

**КУКАНОВ РУСЛАН АЗАТОВИЧ**

**Прогноз и профилактика чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях**

05.26.02 – Безопасность в чрезвычайных ситуациях

**Автореферат**  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук



Республика Казахстан  
Алматы, 2010

Работа выполнена в Казахском национальном техническом университете имени К.И. Сатпаева и Казахской головной архитектурно-строительной академии

**Научные руководители:** доктор технических наук  
Жараспаев М.Т.  
кандидат технических наук  
Нурулдаева Г.Ж.

**Официальные оппоненты:** доктор технических наук  
Имбаев Т.М.  
кандидат технических наук  
Шарипханов С.Д.

**Ведущая организация:** Институт горного дела имени  
Д.А. Кунаева

Защита состоится 29 ноября 2010 года в 16.30 часов на заседании диссертационного совета Д 14.61.25 при Казахском национальном техническом университете имени К.И. Сатпаева по адресу: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева по адресу: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22.

Автореферат разослан \_\_\_\_ октября 2010 года.

Учёный секретарь  
диссертационного совета,  
доктор технических наук, профессор

 К.А. Акмалаев

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследований.** Защита и безопасность населения при гидродинамических авариях обеспечиваются комплексом организационных, инженерно-технических и других мер. Основные из этих мер: правильный выбор места размещения плотины и населенных пунктов; ограничение строительства жилых домов и объектов экономики в местах, подверженных действию возможной волны прорыва; обвалование населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий; создание надежных дренажных систем; проведение берегоукрепительных работ для предотвращения оползней и обрушений; устройство гидроизоляции и специальных укреплений на зданиях и сооружениях; насаждение низкоствольных лесов (из тополей, ольхи и березы), способных уменьшить скорость волны прорыва. Диссертация посвящена исследованиям, в результате которых получены научно обоснованные результаты по оценке риска гидродинамических аварий на гидротехнических сооружениях.

**Объектом исследований** являются гидротехнические сооружения, которые создают угрозу возникновения чрезвычайных ситуаций.

**Предметом исследования** является прогноз и профилактика гидродинамических аварий.

**Основная идея работы** заключается в решении задачи управления безопасностью при ликвидации последствий гидродинамической аварии и защиты здоровья человека и окружающей среды от её последствий.

**Целью работы** является прогнозирование и профилактика чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях, связанных с прорывами плотин (дамб, шлюзов, перемычек) с образованием волн прорыва, приводящих к катастрофическим затоплениям, возникновению прорывного паводка и смыву плодородных почв или отложению наносов на больших территориях.

В связи с этой целью поставлены и решены следующие взаимосвязанные **задачи:**

- аналитический обзор чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях;
- количественная оценка опасности гидродинамических аварий на гидротехнических сооружениях;
- совершенствование методов оценки риска гидродинамических аварий на гидротехнических сооружениях.

**Научные положения, выносимые на защиту:**

- при отсутствии проектных значений предельно допустимых параметров безопасности гидротехнических сооружений, последние надлежит установить с учетом имеющихся данных натуральных наблюдений за истекший период эксплуатации на основании фильтрационных утечек из накопителя с учётом фоновой концентрации веществ в потоке;
- оценка степени безопасности гидротехнических сооружений зависит от предельно допустимых значений показателей устойчивости и прочности сооружения или системы «сооружение-основание», обеспечиваемое

выполнением неравенства, зависящего от коэффициентов надежности по нагрузке, по грунту и коэффициента условий работы;

- управление принципом уменьшающихся рисков и ущербов зависит от налогового механизма на остаточные воздействия, обязывающие компенсировать остаточный риск за счёт вложений в здравоохранение с одновременным уменьшением налоговых отчислений.

**Научная новизна работы** заключается в применении количественного метода прогноза и профилактики гидродинамических аварий на гидротехнических сооружениях, а именно:

- в установлении контрольных значений параметров безопасности гидротехнических сооружений по статистическим данным многолетнего мониторинга их состояния в процессе нормальной эксплуатации в случае отсутствия данных по предельно допустимым параметрам безопасности;

- в оценке устойчивости и прочности сооружения, зависящих от коэффициентов надежности по нагрузке, по грунту и коэффициента условий работы;

- в установлении остаточного воздействия рисков и ущербов гидродинамических аварий на фискальный механизм систем налогообложения и здравоохранения.

**Методы исследования.** В диссертации применён комплексный метод исследований, включающий в себя системный анализ безопасности гидротехнических сооружений и применение способа нелинейного программирования для решения задачи управления безопасностью ликвидации последствий гидродинамической аварии.

**Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций** диссертации подтверждается использованием законов математической статистики и теории вероятностей, полученных различными методами исследования и положительной оценкой, апробацией научно-исследовательских результатов работы с участием в различных конференциях, печати и внедрением разработанных мероприятий.

**Практическая значимость и реализация результатов работы.** Согласно принципу уменьшающихся рисков гидродинамических аварий, введение новой технологии можно считать социально приемлемой, если одним из конечных эффектов её использования будет снижение суммарного риска, которому подвергаются люди и объекты внешней среды, расположенные вблизи гидротехнического сооружения. Результаты работы внедрены на АО «Акбакайский горно-металлургический комбинат» и ТОО «Интехношарт».

