

© Мусаев В.К.
Musaev V.

О ВОЗМОЖНЫХ СЦЕНАРИЯХ РАЗВИТИЯ АВАРИЙ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ

POSSIBLE SCENARIOS OF ACCIDENTS ON HYDRAULIC STRUCTURES

Аннотация. В работе приводится информация о возможных авариях на гидротехнических сооружениях. Разрушение гидротехнических сооружений влечет за собой нарушение нормальной жизнедеятельности населения близлежащих населенных пунктов, повреждения и разрушения объектов производственной и социальной сферы. Гидротехнические сооружения являются опасными объектами. В результате разрушения гидротехнических сооружений напорного фронта волной прорыва возникает чрезвычайная ситуация. Предлагается в качестве первого приближения для интенсивности отказов принять экспоненциальный закон, имеющий теоретическое обоснование и согласующийся с экспериментальными данными.

Annotation. The paper provides information about possible accidents at hydraulic structures. The destruction of hydraulic structures entails a violation of the normal life of the population of nearby settlements, damage and destruction of production facilities and social services. Hydraulic structures are dangerous objects. The destruction of hydraulic structures waterfront wave breaking an emergency situation arises. Proposed as a first approximation to the failure rate to the exponential law, which has a theoretical basis and consistent with the experimental data.

Ключевые слова. Гидротехнические сооружения, авария, чрезвычайная ситуация, разрушение, жизнедеятельность, населенный пункт, опасный объект, напорный фронт, волна прорыва, основание, долговечность, отказ.

Key words. Waterworks, accident, emergency, fracture, vitality, community, a dangerous object, waterfront, wave breaking, bottom, durability, failure.

Особенностью гидротехнических сооружений является то, что при их строительстве и эксплуатации приходится сталкиваться (в отличие от гражданских сооружений) с большим количеством чисто случайных факторов, от которых существенно может зависеть работа гидросооружений.

В работах [1–4] рассмотрены некоторые вопросы анализа возможных сценариев развития аварий на гидротехнических сооружениях.

Случайная фильтрационная прочность грунта может быть нарушена в тех или иных местах продольного профиля сооружения, заранее нам не известных. При этом расчетные условия для оценки в таких местах прочности грунта могут носить случайный характер (некачественное уплотнение грунта в ходе строительства, непредвиденные осадки основания, попадание в тело плотины линз льда и снега в недопустимом объеме, деятельность землеройных и норных животных и т.п.).

Затопление территории, с учетом находящимися на них населенными пунктами и хозяйственными объ-

ектами, может наступать в результате разрушения гидротехнических сооружений (плотин, дамб и перемычек), расположенных выше по течению реки. Наиболее опасно разрушение гидротехнических сооружений у водохранилищ, которое приводит к зоне возникновения катастрофического затопления территории.

Гидротехнические сооружения являются сооружениями напорного фронта, которые создают разницу уровней воды. При образовании волны прорыва гидротехнических сооружений разрушается и происходит затопление значительной территории местности.

Разрушение гидротехнических сооружений напорного фронта влечет за собой нарушение нормальной жизнедеятельности населения близлежащих населенных пунктов, повреждения и разрушения объектов производственной и социальной сферы в результате действия волны прорыва.

Гидротехнические сооружения являются гидродинамически опасными объектами.

Разрушение гидротехнических сооружений мо-

Мусаев Вячеслав Кадыр оглы – доктор технических наук, профессор, профессор Российского университета Дружбы народов, тел. 8-926-5670558.

Musaev Vyacheslav – doctor of technical sciences, professor, Russian Peoples' Friendship University, tel. 8-926-5670558.

жет произойти из-за: конструктивных ошибок; некачественного выполнения строительных работ; нарушения правил эксплуатации; недостаточности водосбросов; воздействия паводков; стихийных явлений.

При прорыве гидротехнических сооружений образуется проран, через который происходит сброс воды из верхнего бьефа в нижний с образованием гидродинамической волны прорыва. Волна прорыва является основным поражающим фактором этого вида аварий. Воздействие волны прорыва на гидротехническое сооружение подобно воздействию воздушной ударной волны взрыва.

Волна прорыва при движении вдоль русла реки непрерывно изменяет высоту, скорость движения, ширину и другие параметры. Она имеет фазы подъема и спада уровня воды. Передним фронтом волны прорыва называется фаза интенсивного подъема уровня воды. Фронт волны прорыва может быть крутым на участках русла, близким к разрушенному гидротехническому сооружению, и относительно пологим – на значительном удалении от него.

