МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ

РД 31.31.35-85

Москва·В/О "Мортехинформреклама"
1986

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ

РД 31.31.35-85

Москва.В/О "Мортехинформреклама"
1986

РАЗРАБОТАН Государственным проектно-изыскательским и научно-исследовательским институтом морского транспорта "Союзморниипроект"
д.т.н. В.Д.КОСТЮКОВ
Ленинградским филиалом "Ленморниипроект"
к.т.н. Л.А.УВАРОВ
Дальневосточным филиалом "Дальморниипроект"
к.т.н. Л.Ф.ШТАНЬКО
Одесским институтом инженеров морского флота
к.т.н. А.В.ШКОЛА
Ленинградским институтом инженеров железнодорожного транспорта им.В.Н.Образцова
к.т.н. П.Л.КЛЕМИНЦИОНОК

УТВЕРЖДЕН Государственным проектно-изыскательским и научно-исследовательским институтом морского транспорта "Союзморниипроект" 15.II.85 г.
Главный инженер Ю.А.ИЛЬНИЦКИЙ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ

РД 31.31.35-85

Вводится впервые

Распоряжением от 15.11.85 № 64 срок введения в действие установлен с 1 июля 1986 г.

Настоящие положения предназначены для опытного использования при сопоставлении различных вариантов проекта причальных сооружений, диагностики существующих причалов с выявлением резервов их несущей способности, а также для обоснования возможности их дальнейшей эксплуатации.

Положения регламентируют расчет надежности причальных сооружений всех типов согласно существующей методологии предельных состояний при вероятностной трактовке исходных параметров и результатов расчета на уровне случайных величин и их функций. Причальные сооружения рассматриваются, как сооружения с экономической ответственностью.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. За основной параметр надежности причального сооружения принята вероятность его безотказной работы, т.е. вероятность того, что в период строительства и эксплуатации сооружения не наступит отказ - предельное состояние первой и второй групп.

1.2. Перечень предельных состояний по каждому типу сооружения устанавливается в соответствии с действующими нормативными документами, регламентирующими расчет этих сооружений.

Допускается этот перечень дополнять, а параметры предельных состояний уточнять по мере изучения фактической надежности сооружений и при использовании расчетных схем сооружений, более полно учитывающих особенности взаимодействия элементов.

При отсутствии исходной статистической информации для ряда отказов, расчеты надежности допускается выполнять для основных отказов сооружений или элементов их конструкции, в основном определяющих их надежную работу. Для остальных отказов расчеты производятся согласно требований соответствующих глав СНиП и других нормативных документов.

1.3. Вероятность безотказной работы сооружений по каждому виду предельных состояний следует проверять для следующих моментов времени: на начало эксплуатации, на конец нормативного срока эксплуатации, на одно или несколько промежуточных состояний. При этом необходимо учитывать прогнозируемые изменения прочностных и жесткостных характеристик элементов сооружения, нагрузок, а также размеров сечений конструктивных элементов, обусловленные износом.

1.4. Расчетная надежность конструкций причальных сооружений и их оснований устанавливается с использованием математического аппарата теории вероятностей, математической статистики.

2. ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Метод расчета причальных сооружений на надежность ставит целью не допустить с достаточно высокой вероятностью возникновения предельных состояний в сооружении, его элементах, основании в период строительства и эксплуатации. При этом для любого момента времени t условие безотказной работы j -го элемента сооружения, основания по i -му виду предельного состояния должно соблюдаться с вероятностью H_{ij} не ниже нормативной H_n.

$$H_{ij} = P(Y_{ij}, t) \geq H_n, \qquad (1)$$

при

$$Y_{ij} = R_{ij} - S_{ij} > 0, \qquad (2)$$

где Y_{ij} - резерв контролируемого параметра напряженного или деформированного состояния j -го элемента сооружения, случайная величина;

R_{ij} - предельная величина контролируемого параметра напряженного или деформированного состояния j -го элемента сооружения, случайная величина;

S_{ij} - фактическая величина (прогнозируемая по результатам расчета) контролируемого параметра напряженного или деформированного состояния j -го элемента сооружения, случайная величина;

H_n - нормативная вероятность безотказной работы, нормативная надежность (см. раздел 4).