**Личный вклад автора** в науку состоит в разработке способа оценки безопасности гидротехнических сооружений с учётом вероятности возникновения гидродинамических аварий.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертации прошли апробацию на международных научно-практических конференциях: «Сели и наводнения: стратегия безопасного строительства и сокращение риска стихийных бедствий» (Алматы, 2006 г.); I Международной научно-практической конференции «Проблемы строительного производства и управления недвижимостью»

(Кемерово, 2010 г.); Международной научно-практической конференции «Современные проблемы геотехники, механики и строительства транспортных сооружений» (Алматы, 2010 г.)

**Связь диссертации с планами НИР.** Диссертационные исследования проводились в соответствии с совместными планами НИР кафедр «Безопасность жизнедеятельности» Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева и Казахской головной архитектурно-строительной академии.

**Публикации по теме диссертации.** Основное содержание опубликовано в 8 научных трудах, из них 5 в изданиях, перечень которых утвержден Комитетом по контролю в сфере образования и науки РК, 3 в материалах международных научно-технических конференций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, приложения, содержит 102 страницы текста, 6 рисунков, 22 таблиц. Список использованных источников содержит 102 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Гидродинамически опасными объектами называют сооружения или естественные образования, создающие разницу уровней воды до (верхний бьеф) и после (нижний бьеф) них. К ним относятся гидротехнические сооружения напорного фронта: плотины, запруды, дамбы, водоприемники и водозаборные сооружения, напорные бассейны и уравнивательные резервуары, гидроузлы, малые гидроэлектростанции и сооружения, входящие в состав инженерной защиты городов и сельскохозяйственных угодий.

Основные поражающие факторы гидродинамических аварий, связанных с разрушением гидротехнических сооружений - волна прорыва и затопление местности.

Последствия аварий на гидродинамически опасных объектах труднопредсказуемы. Располагаясь, как правило, в черте или выше по течению крупных населенных пунктов и являясь объектами повышенного риска, при разрушении они могут привести к катастрофическому затоплению обширных территорий, значительного количества городов и сел, объектов экономики, к массовой гибели людей, длительному прекращению судоходства, сельскохозяйственного и рыбопромышленного производств.

Критерии безопасности гидротехнического сооружения – это установленные с учетом класса гидротехнического сооружения качественные признаки и количественные показатели, характеризующие его безопасность и безопасность окружающей среды при различных режимах и условиях эксплуатации, технического обслуживания и ремонта гидротехнического сооружения, ввода и вывода из эксплуатации, а также действующие экологические нормативы и требования техники безопасности. Количественные показатели характеризуют вероятность реализации либо нарушения установленных критериев безопасности гидротехнического сооружения.

Оценка степени безопасности гидротехнических сооружений накопителей производится на основе сопоставления фактических и предельных значений количественных показателей состояния сооружений и их влияния на окружающую среду.

Для оценки степени безопасности сооружений могут быть использованы критериальные значения показателей, предельно допустимых и критических. Под предельно допустимыми значениями показателей понимаются такие, при достижении которых устойчивость и прочность сооружения или системы «сооружение-основание» обеспечивается и соответствует нормативным требованиям, то есть выполняется неравенство:

$$Y_{fc} \cdot F(Y_c) < \frac{Y_c}{Y_n} \cdot R \left( \frac{1}{Y_g} \right) \quad (1)$$

где  $F$  - расчетное значение обобщенного силового воздействия, определяемое с учетом коэффициента надежности по нагрузке,  $N$ ;  $R$  - расчетное значение обобщенной несущей способности системы «сооружение-основание» с учетом коэффициента безопасности по грунту, то есть обобщенное значение сил предельного сопротивления сдвигу по рассматриваемой поверхности,  $N$ ;  $Y_{fc}$  - безразмерный коэффициент надежности по нагрузке и сочетанию нагрузок;  $Y_c$  - коэффициент надежности по грунту;  $Y_g$  - коэффициент условий эксплуатации гидротехнического сооружения.

В зависимости от класса сооружения и принятого в расчете сочетания нагрузок нормативные значения коэффициента запаса применительно к расчету методом Бишопа могут быть определены в соответствии с данными таблицы 1.

Таблица 1 – Значения коэффициентов запаса устойчивости гидротехнического сооружения

Класс сооружения	I	II	III	IV
Основное сочетание нагрузок	1,25	1,20	1,15	1,10
Особое сочетание нагрузок	1,125	1,08	1,035	0,99
Строительный период	1,19	1,14	1,0925	1,045

Под критическими значениями показателей состояния сооружения понимаются такие значения, при достижении которых сооружение может перейти в предельное состояние.

В первом приближении (предварительная оценка) в зависимости от значений критериальных показателей состояние может оцениваться как;

- работоспособное;
- неработоспособное;
- предельное (аварийное).

Целесообразно связать эти три состояния сооружений с величинами коэффициентов запаса устойчивости. При этом для оценки сооружения могут быть использованы величины коэффициента запаса устойчивости, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Оценки состояния сооружений в зависимости от величины коэффициента запаса устойчивости ( $K_3$ )

Состояние сооружения	Класс сооружений			
	I	II	III	IV
Работоспособное	$K_3 \geq 1,25$ (1,19)	$K_3 \geq 1,20$ (1,14)	$K_3 \geq 1,15$ (1,05 - 25)	$K_3 \geq 1,10$ (1,045)
Неработоспособное	$1,125 < K_3 < 1,25$ (1,19)	$1,08 < K_3 < 1,2$ (1,14)	$1,033 < K_3 < 1,157$ (1,0525)	$0,99 < K_3 < 1,10$ (1,45)
Предельное (аварийное)	$K_3 \leq 1,125$	$K_3 \leq 1,108$	$K_3 \leq 1,035$	$K_3 \leq 0,99$

Хотя величина коэффициента запаса устойчивости и является основным критерием безопасной эксплуатации сооружений, этот показатель не может быть непосредственно измерен и использован для оперативной оценки состояния сооружения. В то же время существует целый ряд параметров сооружения, связанных со значением коэффициента запаса и поддающихся непосредственному измерению.

