

На правах рукописи

ФОМИН ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ

**ОЦЕНКА РИСКА АВАРИЙ
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ТИПА «БОЛЬВЕРК»**

Специальность 05.23.07 – «Гидротехническое строительство»

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург

2002 г.

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном техническом университете.

Научный руководитель: проф., д.т.н. Альхименко Александр Иванович.

Официальные оппоненты: проф., д.т.н. Шульман Сергей Георгиевич;
ст.н.с., к.т.н. Мищенко Сергей Максимович.

Ведущее предприятие: ОАО «Ленморниипроект»

Защита состоится 2 апреля 2002 г. в 16.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.229.15 в Санкт-Петербургском государственном техническом университете (195251, СПб, Политехническая ул., 29), ауд. № 411 пристройки гидрокорпуса.

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке СПбГТУ.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по вышеуказанному адресу на имя ученого секретаря диссертационного совета.

Автореферат разослан 1 марта 2002 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук

Андреев А.Е.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Увеличение числа аварий, в том числе гидротехнических сооружений, вызванное дефектами строительства, старением сооружений, изменениями условий эксплуатации, ошибками в проектировании, экстремальными внешними воздействиями и другими причинами, становится фактором, требующим создания научно обоснованных подходов к проблемам социального риска и экологии, а также выбора безопасных технологий строительства и эксплуатации ГТС.

В процессе строительства и эксплуатации морские портовые ГТС получают различные повреждения, претерпевают деформации и перемещения, а в ряде случаев наблюдается разрушение их отдельных узлов и элементов. Наличие дефектов отрицательно влияет на технико-экономические показатели возводимого объекта; требует дополнительных материальных затрат на их устранение, снижает срок службы ГТС.

Актуальность данной работы подтверждается тем что, несмотря на большой накопленный опыт строительства и эксплуатации причалов типа «больверк», немалое число исследовательских работ, посвященных работе и строительству сооружений этого типа, нередко еще случаи ненормативных деформаций причалов в процессе или по завершению строительства. Причины тому могут быть различными: от невысокого качества изыскательских и проектных материалов до ошибок, допускаемых в процессе строительства.

Цель работы – разработка инженерной методики определения допустимого риска в процессе возведения причального сооружения при оптимальных затратах на его строительство и разработка рекомендаций для проектирования и строительства сооружений типа «больверк», обеспечивающих наиболее эффективную технологию возведения данного типа сооружений.

Научная новизна. На основе большого опыта практического строительства разработана методика количественной оценки риска аварии, которая может использовать различные модели развития аварийного процесса и, следовательно, различные алгоритмы расчета вероятности возникновения аварии.

Практическая ценность работы. Применение результатов работы в виде расчетных зависимостей и практических рекомендаций позволяет дать основу для оптимального распределения средств между затратами на изыскания, проектирование и строительство; повысить безопасность судоходства, эффективность строительства и надежность работы сооружений.

Реализация результатов работы. Результаты работы использованы при строительстве причалов в Санкт-Петербургском морском торговом порту, портах Приморск

и Усть-Луга, а также в учебном процессе на кафедре «Морские и воднотранспортные сооружения» Санкт-Петербургского государственного технического университета.

Апробация работы. Основные результаты выполненных в диссертации исследований докладывались и обсуждались на IV Международной конференции «Освоение арктического шельфа России», РАО'01 (СПб, Россия, 2001 г.); на научных семинарах отделения портовых и шельфовых сооружений Академии Транспорта РФ, на XXIX и XXX Неделях науки СПбГТУ (2000, 2001 гг.); на заседаниях кафедры «Морские и воднотранспортные сооружения» СПбГТУ (1999 – 2001 гг.).

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в 8 работах, список которых приведен в конце автореферата.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, состоящего из 140 наименований, и приложений. Диссертация изложена на 122 страницах машинописного текста и содержит 21 рисунок и 8 таблиц.

На защиту выносятся методика оценки риска аварии, базирующаяся на вероятностной модели аварийного процесса при строительстве причального сооружения.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассматриваются основные факторы, обуславливающие актуальность проблемы, необходимость ее исследования и дается краткая характеристика работы.

В первой главе дается общее представление о причинах возникновения аварийных ситуаций и оценке безопасности причалов типа «больверк».

Вопросами, связанными с проектированием, строительством и эксплуатацией причальных сооружений в России занимались представители различных научных школ в Москве, Санкт-Петербурге, Одессе и т.д. Необходимой теоретической базой для решения прикладных задач являются фундаментальные исследования в области строительства портов и портовых сооружений А.Я.Будина, Б.Ф.Горюнова, Н.Н.Джунковского, П.П.Кульмача, Р.В.Лубенова, В.Е.Ляхницкого, Р.М.Нарбута, П.С.Никерова, Г.Н.Смирнова, Ф.М.Шихиева, В.К.Штенцеля, В.Г.Яковенко, П.И.Яковлева и др.

