по двум направлениям больше третьего (толщины);
- **массивные тела**, у которых все три размера одного порядка.

Системы, состоящие из стержней, называют **стержневыми системами**. Стержневые системы разделяют на плоские, пространственные и плоскопространственные. Если оси всех стержней вместе с нагрузкой расположены в одной плоскости, то сооружение называют **плоским**. В пространственной стержневой системе оси стержней не лежат в одной плоскости. В плоскопространственных сооружениях оси стержней лежат в одной плоскости, а нагрузка не лежит в ней.

В действительности все стержневые гидротехнические сооружения (ГТС) представляют собой пространственные системы, однако, в некоторых случаях взаимное расположение частей сооружения и характер действующих на него сил позволяют пространственную систему расчленить на ряд плоских, что значительно упрощает расчет.

Плоской фермой называется система, состоящая из стержней, продольные оси которых расположены в одной плоскости. Система остается геометрически неизменяемой после замены в расчетной схеме жестких узлов идеальными, лишенными трения шарнирами. В этой же плоскости лежит внешняя нагрузка. Так как нагрузка прикладывается в узлах, а стержни прямолинейны, в стержнях фермы возникают только сжимающие или растягивающие усилия. Это позволяет максимально использовать прочностные свойства материала стержней фермы.

Фермы имеют очень широкое применение в гидротехническом строительстве. В качестве примера можно привести использование поворотных ферм на крупных и малых реках. Пролет отверстий, перекрываемых поворотными фермами, составляет от 20,0 до 200 м, при высоте отверстий от 3,0 до 7,0 м и шаге между фермами от 3,0 до 5,0 м. Поворотные фермы в гидротехническом строительстве России эксплуатируются уже более 100 лет на Москве реке, на реке Дон и многих других [19]. Фермы широко используются в конструкциях затворов – плоских, сегментных, вальцовых, крышевидных, секторных, клапанных и других. Широкое распространение, особенно на Каспийском море, получили фермы в виде эстакад при глубинах до 35 м, глубоководных платформ сквозного типа при глубинах от 150 до 500 м.

Рамой называется стержневая система, стержни которой во всех или в некоторых узлах жестко связаны между собой и которая теряет геометрическую неизменяемость, если все узлы заменить шарнирами. Изгибающие моменты в ригеле однопролетной рамы значительно меньше, чем в простой балке, что снижает расход материала на изготовление данного типа конструкций. В гидротехническом строительстве рамы получили широкое распространение в виде элементов затворов, опор консольных перепадов, акведуков, лотков, мостовых переездов на оросительных и осушительных системах и многих других сооружений.

Ценным качеством многопролетных балок является возможность, благодаря разгружающему действию консолей, перекрывать большие пролеты, что очень актуально для ГТС на пересечениях с руслами рек и водотоков. Многопролетные балки нашли широкое применение в гидротехнических сооружениях в виде элементов ледозащитных сооружений, рыбозащитных сооружений, мостов-водоводов, селепроводов, мостовых переездов и других сооружений.

Объём водопотребления из природных водных объектов наибольший в Южном федеральном округе – 26,7 км³/год, что составляет 35 % от всего российского водопотребления (1167 м³/чел в год). Для сравнения, в Центральном федеральном округе – 377 м³/чел в год; Приволжском – 369 м³/чел в год; Уральском – 368 м³/чел в год; Сибирском – 537 м³/чел в год; Дальневосточном – 679 м³/чел в год.

Однако за прошедший 20-летний период перестройки в России в Южном федеральном округе, где наиболее высока плотность длительно эксплуатирующихся гидротехнических сооружений на 1 км², сдан в опытную эксплуатацию всего один гидроузел комплексного назначения (охрана водных ресурсов, рыбное хозяйство, водоснабжение, орошение, судоходство) – Тиховский на 117 км от устья реки Кубань. На этом гидроузле имеются все перечисленные выше стержневые системы: фермы, рамы, неразрезные балки.

