

О НАДЕЖНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Бул иште гидротехникалык объектердин ишеним даражасын аныктоо аркылуу изилдөө каралган.

В статье предложен подход, связанный с включением надежности гидротехнических сооружений как нового предельного состояния.

The approach connected with inclusion of hydraulic engineering constructions as new limiting structure is offered in article.

Являясь прикладной наукой, гидротехника опирается на ряд других наук о воде – гидрологию, гидромеханику, гидравлику и ряд научных дисциплин инженерно-строительного цикла – инженерную геологию, механику грунтов, строительную механику, теорию упругости, строительные конструкции, технологию строительного производства и др. К важнейшим задачам гидротехники как науки относятся изучение воздействий водных потоков на русла и гидротехнические сооружения, способов защиты прибрежных территорий от вредного воздействия водных потоков, разработка методов регулирования речного стока, исследование фильтрации воды через грунты оснований и сооружения (в особенности – земляные); разработка теории устойчивости гидротехнических сооружений и их оснований, прочности и надежности гидротехнических конструкций, долговечности материалов для возведения сооружений и др. на основе изучения теоретических проблем. Гидротехника разрабатывает методы расчета и конструирования гидротехнических сооружений, способы их возведения и эксплуатации.

Кроме проведения теоретических исследований, многие вопросы гидротехники решаются экспериментальным путем, посредством лабораторного моделирования и с помощью натурных исследований (например, гидравлического режима сооружений, напряженного состояния и деформаций элементов и конструкций сооружений, процессов формирования речных русел, ледовых явлений и пр.).

Различают гидротехнические сооружения общие, применяемые почти для всех видов использования вод, и специальные, возводимые для какой-либо одной отрасли водного хозяйства. К общим гидротехническим сооружениям относятся водоподпорные, водопроводящие, регуляционные, водозаборные и водосбросные. Водоподпорные сооружения создают напор или разность уровней воды перед сооружением и за ним. К ним относятся плотины (важнейший и наиболее распространенный тип гидротехнических сооружений), перегораживающие речные русла, и речные долины, поднимающие уровень воды, накапливаемой в верхнем бьефе, дамбы

(или валы), отгораживающие прибрежную территорию и предотвращающие ее затопление при паводках и половодье на реках, при приливах и штормах на морях и озерах.

Водопроводящие сооружения (водоводы) служат для переброски воды в заданные пункты: каналы, гидротехнические туннели, лотки, трубопроводы. Некоторые из них, например, каналы, из-за природных условий их расположения, необходимости пересечения путей сообщения и обеспечения безопасности эксплуатации требуют устройства других гидротехнических сооружений, объединяемых в особую группу сооружений на каналах (акведуки, дюкеры, мосты, паромные переправы, заградительные ворота, водосбросы и др.).

Регуляционные (выправительные) гидротехнические сооружения предназначены для изменения и улучшения естественных условий протекания водотоков и защиты русел и берегов рек от размывов, отложения наносов, воздействия льда и др. При регулировании рек используют струенаправляющие устройства (щиты, дамбы и др.), берегоукрепительные сооружения и т.д.

Водозаборные (водоприемные) сооружения устраивают для забора воды из водоемного источника и направления ее в водовод. Кроме обеспечения бесперебойного снабжения потребителей водой в нужном количестве и в требуемое время они защищают водопроводящие сооружения от попадания льда, шуги, наносов и др.

Водосбросные сооружения служат для пропуска излишков воды из водохранилищ, каналов, напорных бассейнов и пр. Они могут быть русловыми и береговыми, поверхностными и глубинными, позволяющими частично или полностью опорожнять водоемы. Для регулирования количества выпускаемой (сбрасываемой) воды водосбросные сооружения снабжают гидротехническими затворами. При небольших сбросах воды применяют также водосбросы-автоматы, автоматически включающиеся при подъеме уровня верхнего бьефа выше заданного. К ним относятся открытые водосливы (без затворов), водосбросы с автоматическими затворами, сифонные водосбросы.