2.2. Проверку условия безотказной работы следует осуществлять на основании вероятностных расчетов с учетом сочетания постоянных и временных нагрузок. При этом в качестве исследуемой случайной величины (или функции) допускается рассматривать либо параметр Y, либо параметры R и S в отдельности по формуле (2) с учетом возможной корреляции между ними.

2.3. Предпосылки и расчетные схемы вероятностного расчета надежности должны находиться в полном соответствии с предпосылками и расчетными схемами, положенными в основу детерминистического расчета.

2.4. Основными этапами вероятностных расчетов для исследуемой выходной случайной величины R, S или Y являются:

составление детерминистического уравнения связи (алгоритма расчета);

подготовка исходных данных для расчета в соответствии с детерминистическим уравнением связи и разделение всех входных величин на случайные и неслучайные (детерминированные). Для случайных величин устанавливаются законы распределения вероятностей;

определение законов распределения вероятностей выходных случайных величин при известных законах распределения входных случайных величин на основании использования детерминистического уравнения связи;

определение вероятностей безотказной работы элементов, сооружения и их сопоставление с нормативными надежностями.

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. К входным величинам относятся все исходные данные, на основании которых выполняются расчеты в соответствии с детерминистическим уравнением связи (нагрузки, геометрические и жесткостные характеристики расчетных схем и т.п.).

2. К выходным величинам относятся получаемые в результате расчетов искомые величины (изгибающие моменты, напряжения, сдвигающие и удерживающие силы, деформации, перемещения и т.п.).

2.5. Детерминистические уравнения связи следует принимать в соответствии с утвержденными нормативными документами. Допускается использование других обоснованных методов расчета, отражающих действительные условия работы сооружений и соответствующих рассматриваемому виду предельного состояния.

В детерминистических уравнениях связи должны учитываться: факторы, определяющие напряженное и деформированное состояние сооружения, особенности взаимодействия элементов конструкции между собой и с основанием, пространственная работа, геометрическая и физическая нелинейности, пластические и реологические свойства материалов и грунтов и др. При применении приближенных методов расчета (детерминистических уравнений связи) следует оценивать их погрешность и учитывать ее при оценке вероятности безотказной работы.

2.6. Разделение входных величин расчета на случайные и неслучайные (детерминированные) следует производить путем оценки степени влияния случайного изменения каждой входной величины в реальных пределах на изменения выходных величин, используемых при проверке условия безотказной работы. Если при этом выходные случайные величины изменяются менее чем на 5%, то входная величина считается неслучайной (детерминированной).

Подготовку входных случайных величин следует производить в соответствии с требованиями раздела 3.

Характеристики законов распределений вероятностей случайных параметров должны соответствовать расчетному моменту времени (см. п. 1.3).

2.7. Основными методами вычисления вероятностных характеристик и получения законов распределения выходных величин следует считать метод статистических испытаний (метод Монте-Карло), ориентированный на использование ЭВМ, и метод линеаризации.

При отсутствии программного обеспечения и специфических особенностях детерминистического алгоритма при решении специальных вероятностных задач допускается использование других методов решения вероятностных задач.

2.8. Алгоритм расчета надежности, использующий метод статистических испытаний, должен содержать:

статистическое моделирование случайных расчетных параметров согласно заданным вероятностным законам;

расчет частных значений контролируемого параметра согласно принятому методу детерминистического расчета;

определение надежности, т.е. вероятности ненаступления анализируемого предельного состояния, посредством статистической обработки частных значений контролируемого параметра.

2.9. При реализации метода статистических испытаний погрешность статистического моделирования вероятностных законов случайных параметров не должна превышать погрешности выравнивания экспериментальных кривых гипотетическим законом распределения вероятностей. При отсутствии экспериментальных данных статистическое моделирование заданных законов распределения вероятностей случайных расчетных параметров должно выполняться с погрешностью, не превышающей 5%.

2.10. Метод линеаризации рекомендуется использовать при линейных функциях связи и незначительно отличающихся от линейных в интервале реальных изменений случайных величин.

2.11. Алгоритм расчета надежности для анализируемого отказа конструкции, элемента или основания причального сооружения методом линеаризации должен содержать:

расчет средних значений и дисперсий входных случайных величин, их корреляционных моментов согласно детерминистическому уравнению связи;

расчет средних значений и дисперсий выходных случайных величин;

расчет вероятности непроявления анализируемого предельного состояния.