Очень важной народнохозяйственной задачей является обеспечение безопасности эксплуатирующихся гидротехнических сооружений [15] согласно Федеральному закону

«О безопасности гидротехнических сооружений» (1997). Таких сооружений только в Южном федеральном округе насчитывается около 500 тысяч. Автоматизация расчетов стержневых систем гидротехнических сооружений позволяет ускорить определение значений количественных диагностических показателей состояния ГТС при различных сочетаниях постоянных, временных, кратковременных и особых нагрузок, а также выработать конкретные пути продления их жизненного цикла.

1.1. Продление срока службы стержневых систем гидротехнических сооружений

Аварийность на гидротехнических сооружениях России в 2,5 раза превышает среднемировой показатель – одну аварию с тяжелыми последствиями на 1000 сооружений.

По данным Российского регистра гидротехнических сооружений, основными причинами аварий являются:

- неудовлетворительное техническое состояние и низкий уровень эксплуатации (45 %);
- низкие ежегодные эксплуатационные расходы на существующие ГТС;
- недостаточное финансирование мероприятий по обеспечению безопасности ГТС;
- высокий уровень старения ГТС (более 70 % ГТС эксплуатируется более 40 лет, средний возраст ГТС 53 года);
- низкий уровень квалификации персонала, эксплуатирующего ГТС, особенно IV класса капитальности;
- дефекты при строительстве;
- недоучет изменяющихся в период эксплуатации гидрологических условий;
- ошибки при проектировании;
- отсутствие постоянного мониторинга за состоянием зданий и сооружений с истекшими нормативными сроками эксплуатации.

В Южном федеральном округе, только в ведении Министерства природных ресурсов Российской Федерации находится в эксплуатации более 12,7 тыс. гидротехнических сооружений, из них 187 в аварийном и 583 в предаварийном состоянии. Только около 52 % ГТС находятся в удовлетворительном состоянии. Для большинства сооружений отсутствует проектная документация, существенно изменились инженерно-геологические и гидрогеологические условия, а для значительной части сооружений ещё и изменился уровень сейсмической опасности. Это требует проведения комплекса срочных мероприятий и проверочных расчетов для принятия обоснованных решений о возможности продления жизненного цикла стержневых систем.

Для всех зданий и сооружений в нормативной, конструкторской и эксплуатационной документации устанавливается нормативный срок эксплуатации. В настоящее время огромное количество сооружений близки к исчерпанию этого срока, и их дальнейшая эксплуатация без заключения о продлении нормативного срока безопасной эксплуатации не допускается. Работы по определению возможности продления срока эксплуатации завершаются принятием одного из решений:

- продолжение эксплуатации на установленных параметрах;
- продолжение эксплуатации с ограничением параметров;
- ремонт;
- доработка (реконструкция);
- использование по иному назначению;
- вывод из эксплуатации.

Принимаемое решение зависит от того, насколько строго при эксплуатации зданий и сооружений соблюдались требования технической документации, сроки проведения поддерживающих, текущих и капитальных ремонтов.

Сроки эксплуатации вновь создаваемых зданий и сооружений устанавливаются на основе расчетов и указываются в проектно-конструкторской документации. В случае отсутствия сведений о нормативных сроках эксплуатации, расчетные сроки эксплуатации устанавливаются после проведения соответствующих расчетов по утвержденной методике, в которой учитываются результаты анализа проектно-конструкторской документации и условий эксплуатации технического устройства, оборудования и сооружения.

Продление сроков безопасной эксплуатации зданий и сооружений осуществляется в порядке, устанавливаемом нормативными документами с учетом особенностей конструкции и условий эксплуатации конкретных видов зданий и сооружений.

В зависимости от технического состояния и с учетом требований нормативных документов, продление эксплуатации сооружения осуществляется на срок до прогнозируемого наступления предельного состояния (остаточный ресурс) или на определенный период (поэтапное продление срока эксплуатации) в пределах остаточного ресурса.

Разрешается проведение работ по техническому диагностированию как работающих (эксплуатируемых) зданий и сооружений, так и законсервированных или недостроенных зданий с последующим контролем их состояния после приведения их в рабочее состояние. Это отражается в программе работ по продлению срока безопасной эксплуатации.