За фронтом волны прорыва высота ее начинает интенсивно возрастать, достигая через некоторой промежуток времени максимума, называемого гребнем волны прорыва. В результате подъема волны происходит затопление прибрежных участков местности. Площадь и глубина затопления местности зависят от параметров волны прорыва и топографических условий. После прекращающегося подъема наступает период движения потока, близкий к установившемуся. Этот период зависит от объема водохранилища. После прохождения волны прорыва русло реки сильно деформируется.

Разрушительное действие волны прорыва – результат резкого изменения уровня воды в нижнем и верхнем бьефе при разрушении напорного фронта. Прочностные характеристики грунта оказывают влияние на изменения в гидротехническом сооружении при воздействии потока.

Масштабы чрезвычайных ситуаций при аварии на гидротехническом сооружении, сопровождающиеся образованием волны прорыва, зависят от: типа и класса напорного фронта; вида аварии (главным образом от размеров прорана); параметров водохранилища и гидротехнического сооружения; характеристик русла в нижнем бьефе; топографических и гидрографических условий местности, подвергаемой затоплению.

Волна прорыва может разрушить большое количество зданий и сооружений, которые находятся в зоне ее действия. Степень их разрушения зависит от: высоты

подъема уровня воды и скорости течения; характеристик сооружений и грунтового основания.

В результате разрушения гидротехнических сооружений напорного фронта волной прорыва возникает чрезвычайная ситуация, которая сопровождается вторичными поражающими факторами.

Аварии, сопровождающиеся прорывом гидротехнических сооружений напорного фронта и образованием волны прорыва, чаще всего происходят по причине разрушения основания и недостаточности водосбросов гидротехнических сооружений.

Земляные и каменно-земляные гидротехнические сооружения разрушаются не полностью.

Главными факторами, определяющими параметры волны прорыва, являются следующие: тип и класс гидротехнического сооружения; напор воды на плотине; размер прорана; характеристики ложа реки.

При авариях на гидротехнических сооружениях напорного фронта, основными поражающими факторами являются волна прорыва и затопление местности.

Волна прорыва, распространяясь по течению нижнего рельефа, приводит к затоплению прилегающей местности и к разрушению расположенных на ней объектов.

Масштабы чрезвычайных ситуаций при авариях на гидротехнических сооружениях зависят от типа и класса гидротехнических сооружений напорного фронта; вида аварии; параметров водохранилища и плотины; характеристик русла в нижнем бьефе; топографических и гидрографических условий местности.

Волной прорыва может быть разрушено большое количество объектов производственной и социальной сферы.

Для оценки масштаба разрушительных последствий важными характеристиками волны прорыва являются: величины максимальной высоты фронта волны прорыва; высота гребня волны прорыва.

При воздействии больших гидродинамических нагрузок волны прорыва на различные объекты происходит разрушение этих объектов.

Величины нагрузок при воздействии потока волны прорыва на различные объекты, определяются: скоростью и глубиной потока вблизи объекта; формой, размерами, ориентацией относительно направления течения потока и наличием проемов и отверстий объекта.

Материальный ущерб от воздействия волны прорыва для населенных пунктов и промышленных объектов связан с: глубиной и скоростью потока; площадью затопления; продолжительностью затопления.

Для сельскохозяйственных угодий решающее значение имеют продолжительность и сезонное время затопления. При больших скоростях потока в волне прорыва возможен смыв плодородного слоя почвы на пахотных землях.

Кроме основных поражающих факторов, возможно образование вторичных поражающих факторов: пожаров, вследствие обрывов проводов и короткого замыкания в электрических сетях; перенос водой различных загрязнений; возникновение оползней и обвалов.

В строительстве мы встречаемся с длительными сроками службы инженерных гидротехнических сооружений, поэтому обеспечение безопасности не может гарантировать их надежную работу в течение требуемого срока эксплуатации. Безотказность гидротехнических сооружений, которая отвечает требованиям расчета прочности и деформативности, не является стабильной величиной и может изменяться во времени как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения.

Примером изменчивости характеристик прочности служат сборные железобетонные конструкции со сварными стыками. Прочность бетона с течением времени возрастает, в то же время прочность сварных стыков соединений постепенно уменьшается, так как они подвержены коррозии.

Под действием коррозии постепенно изменяются величины расчетных сечений металлических конструкций. Пластмассы со временем стареют. Дерево со временем подвергается гниению. Отсюда интенсивность изменчивости характеристик начальной безотказности во времени существенно зависит от воздействий климатических и эксплуатационных факторов.

При обосновании условий эксплуатации гидротехнических сооружений переход их в предельное состояние учитывается нормативным коэффициентом. Этот коэффициент достаточно неопределен, поэтому его необходимо дифференцировать применительно к конкретным условиям.