2.12. В зависимости от характера решаемых задач вероятность безотказной работы и соответственно надежность определяется:

для отдельного элемента (j), конструкции или основания причального сооружения по определенному виду отказа i - H_{ij} ;

расчетная вероятность безотказной работы для отдельного элемента, конструкции или основания причального сооружения H_j;

вероятность безотказной работы сооружения в целом H .

Совокупность H_{ij} устанавливается на основе анализа элементов и структуры причального сооружения и выяснения характера возможных отказов в виде матрицы вероятностей безотказной работы.

В зависимости от характера решаемых задач может рассматриваться и нормироваться как поэлементная надежность, так и надежность сооружения в целом. В последнем случае надежность сооружения следует определять с учетом надежностей конструктивных элементов и узлов, а также последовательности соединения их между собой (см. рекомендуемое Приложение 2).

2.13. Надежность причальных сооружений и их элементов рекомендуется рассчитывать на основе оптимизации по основным видам отказов. Оптимизационные расчеты проводятся с учетом сроков

физического и морального износов.

2.14. Срок физического износа рекомендуется назначать: для металла и дерева - 40 лет, для железобетона - 50 лет. Срок морального износа причалов, работающих в составе специализированных комплексов, рекомендуется назначать в пределах 25-35 лет. Для остальных причальных сооружений срок морального износа рекомендуется приравнивать к сроку физического износа.

3. ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА

3.1. Общие требования

3.1.1. Исходная статистическая информация для расчета надежности должна удовлетворять требованиям:

достоверности, т.е. представлять статистические данные о расчетных параметрах с высоким качеством измерения или определения каждого частного значения статистического ряда;

репрезентативности (представительности), т.е. воспроизводить фактические вероятностные законы расчетных параметров и их числовые характеристики с достаточной для практических целей точностью при ограниченном объеме статистических данных;

однородности статистических данных;

соответствия трактовки расчетных параметров в детерминистических и вероятностных расчетах.

3.1.2. Статистический материал признается достоверным, при использовании измерительных систем, либо методик определения, позволяющих получить частные значения статистических рядов с требуемой точностью в соответствии с требованиями утвержденных стандартов и методик.

3.1.3. Объем статистического материала о расчетных параметрах допускается считать репрезентативным в случаях соответствия экспериментальных данных обоснованному теоретическому закону распределения вероятностей. Соответствие экспериментальных данных теоретическому закону распределения вероятностей устанавливается с помощью известных критериев согласия.

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. При малом объеме статистических данных характеристики ($n < 40$) допускается использовать известный или установленный ранее для данной характеристики закон распределения.

2. При отсутствии информации о законе распределения характеристики для малых выборок допускается использовать нормальный закон распределения. При этом результаты расчетов рассматриваются, как ориентировочные.

3.1.4. Для любого статистического ряда обязательна проверка на однородность ряда с исключением грубых ошибок. Проверка проводится согласно ГОСТ 20522-75.

3.1.5. Соответствие трактовки расчетных параметров в детерминистическом расчете и расчете надежности конструкции, элемента, соединения или основания причального сооружения устанавливается посредством анализа предпосылок и расчетных схем.

ПРИМЕЧАНИЕ. При несоответствии трактовок параметра, статистическая информация подлежит дополнительному анализу и пересмотру посредством изменения методики обработки или способов ее получения.

3.2. Нагрузки и воздействия

3.2.1. Состав нагрузок, учитываемых в расчетах надежности причальных сооружений и их оснований, должен следовать положениям действующих нормативных документов.

3.2.2. Основными характеристиками нагрузок являются:

для постоянных нагрузок - распределение плотности вероятностей либо параметры распределения;

для временных нагрузок - длительность нагрузок, повторяемость их в течение срока службы сооружения, распределение плотности вероятностей нагрузок либо их параметры распределения.

3.2.3. При оценке надежности вновь проектируемых, реконструируемых или эксплуатируемых причальных сооружений и их оснований, статистический материал о нагрузках должен соответствовать прогнозируемым условиям загружения и эксплуатации, с учетом технологических схем переработки грузов.

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. В случаях принципиально новых схем технологии обработки судов, применения новых перегрузочных устройств или отличных от существующих методов контроля, использование в расчетах статистических данных о нагрузках, отвечающих другим эксплуатационным условиям, требует специального обоснования.