Порядок продления сроков безопасной эксплуатации сооружения, находящегося в эксплуатации, включает следующие основные этапы:

- установление необходимости проведения работ по продлению сроков безопасной эксплуатации;
- разработку, согласование и утверждение программы работ;
- проведение работ, предусмотренных программой, анализ полученной информации и результатов, выработку технического решения о возможности продления, разработку частных и итогового заключений по результатам выполненных работ;
- подготовку, согласование и утверждение решения о возможности продления срока безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружения и, при необходимости, плана корректирующих мероприятий по обеспечению безопасной эксплуатации сооружения на продлеваемый период;
- принятие решения о дальнейшей эксплуатации (или прекращении эксплуатации);
- проведение заявителем корректирующих мероприятий, предусмотренных решением о возможности продления срока безопасной эксплуатации сооружения;
- контроль за выполнением корректирующих мероприятий.

Работы по определению возможности продления срока безопасной эксплуатации сооружения проводятся:

- по заявке заказчика, при выработке сооружением нормативного срока эксплуатации;
- по требованию контролирующего органа, предъявляемому в установленном порядке.

Работы по продлению срока безопасной эксплуатации сооружения рекомендуется планировать и проводить таким образом, чтобы соответствующее решение было принято до достижения им нормативно установленного срока эксплуатации.

В случае отсутствия нарушений технологического режима эксплуатации сооружения, допускается совмещать в пределах одного года работы по техническому диагностированию с работами по техническому освидетельствованию при согласовании принятого решения с контролирующим органом.

Работы по продлению срока безопасной эксплуатации при необходимости проводятся поэтапно на составных частях или элементах сооружения, которые по технической документации можно оценить как индивидуальные единицы, имеющие назначенные сроки эксплуатации. Это чаще всего может относиться к металлическим несущим конструкциям (фермы покрытия, подкрановые балки и т.д.), которые в сравнении с железобетонными конструкциями имеют другой срок нормативной эксплуатации.

Работы по определению возможности продления сроков безопасной эксплуатации сооружения выполняют экспертные организации, имеющие соответствующую лицензию.

Работы по реализации мероприятий по обеспечению безопасной эксплуатации сооружения на продлеваемый период в соответствии с требованиями безопасности выполняют организации, эксплуатирующие сооружения.

1.2. Оценка технического состояния стержневых систем и мероприятия по их усилению

Работы по оценке технического состояния (обследование) стержневых систем и работы по определению остаточного ресурса осуществляются специализированными организациями с привлечением экспертов, аттестованных в установленном порядке, в том числе и отдельно аттестованных на право выполнения расчетов остаточного срока эксплуатации.

В целях установления необходимой полноты информации, экспертная организация рассматривает заявку на проведение работ по продлению срока безопасной эксплуатации и прилагаемые к ней документы, в которых должны быть приведены достоверные сведения о состоянии стержневых систем и их соответствии требованиям промышленной безопасности, установленным в нормативных документах. Руководители эксплуатирующей организации обеспечивают достоверность информации, представленной экспертной организации для определения безопасного срока эксплуатации сооружений. В случае необходимости, экспертная организация может запросить дополнительные материалы, позволяющие получить более полную информацию о состоянии стержневых сис-

тем. Эти документы могут служить основанием для изменения объема работ по определению возможности продления срока безопасной эксплуатации сооружений.

Работы по техническому диагностированию стержневых систем могут предусматривать:

- анализ эксплуатационной, конструкторской (проектной) и ремонтной документации (при наличии);
- неразрушающий контроль;
- определение механических характеристик;
- металлографические исследования;
- определение химического состава материалов;
- оценку коррозии, износа и других дефектов;
- испытания на прочность и другие виды испытаний;
- расчетно-аналитические процедуры оценки и прогнозирования технического состояния, включающие:
 - расчет режимов работы;
 - установление критериев предельного состояния;
 - исследование напряженно-деформированного состояния и выбор критериев предельных состояний;
 - определение остаточного срока эксплуатации (до прогнозируемого наступления предельного состояния).