В инженерной практике используется большое количество различных по назначению, по конструкциям и форме причальных гидротехнических сооружений. Самыми распространенными конструкциями являются больверки, которые используются как в морской, так и в речной гидротехнике. Сооружения этого типа составляют более 50 % от числа возводимых причалов. Основными преимуществами больверков по сравнению с

другими типами конструкций, возводимыми в аналогичных условиях, являются: экономичность; малая трудоемкость; малая материалоемкость; краткие сроки строительства.

Особенности проектирования и технологии возведения больверков изучались М.П.Дубровским, М.Б.Пойзнером, Ф.М.Шихиевым, В.Г.Яковенко, П.И.Яковлевым и др.

Причальные сооружения являются весьма ответственными сооружениями, как с экономической, так и экологической точки зрения. Обеспечению их надежности и безопасности необходимо уделять особое внимание.

Под безопасностью в этом случае будем понимать отсутствие вредных последствий для людей и окружающей среды при аварии или ненормативной деформации причала.

Причальные сооружения подвергаются как воздействию природных явлений, так и явлений технологического характера. Эти воздействия обычно классифицируют следующим образом: геологические; гидрологические; метеорологические; сейсмические эксплуатационные.

Нередко аварии причальных сооружений происходят в результате наложения нескольких вышеуказанных воздействий. При этом может иметь место взаимодействие двух или более факторов, каждый из которых в отдельности, возможно, не сыграл бы решающей роли в аварии причала.

В литературе широко представлены работы, анализирующие эксплуатационные причины возникновения аварийных ситуаций на причальных сооружениях. ГТС с момента их возведения подвергаются агрессивному воздействию природных и эксплуатационных факторов. Отрицательное влияние последних на прочность и устойчивость сооружения особенно сильно сказывается при нарушении правил технической эксплуатации. Основными природными агрессивными воздействиями на сооружение являются: удар волн, течения, истирающее действие песка, гальки и других твердых частиц, распорное и истирающее действие льда, разрушение бетона в результате замерзания в порах воды и кристаллизации солей в зоне переменного уровня при резком перепаде температуры среды (вода, воздух), коррозия, гидробиологические воздействия.

К эксплуатационным воздействиям, способствующим разрушению сооружения, относятся: перегрузка причалов, механическое действие швартуемых судов (удары при подходе, навалы и истирание корпусом судна на стоянке, подмыв оснований струями от винтов и др.), действие химических грузов, расположенных и перерабатываемых на причалах, отсутствие своевременных текущих и капитальных ремонтов и др.

Скорость разрушения зависит от района его расположения, вида и качества материала, типа конструкции, материала и конструкции защиты, качества строительных работ и условий технической эксплуатации сооружения.

В настоящей диссертации основное внимание уделено вопросам оценки риска аварии больверков, вызванных проектными и производственными факторами.

Наиболее часто встречающейся причиной низкого качества проектных материалов является неправильный учёт геологических условий. Из всех факторов, оказывающих влияние на выбор типа портового сооружения, его стоимость и условия эксплуатации, наибольшее значение имеют инженерно-геологические условия.

Кроме повышения качества проектной документации, повышение качества строительства может быть достигнуто за счет улучшения технологии строительных работ. По данным, приведенным в литературе, низкое качество производства работ при возведении причалов является причиной свыше 70% аварий. При этом около половины аварий происходит во время строительства объектов, а 20% – на готовых, но не сданных в эксплуатацию сооружениях. Основными причинами аварий являются: низкое качество строительно-монтажных работ; ошибки, допущенные в проектных решениях; неоправданная экономия материалов; низкая квалификация проектировщиков, производителей работ, авторского и технического персонала; стихийные бедствия.

Безопасность ГТС определяется целым рядом факторов, основные представлены на рис. 1.

Вопросы надежности и безопасности ГТС изучались В.В.Болотиным, И.Н.Иващенко, В.Д.Костюковым, Ц.Е.Мирцхулавой, В.Д.Райзером, А.Р.Ржанициным, Д.В.Стефанишиным, С.Г.Шульманом и другими.

При расчете по методу предельных состояний, принятым в нашей стране, в качестве основного метода расчета с 1955 г., устанавливаются предельные состояния конструкций и вводится система расчетных коэффициентов, таким образом, чтобы эти состояния наступали при самых неблагоприятных сочетаниях нагрузок и при наименьших возможных значениях прочностных характеристик материалов.

Для нормирования показателей надежности используется ряд подходов на основе оптимизационных методов, в том числе экономико-математические модели. Среди них – методы абсолютной и условной оптимизации. При абсолютной оптимизации критерий надежности сооружения принимает вид целевой функции, которая максимизируется (минимизируется). В гидротехнической практике метод абсолютной оптимизации часто неприемлем ввиду сложности оценки потерь, связанных с катастрофическими последствиями аварий ГТС. В этом случае можно прибегнуть к условной оптимизации: минимизации стоимостных показателей при заданном уровне надежности либо максимизации показателей при заданном уровне стоимости.