2. При отсутствии экспериментальных данных и информации о законах распределения вероятностей нагрузок, допускается принимать их функции распределения нормальными.

3.2.4. Для расчетов надежности диагностируемых существующих причальных сооружений определение вероятностных характеристик и законов распределения вероятностей нагрузок от технологического оборудования, подвижного железнодорожного состава, судов и других транспортных средств рекомендуется проводить на основе специальных натурных наблюдений.

3.2.5. При обосновании вероятностных законов распределения и их характеристик для нагрузок на открытых складских площадях следует рассматривать наиболее невыгодное с инженерных позиций размещение наиболее тяжелых по объемным массам перерабатываемых грузов.

3.3. Строительные материалы

3.3.1. Свойства строительных материалов в расчетах надеж-

ности причальных сооружений рассматриваются как случайные величины. При этом допускается использование гипотезы статистической однородности или учета только общего характера изменчивости свойств конструктивного материала в элементе, массиве и т.д.

3.3.2. Состав случайных параметров, описывающих прочностные и деформативные свойства строительных материалов и грунтов, определяется посредством анализа детерминистического расчета, лежащего в основе соответствующего расчета надежности причального сооружения, его элемента, соединения.

ПРИМЕЧАНИЕ. Изменчивостью свойства строительного материала допускается пренебрегать, если учет изменчивости приводит к изменению выходных случайных величин не более, чем на 5%.

3.3.3. Выяснение вероятностных характеристик и законов распределения вероятностей свойств искусственных строительных материалов в конструкциях вновь проектируемых причальных сооружений производится на соответствующих предприятиях-изготовителях при сохранении сложившейся технологии их изготовления.

Для железобетонных и бетонных элементов конструкций, изготавливаемых на стройплощадке (монолитный железобетон, бетон для омоноличивания стыков и т.п.) законы распределения прочностных и деформативных характеристик следует устанавливать на основании обобщающих исследований с последующим уточнением их экспресс-методами на стройплощадке.

3.3.4. Допускается законы распределения вероятностей прочностных и жесткостных характеристик строительных материалов принимать нормальными. При этом ориентировочные значения коэффициентов вариации (изменчивости) допускается принимать по данным Приложения 3 / справочного/.

3.3.5. Для расчетов надежности диагностируемых существующих причальных сооружений определение вероятностных характеристик и

законов распределения вероятностей свойств искусственных и естественных строительных материалов производится после специальных экспериментальных исследований.

3.4. Грунты оснований сооружений и засыпки

3.4.1. Определение вероятностных характеристик и законов распределения вероятностей свойств грунтовых оснований причальных сооружений и засыпок производится на основе результатов инженерно-геологических изысканий. Выделенные по известным признакам инженерно-геологические элементы грунтового основания считаются статистически однородными при выполнении условий проверки на однородность согласно ГОСТ 20522-75.

3.4.2. Вероятностные характеристики и их законы распределения для засыпок и грунтов основания причальных сооружений устанавливаются после статистической обработки результатов экспериментальных исследований с учетом ГОСТ 20522-75 и других утвержденных нормативных документов.

3.4.3. Для вновь проектируемых причальных сооружений статистические данные о свойствах грунтовых засыпок, необходимые для соответствующих расчетов надежности, допускается принимать по аналогии при соответствии технологий и способов образования территорий причалов и совпадении карьера добычи материала засыпки.

3.4.4. В предварительных расчетах надежности и при отсутствии статистической информации по деформационным и прочностным характеристикам грунтов допускается определять средние квадратические отклонения характеристик по данным о их коэффициентах вариации, приведенных в Приложении 3.

4. НОРМАТИВНАЯ НАДЕЖНОСТЬ СООРУЖЕНИЙ И ИХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

4.1. Нормативную надежность конструктивных элементов сооружения и узлов следует устанавливать в зависимости от степени их ответственности в обеспечении безотказной работы сооружения по конкретному виду отказа, а также от степени опасности данного отказа.

4.2. Степень опасности отказа определяется затратами, которые учитывают:

затраты на ремонт сооружения в случае его отказа;

затраты на восстановление других конструкций или сооружений, получивших повреждения в результате отказа рассматриваемого сооружения;

затраты, связанные с повреждением оборудования или материалов, находящихся на территории причала;

затраты, связанные с простоем транспортных средств;

затраты вследствие перерыва в эксплуатации причала либо ограничений на условия эксплуатации.