С этой точки зрения представляют интерес и могут быть использованы в качестве устойчивости и характеристик для оценки безопасной работы сооружения следующие параметры:

1 Геометрические параметры профиля сооружения; заложения откосов, ширина гребня, расположение и ширина бьефов.

2 Показания пьезометров и положение кривой депрессии.

3 Угол внутреннего трения и величина сцепления грунтов для различных зон и элементов грунтового сооружения и основания.

4 Плотность и влажность грунтов основания и различных элементов плотины.

5 Осадки и горизонтальные перемещения некоторых характерных точек профиля сооружения.

6 Скорость и величина сработки верхнего бьефа.

7 Для намывных сооружений - параметры пляжа намыва.

Для всех этих параметров в соответствии с таблицей 2 могут быть получены предельно допустимые и критические значения. При этом важное значение имеет нормативно-техническое обоснование безопасности промышленных гидротехнических сооружений (ПГТС).

Нормативная «техническая безопасность» ПГТС, как и других гидротехнических сооружений (ГТС), определяется их априорной способностью не подвергаться авариям, связанным с потерей прочности или

устойчивости самих конструкций или их противофильтрационных и дренажных устройств.

Наиболее опасные последствия эксплуатации промышленных гидротехнических сооружений связаны с частичным или полным разрушением подпорных сооружений, которые в промышленной гидротехнике в подавляющем большинстве представляют собой насыпные или намывные грунтовые сооружения. В связи с этим, безопасность промышленных гидроузлов связана, главным образом, с обеспечением устойчивости грунтовых сооружений.

Как показывает анализ повреждений плотин и дамб различных конструкций и их причин процент повреждений для плотин высотой до 30 м составляет 1,92, высотой 31-60 м – 1,5, выше 61 м – 0,64, т.е. низкие (до 30 м) и старые сооружения имеют более высокую вероятность разрушения. Среди плотин разных типов максимум разрушений приходится на грунтовые плотины из глины, а минимум - на каменно - набросные плотины.

Общая безопасность ПГТС может быть представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общая схема анализа безопасности ПГТС

Оценка безопасности сооружений в настоящее время может быть произведена на основе хорошо разработанной теории надежности. Однако эта теория использует довольно сложный математический аппарат и требует детального мониторинга грунтового сооружения, подробной информации о проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений гидроузла и т.д. Для большинства сооружений промышленной гидротехники выполнение всех



этих условий в настоящее время достаточно сложно и, вероятнее всего, возможно в отдаленном будущем.

Хотя величина запаса устойчивости и является основным критерием безопасной эксплуатации грунтового сооружения, показатель не может быть непосредственно измерен и использован для оперативной оценки состояния сооружения. В тоже время существует целый ряд параметров сооружения, влияющих на величину коэффициента запаса и поддающихся непосредственному измерению.

Перечень критериальных показателей назначается в зависимости от класса и типа сооружения, качества его основания и возможности применения соответствующей контрольно-измерительной аппаратуры (КИА). Предпочтение должно отдаваться показателям, которые могут быть непосредственно измерены и прямо влияют на величину коэффициента запаса устойчивости.

Функционирование любого хозяйственного субъекта и их совокупности в регионе сопровождается воздействием, обладающим потенциальными возможностями и окружающей среды.

Даже для определенных источников опасности нет полной ясности в вопросах о мере той опасности, которую они представляют, прогнозировании последствий для населения и окружающей среды в случае наступления аварий и катастроф и даже при нормальном функционировании таких объектов, нет границ до какой степени следует снижать потенциальную опасность (или повышать безопасность) и сколько для этих целей следует израсходовать средств. Все это говорит о необходимости разработки новых долгосрочных региональных программ развития. Разработка рекомендаций в такие программы требует глубокого научного анализа специфики проблем региона. Методологической основой проведения подобного анализа может служить подход, построенный на комплексной оценке, анализе и управлении риском хозяйственной деятельности в регионе, т.е. внедрение системы управления риском (рисунок 2).

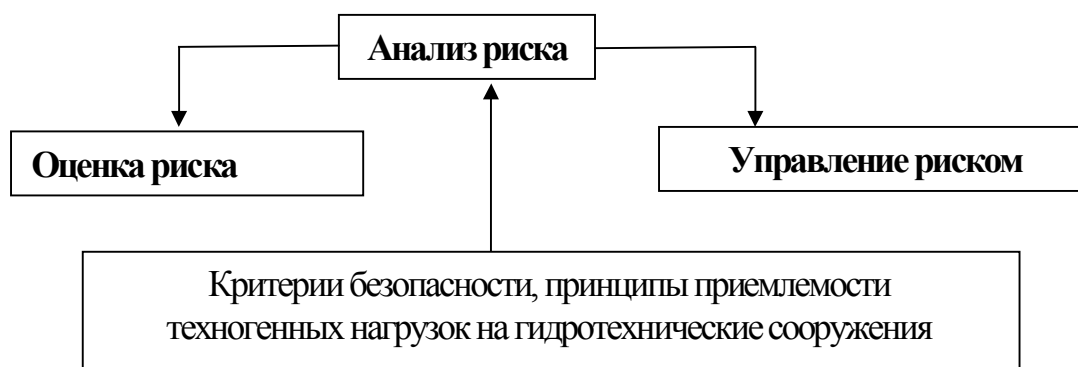


Рисунок 2 – Система управления риском гидродинамической аварии

Оценка подверженности гидротехнического сооружения риску гидродинамической аварии – это определение размеров реального воздействия