Программа работ по продлению срока безопасной эксплуатации стержневых систем может предусматривать:

- подбор требуемых для технического диагностирования стержневых систем, нормативных организационно-методических документов;
- разработку организационно-методических документов по выполнению отдельных работ;
- сбор, анализ и обобщение имеющейся на начало работ информации о надежности стержневых систем, а также сооружений аналогичного вида или конструктивно-технологического исполнения (в том числе зарубежных);
- проведение по специальным программам и методикам испытаний составных частей, комплектующих изделий, конструкционных материалов, а также сооружений в целом, с целью оценки технического состояния;
- разборку (демонтаж) стержневых систем на составные части и комплектующие изделия (при необходимости) и контроль технического состояния сооружений, а также поиск мест и причин отказов (неисправностей);
- прогнозирование технического состояния стержневых систем на продлеваемый период и выработку решения о возможности и целесообразности продления срока эксплуатации;
- разработку отчетных документов (отчетов, актов, протоколов, частных и итогового заключений) по результатам выполненных работ;
- разработку проекта решения о возможности продления срока безопасной эксплуатации с планом мероприятий по обеспечению эксплуатации стержневых систем на продлеваемый период.

Программа работ разрабатывается в соответствии с требованиями нормативной документации с учетом особенностей и специфики эксплуатации конкретных видов стержневых систем.

Техническое диагностирование стержневых систем на производственных объектах выполняется экспертной организацией с привлечением необходимых организаций в соответствии с программой работ согласно договорам на проведение работ. Данные о результатах проведения технического диагностирования фиксируются соответствующей записью в паспорте (формуляре) сооружения.

Итоговое заключение о возможности продления срока безопасной эксплуатации стержневых систем (заключение экспертизы промышленной безопасности) подписывается руководителем экспертной организации и утверждается в установленном порядке.

В случае необходимости проведения корректирующих мероприятий к итоговому заключению прилагают план мероприятий по обеспечению эксплуатации стержневых систем на продлеваемый период и выполнению требований промышленной безопасности, согласованный заинтересованными организациями.

Если по результатам технического диагностирования установлено, что стержневая система находится в состоянии опасном для дальнейшей эксплуатации, информация об этом экспертной организацией направляется в контролирующий орган, и использование по назначению такого сооружения владельцем прекращается.

Изменение эксплуатационных параметров стержневых систем, предлагаемое по результатам технического диагностирования и зафиксированное в заключении о возможности продления срока безопасной эксплуатации, должно быть подтверждено техническими расчетами.

**ТЕКСТОВОЙ ФАЙЛ С ИСХОДНЫМИ ДАННЫМИ ДЛЯ РАСЧЕТА РАМЫ
С НАКЛОННЫМИ СТОЙКАМИ**

(0/
1 ; Рама с наклонными стойками /
2 ; 2/
4 ; /
6 ; /)
(1/
2 1 1 2/2 2 2 3/2 2 3 4/2 1 4 5/)
(3/
1 1Е6 1Е3/2 2Е6 2Е3/)
(4/
0 0 0/2 0 3.46/4.5 0 3.46/7 0 3.46/10.46 0 0/)
(5/
1 1 3 5 /5 1 3/)
(6/
1 6 3 1 1/3 0 3 2 1/)
(7/
1 10/2 20/)

Учебное пособие

Волосухин Виктор Алексеевич,
Зарифьян Александр Захарович,
Евтушенко Сергей Иванович,
Логвинов Виктор Борисович,
Петров Игорь Альбертович
Федорчук Владимир Евгеньевич

**Автоматизация расчетов стержневых систем
гидротехнического строительства**

Издание второе, исправленное

Редактор А.С. Лобова
Компьютерная верстка И.Р. Чебанов

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Сдано в набор 15.01.07
Подписано к печати 14.03.07. Формат 70x100/16.
Бумага офс. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. 10 п.л. Тираж 1000 экз. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511
тел., факс: (495)183-56-83, e-mail: iasv@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru/>