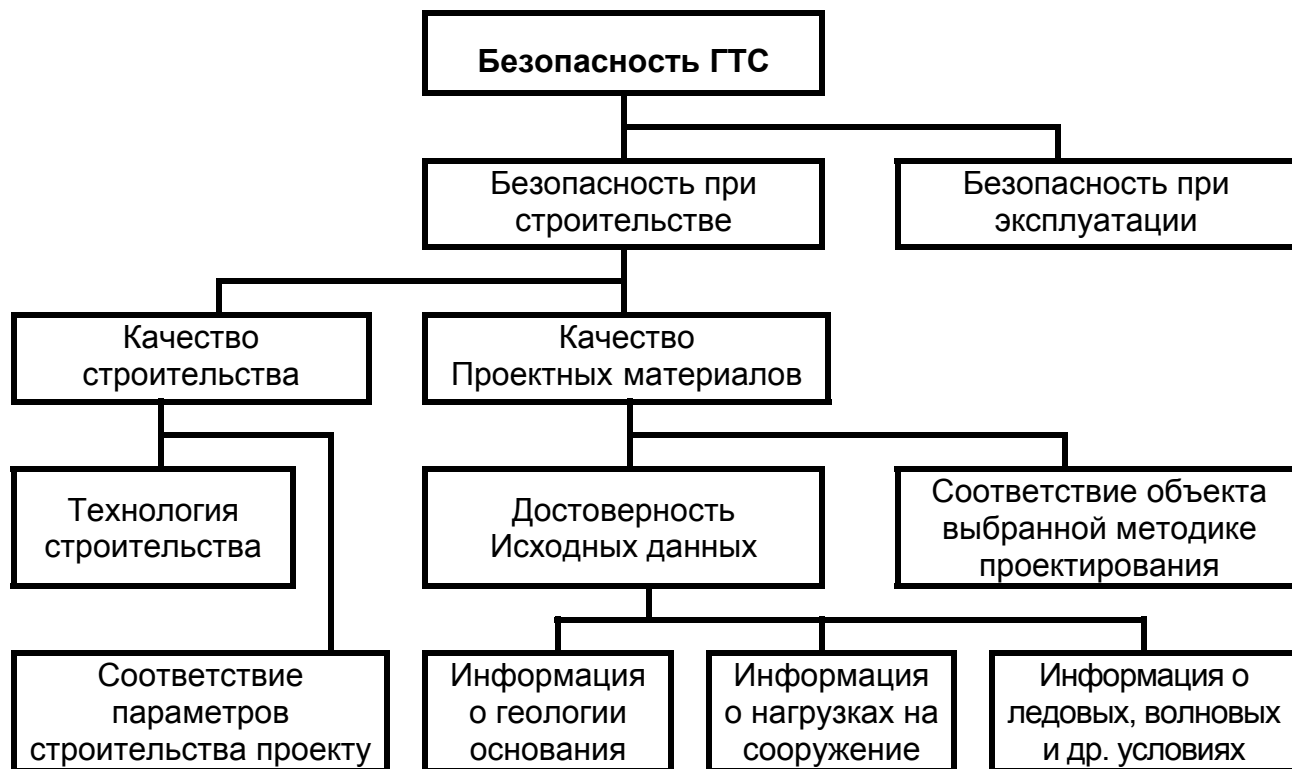


Рис. 1

В последнее время, в практике проектирования ГТС находят применение и вероятностные методы оценки надежности. Этот подход был развит для системы сооружение-фундамент-основание, с частным решением в виде методов расчета на надежность оснований портовых сооружений, представленный в работах В.Д.Костюкова, А.В.Школы и др.

Риск при возведении и эксплуатации причального объекта, или строительный риск, – это возможные ожидаемые технические, материальные и социальные последствия в результате отказов при строительстве и эксплуатации. *Мера строительного риска* – это количественный прогноз возможных убытков (ущерба) из-за возникновения отказов.

Ущерб, который появился бы при отказе сооружения, можно подсчитывать отдельно, а прогнозирование их наступления связывать с вычислением вероятности отказа. Это так называемый вероятностный подход к прогнозированию строительного риска. Вместе с тем, связь экономических показателей и показателей надежности обычно представлена в неявном виде. При строительстве конкретных объектов требуется иметь четкое распределение средств по различным статьям. Осредненное распределение, исходя из опыта строительства различных объектов в Северо-Западном регионе РФ представлено на рис. 2.

ОСРЕДНЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИНАНСОВЫХ СРЕДСТВ НА СТРОИТЕЛЬСТВО ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

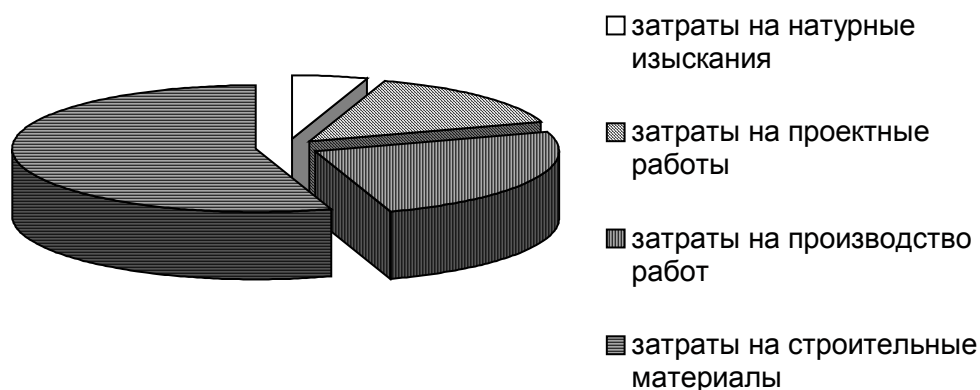


Рис. 2

Естественно, что для конкретных объектов отклонения от приведенных величин могут быть значительными. Перераспределение средств между статьями может вести к далеко идущим последствиям.

В качестве примера можно привести геологические изыскания. В настоящее время расчет конструкции причала ведется на основании геологических разрезов. Последние строят по результатам бурения скважин, которые стоят достаточно дорого. При этом появляется желание уменьшить затраты и аппроксимировать результаты от скважин, отстоящих достаточно далеко друг от друга, до 500 м.

При строительстве одного из причалов в Санкт-Петербургском морском порту пришлось увеличить глубину забивки труб более чем на 10 м вследствие того, что реальные геологические условия отличались от тех, что были заложены в проекте на основании бурения недостаточного количества скважин.

Поскольку теоретически определить расположение слоев и характерных грунтов при недостаточном количестве пробуренных скважин не представляется возможным, имеет смысл использовать вероятностные методы, в частности анализ рисков.

Риск в строительстве – достаточно новое и окончательно не сформулированное понятие, ориентированное не только на инженерные, но и экономические и социальные критерии и рассматриваемое как будущая нормативная проектная характеристика. Методики оценки риска строящихся и эксплуатируемых причальных сооружений только формируются.

Проведенный анализ современного состояния вопросов, связанных с обеспечением безопасности причалов типа больверк, позволяет сделать следующие выводы.

1. Распределение финансовых средств на проведение изыскательских, проектных и строительных работ не имеет четкого обоснования.

2. Сведения, имеющиеся как в отечественной, так и в зарубежной литературе не позволяют оценить влияние технологии строительства и качества выполнения работ на безопасность эксплуатации причальных сооружений.
3. Статистический анализ показывает, что сами по себе дефекты строительства редко становятся причинами аварий. Однако, наложение нескольких факторов может явиться такой причиной. Оценить вероятность аварии предоставляется возможным, используя положения теории рисков.

Перечисленные выше аспекты проблемы позволяют считать целесообразным осуществление исследований, направленных на дальнейшее изучение процессов оценки безопасности причальных сооружений типа «больверк», и поиск оптимальных инженерных мероприятий для предотвращения аварийных ситуаций в процессе их строительства.

Во второй главе дается постановка задачи по разработке методики оценки риска аварии при строительстве сооружений типа «больверк».

Управление риском или выбор рационального варианта объекта по критерию риска имеет смысл в том случае, если критерий (мера риска) неоднозначно реагирует на изменение аргументов в допустимых пределах.

Наиболее общим и представительным аргументом меры риска будут средства C_0 , расходуемые на технологию создания объекта, в частности обеспечение его надёжности, и средства C_1 , расходуемые на снижение ущерба в случае возникновения аварийной ситуации. Тогда управление риском можно рассматривать как задачу оптимального распределения средств.

Разработка, строительство и эксплуатация объекта возможны в случае выделения определенных ассигнований S , достаточных не только для создания объекта, его эксплуатации в нормальных условиях, но и ликвидации последствий нанесенного ущерба в случае аварии. Представляется следующее изменение меры риска в зависимости от средств, выделяемых на снижение наносимого ущерба (рис. 3).

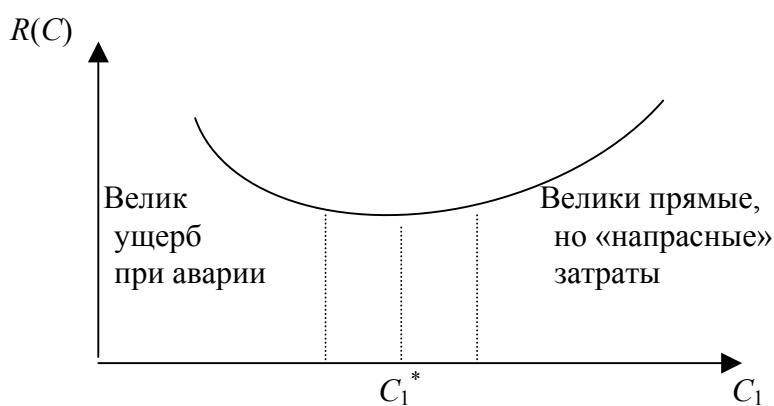


Рис. 3. Зависимость меры риска $R(C)$ от средств C_1

В качестве целевой функции в общем случае может рассматриваться показатель риска в виде отношения прямых и косвенных затрат к общему необходимому запасу средств с учетом экономической полезности объекта.