Специальные гидротехнические сооружения – сооружения для использования водной энергии – здания гидроэлектрических станций, напорные бассейны и др.; мелиоративные – магистральные и распределительные каналы, шлюзы-регуляторы на оросительных и осушительных системах и т.п.

В ряде случаев общие и специальные сооружения совмещают в одном комплексе, например, водосброс и здание гидроэлектростанции (совмещенная ГЭС) или другие сооружения для выполнения нескольких функций одновременно. При осуществлении водохозяйственных мероприятий гидротехнические сооружения, объединенные общей целью и располагаемые в одном месте, составляют комплексы, называются узлами гидротехнических сооружений, или гидроузлами. Несколько гидроузлов образуют водохозяйственные системы, например, энергетические, транспортные, ирригационные и т.п.

В соответствии с их значением для народного хозяйства гидротехнические сооружения (объекты гидротехнического строительства) делятся по капитальности на 5 классов. К 1-му классу относятся основные постоянные гидротехнические сооружения гидроэлектрических станций

мощностью более 1 млн кВт; ко 2-му – сооружения ГЭС мощностью 301 тыс. – 1 млн кВт, сооружения на сверхмагистральных внутренних водных путях и сооружения речных портов с навигационным грузооборотом более 3 млн условных т; к 3-му и 4-му классам – сооружения ГЭС мощностью 300 тыс. кВт и менее, сооружения на магистральных внутренних водных путях и путях местного значения, сооружения речных портов с грузооборотом 3 млн условных т и менее. К 5-му классу относятся временные гидротехнические сооружения. Объекты мелиоративного строительства также делятся по капитальности на 5 классов. В зависимости от класса в проектах назначают степень надежности гидротехнических сооружений, то есть запасы их прочности и устойчивости, устанавливают расчетные максимальные расходы воды, качество стройматериалов и т.п. Кроме того, по классу капитальности гидротехнического сооружения определяются объем и состав изыскательных, проектных и исследовательских работ.

Характерные особенности гидротехнических сооружений связаны с воздействием на них водного потока, льда, наносов и других факторов. Это воздействие может быть механическим (статистические и гидродинамические нагрузки, суффозия грунтов и др.), физико-химическим (истирание поверхностей, коррозия металлов) и т.д. Для возведения гидротехнических сооружений необходима широкая механизация строительных работ. Используются монолитные и сборно-монолитные конструкции, реже сборные и типовые, что обуславливается различными неповторяющимися сочетаниями природных условий – топографических, геологических, гидрологических и гидрогеологических. Влияние гидротехнических сооружений, особенно водоподпорных, распространяется на обширную территорию, в пределах которой происходит затопление отдельных земельных площадей, подъем уровня грунтовых вод, обрушение берегов и т.п. Поэтому строительство таких сооружений требует высокого качества работ и обеспечения большой надежности конструкций, так как аварии гидротехнических сооружений вызывают тяжелые последствия – человеческие жертвы и потери материальных ценностей.

Совершенствование гидротехнических сооружений связано с дальнейшим развитием теоретических и экспериментальных исследований: воздействия воды на сооружения и их основания (гидравлика потоков и сооружений, фильтрация), с изучением поведения скальных и нескальных грунтов в качестве основания и как материала сооружений (механика грунтов, инженерная геология), с разработкой новых типов и конструкций гидротехнических сооружений (строительная механика), требующих меньших затрат времени и средств на их возведение.

Гидротехнический бетон – применяемый для строительства сооружений или их отдельных частей, постоянно находящихся в воде или периодически контактирующих с водной средой; разновидность тяжелого бетона. Гидротехнический бетон характеризуется стойкостью против агрессивного воздействия воды, водонепроницаемостью, морозостойкостью, прочностью на сжатие и растяжение, ограниченным выделением тепла при твердении. Требования, предъявляемые к гидротехническим бетонам, зависят от расположения и условий работы гидротехнических сооружений и их конструктивных элементов. Для приготовления гидротехнического бетона применяют портландцемент и его разновидности; заполнителями

служат песок, щебень, гравий или галька крупностью до 150 мм и более. Качество гидротехнического бетона повышают введением в него различных добавок (воздухововлекающих, пластифицирующих, уплотняющих и др.).