Долговечность гидротехнических сооружений оценивается продолжительностью их безотказной работы (с возможными перерывами для проведения профилактических ремонтов) в данных эксплуатационных условиях с момента возведения до полной потери эксплуатационных свойств. Требуемые сроки службы гидротехнических сооружений устанавливаются нормативными документами в соответствии с их функциональным назначением и другими факторами.

Несущие и ограждающие конструкции гидротехнических сооружений могут быть выполнены из элемен-

тов с одинаковыми или существенно разными характеристиками долговечности. Например, сроки службы кирпичных стен и деревянных покрытий различны, потому что деревянные конструкции теряют несущую способность значительно раньше каменных. Эксплуатационные качества такого сооружения могут быть восстановлены путем ремонта или замены деревянных частей новыми.

Под полным износом гидротехнических сооружений понимается такая степень износа элементов и узлов конструкций, при которой процент риска настолько возрастает, что дальнейшая эксплуатация объекта оказывается недопустимой.

Рациональной следует считать такую конструкцию, в которой основные элементы и узлы сопряжений имеют примерно одинаковую степень долговечности.

Регулятором долговечности гидротехнических сооружений является ремонтпригодность объекта, то есть приспособленность элементов и узлов к периодическим осмотрам и профилактическим ремонтам.

Для решения этой задачи необходимо, прежде всего, оценить влияние различных факторов на характеристики долговечности: износ, вызванный усталостью, ползучестью и коррозией металлов; выветривание и коррозию изделий из естественных камней; изменение во времени прочностных характеристик искусственных каменных материалов; гниение и разрушение древесины; старение изделий из пластмасс; деформации элементов объекта, вызванные неравномерной осадкой.

Неравномерные осадки грунта приводят к смещению точек приложения расчетных усилий, возникновению не предусмотренных расчетом эксцентриситетов и к изменению напряженного состояния несущих и ограждающих конструкций.

Существенным фактором, влияющим на долговечность строительных объектов, является воздействие внешней и внутренней среды.

В период эксплуатации железобетонные элементы конструкций, помимо имеющейся в них производственной влаги, впитывают дополнительную влагу из атмосферы, что отрицательно влияет на их качество.

Совместное воздействие на гидротехнические сооружения различных факторов, вызывающих попеременное увлажнение, замерзание, оттаивание и изменение структуры материала, усиливает процесс разрушения, который становится особенно интенсивным при агрессивных воздействиях во влажной среде.

Особое влияние на долговечность гидротехнических сооружений оказывает коррозия металла закладных частей в стыковых соединениях сборных железобетон-

ных конструкций.

Важная задача проектирования гидротехнических сооружений состоит в том, чтобы обеспечить их работу в течение всего срока службы со степенью надежности, установленной расчетом начальной безотказности. При этом необходимо осуществлять защитные мероприятия, рассчитанные на заданные сроки службы гидротехнических сооружений.

Экспериментальное обеспечение функциональной зависимости долговечности гидротехнических сооружений пока еще не может быть вполне достоверным,

так как в нашем распоряжении имеются скудные экспериментальные данные, которые не систематизированы по единой методике. Поэтому в качестве первого приближения можно принять экспоненциальный закон, имеющий теоретическое обоснование и согласующийся с экспериментальными данными.

Обширными экспериментальными данными установлено, что этим законом может быть оценена интенсивность отказов гидротехнических сооружений, существующих длительное время.

Литература

1. Мусаев В.К. Анализ и оценка риска аварий гидротехнических сооружений // Проблемы управления безопасностью сложных систем. Материалы X Международной конференции. Часть 2. – М.: РГТУ, 2002. – С. 157–161.
2. Мусаев В.К. Показатели риска гидродинамической аварии гидроузла Пронского водохранилища на основе анализа вероятных сценариев // Техносферная безопасность, надежность, качество, энергосбережение: ТЗ8. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный строительный университет, 2003. – С. 412–416.
3. Мусаев В.К. Оценка возможных последствий земляной плотины в случае возникновения чрезвычайной ситуации // Безопасность и экология технологических процессов и производств. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Часть 2. – Поселок Персиановский Ростовской области: Донской государственный аграрный университет, 2004. – С. 68–72.
4. Мусаев В.К. О некоторых рекомендациях по повышению надежности гидроузла Пронского водохранилища // Вестник экологии и природные ресурсы Центрального Федерального Округа. Информационный сборник. – Сергиев Посад: Союз защиты экологических прав населения Московской области, 2008. – № 1. – С. 55–65.

Материал поступил в редакцию 29. 03. 2013 г.