Задача сводится к поиску такого соотношения $C_1(t)$ и C_0 , которое доставит минимум показателю риска $R(t, C_1, C_0)$.

Третья глава посвящена разработке методики оценки риска аварии при строительстве сооружений типа «большерк».

В ходе строительства и во время эксплуатации гидротехнических или иных строительных объектов зачастую наблюдаются явления, связанные с «уходом» отдельных параметров от проектных значений на опасную величину.

В основу настоящей главы положены фрагменты авторского надзора института «Ленморниипроект» за процессом изменения параметров причала с конструкцией в виде экранированного заанкеренного большерка в 1998 году. Вкратце, существо явлений состоит в том, что через некоторое время после начала строительных работ произошло смещение анкерной стенки, лицевого ряда шпунта и экранирующего ряда труб модернизируемого причала Санкт-Петербургского морского торгового порта. Эти смещения, естественно, вызвали беспокойство со стороны заказчика и стимулировали его желание оценить возможность развития процесса до аварийной ситуации.

В трансформации к рассматриваемой теме представляется возможным принять следующее определение риска. Риск аварии большерка – это относительный потенциальный экономический ущерб заказчика (инвестора) вследствие предполагаемых действий по управлению процессами проектирования, геологоразведки и строительства объекта. Риск имеет право на количественную оценку только в случае, если рассматривается стохастический процесс и лицо, принимающее решение, имеет возможность выбора того или иного варианта действий, в том числе и отказа от них.

В качестве системы мер, определяющих управленческие функции заказчика, будем рассматривать его возможности по распределению средств C_0 , выделяемых на создание объекта. Основное внимание в работе уделяется анализу факта смещений и их связь с риском заказчика.

Таким образом, стохастичность процесса будет определяться, в частности, вероятностью $Q(t, k)$ выхода конкретного параметра (или k выходов параметра) за установленные пределы S_0 в течение времени t , отсчитываемого от начала строительных работ.

В условиях принятых допущений математическое ожидание дополнительных затрат средств на ремонт или исправление конструкции определяется функцией $\bar{C}_P(t, S_0, k)$:

$$\bar{C}_P(t, S_0, k) = Q(t, k) \cdot C_P(S_0, k), \quad (1)$$

где $C_P(S_0, k)$ – стоимость ремонтно-восстановительных работ; S_0 – предел (допуск) смещения; t – текущее время; k – допустимое число случаев выхода смещений за установленные пределы.

Введем обозначения: $P_M(C_M)$ – вероятность того, что в ходе научных исследований и проектирования объекта была использована совершенная методология ($P_M(C_M) = 1$) и степень ее совершенства зависит от средств C_M , выделенных на разработку проекта; $P_\Gamma(C_\Gamma)$ – достоверность исходных данных по физико-механическим характеристикам грунта в районе строительства, определяемая средствами C_Γ , выделенными на проведение геолого-разведывательных работ; $P_C(C_C)$ – вероятность того, что строительно-монтажные работы выполнены в строгом соответствии с требованиями проектной документации и при соответствующих условиях. Значение этой вероятности зависит от выделенных средств C_C на проведение строительно-монтажных работ.

В первом приближении можно записать выражение для оценки ожидаемых «напрасных» затрат C_0^- заказчика, т.е. средства, определяемые недостаточным качеством работ, выполненных соответствующими исполнителями на рассматриваемых этапах строительства:

$$C_0^- = C_M [1 - P_M(C_M)] + C_\Gamma [1 - P_\Gamma(C_\Gamma)] + C_C [1 - P_C(C_C)] \quad (2)$$

Теперь представляется возможным определить целевую функцию риска $L(t, S_0, k)$, значения которой принимаются в качестве его количественной меры.

При фиксированных S_0 и k :

$$L(t) = \frac{C_0^- + \bar{C}_P(t)}{C_0 + C_P} = \frac{C_M [1 - P_M(C_M)] + C_\Gamma [1 - P_\Gamma(C_\Gamma)] + C_C [1 - P_C(C_C)] + Q(t)C_P}{C_0 + C_P} \quad (3)$$

Из (3) очевидным образом следует, что числитель целевой функции риска представляет собой математическое ожидание ущерба, наносимого заказчику в аварийной ситуации, а знаменатель просто нормирует значения функции $L(t)$.

Все дальнейшие рассуждения базируются на анализе статистических данных по состоявшемуся изменению параметров конкретного объекта, в связи с чем, функция $Q(t)$ на начальном этапе решения задачи оценки риска принимается зависимой только от аргумента времени t , а определение целевой функции в виде (3) – достаточно корректной для решения поставленной задачи.

