

В.С. Хондкарян

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛОТИН

Целесообразность мер по обеспечению безопасности плотин должна быть обоснована в условиях жестких финансовых ограничений и социальных факторов. Риск-ориентированный подход к эксплуатации плотин требует переоценки представлений о сложившемся, как правило стихийно, соотношении затрат на превентивные меры по снижению рисков аварий и на смягчение их последствий. Ключевым компонентом процесса управления рисками является понимание вероятности отказа при заданных условиях нагрузок – гидрологических, сейсмических, фильтрационных и др. (например, вероятность отказа при пиковом ускорении грунта, вероятность отказа при определенной скорости фильтрации и др.). Построение сценария аварии методом анализа дерева событий и отказов, позволяет представить процесс перехода от одного события к другому, конкретизировать причины и последствия (детализировать процесс) и выявить связи между ними.

Ключевые слова: *риск, авария, плотина, безопасность, отказ, модель, дерево событий.*

В последние два десятилетия правительства многих стран пришли к выводу о необходимости проведения более эффективной политики для оценки различных рисков и реагирования на них наиболее адекватным образом. Разработка концептуальных основ и практическое внедрение риск-ориентированных подходов, стали одним из наиболее приоритетных направлений совершенствования государственного управления во многих странах. Эффективное управление рисками (риск-ориентированный подход) невозможен без материальных и финансовых ресурсов, а применение передового опыта достигается только при поддержке со стороны органов, принимающих руководящие административные решения. Использование риск-ориентированного подхода направлено не только на признание существования рисков, но и на их управление. На данную особенность неоднократно обращалось внимание в ряде публикаций [1, 2]. В рамках философской системно-деятельной концепции, риск выделяют как элемент управленческой деятельности, который представляет собой «совокупность вероятных экономических, политических, экологических и других положительных и неблагоприятных последствий, потерь и приобретений, которые могут наступить при выборе и реализации конкретных управленческих решений». Важно сознавать, что основной целью оценки риска является помощь структурам ответственным за безопасность в принятии более взвешенных решений. Управление рисками широко использовалось в различных областях жизнедеятельности, однако только с начала 1990-х годов, эта концепция была включена в процесс принятия решений, связанных с безопасностью плотин. Риск-ориентированный подход при обеспечении безопасности плотин в настоящее время объединяет большое количество разнообразных схем регулирования, основанных на систематической и упорядоченной оценке состояния плотин при их эксплуатации. Анализ

статистики аварий плотин в период с 1900 по 2020 год свидетельствует о том, что каждые два года происходит в среднем 3 аварии, учитывая только официально зарегистрированные и расследованные случаи.

Обеспечение безопасной эксплуатации плотин неразрывно связаны с риском, в этом трудно сомневаться, мнения расходятся в том, как оценить уровень риска на практике. Общеизвестно, что риск не может быть устранен – им необходимо управлять. Оценка риска может сыграть жизненно важную роль в интеграции всех мероприятий по обеспечению безопасности плотин, таких как техническое обслуживание, надзор, мониторинг, плановые проверки, обучение эксплуатационного персонала, а также планирование действий в чрезвычайных ситуациях.

Риск-ориентированный подход к безопасности плотин представляет собой метод организации и осуществления надзора-контроля, который определяется следующим рядом технических (инженерных) и социальных соображений и обстоятельств:

- с развитием наших знаний и ужесточением нормативно-технических документов выясняется, что подавляющее большинство эксплуатируемых плотин, как правило, не удовлетворяют текущим критериям нагрузок от землетрясений, наводнений и ряда других воздействий;
- с годами неизбежен процесс износа и старения плотин;
- происходит непрерывный рост затрат на соблюдение стандартов регулирования и безопасного управления;
- растет численность населения и продолжается развитие инфраструктур в зоне возможного затопления ниже плотин;
- нарастает уровень неприятия рисков среди населения, проживающего в зоне возможного затопления и уровень требований большей защиты от природных и техногенных опасностей.