Гидротехнический затвор – подвижная конструкция для полного или частичного закрывания водопропускного отверстия гидротехнические сооружения (водосливной плотины, шлюза, трубопровода, гидротехнического туннеля и т.п.). Гидротехнический затвор служит для регулирования уровня и расхода воды, пропуска плавающих тел в различных условиях работы гидротехнические сооружения.

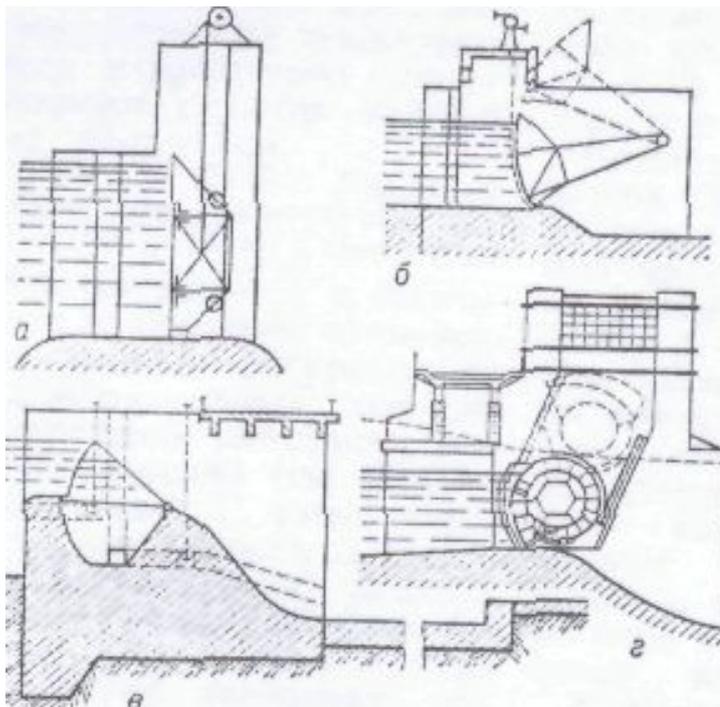


Рис 1. Схемы поверхностных затворов:

а – плоский, б – сегментный, в – секторный, г – вальцовый

Основные элементы гидротехнического затвора: подвижная конструкция, опорные части (неподвижные конструкции, заделанные в тело сооружения) и уплотнения, обеспечивающие водонепроницаемость по контракту между подвижной конструкцией и кладкой сооружения. Затворы открываются и закрываются стационарными или подвижными механизмами (лебедки, краны, гидравлические подъемники и т.п.), под воздействием давления воды (вододействующие гидротехнические затворы); при малых водопропускных отверстиях – вручную. Часто при маневрировании для гидротехнического затвора применяют дистанционное и автоматическое управление.

Различают гидротехнические затворы: по расположению в сооружении – поверхностные (на гребне водослива) и глубинные (ниже уровня верхнего бьефа) по назначению – основные

(рабочие), ремонтные, аварийные, строительные, запасные; по материалам – металлические (стальные), деревянные, железобетонные, пластмассовые, комбинированные.

Наиболее распространены поверхностные затворы механического действия (рис. 1) благодаря простоте их устройства, надежности действия, хорошим эксплуатационным и технико-экономическим показателям. Они перекрывают отверстия пролетом до 45 м и высотой до 20 м. Секторными и крышевидными затворами перекрывают пролеты, достигающие 50 м.

Глубинные затворы (рис. 2) работают под большими напорами, достигающими иногда до нескольких сотен метров; их открывание происходит при значительных скоростях течения воды, что сопряжено с возможностью образования вакуума и кавитации, а также затвору и водоводу придаются плавные очертания, обеспечивается подвод воздуха в зону возможного вакуума и др. При напорах до 100 м и больших размерах перекрываемого пролета применяют сегментные и плоские затворы. Для регулирования расходов воды при напорах до 800 м служат игольчатые затворы, обладающие высокими эксплуатационными качествами.