фактора риска на человека и окружающую среду. Она включает определение масштаба (уровня) воздействия ( $Q$ ), его частоты ( $F_y$ ) и продолжительности ( $T_y$ ) – такие данные могут быть получены инструментальными методами (мониторинг) или путем моделирования, например, переноса загрязняющего вещества в окружающей среде, и являются базой для оценки того, будет ли человек подвергаться вредному воздействию в существенной мере.

В тех случаях, когда такую оценку можно выразить количественно, совокупный риск рассчитывается по формуле:

$$R_y = \sum_{i,j=1}^{n,m} P_i' \cdot R_y \cdot C_y \cdot F_y \cdot T_y \quad (2)$$

где  $P_i'$  - вероятность заболевания при воздействии на "среднего" индивида  $i$ -го фактора риска однократно и одновременно;  $R_y$  - коэффициент (индекс) индивидуальной восприимчивости  $y$ -го лица воздействию  $i$ -го фактора риска;  $C_y$  - уровень воздействия на человека  $i$ -го фактора риска  $j$ -той ситуации;  $F_y$  - частота воздействия фактора риска;  $T_y$  - продолжительность воздействия,  $n, m$  – количество соответственно  $i$ -го и  $j$ -го фактора.

Если прямая количественная оценка или измерение перечисленных параметров и, следовательно, совокупного риска невозможны (а это происходит весьма часто), то используются методы экспертных оценок.

Основной целью управления риском является определение путей его минимизации при заданных ограничениях на ресурсы и время. Важно, чтобы обеспечивалось уменьшение совокупного риска в данной системе, а не только «частных» рисков. Так, если идет речь о возможности возникновения чрезвычайной ситуации в регионе, где расположены предприятия с опасными и менее опасными производствами, для сведения ее к минимуму необходимо учитывать не только риск аварии и их последствий применительно к первым из названных объектов, но и к последним.

В процессе управления риском, так же как и в его оценке выделяются четыре элемента. Первый из них - сравнение характеристик рисков, полученных в процессе их оценки, с целью установления приоритетов среди источников и факторов риска, их воздействий, требующих первоочередного внимания со стороны субъектов управления.

Следующий элемент управления риском - сопоставление выявленных негативных, а также позитивных сторон функционирования объекта (предприятия или технологии) - источника риска. Иными словами, выполняется сравнение «рисковых», прежде всего медико-экологических и «нерисковых», социально-экономических факторов. К последним, в частности, относятся: выгоды от использования потенциально опасного объекта или его продукта, например, различных источников электроэнергии (ТЭС, ГЭС, АЭС) в народном хозяйстве и т.п.

В мировой практике сложилось три подхода к рассматриваемому типу сравнительного анализа. Один из них, пожалуй, наиболее известный и

распространенный - метод «затраты-выгоды». Применительно к рисковому ситуациям при определении совокупных издержек и выгод, связанных с внедрением конкретной технологии, реализацией проекта, функционированием предприятий в определенном регионе и т.д., они пересчитываются с учетом фактора риска - вероятностей конкретных видов негативных воздействий, полученных в ходе оценки риска. Далее они, соответственно, суммируются и сопоставляются в виде либо дроби, либо разности.

$$E = \frac{\sum_{j,k=1}^n R_y Y_{jk}}{\sum_{j,k=1}^m R_y C_{jk}} \text{ или } E = \sum_{j,k=1}^n R_y Y_{jk} - \sum_{j,k=1}^m R_y C_{jk} \quad (3)$$

где  $R_y$  - риск, связанный с воздействием  $i$ -го источника риска на  $j$ -й объект;  $Y$  - выгоды, связанные с использованием  $i$ -го источника риска в процессе эксплуатации гидротехнических сооружений;  $C$  - издержки, обусловленные использованием  $i$ -го объекта (источника риска) в  $k$ -ой области деятельности.

В контексте настоящей работы принцип уменьшающихся рисков гидродинамических аварий следует рассматривать как требование обязательных вложений в социальную сферу средств предприятиями, эксплуатирующими гидротехнические сооружения. Размер таких вложений должен компенсировать как риск, так и ущерб, наносимый здоровью населения в результате возможной гидродинамической аварии.

Введение принципа уменьшающихся рисков гидродинамических аварий замыкает задачу управления безопасностью и охраны здоровья населения от техногенного воздействия гидротехнических сооружений на региональном уровне.

Замкнутая система управления безопасностью ликвидации последствий гидродинамической аварии для населения и окружающей среды основывается на трех принципах:

- 1 принцип приемлемого уровня воздействия на человека и объекты внешней среды;
- 2 принцип максимизации эффективности управления безопасностью ликвидации гидродинамической аварии;
- 3 принцип уменьшающегося совокупного риска и ущерба здоровью человека и состоянию объектов окружающей среды.