Таким образом, предполагая, что заказчик располагает средствами C_Σ :

$$C_\Sigma = C_0 + C_P = C_M + C_\Gamma + C_C + C_P \quad (4)$$

в целях минимизации риска необходимо решение задачи оптимального распределения C_Σ .

В формализованном виде задача сводится к определению таких значений C_M^*, C_G^*, C_C^* , которые доставляют для данного значения t минимум функции $L(C_M, C_G, C_C)$:

$$L(t, C_M^*, C_G^*, C_C^*) = \min_{C_M, C_G, C_C} L(t, C_M, C_G, C_C) \quad (5)$$

при следующих ограничениях: $t = \text{const}$; $C_M + C_G + C_C \leq C_\Sigma - C_P$.

Возможна и обратная постановка задачи, позволяющая минимизировать выделяемые заказчиком средства при заданном уровне риска. В том случае, когда заказчик заинтересован в решении задачи распределения средств на основе минимального риска или минимизации средств при заданном пороговом значении риска, то требуется решение прямой или обратной задачи (5) соответственно.

Дальнейшей задачей является определение функции $Q(t)$, входящей в (3) и определяющей вероятность возникновения аварийной ситуации в различные моменты времени. Прежде всего, необходимо сделать несколько замечаний.

Во-первых, анализ аварийных ситуаций в ходе строительства и эксплуатации причалов, показывает, что наиболее значимыми параметрами являются горизонтальное смещение лицевого ряда шпунта и экранирующих труб, в случае если рассматриваемая конструкция представляет собой экранированный больверк. Во-вторых, в качестве предельных значений смещений S_0 , принимаемых за опасные, выбраны смещения 10 см, 20 см, 30 см. В третьих, вероятность $Q(t)$ возникновения опасной ситуации определялась без учета взаимного влияния выбранных критических параметров, и оценка состояния объекта производится отдельно по каждому из них. Наконец, анализ аналогичных ситуаций, возникающих при строительстве морских причалов, показывает, что в ряде случаев примерно через четыре месяца процесс изменения параметров объекта стабилизируется и дальнейшие смещения анкерных стенок, шпунтовой оси и оси экранирующих труб прекращается. Поскольку данные, используемые в работе, соответствуют смещениям за 120...150 суток, то они в дальнейшем принимаются как предельные или максимальные смещения.

Задача определения вероятности $Q(t)$ возникновения опасных (аварийных) ситуаций для различных заданных пределов изменения анализируемых параметров требует данных по изменению смещений во времени. Пусть $s_i(t)$ – изменение во времени смещения в i -й точке наблюдения; $i = 1, 2, \dots, I$ – индекс точки (профиля) наблюдения; S_{mi} – максимальное значение смещения в i -й точке наблюдения.

Функция $s_i(t)$ с условием асимптотической сходимости $s_i(t)$ к S_{mi} в течение 120...150 суток может быть представлена в виде:

$$s_i(t) = \frac{S_{mi}t^2}{900 + t^2}. \quad (6)$$

В исследуемом случае алгоритм вычисления значений функции $Q(t, S_0)$ сводится к следующему.

- Выбирается интересующий параметр, например, смещение лицевой оси шпунтового ряда;
- Задается опасное (допустимое) смещение S_0 ;
- Вычисляются на выбранном временном интервале по формуле (6) возможные значения смещений $s_i(t)$ по данным о максимальных (установившихся) значениях смещений S_{mi} .
- Вычисляются математическое ожидание m_t , среднеквадратическое отклонение σ_t и нормированное значение z_t случайной величины смещения в данный момент времени t .
- Вычисляется значение вспомогательной функции $F(y)$, представляющей аппроксимацию функции Лапласа.
- Определяется значение искомой вероятности.

На рис. 4 изображены кривые, демонстрирующие изменение во времени вероятности возникновения аварийной (опасной) ситуации по уходу значений наблюдаемых параметров больверка при различных заданных значениях порога опасности S_0 .

Приведенные оценки функции $Q(t, S_0)$ соответствуют вероятности того, что непрерывная случайная величина смещения превысит заданный предел (по оси шпунта или экранирующих труб отдельно). Эти вероятности могут быть приняты в качестве составляющих при расчетах количественной меры риска аварии (опасности).

Для объектов с высокой однородностью начального качества (при жестком контроле качества строительных работ) расчет вероятности аварии возможен с использованием модели монотонно стареющей системы, т.е. с накапливающимися повреждениями. В предположении о равнозначности отдельных элементов конструкции наиболее предпочтительным представляется применение гамма-распределения моментов возникновения аварий в течение времени t функционирования объекта.

Вычислительные процедуры оценки риска построены на использовании выражений (3), (6), вышеописанного алгоритма и исходных данных. Полученное изменение целевой функции риска во времени для различных значений допустимых смещений лицевой оси шпунта представлены на рис. 5.