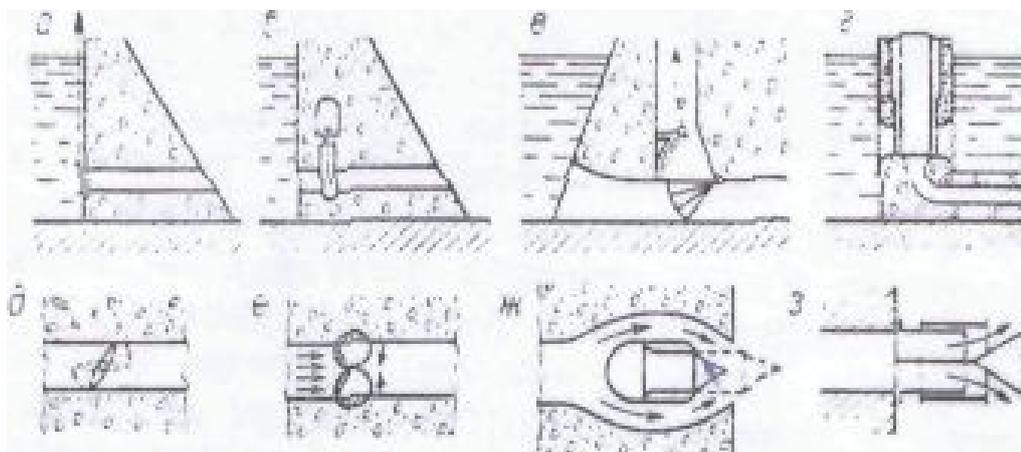


Рис 2. Схемы глубинных затворов:

- а – плоский, б – задвижка, в – сегментный, г – цилиндрический, д – дроссельный,
е – шаровой, ж – игольчатый, з – конусный

Гидротехнический туннель – подземный водовод замкнутого поперечного сечения с напорным или безнапорным движением воды, устроенный в земной коре без вскрытия лежащей над ним массы грунта. Гидротехнический туннель сооружают в случае глубокого заложения водовода, когда открытая выемка грунта экономически нецелесообразна или когда трасса открытого водовода проходит по крутым оползневым склонам или густо населенной застроенной территории. По основному водохозяйственному назначению различают гидротехнические туннели: энергетические, ирригационные, водосбросные, водопроводные, строительные (для временного отвода речной воды при строительстве гидроузла) и комбинированные (удовлетворяющие различным водохозяйственным целям).

Форму и размеры сечения гидротехнического туннеля принимают в зависимости от характера движения воды окружающих горных пород и значений вертикального и бокового

горного давления. Наиболее распространены формы сечений безнапорных туннелей – овалы, прямоугольные, корытообразные, подковообразные; напорных – круглые. Обделки могут быть бетонные, железобетонные, металлические (для напорных гидротехнических туннелей).

В горных районах гидротехнический туннель крупных высоконапорных гидроузлов нередко устраивают (по высоте) в нескольких ярусах, образуя единый комплекс подземных гидротехнических сооружений, соединенных вспомогательными туннелями для сообщения с подземными машинными залами гидроэлектростанций, залами управления гидротехническими затворами и т.п.

Трассу гидротехнического туннеля обычно выбирают на основе экономического сравнения нескольких вариантов с учетом геологической обстановки и условий производства работ (проходки).

Процесс проектирования и длительная эксплуатация сооружений гидротехнического, строительного, дорожного строительства невозможны без соответствующей научной основы.

В современных условиях в связи с капитализацией общественных и технических отношений возникла необходимость в развитии новых методов анализа, расчета и проектирования.

Этим требованиям, по нашему мнению, может отвечать подход, учитывающий сложные случайные поведения при функционировании конструкций /1-5/.

В научной литературе были предложены более простые модели описания недетерминированных воздействий. Здесь развиваются вероятностные методы для проверки сложных предельных состояний. Само понятие предельное состояние интерпретируется следующим образом.

Конструкция или ее часть считаются непригодными к эксплуатации, когда они проходят через некоторое состояние, называемое предельным, т.е. мы можем перейти к проблеме расчета и проектирования реальных конструкций с учетом случайности как свойств материалов, так и действующих на них нагрузок.