4.3. Для диагностируемых существующих причальных сооружений и их элементов нормативная надежность определяется исходя из экономических оценок работы сооружения в установленном режиме эксплуатации.

4.4. Нормативная надежность конструктивных элементов и узлов должна быть тем выше, чем выше степень их ответственности и степень опасности отказа.

4.5. Нормативную надежность многоэлементного сооружения или его части, включающей несколько взаимосвязанных элементов, для каждого вида отказа следует определять с учетом нормативных надежностей конструктивных элементов и узлов и последовательности

их соединения между собой.

4.6. Нормативные значения надежности устанавливаются на основе опыта проектирования причальных сооружений с использованием методов теории надежности и экономических критериев. В качестве ориентировочных могут приниматься следующие значения нормативных надежностей:

для бетонных и железобетонных элементов причальных сооружений по отказам, связанным с работой материала по первой и второй группам предельных состояний, соответственно $H_{n,I} = 0,98 \div 0,99$; $H_{n,II} = 0,90 \div 0,95$;

для элементов причальных сооружений по отказам, связанным с работой грунтов оснований по первой и второй группам предельных состояний, соответственно $H_{n,I} = 0,95 \div 0,98$; $H_{n,II} = 0,85 \div 0,90$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
(справочное)

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1. Надежность - свойство сооружения или его элементов сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях использования, технического обслуживания и ремонтов.

Надежность является сложным свойством и состоит из сочетаний свойств: безотказности, долговечности, ремонтопригодности и сохраняемости.

В настоящем РД за основную характеристику надежности сооружения принята вероятность его безотказной работы в течение определенного времени эксплуатации. При этом под надежностью причального сооружения понимается вероятность его безотказной работы, определяемая с учетом изменчивости свойств материалов конструкций, грунтов и засыпок, нагрузок и воздействий на сооружения. Указанные факторы характеризуются вероятностными законами распределения, или их параметрами, определяемыми для всего срока службы сооружения или части этого срока.

2. Безотказность - свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени.

Условия безотказной работы идентичны условиям ненаступления предельных состояний, которые устанавливаются действующими нормативными документами, и заключаются в том, что величины усилий, напряжений, деформаций, перемещений, раскрытия трещин и т.п. не превышают предельных значений, регламентируемых нормативными документами.

3. Долговечность - свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

4. Ремонтопригодность - свойство объекта, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

5. Сохраняемость - свойство объекта сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтопригодности в течение и после хранения и (или) транспортирования. Сохраняемость сооружения имеет место при перерывах в работе, при выводе сооружения из эксплуатации. При этом срок сохраняемости входит в срок службы сооружения.

6. Работоспособность причального сооружения - состояние, при котором сооружение способно выполнять заданные функции, сохраняя значения своих параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией.

7. Отказом сооружения, его элементов, основания называется состояние, при котором происходит нарушение их работоспособности в связи с наступлением предельного состояния первой или второй групп. Отказы могут быть внезапными и постепенными и обычно имеют случайный характер.

8. Предельное состояние сооружения - состояние, при котором причальное сооружение перестает удовлетворять заданным эксплуатационным требованиям и требованиям при производстве работ.

9. Предельные состояния первой группы - состояния, которые ведут к потере несущей способности или к полной непригодности к

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
(продолжение)

эксплуатации сооружения (связаны с потерей устойчивости формы и положения, разрушениями любого характера, проявлениями текучести материала, чрезмерными раскрытиями трещин и т.д.).

10. Предельные состояния второй группы - состояния, которые затрудняют нормальную эксплуатацию сооружений (связаны с недопустимыми деформациями, смещениями и поворотами сооружения, колебаниями, образованием трещин и т.д.).

11. Предельные состояния первой группы сопровождаются неупругими деформациями и разрушением материалов. Предельные состояния второй группы могут иметь место и при упругих деформациях.

12. Детерминистическое уравнение связи - уравнение или алгоритм расчета, устанавливающие функциональную связь между входными величинами, используемыми в расчете, и выходными величинами, определяемыми в результате расчета.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
(рекомендуемое)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

1. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1.1. Элементы причальных сооружений следует условно разделять на две группы, в первую из которых входят элементы высокой стоимости, а во вторую элементы с несопоставимо малой стоимостью по сравнению со стоимостью сооружения (крепления, соединения и др.). Надежность элементов второй группы по сравнению с первой рекомендуется повышать до $H \sim 1$.