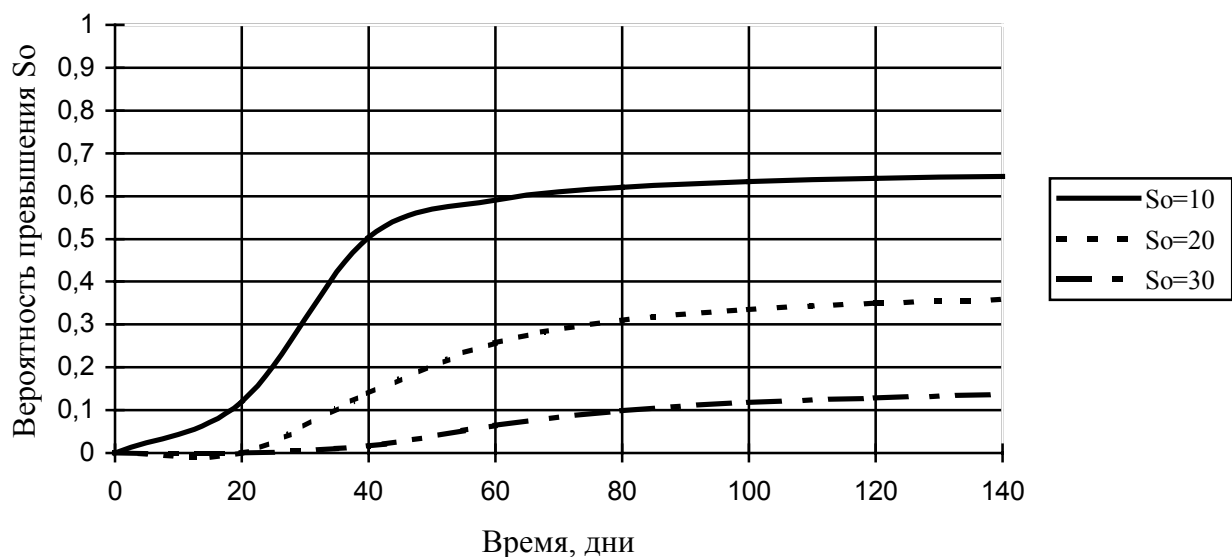


Рис. 4. Изменение вероятности возникновения опасной ситуации по смещению лицевой оси шпунта при различных порогах критического смещения S_0

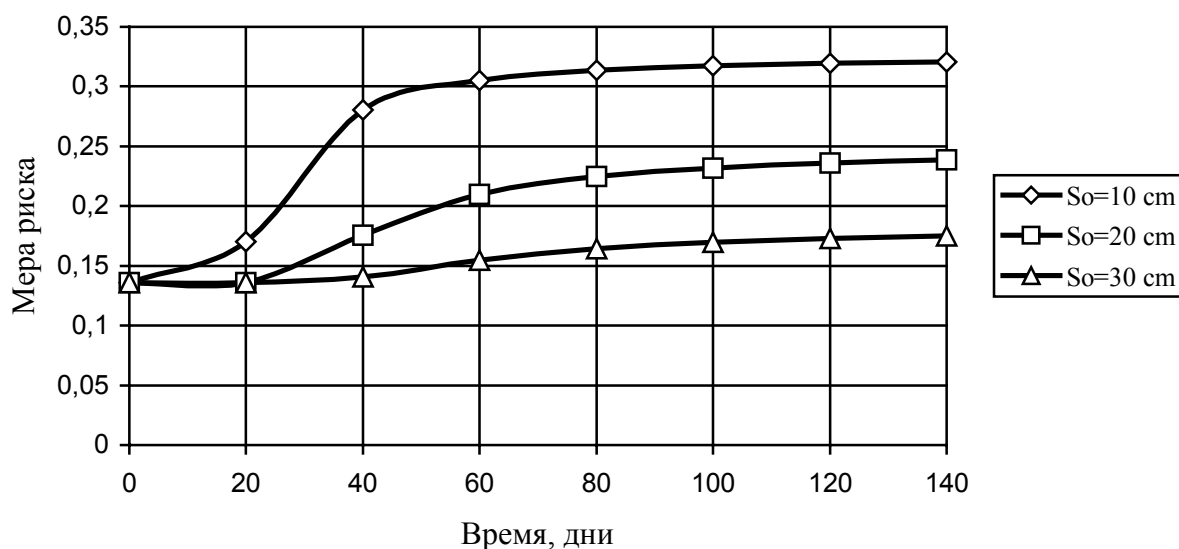


Рис. 5. Изменение меры риска опасной ситуации хотя бы по одному недопустимому смещению оси шпунтового ряда при различных заданных предельных смещениях S_0

Снижение меры риска может быть достигнуто рациональным распределением средств, что обеспечивается решением задачи (5), а также снижением вероятности $Q(t)$ перехода ситуации в аварийную.

В четвертой главе приводится обобщение практического опыта автора при строительстве сооружений, включающих как элемент шпунтовую стенку.