При этом в соответствии с современным подходом будет рассматриваться несколько возможных предельных состояний, а два состояния, описанные в /1-6/, будем считать частными случаями общего, а именно:

1) абсолютные предельные состояния, которые соответствуют либо полному разрушению конструкций, либо возникновению таких значительных деформаций, что необходима замена конструкций, приведены в табл 1;

2) функциональные предельные состояния, которые определяются пригодностью конструкций к нормальной эксплуатации (долговечностью), приведены в табл 2. Проектирование по этим укрупненным номинациям дает приемлемые для практики результаты, так как последствия их реализации весьма различны:

а) опасность гибели или увечья людей, связанная с общественной реакцией на отказ (неэкономические последствия).

б) экономический ущерб, вызванный прекращением эксплуатации сооружения или необходимостью замены и ремонта конструкции (экономические последствия).

Учитывая огромную специально-функциональную роль гидротехнических сооружений, последствия отказов должны оцениваться с точки зрения их опасности для жизни и здоровья людей и возможных экономических потерь.

Поэтому предполагается включить надежность сооружений в контекст предельных состояний. Для реализации указанного подхода должна быть выбрана соответствующая модель, которая должна содержать исходные величины, позволяющие учесть неопределенности воздействий и несущей способности как всей конструкции, так и ее отдельных элементов.

Предельные состояния А 3, А 4 хорошо моделируются уже известными случаями /3, 4/. Для остальных предельных состояний требуются новые исследования и соответствующие системы моделей.

Отметим, что во всех этих случаях критерием сравнения различных проектных решений может служить вероятность достижения предельного состояния или вероятность безотказной работы (надежность $P=(1-P_{\text{факт}})$) по отношению к этому предельному состоянию.

Таблица 1

Абсолютные предельные состояния, которая соответствуют либо полному разрушению конструкций, либо возникновению таких значительных деформаций, что необходимо замена конструкции

А 1	Потеря равновесия положения конструкции или ее части как жесткого тела (например, опрокидывание подпорной стенки).
А 2	Местное хрупкое разрушение в ограниченном объеме или сечении конструкции (например, предварительно напряженной).
А 3	Чрезмерное деформирование (геометрически нелинейное), например, деформация гибких конструкций.
А 4	Достижение предела пропорциональности материала в некоторых точках конструкции.
А 5	Превращение конструкции в механизм.
А 6	Общая или местная потеря устойчивости.
А 7	Разрушение от усталости материала при многократном нагружении (обычно в мостах, элементах механизмов).
А 8	Надежность сооружения как определенное состояние.

Таблица 2

Функциональные предельные состояния, которые определяются пригодностью конструкции к нормальной эксплуатации (долговечностью)

- Ф 1 Деформирование конструкции, отрицательно влияющее на ее внешний вид и эффективность использования.
- Ф 2 Местные повреждения, которое могут вызвать коррозию или потребность специальных мер по ее содержанию.
- Ф 3 Вибрации, которые могут вызвать дискомфорт или определенную тревогу (например, вследствие порывов ветра или движения механизмов).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ржаницин А.Р. Теория расчета на надежность. – М.: Стройиздат, 1979. – С. 109.
2. Болотин Б.В. Статистические методы строительной механики. – М.: Стройиздат. – С. 212.
3. Болотин Б.В. Применение теории вероятности в расчете сооружений. – М.: Стройиздат, 1971. – С. 84.
4. Кутуев М.Д. Теоретические основы надежности строительных конструкций. – Б., Техник 1997. – С.197.
5. Кутуев М.Д., Укуев Б.Т. Моделирование недетерминированных факторов. – Б. КГУСТА, 2005. – С.69.
6. Кутуев М.Д., Укуев Б.Т. Строительная механика. – Б.: КГУСТА, 2008. – С.270.
7. Теория и практика сейсмозащиты сооружений. / М.Д.Кутуев, Б.Т.Укуев, Б.С.Матазимов, Э.М.Мамбетов. – Б.: Алтын Принт, 2010. – С.380.