Оптимизацию по надежности следует проводить только с учетом элементов первой группы.

1.2. Элементы близкие по функциям, стоимости и величине ущерба в результате отказов в причальных сооружениях должны иметь близкую надежность.

1.3. Вероятность безотказной работы элемента H_j по совокупности возможных отказов определяется, исходя из представления об отказах, как несовместных случайных событиях, в соответствии с теоремой сложения вероятностей по формуле

$$H_j = 1 - \sum_i (1 - H_{ij}) , \qquad (1)$$

1.4. Вероятность безотказной работы сооружения в целом определяется, исходя из представления об отказах выделенных различных элементов, как независимых случайных событиях, на основе теорем умножения вероятностей по формуле

$$H = \prod_{j=1}^{K} H_j \quad , \qquad (2)$$

где K - число элементов.

Виды элементов для основных типов причальных сооружений, возможные их отказы и матрицы вероятностей безотказной работы рекомендуется принимать следующими.

2. ПРИЧАЛЬНОЕ СООРУЖЕНИЕ ТИПА БОЛЬВЕРК С АНКЕРОВКОЙ В ОДНОМ УРОВНЕ

2.1. Элементами сооружения являются: 1 - лицевая стенка; 2 - анкерная тяга с соединениями; 3 - анкерная плита; 4 - массив грунта, взаимодействующий с сооружением.

2.2. Возможные виды отказов следующие.

Для элемента 1: 1 - потеря устойчивости призмы выпора перед лицевой стенкой;

2 - разрушение лицевой стенки.

Для элемента 2: 3 - разрыв анкерной тяги или соединений.

Для элемента 3: 4 - разрушение анкерной плиты;

5 - потеря устойчивости анкерной плиты.

Для элемента 4: 6 - потеря общей устойчивости массива грунта, взаимодействующего с сооружением.

2.3. Матрица вероятностей безотказной работы приводится в табл. 1.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

(продолжение)

Таблица 1

Матрица вероятностей безотказной работы

Элемент j / отказ i	1	2	3	4
1	H_{11}			
2	H_{21}			
3		H_{32}		
4			H_{43}	
5			H_{53}	
6				H_{64}

2.4. Вероятности безотказной работы элементов H_j (j = 1,2,3,4) определяются формулами:

$$H_1 = 1 - \left[\left(1 - H_{11}\right) + \left(1 - H_{21}\right) \right] = H_{11} + H_{21} - 1 , \qquad (3)$$

$$H_2 = H_{32} , \qquad (4)$$

$$H_3 = 1 - \left[\left(1 - H_{43}\right) + \left(1 - H_{53}\right) \right] = H_{43} + H_{53} - 1 . \qquad (5)$$

$$H_4 = H_{64} . \qquad (6)$$

2.5. Надежность сооружения определяется по формуле

$$H = H_1 \cdot H_2 \cdot H_3 \cdot H_4 \qquad (7)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
(продолжение)

3. ПРИЧАЛЬНОЕ СООРУЖЕНИЕ ГРАВИТАЦИОННОГО ТИПА С ОБОЛОЧКАМИ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

3.1. Элементами сооружения являются: 1 - оболочка; 2 - массив грунта, взаимодействующий с оболочкой.

3.2. Возможные виды отказов следующие.

Для элемента 1:

1 - превышение напряжений в основании оболочки;

2 - скольжение оболочки по подошве;

3 - опрокидывание оболочки вокруг переднего ребра;

4 - разрушение материала оболочки.

Для элемента 2:

5 - потеря общей устойчивости массива грунта совместно с сооружением.

3.3. Матрица вероятностей безотказной работы приводится в табл. 2.

Таблица 2

Матрица вероятностей безотказной работы

Элемент j / отказ i	1	2
1	H_{11}	
2	H_{21}	
3	H_{31}	
4	H_{41}	
5		H_{52}

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
(продолжение)

3.4. Вероятности безотказной работы элементов H_j ($j = 1,2$) определяются формулами:

$$H_1 = 1 - [(1-H_{11}) + (1-H_{21}) + (1-H_{31}) + (1-H_{41})] = \\ = H_{11} + H_{21} + H_{31} + H_{41} - 3 ; \quad (8)$$

$$H_2 = H_{52} . \quad (9)$$

3.5. Надежность сооружения определяется по формуле

$$H = H_1 \cdot H_2 . \quad (10)$$

4. ПРИЧАЛЬНОЕ СООРУЖЕНИЕ ЭСТАКАДНОГО ТИПА

4.1. Элементами сооружения являются: 1 - свая; 2 - ростверк; 3 - массив грунта, взаимодействующий со сваей.