На основании анализа приведенных примеров аварийных ситуаций сооружений со шпунтовыми стенками и обобщения практического опыта, создана классификация наиболее часто встречающихся в практике строительства отклонений от проекта.

В современном портостроении накоплен достаточный опыт рекомендаций по организации безаварийного производства работ при строительстве сооружений типа «больверк». В работе приводятся основные рекомендации, при выполнении которых риск возникновения аварийных ситуаций может быть сведен к минимуму.

Кроме выполнения рекомендаций, должен осуществляться контроль качества строительства различными органами государственного и ведомственного контроля и надзора: инженерно-техническим персоналом строительства; техническим надзором заказчика; авторским надзором проектных организаций; государственным архитектурно-строительным контролем; территориальными органами Министерства природных ресурсов; территориальными органами по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям России; банком, финансирующим строительство; государственным санитарным надзором; государственным пожарным надзором; ведомственными инспекциями по контролю качества строительно-монтажных работ; лабораториями строительных организаций; геодезической службой строительства.

Среди перечисленных органов контроля качества строительства больверков особое место принадлежит авторскому надзору проектных организаций. Одной из целей авторского надзора является улучшение качества строительства, повышение ответственности проектных организаций за обеспечение высокого качества возводимых объектов и соблюдение непревышения их сметной стоимости.

Кроме того, очень важной является практика создания Деклараций безопасности причальных сооружений, так как в процессе формирования этого документа, должны рассматриваться основные требования к анализу сценариев возникновения опасностей и риска чрезвычайных ситуаций от аварий ГТС, включающие определение возможных источников опасности, критериев приемлемого риска и готовности эксплуатирующей организации к локализации и ликвидации опасных повреждений и аварийных ситуаций.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Для предотвращения аварий сооружений была проведена оценка качества строительства больверков, выявлены наиболее распространенные часто повторяющиеся дефекты, сделаны выводы из неудач, возникавших при возведении данных объектов.

Для предупреждения аварий портовых причальных сооружений, рекомендуется в области производства работ:

- Составление технических условий на все виды портовых гидротехнических работ;
- Организация действенного контроля за соблюдением технических условий;

- Организация авторского надзора за строительством причальных сооружений, в особенности сложной конструкции;
- Организация опытного строительства ГТС для освоения новых методов производства работ и новых конструкций.

Использование результатов данной работы и разработка оптимальных инженерных мероприятий по устранению дефектов строительства позволяют возводить объекты без увеличения сметной стоимости и с более высокими степенями надежности и безопасности.

Разработанные методы количественной оценки риска позволяют решать не только задачи по определению риска аварии и связанные с ней ожидаемые материальные потери, но и задачи более высокого иерархического уровня, например, задачу оптимального распределения средств по критерию минимального риска или задачу оптимального распределения средств при заданной степени риска.

В работе фактически предложена методика количественной оценки риска аварии, которая может использовать различные модели развития аварийного процесса и, следовательно, различные алгоритмы расчета вероятности возникновения аварии. Среди рассмотренных трех моделей определения вероятности аварии наиболее предпочтительной представляется модель превышения случайным смещением заданного опасного уровня. Остальные модели аварийного процесса могут представлять интерес при решении задач оценки риска при соответствующем определении существа аварии.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Фомин Ю.Н., Альхименко А.И. Методический подход к оценке риска аварий морских гидротехнических сооружений. Транспортное строительство № 11, 2000 г., с. 20.
2. Фомин Ю.Н. Повышение качества строительства причалов типа "больверк". Транспортное строительство № 11, 2000 г., с. 21-23.
3. Фомин Ю.Н., Альхименко А.И. Оценка риска аварий морских гидротехнических сооружений. Сборник трудов международной конференции РАО-01, СПб, 2001 с. 319-321.
4. Фомин Ю.Н. Фомин А.Ю., Беляев Н.Д. Детальная разработка вопросов организации и технологии строительства при реконструкции причалов. Труды XXIX недели науки СПбГТУ. СПб, 2001, с.14-15.
5. Фомин Ю.Н. Повышение качества строительства причалов типа "больверк". Юбилейный сборник / Под ред. Ю.Н.Фомина. К 65-летию треста Севзапморгидрострой. СПб., 2001 г., с. 124-131.
6. Фомин Ю.Н. Современные методы оценки безопасности при строительстве и эксплуатации причалов типа «больверк». Юбилейный сборник / Под ред. Ю.Н.Фомина. К 65-летию треста Севзапморгидрострой. СПб., 2001 г., с. 131-145.
7. Фомин Ю.Н. Современные методы оценки безопасности и надежности при строительстве и эксплуатации причалов типа «больверк». Транспортное строительство № 5, 2001 г., с. 10-14.
8. Фомин Ю.Н., Альхименко А.И. Метод количественной оценки риска при строительстве экранированного заанкеренного больверка. Транспортное строительство № 6, 2001 г., с.10-14.