Для представления указанных принципов гидродинамических аварий, формализации принципа управления безопасностью гидротехнического сооружения и защиты здоровья населения необходимо решить задачу нахождения экстремума функции  $D(X, Z)$  при определенных ограничениях:

$$\left\{ \begin{array}{l} D(X, Z) = P - B - X \left( dY / dF^t \right) \left[ \int_0^X (dF^t / dX) dX - F^t(0) \right] - Z - (dY / dF^0) \left[ \int_0^Z (dF^0 / dZ) dZ, \right. \\ X \geq 0, \\ Z \geq 0, \\ S(R^t) - R^t(X) \geq 0, \\ S(G^t) - G^t(X) \geq 0, \\ [R^0(0) - R^0(Z)] - R^t(X) \geq 0, \\ [G^0(0) - G^0(Z)] - G^t(X) \geq 0, \\ \left. \left( dY / dF^t \right) \left[ \int_0^X (dF^t / dX) dX - F^t(0) \right] + (dY / dF^0) \left[ \int_0^Z (dF^0 / dZ) dZ \right] \geq 0. \right. \end{array} \right.$$

где  $D(X, Z)$  - функция экономического эффекта эксплуатации гидротехнического сооружения от вложений в повышение технической безопасности и в социальную сферу;  $X$  - вложения в системы безопасности гидротехнического сооружения;  $Z$  - вложения в социальную сферу (в том числе в здравоохранение и охрану окружающей среды);  $R$  - пожизненный риск возникновения гидродинамической аварии;  $G$  - ущерб здоровью (выражаемый сокращением ожидаемой продолжительности жизни) человека, причинённый последствиями гидродинамической аварии;  $t$  - индекс, определяющий причины смерти (или болезней) от деятельности объекта, эксплуатирующего гидротехническое сооружение;  $0$  - индекс, определяющий весь спектр причин смерти (и болезней) от деятельности объекта, эксплуатирующего гидротехническое сооружение;  $P$  - экономический эффект деятельности гидротехнического сооружения;  $B$  - основные приведенные затраты на эксплуатацию гидротехнического сооружения;  $D$  - чистый экономический эффект от эксплуатации гидротехнического сооружения;  $Y$  - экономический ущерб от потерь здоровья в случае гидродинамической аварии;  $S(R)$  - критерий безопасности по индивидуальному риску при возможной гидродинамической аварии;  $S(G)$  - критерий безопасности по индивидуальному ущербу при возможной гидродинамической аварии;  $F$  - функция, определяющая либо коллективный риск  $R$ , либо экологический ущерб  $G$  при возможной гидродинамической аварии.

Максимум целевой функции ищется на ограниченном множестве, заданном с помощью системы неравенств, характеризующих:

- безопасность гидротехнических сооружений и улучшение здоровья, что определяется требованием запрета на технологическое развитие за счет здоровья населения, проживающего в зоне возможного поражения гидродинамической аварии на гидротехническом сооружении (неравенства  $X \geq 0$  и  $Z \geq 0$  системы);

- требования критериев безопасности на ограничение привносимого новой технологией риска гидродинамических аварий и ущерба здоровью населения (неравенства  $S(R') - R'(X) \geq 0$  и  $S(G') - G'(X) \geq 0$  системы), проживающего в зоне возможной чрезвычайной ситуации на гидротехническом сооружении;

- требования принципа уменьшающихся совокупных рисков гидродинамических аварий и ущербов здоровью человека и состоянию окружающей среды при введении новой технологии (неравенства  $[R^0(0) - R^0(Z)] - R'(X) \geq 0$  и  $[G^0(0) - G^0(Z)] - G'(X) \geq 0$  системы);

- величина уменьшения обязательных отчислений (неравенство  $(dY / dF') \int_0^x (dF' / dX) dX - F'(0) + (dY / dF^0) \int_0^z (dF^0 / dZ) dZ \geq 0$  системы) за счет вложений в здравоохранение не должна превышать их абсолютную величину.

Отметим, что система содержит парные эквивалентные неравенства для риска возникновения гидродинамической аварии и ущерба от её последствий. Это связано с тем, что показатель пожизненного риска не учитывает многих факторов, таких как разнесенность во времени эффектов, конкуренция с другими факторами риска гидродинамической аварии и т.д. Например, при использовании только принципа уменьшающихся совокупных рисков гидродинамической аварии возможны ситуации, когда привносимый технологией риск проявляется мгновенно в младших возрастных группах, а вложения в здравоохранение приведут к уменьшению риска в старших возрастных группах населения, проживающего на прилегающих к гидротехническому сооружению территориях. Тем самым, при общем уменьшении риска гидродинамической аварии произойдет перераспределение его в младшие возрастные группы. Подобное перераспределение становится практически невозможным после введения дополнительного ограничения совокупного ущерба здоровью, требующего неуменьшения ожидаемой продолжительности жизни.

В целом можно заключить, что для определенных классов функций, задаваемых на выпуклых множествах, могут быть найдены достаточные условия существования экстремума. Но решение, как правило, ищется численными методами. Рассмотрим пример поддающийся аналитическому решению, на котором продемонстрируем некоторые особенности, которые возникают при введении и использовании принципа уменьшающихся рисков и ущербов.