4.2. Возможные виды отказов следующие.

Для элемента 1:

1 - потеря несущей способности сваи по грунту на вертикальную нагрузку;

2 - то же, на горизонтальную нагрузку;

3 - потеря несущей способности сваи по условию прочности материала.

Для элемента 2:

4 - разрушение плиты ростверка.

Для элемента 3:

5 - потеря общей устойчивости.

4.3. Матрица вероятностей безотказной работы приводится в табл. 3.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
(продолжение)

Таблица 3

Матрица вероятностей безотказной работы

Элемент j / отказ i	1	2	3
1	H_{11}		
2	H_{21}		
3	H_{31}		
4		H_{42}	
5			H_{53}

4.4. Вероятности безотказной работы элементов H_j ($j = 1,2,3$) определяются формулами:

$$H_1 = 1 - \left[(1 - H_{11}) + (1 - H_{21}) + (1 - H_{31})\right] = H_{11} + H_{21} + H_{31} - 2 \quad ; \tag{11}$$

$$H_2 = H_{42} \quad ; \quad H_3 = H_{53} \quad . \tag{12}$$

4.5. Надежность сооружения определяется по формуле

$$H = H_1 \cdot H_2 \cdot H_3 \quad . \tag{13}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
(продолжение)

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

5.1. При заданной для всего причального сооружения величине нормативной надежности H_n определение надежности отдельных элементов рекомендуется выполнять с помощью весовых коэффициентов.

5.2. Весовые коэффициенты надежности определяются отношением надежности элементов H_j ($j = 1,2,\dots K$) к надежности некоторого фиксированного элемента H_j^*

$$\alpha_1 = \frac{H_1}{H_j^*} \quad ; \quad \alpha_2 = \frac{H_2}{H_j^*} \quad ; \quad \dots \quad \alpha_K = \frac{H_K}{H_j^*} \quad . \qquad (14)$$

5.3. Надежность фиксированного элемента H_j^* устанавливается по формуле

$$H_j^* = \sqrt[K]{\frac{H_n}{\alpha_1 \alpha_2 \cdot \dots \cdot \alpha_K}} \qquad (15)$$

5.4. Значения весовых коэффициентов назначаются с учетом значимости различных элементов, значимости их отказов для всего сооружения, стоимости элементов и их ремонтопригодности.

5.5. Приближенно значения весовых коэффициентов α могут приниматься по результатам расчета надежности элементов для эксплуатируемых причальных сооружений аналогичной конструкции или исходя из принципа равнонадежности элементов сооружения, при котором $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_K = 1$ и

$$H_j = \sqrt[K]{H_n} \qquad (16)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
(справочное)

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВАРИАЦИИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ И ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ НЕСКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ, ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВОЙСТВ БЕТОНА И СТАЛИ

В табл.I и 2 приводятся значения коэффициентов вариации для модуля деформации и параметров сопротивления грунтов срезу, в табл. 3 для показателей бетона и сталей.

Таблица 1

Значения коэффициентов вариации модуля деформации нескальных грунтов естественного сложения в зависимости от среднего значения модуля

Среднее значение модуля деформации E, МПа	Коэффициент вариации ν_E	Среднее значение модуля деформации E, МПа	Коэффициент вариации ν_E
5	0,20	20	0,29
10	0,25	40	0,34

Таблица 2

Значения коэффициентов вариации сопротивления грунтов срезу τ и параметров C и $tg\varphi$.