Вопросы, связанные с безопасной эксплуатацией плотин, специфичны и зависят от шагов, которые необходимо тщательно анализировать и оценивать в течение всего срока службы сооружения. По мере старения плотин и ухудшения их эксплуатационной надежности, владельцы и органы ответственные за безопасность, сталкиваются с необходимостью принятия важных решений о том, как следует распределять ограниченные финансовые и человеческие ресурсы, чтобы обеспечить безопасную эксплуатацию.

Двадцатый век был отмечен стремительным ростом строительства плотин. К 1949 году в мире было построено около 5 тысяч больших плотин (высота плотины превышает 15 м), три четверти из них – в промышленно развитых странах. К концу века их насчитывалось свыше 45 тысяч, в более чем 140 странах.

Во многих европейских странах возраст плотины приближается к, так называемому, «среднему возрасту», при этом возраст плотин, например, в Великобритании, превышает 80 лет. По данным Американского общества инженеров-строителей, к 2025 году по крайней мере 70% плотин в США достигнут полувекового возраста.

В Армении большая часть из 84-х плотин находятся в эксплуатации 50 лет и более. Это означает, что они давно вошли в период «старения и повышенного риска» и нуждаются в особом внимании. Старение обычно проявляется в виде деградации и износа различных элементов плотины. Наблюдения над стареющими плотинами показывают, что механизмы старения практически не отличаются друг от друга – различаются они лишь по интенсивности проявления. В соответствии с результатами наблюдений, негативные изменения на плотинах возникают раньше, чем их можно обнаружить по контрольно-измерительной аппаратуре. Это свидетельствует о фазе истощения компенсаторной способности элементов сооружения, когда силы сопротивления больше не могут компенсировать негативные структурные изменения на плотине. Рассмотрим некоторые характерные аспекты риск-ориентированных подходов в ряде стран мира. Во второй половине 1980-х годов Бюро мелиорации США представило рекомендации по включению результатов анализа рисков в процесс принятия решений (USBR, 1989). В 1992 году Инженерный корпус армии США (USACE) начал программу разработки компьютерных моделей, в которых использовался вероятностный подход в сочетании с подробными оценками состояния для поддержки решений о широких восстановительных работах. К середине 1990-х годов Австралийский комитет по большим плотинам (ANCOLD, 1994) опубликовал руководство по безопасности плотин, в котором четко рассматривались критерии допустимого риска гибели людей, основанные на практике управления рисками в ядерной энергетике. Методы, основанные на оценке рисков, становятся все более популярными в Северной Америке, Австралии, Европе и, в целом, во всем мире. Однако все признают, что эти методы не могут заменить традиционные инженерные оценки и конкретные инженерные решения для обеспечения безопасности плотин в обозримом будущем, а возможно, и никогда. На практике риск-ориентированный подход к безопасности плотин обычно не определяется легко предсказуемым единичным происшествием, из-за того, что отказ и последующая авария обычно происходят в результате сложно прогнозируемой цепочки событий, при этом вероятность отдельного события в цепочке, зависит от событий, предшествующих ему. Оценка рисков проводится в соответствии с рядом четко определенных шагов, как описано в Бюллетене Комиссии по большим плотинам [3].

В России и в странах ближнего зарубежья риск-ориентированный подход традиционно осуществляется на основании следующих общих требований [4]:

- 1) обеспечение допустимого уровня риска аварий гидротехнических сооружений;
- 2) представление деклараций безопасности гидротехнических сооружений;
- 3) разрешительный порядок осуществления деятельности;
- 4) непрерывность эксплуатации гидротехнических сооружений;
- 5) осуществление мер по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений, в том числе установление критериев их безопасности, оснащение сооружений техническими средствами в целях постоянного контроля за их состоянием, обеспечение необходимой квалификации работников, обслуживающих гидротехническое сооружение;

- 6) необходимость заблаговременного проведения комплекса мероприятий по максимальному уменьшению риска возникновения чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях;
- 7) достаточное финансирование мероприятий по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений;
- 8) ответственность за действия (бездействия), которые повлекли за собой снижение безопасности гидротехнических сооружений ниже допустимого уровня.