Теоретический интерес представляет сравнительный анализ или исследование получаемых решений в следующих вариантах систем управления риском гидродинамических аварий:

1) нормативное управление: задана только система критериев безопасности гидротехнических сооружений, отсутствует механизм прогноза и профилактики, не используется принцип уменьшающихся рисков и ущербов;

2) нормативное управление с использованием принципа уменьшающихся рисков гидродинамических аварий: задана система критериев безопасности гидротехнических сооружений, отсутствует механизм прогноза и

профилактики, действует принцип уменьшающихся рисков и ущербов, обязывающий компенсировать остаточный риск посредством вложений в здравоохранение;

3) нормативно-техническое управление: задана система критериев безопасности гидротехнических сооружений, введен налоговый механизм на остаточное воздействие, но не используется принцип уменьшающихся рисков и ущербов;

4) нормативно-техническое управление с использованием принципа уменьшающихся рисков и ущербов: задана система критериев безопасности, введен механизм прогноза, действует принцип уменьшающихся рисков и ущербов, обязывающий компенсировать остаточный риск посредством своевременной профилактики гидродинамических аварий.

Общий параметрический анализ демонстрирует некоторые характерные модели управления безопасностью гидротехнических сооружений.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации, теоретическими и экспериментальными исследованиями, осуществлено решение важной научно-прикладной задачи, имеющей экономическое и социальное значение, создание методологических основ прогнозирования и профилактики чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях.

Основные результаты диссертационной работы сводятся к следующему:

1 Произведена оценка степени безопасности гидротехнических сооружений путём определения фактических количественных показателей состояния сооружений .

2 В виду отсутствия расчётной методики оценки риска гидродинамических аварий на гидротехнических сооружениях установлено, что предельно допустимыми параметрами состояния сооружения следует принимать равными фактическим значениям, установившимся в период нормальной эксплуатации сооружения.

3 Установлено, что проектные значения предельно допустимых параметров безопасности гидротехнических сооружений зависят от фильтрационной утечки из накопителя с учетом фоновой концентрации веществ в подземном потоке после смешения с фильтрационным потоком из накопителя, и эта зависимость описывается уравнением:

$$q_{\phi} = A \times q_0 / (C_{1\phi} \times V_1 + C_{2\phi} \times V_2 + \dots + C_{n\phi} \times V_n) - A, \quad (4)$$

где  $q_{\phi}$  - фильтрационный расход из накопителя;  $C_{1\phi}$  - фоновая концентрация веществ в подземном потоке после смешения с фильтрационным потоком из накопителя;  $q_0$  - расход грунтового потока в основании накопителя;  $C_1, C_2, \dots$  - обнаруженные концентрации веществ в подземном потоке после смешения с фильтрационным потоком из накопителя;  $V_1, V_2, V_n$  - произведение  $C_{\text{пдк}}$  всех

компонентов кроме компонента, соответствующего номеру коэффициента  $B_i$ ,  $A$  – произведение величин  $C_{\text{пдк}}$  всех компонентов токсичных веществ.

4 Проведена критериальная оценка устойчивости гидротехнического сооружения на основе анализа результатов определения ряда факторов, показателей и параметров состояния его отдельных элементов путём использования критериальных значений показателей, при достижении которых обеспечивается устойчивость и прочность гидротехнического сооружения.

5 В качестве измеримых критериев устойчивости гидротехнического сооружения, вместо коэффициента запаса устойчивости (который до настоящего времени является основным критерием безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений, но не поддаётся непосредственному измерению), были установлены количественные параметры для оперативной оценки состояния сооружения:

- геометрические параметры профиля гидротехнического сооружения (заложение откоса, ширина гребня и бьефа);
- плотность и влажность грунтов основания и различных элементов гидротехнического сооружения;
- осадки и горизонтальные перемещения профиля гидротехнического сооружения.

6 Установлено, что для эффективного управления принципом уменьшающихся рисков и ущербов оптимальным является сочетание повышения тарифных ставок на остаточные воздействия, обязывающие компенсировать остаточный риск за счёт вложений в здравоохранение с одновременным уменьшением налоговых отчислений. Расчёты показывают высокую степень надёжности при повышении тарифных ставок в 2 раза.

7 Результаты исследований внедрены в производственную деятельность предприятия АО «Акбакайский горно-металлургический комбинат», ТОО «Интехношарт», а также в учебный процесс Казахской головной архитектурно-строительной академии и Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева.

**Оценка полноты решения поставленных задач** достигнута, задачи исследования решены, результаты исследования доведены до внедрения.

**Разработка рекомендации исходных данных по конкретному использованию результатов.** Исследования необходимы научно-исследовательским институтам, проводящим работы с аспирантами и соискателями промышленным и производственным организациям при проведении организационно-технических мероприятий в процессе гидротехнического строительства и ликвидации последствий гидродинамических аварий.

**Оценка технико-экономической эффективности внедрения** результатов работы и использование ее научных положений в процессе эксплуатации гидротехнических сооружений была определена, как разность между ущербом от возможной гидродинамической аварии и затратами на проведение мероприятий по её прогнозированию и профилактике. Предполагаемый экономический эффект составляет 510 тысяч тенге.

**Оценка научного уровня выполненной работы в сравнении с лучшими достижениями в данной области.** В Казахстане проводились работы по изучению эффективности эксплуатации гидротехнических сооружений и прогнозированию гидродинамических аварий, однако аналогичный подход к проблеме снижения вероятности их возникновения до сегодняшнего дня не применялся.