Наименование вида грунта	Значение коэффициента вариации ν
Песок, намытый в воду	0,05
Песок естественного сложения	0,10
Суглинок	0,15
Глина	0,20
Ил	0,30

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

(продолжение)

Таблица 3

Значения коэффициентов вариации показателей свойств бетона и сталей

Наименование показателей	Коэффициент вариации ν
Сопротивление сжатию и растяжению бетона заводского изготовления	0,15
Сопротивление сжатию и растяжению бетона, изготавливаемого у объекта бетонирования	0,20
Плотность бетона	0,05
Предел текучести арматурной стали 35ГС	0,08
Предел текучести бессемеровской стали СТ3	0,10
Предел текучести шпунтовой стали БСтЗ	0,08
Предел текучести шпунтовой стали БНЛ-2	0,10
Диаметр анкерных тяг	0,01
Момент сопротивления шпунта	0,02

Коэффициент вариации величин нагрузок от ветровых волн на вертикальные стенки $\nu = 0,15$.

Для грунтов, используемых при засыпке подпорных стен, в табл. 4 приводятся значения нормативных характеристик относительной плотности, угла внутреннего трения, модуля деформации и коэффициента Пуассона, а также значения коэффициентов вариации угла внутреннего трения и модуля деформации.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

(продолжение)

Таблица 4

Значения нормативных характеристик и коэффициентов вариации грунтов в засыпке подпорных стен

Виды грунтов в засыпке	Относительная плотность $\mathcal{D}$	Угол внутреннего трения φ, град.		Модули деформации E (МПа), коэффициент Пуассона ν при нагрузке $\bar{R}$								
				0,2			0,4			0,6		
		φ	ν_φ	E	ν_E	ν	E	ν_E	ν	E	ν_E	ν
Гравелистый песок, гравийный грунт	0,25	32		20			15			12		
	0,5	34	0,046	27	0,075	0,25	22	0,07	0,26	16	0,06	0,27
	0,75	35		55			43			31		
Крупные пески	0,25	32		20			15			12		
	0,5	33	0,047	28	0,1	0,26	20	0,09	0,29	14	0,08	0,3
	0,75	34		47			38			30		
Средние пески	0,25	31		16			12,5			10		
	0,5	32	0,049	20	0,15	0,31	16	0,12	0,32	12	0,1	0,33
	0,75	33		40			35			28		
Мелкие пески	0,25	30		12			10			9		
	0,5	31	0,067	16	0,18	0,33	14	0,15	0,33	10	0,12	0,34
	0,75	32		35			29			24		
Пылеватые пески	0,25	28		10			7,5			6		
	0,5	29	0,08	12	0,2	0,33	10	0,16	0,33	7	0,15	0,34
	0,75	30		21			16,5			12		

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. $\bar{R} = \frac{R}{R_{пр}}$; $R_{пр.}$ – несущая способность грунтового основания, определяемая по $\S$-ле СНиП 11-15-74, $R_{пр.} = (A\delta\lambda + Bq + Dc)$

R – нагрузка на основание;

2. Модуль горизонтальной деформации $E_г$ (МПа) рекомендуется принимать $0{,}65E$ при $\bar{R} = 0{,}2$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
(справочное)

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

СТ СЭВ 384-76	Строительные конструкции и основания. Основные положения по расчету.
ГОСТ 27.002-83	Надежность в технике. Термины и определения.
ГОСТ 20522-75	Грунты. Метод статистической обработки результатов определений характеристик.
СНиП II-51-74	Гидротехнические сооружения морские. Основные положения проектирования.
ВСН 3-80 Минморфлот	Инструкция по проектированию морских причальных сооружений.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 3
2. ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ 5
3. ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА I0
   3.1. Общие требования I0
   3.2. Нагрузки и воздействия II
   3.3. Строительные материалы I2
   3.4. Грунты оснований сооружений и засыпки . . . I4
4. НОРМАТИВНАЯ НАДЕЖНОСТЬ СООРУЖЕНИЙ И ИХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ I5

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Основные понятия и определения (справочное) I7

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Определение вероятности безотказной работы основных типов причальных сооружений (рекомендуемое) 20

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Коэффициенты вариации деформационных и прочностных свойств нескальных грунтов, показателей свойств бетона и стали (справочное) 27

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Перечень использованных нормативно-технических документов (справочное) . 30

Подписано в печать 04.02.86. Формат 60x84/16. Печать офсетная.
Усл.печ.л. 1,86. Усл.кр.-отт. 1,98. Уч.-изд.л. 1,18. Тираж 120. Заказ 484. Изд. № 174/6-и.
Цена 24 коп.

Типография В/О "Мортехинформреклама". 113114, Москва, Кожевническая улица, дом 19

gost.e-ecolog.ru