Однако следует указать, что повсеместное ужесточение требований стандартов в нормативной документации в большинстве случаев не ведет непосредственно к более безопасным плотинам. Простое наличие строгих стандартов еще не является достаточным условием для их достижения. Во многих случаях, лица принимающие решения не всегда убеждены в безоговорочной обоснованности инженерных стандартов, и в необходимости проведения дорогостоящих работ по обеспечению безопасности плотин. В зависимости от текущего экономического положения, многие страны просто не могут позволить себе соответствовать новым стандартам. В государственном секторе имеющиеся средства для обеспечения безопасности плотин, даже в таких странах как США, Бразилия, Франция и Италия, значительно отстают от тех, которые необходимы для достижения соответствия инженерным стандартам.

Разработка конкретных, подробных методологий анализа рисков еще не достигла уровня зрелости, который позволил бы успешно внедрять результаты оценки рисков в процесс принятия решений. Область безопасности плотин ничем не отличается от любой другой области инженерии, где прогресс является постоянным, а новые методы и подходы появляются и заменяют старые. Этот процесс будет продолжаться, и следует ожидать, что любая модель, которую мы сейчас можем построить, будет заменена более совершенной в будущем. Ключевым компонентом процесса управления рисками является понимание вероятности отказа при заданных условиях нагрузок – гидрологических, сейсмических, фильтрационных (например, вероятность отказа при пиковом ускорении грунтов, вероятность отказа при определенной скорости фильтрации и др.). Первым этапом построения моделей риска является построение дерева событий и отказов. Построение и анализ дерева событий и отказов, представляет собой метод графо-математического логического моделирования. Построение «дерева событий и отказов» является системой определения причинно-следственных взаимодействий. Следует отметить, что при проведении детального анализа риска аварий плотины, обязательным является совместное рассмотрение и анализ «дерева отказов» и «дерева событий».

Подобное комплексное рассмотрение позволяет строить логическую модель возникновения и развития процессов и явлений, приводящих к аварии плотины. До начала построения дерева отказов необходимо в первую очередь проанализировать инициирующее событие (для плотин этим событием может быть землетрясение, оползень, нерасчетный паводок и др.). Построение сценария аварии методом анализа дерева событий и отказов, позволяет графически представить процесс перехода от одного события к другому,

конкретизировать причины и последствия (детализировать процесс) и выявить связи между ними [5, 6].

Синтез и анализ «дерева отказов» и «дерева событий», может осуществляться в двух аспектах: структурном, основанном на логических схемах взаимодействия элементов, входящих в систему, с точки зрения сохранения работоспособности системы в целом, «отказ – следствие» и физическом, отражающем причинно-следственные зависимости, характеризующие механические и физико-химические процессы, обуславливающие события, приводящие к отказу. При структурном анализе используют статистическую информацию о надежности плотины или ее отдельных частей, при физическом — информацию о физических свойствах основания и тела плотины, о внешних нагрузках и воздействиях, о физико-химических процессах, приводящих к аварийному состоянию плотины.

Общим во всех подходах к анализу рисков, было предположение о том, что анализ опасностей на плотине, и анализ реакции на это (дерево событий и дерево отказов) могут быть разделены и проанализированы независимо. Однако модели цепочки событий, которые хорошо работают для простых систем, не всегда подходят для таких сложных систем как плотины. Традиционные модели цепочки событий имеют низкую эффективность при работе с человеческими ошибками и с субъективными в большинстве случаев проблемами, связанными с принятием решений. Поведение человека не всегда может быть обоснованно включено в дерево событий, из-за наличия ряда трудно формализуемых обязанностей, которые в ряде случаев противоречат друг другу при принятии решений. Следует отметить, что ошибки эксплуатации в ряде случаев не поддаются анализу с использованием методов цепочки событий и легко упускаются из виду. Кроме того, системные причины более высокого уровня, такие как организационные и управленческие проблемы, не могут быть включены в аналитические подходы, основанные на цепочке событий.

Главная цель анализа «дерева событий и отказов» заключается в обосновании необходимости затрат на меры обеспечения безопасности плотин, включая разработку и модернизацию систем оповещения населения при угрозе аварии, усовершенствование планов взаимодействия аварийно-спасательных служб, ответственных за безопасность населения, проживающего в нижнем бьефе, эксплуатационных служб плотины, региональной администрации и др.