## **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1 Шатанов А.А., Тажигулова Б.К., Куканов Р.А. Экологические аспекты проблемы использования ресурсов рек Нарын-Сырдаринского бассейна. // Научный журнал Вестник КазГАСА. – №3-4 (13-14) Алматы: КазГАСА, 2004 г. С. 213-218

2 Шатанов А.А., Тажигулова Б.К., Куканов Р.А. Берегозащитные сооружения от наводнений. //Сборник тезисов докладов международного семинара «Сели и наводнения: стратегия безопасного строительства и сокращение риска стихийных бедствий». – Алматы, 2006 г. – С. 22-24

3 Куканов Р.А. Разработка критериев устойчивости и экологической безопасности гидротехнических сооружений. // Научный журнал Вестник КазГАСА. – № 2 (24) Алматы: КазГАСА, 2007 г. С. 185-188

4 Куканов Р.А. Анализ и оценка риска гидродинамических аварий и возможных чрезвычайных ситуаций. // Материалы I Международной научно-практической конференции «Проблемы строительного производства и управления недвижимостью». Кемерово: Кузбасский государственный технический университет, 2010 г. – С. 98-103

5 Жараспаев М.Т., Куканов Р.А. Эколого-экономическая оценка использования ресурсов рек Нарын-Сырдаринского бассейна. //Материалы Международной научно-практической конференции «Современные проблемы геотехники, механики и строительства транспортных сооружений». – Алматы: КазАТК, 2010 г. – С. 100-103

6 Жараспаев М.Т., Куканов Р.А. Анализ риска гидродинамических аварий и оценка возможных чрезвычайных ситуаций. Вестник КазНТУ имени К.И. Сатпаева. – 2010.- №5 (80), - С. 167-169

7 Куканов Р.А. Прогноз и оценка чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях. Научный журнал Вестник КазГАСА. – № 3 (37) Алматы: КазГАСА, 2010 г. С. 150-154

8. Куканов Р.А., Ким Д.С. «Критериальная оценка риска гидродинамических аварий на гидротехнических сооружениях». // «Известия научно-технического общества «КАХАК». – №5(10), 2010 г. – С. 81-89



## Түйін

Куканов Руслан Азатович

### Гидротехникалық құрылыстардағы төтенше жағдайларды болжау және профилактика

05.26.02 «Төтенше жағдайлардағы қауіпсіздік» мамандығы

**Зерттеулердің өзектілігі.** Гидродинамикалық апаттар кезіндегі тұрғындарды қорғау және қауіпсіздігін қамтамасыз ету ұйымдастыру, инженерлік-техникалық және басқа кешендердің бірігуімен қамтамасыз етіледі. Бұл іс-шаралардың негізгілері: бөгет пен тұрғын аймақтардың орналасу орнын дұрыс таңдау; бұзу толқыны әсері мүмкін болатын жерлерде тұрғын үйлер, экономика объекттері құрылысын шектеу; тұрғын аймақтар мен ауыл шаруашылық жерлерін қоршау; сенімді су ағызу жүйелерін жасау; сырғыма мен бұзылулардың алдын алу үшін жағаларды бекіту жұмыстарын жүргізу; құрылыстар мен ғимараттарда арнайы бекітулер мен гидрооқшаулауды жасау; бұзу толқынының жылдамдығын төмендетуге қабілетті діңі төмен орналасқан ағаштарды (терек, қайың) егу. Диссертация гидротехникалық құрылыстарда гидродинамикалық апаттардың қатерін бағалаудың ғылыми негізделген нәтижелері алынған зерттеулерге арналады.

**Жұмыстың мақсаты** үлкен территорияларда қалдықтардың жинақталуы, құнарлы топырақтың шайылуы, бұзу ағыны пайда болуы және катастрофалық су басуға әкелетін, қуатты толқындарының пайда болып, бөгеттер бұзылуымен байланысты гидротехникалық құрылыстардағы төтенше жағдайларды болжау және профилактика.

**Зерттеу объекті** төтенше жағдай пайда болу қаупін тудыратын гидротехникалық құрылыстар.

#### **Зерттеудің міндеттері:**

- гидротехникалық құрылыстардағы төтенше жағдайларды сараптап шолу;
- гидротехникалық құрылыстардағы гидродинамикалық апаттардың сандық бағасын беру;
- гидротехникалық құрылыстардағы гидродинамикалық апаттардың қатерін бағалау әдістерін жетілдіру.

**Зерттеу әдістері.** Диссертацияда зерттеудің кешенді әдісі қолданылған, оның құрамына гидротехникалық құрылыстардың қауіпсіздігінің жүйелік сараптамасы және гидродинамикалық апаттар зардаптарын жою қауіпсіздігін басқару міндеттерін шешу үшін сызықты емес бағдарламалау әдісін пайдалану кіреді.

#### **Қорғауға шығарылатын ғылыми қағидалар:**

- гидротехникалық құрылыстардың қауіпсіздігінің рұқсат етілген шекті параметрлерінің жобалық мәндері болмаса, оларды пайдаланудың өткен кезеңін бақылау мәліметтерін ескере отырып ағындағы заттардың табиғи

концентрациясына сай жинақтағыштан шыққан сүзгілі ағындылар негізінде анықтау керек;

- гидротехникалық құрылыстардың не «құрылыс-негіз» қауіпсіздік дәрежесін бағалау құрылыстың беріктігі мен тұрақтылығы көрсеткіштерінің шекті рұқсат етілген мәндеріне тәуелді, ол топырақ, жүктеме сенімділік коэффициенттері және еңбек шарттары коэффициенттеріне тәуелді;

- төмендейтін қатерлер мен шығындарды басқару қалдықты әсерлерге салық механизміне тәуелді, олар салық төлемдерін азайтып бір мезгілде денсаулық сақтауға салымдар есебінен қалдықты қатер шығындарын орнына келтіруге міндеттейді.

**Нәтижелерді нақты пайдалануға бастапқы мәліметтердің практикалық ұсыныстары.** Зерттеулер ғылыми-зерттеу институттары аспиранттары мен ізденушілеріне, гидротехникалық құрылыс үрдісінде ұйымдастыру-техникалық іс-шараларды жүргізуде және гидродинамикалық апаттар нәтижелерін жоюда өндірістік, өнеркәсіптік ұйымдар үшін қажет.

**Жұмыстың практикалық маңызы және жұмыс нәтижелерін пайдалану.** Гидродинамикалық апаттардың азаятын қатерлері принципіне сай, жаңа технологияны енгізудің әлеуметтік қолайлы болуы оның соңғы әсерлерінің бірінде қосынды қатердің төмендетуінде болады, одан гидротехникалық құрылыстың маңында орналасқан адамдар мен объекттер зардап шегеді.

**Жұмыстың нәтижелерін енгізудің технико-экономикалық тиімділігін бағалау** мүмкін болатын гидродинамикалық апаттың шығыны мен іс-шараларды болжау және профилактикасы арасы шығын айырмасы ретінде анықталды. Ұсынылатын экономикалық әсер 510 мың теңге.

**Бұл аймақта жоғарғы жетістіктермен салыстыра отырып орындалған жұмыстың ғылыми деңгейін бағалау:** Қазақстанда гидротехникалық құрылыстарды пайдалану тиімділігін анықтау және гидродинамикалық апаттарды болжау жұмыстары жүргізілген, бірақ бүгінге дейін олардың пайда болу ықтималдылығы мәселесін зерттеуде ұқсас жұмыстар болған жоқ.

## Resume

Kukanov Ruslan Azatovich

### Forecasting and prevention of emergency situations on hydro-technical erections

Speciality 05.26.02 – «Safety in emergency situations»

**Urgency of researches.** Protection and safety of the population at hydrodynamic wrecks are provided with a complex of organizational, technical and other measures. The main from these measures are: correct location choice of the placings of a dam and population aggregate; restriction of building construction and objects of economy in the places subject to action of a possible wave of break; damming-in of population aggregate and agricultural grounds; creation of reliable drainage systems; execution of shores strengthening for prevention of landslips and avalanches; the device of a waterproofing and special strengthenings on buildings and constructions; planting of low-stemmed woods (from poplars, an alder and a birch), which are capable to reduce speed of a wave of break. The Dissertation is devoted to the researches in which result are received scientifically well-founded consequences by risk assessment of hydrodynamic wrecks on hydraulic engineering constructions.

**The aim of the thesis** is fore casting and prevention of emergency situations on hydro-technical erections, caused by dumb breaking with heavy waves' formation leading to catastrophically floods appearance and destruction of fertile soils all around the large territories.

**Objectives of research.** The objectives of the thesis are the following:

- analytical review of emergency situations on hydro-technical erections.
- quantities evaluation of hydro-dynamical breakdown hazards on hydro-technical erections.
- improvement of risk evaluation methods of hydro-dynamical breakdown on hydro-technical erections.

**Analysis.** In the thesis there's been used the complex analysis policy including the system analysis of hydro-technical erections' safety and application of the method of non-linear programming for solving the task of hydro-dynamical breakdown consequences' liquidation safety management.

**Main results of the thesis:**

- at the absence of project values of admitted limits of hydro-technical erections' safety, it should be identified by means of the present monitoring data got for the past period of exploitation on the base of the filter flows from the saver with paying attention to the substances' background concentration in the flow;
- the evaluation of the safety level of hydro-technical erections depends on the admitted limits of values of reliability and strengthen of the erection or the system «erection-foundation», providing by the relevance of the identity depending on the factors of load and foundation stability and the functioning conditions factor as well;
- managing the principle of risk and damage diminution depends on the taxation policy on the spare influence, making obligatory to recover the spare risk by

means of inputs into the health-care system and simultaneous minimization of tax payments.

**The results usage recommendations.** The thesis results are useful for the scientific and research institutions bringing up the post-graduates on the correspondent specialties and the industrial enterprises carrying out the organizational and technical measurements in the process of hydro-technical construction or hydro-dynamical breakdown consequences' liquidation process.

**Field of application.** According to the principle of hydro-dynamical breakdown risk diminution the inculcation of the newer technology could be considered as the socially relevant if one of the final effects of its' application had lead the cumulative risk decreasing, threatening people and the environment objects, situated nearby the hydro-technical erection.

**Inculcation cost-performance.** Inculcation of the thesis results and application of it's main results in the process of hydro-technical erection exploitation cost-performance was found as the difference between the damage of the probable hydro-dynamical breakdown and spends for the forecasting and prevention measurements of the heavy breakdown. The proposed economical effect aggregates 510 thousand tenge.

**Forecasting estimates of the research object development.** In Kazakhstan, there had been carried out the researches on the studying the efficiency of hydro-technical erections exploitation and forecasting the hydro-dynamical breakdown, but the similar approach to the problem of decreasing their appearance probability has never been applied until the present thesis.

Подписано в печать \_\_\_\_\_ 2010 г.  
Формат 60x84 1/16. Бумага типографская. Ризограф.  
Объем 1,4 печ. л. Тираж 100 экз.

---

Издание Казахской головной архитектурно-строительной академии  
Издательский дом «Строительство и архитектура»  
050043, г. Алматы, ул. Рыскулбекова, 28