Следует констатировать, что риск-ориентированный подход при эксплуатации плотин способствует следующим положительным результатам:

1. Способствует эффективному взаимодействию всех сторон, заинтересованных в обеспечении безопасности (население зоны возможного затопления, службы эксплуатации плотины, службы ЧС);
2. Способствует прозрачности процесса принятия решений;
3. Обеспечивает лучшее понимание значимости составных элементов безопасности плотин (состояние тела плотины, катастрофических водосбросов, дренажных устройств, контрольно-измерительной аппаратуры и др.);

4. Предоставляет информацию для оценки юридической ответственности сторон обеспечивающих безопасность плотин;
5. Обеспечивает основу для определения приоритетности мер по снижению риска.

Литература

1. **Дятлов Ю.А.**, Правореализующий риск (проблемы теории и практики): Владимир, 2006.
2. **Kloman. H.**, Rethinking Risk Management, Geneva Pap. Risk Insur., Issues Pract. 17, 1992.
3. **ICOLD Bulletin 130**, Risk Assessment in Dam. Safety Management, 2004.
4. **О безопасности** гидротехнических сооружений / Федеральный закон РФ от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ.
5. **Елохин А.Н.**, Анализ и управление риском: теория и практика. М.: Страховая группа «Лукойл», 2000.
6. **Острейковский В.А.**, Швыряев Ю.В., Безопасность атомных станций. Вероятностный анализ. М.: Физматлит, 2008.

Վ.Ս. Խոնդկարյան

ՊԱՏՎԱՐՆԵՐԻ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ԱՊԱՀՈՎՄԱՆ ՌԻՍԿԱԲԱՆԱԿԱՆ ՄՈՏԵՑՈՒՄ

Պատվարների անվտանգության ապահովման միջոցառումների նպատակահարմարությունը պետք է հիմնավորվի ֆինանսական լուրջ սահմանափակումների և սոցիալական գործոնների պայմաններում: Ռիսկի վրա հիմնված պատվարների անվտանգ շահագործման մոտեցումը պահանջում է վթարների ռիսկերը նվազեցնելու և դրանց հետևանքները մեղմելու կանխարգելիչ միջոցառումների ծախսերի, որպես կանոն, տարերայնորեն ձևավորված հարաբերակցության մասին պարկերացումների վերազնահարում: Ռիսկերի կառավարման գործընթացի հիմնական բաղադրիչը տվյալ ծանրաբեռնվածության պայմաններում խափանման հավանականության ըմբռնումն է (հիդրոլոգիական, սեյսմիկ, ֆիլտրում և այլն) և այլն):

Իրադարձությունների և խափանումների ծառի վերլուծության մեթոդով վթարի սցենարի կառուցումը թույլ է տալիս պարկերացնել մի իրադարձությունից մյուսին անցման գործընթացը, կոնկրետացնել պարճառներն ու հետևանքները (մանրամասնել գործընթացը) և բացահայտել դրանց միջև եղած կապերը:

Առանցքային բառեր. *ռիսկ, վթար, պատվար, անվտանգություն, խափանում, մոդել, իրադարձությունների ծառ:*

V.S. Khondkaryan

RISK-BASED APPROACH TO DAM SAFETY

The feasibility of measures to ensure the safety of dams must be justified in the face of severe financial constraints and social factors. A risk-based approach to the operation of dams requires a reassessment of ideas about the prevailing, as a rule, spontaneous, ratio of the costs of preventive measures to reduce the risks of accidents and to mitigate their consequences. A key component of the risk management process is understanding the probability of failure under given loading conditions - hydrological, seismic, filtration, etc. (for example, the probability of failure at peak ground acceleration, the probability of failure at a certain filtration rate, etc.). Building an accident scenario by analyzing the tree of events and failures allows you to imagine the process of transition from one event to another, specify the causes and consequences (detail the process) and identify the links between them. Event and fault trees are tools used to inform decisions regarding dam safety. Like all other tools, they are imperfect and their potential value depends on the skill of the user.

Key words: risk, accident, dam, safety, failure, model, event tree.

Хондкарян Валерий Сергеевич – кандидат геолого-минералогических наук, преподаватель (ГАКУ МВД РА), эксперт (ТССЗ МВД РА)

Дата представления: 25.09.2023

Дата рецензии: 06.10.2023