Система ведомственных нормативных документов
по проектированию, строительству и эксплуатации
объектов Министерства обороны Российской Федерации

ВЕДОМСТВЕННЫЙ СВОД ПРАВИЛ

ИНСТРУКЦИЯ
ПО РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПЛАВУЧИХ РЕЙДОВЫХ ПРИЧАЛОВ ВМФ

ВСП 33-02-05
МО РФ

Москва
2005

gost.e-ecolog.ru

Система ведомственных нормативных документов по проектированию, строительству и эксплуатации объектов Министерства обороны Российской Федерации

ВЕДОМСТВЕННЫЙ СВОД ПРАВИЛ

ИНСТРУКЦИЯ ПО РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПЛАВУЧИХ РЕЙДОВЫХ ПРИЧАЛОВ ВМФ

ВСП 33-02-05
МО РФ

Начальник службы расквартирования и обустройства
Министерства обороны Российской Федерации
Главнокомандующий ВМФ

Москва
2005

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН в НИЦ 26 ЦНИИ МО РФ с использованием материалов 23 ГМПИ МО РФ, ОАО «ЛенморНИИпроект», ВИТУ.

2 ВНЕСЕН Начальником строительства, инженерного обеспечения и расквартирования Военно-Морского Флота, первым заместителем Начальника строительства и расквартирования войск МО РФ.

3 ПРИНЯТ Начальником службы расквартирования и обустройства Министерства обороны Российской Федерации 29 августа 2005 г., Главнокомандующим Военно-Морским Флотом 12 сентября 2005 г.

4 ВЗАМЕН ВСН 117-84/Минобороны «Инструкция по проектированию одноточечных рейдовых плавучих причалов для крупных кораблей ВМФ».

Содержание

Введение
1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 2
3 Термины и определения 4
4 Обозначения и сокращения 9
5 Общие положения 10
5.1 Классификация плавучих рейдовых причалов 10
5.2 Общие положения по проектированию плавучих рейдовых причалов 17
6 Одноточечные рейдовые плавучие причалы (ОРПП) 25
6.1 Рейдовые стоянки на одиночных швартовных бочках со свободно провисающим бриделем 25
6.1.1 Описание и технические данные рейдового оборудования 25
6.1.2 Основные положения проектирования рейдовых стоянок на одиночных швартовных бочках со свободно провисающим бриделем 35
6.1.3 Определение основных характеристик элементов рейдовой стоянки 36
6.1.4 Рекомендации по швартовке и стоянке корабля на бочке 56
6.2 Одноточечные плавучие рейдовые причалы специальной конструкции 58
6.2.1 Общие положения 58
6.2.2 Рекомендации по выбору типа причала и требования к отдельным его элементам 63
6.2.3 Расчет нагрузок на причал, усилий в швартовах и бриделях 78
7 Многоточечные плавучие рейдовые причалы 96
7.1 Общие положения по проектированию многоточечных рейдовых плавучих причалов 96
7.2 Рекомендации по расчету многоточечных рейдовых причалов 104
Приложение А (справочное) Основные буквенные обозначения 121
Приложение Б (справочное) Нормы обеспечения рейдовым оборудованием кораблей и судов ВМФ 128

Приложение В (справочное) Основные технические характеристики стандартных рейдовых бочек 129
Приложение Г (справочное) Конструктивные схемы стандартных рейдовых бочек 131
Приложение Д (справочное) Элементы якорных цепей, используемые для бриделей рейдовых причалов 132
Приложение Е (справочное) Основные характеристики гравитационных железобетонных якорей кругового действия 138
Приложение Ж (справочное) Рекомендации по определению характеристик расчетных кораблей 141
Приложение К (справочное) Данные по предварительному выбору бриделя и якоря 145
Приложение Л (справочное) Данные по предварительному выбору рейдовой бочки 147
Приложение М (справочное) Относительные глубины погружения рейдовой бочки и усилия в бриделе 148
Приложение Н (справочное) Допускаемые значения относительных глубин погружения рейдовой бочки и коэффициенты запаса прочности бриделя и швартовов..... 155
Приложение П (справочное) Ориентировочные коэффициенты трения 156
Приложение Р (справочное) Примеры решения задач по оборудованию рейдовых стоянок на одиночных рейдовых бочках со свободно провисающим бриделем 157
Приложение С (справочное) Характеристики некоторых существующих ОРПП типа CALM, SALM и ALP 179
Приложение Т (справочное) Примеры решения задач по определению основных характеристик ОРПП (нагрузок на причал, усилий в швартове и бриделе) 186
Приложение У (справочное) Основные характеристики подвесных массивов якорных цепей 208
Приложение Ф (справочное) Общее описание программных средств по расчету многоточечных плавучих рейдовых причалов 209
Приложение Ц (справочное) Основные положения оценки надежности

многоточечных плавучих рейдовых причалов..... 214
Приложение Ш (справочное) Примеры решения задач по определению основных характеристик многоточечных плавучих рейдовых причалов..... 220
Библиография..... 270

Введение

Настоящий ведомственный свод правил устанавливает основные положения и требования, которые рекомендуется соблюдать при проектировании плавучих рейдовых причалов различного типа и назначения с целью обеспечения требуемой надежности и безопасности стоянки кораблей, эксплуатации причалов, предупреждения возникновения аварийных ситуаций, связанных с угрозой безопасности окружающей среды.

В правилах содержатся общие требования к акватории рейдов и плавучим рейдовым причалам, рекомендации по выбору конструкции и комплектации рейдовых причалов, указания по определению нагрузок на причалы и усилий в их элементах.

Настоящие правила рекомендуются для применения проектными и другими организациями ВМФ, осуществляющими проектирование, строительство и эксплуатацию различных плавучих рейдовых причалов.

С вводом в действие настоящих правил утрачивает силу ВСН 117-84/Минобороны.

Ведомственный свод правил по расчету и проектированию плавучих рейдовых причалов Военно-Морского Флота Министерства обороны Российской Федерации

ИНСТРУКЦИЯ ПО РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПЛАВУЧИХ РЕЙДОВЫХ ПРИЧАЛОВ ВМФ

Дата введения 12 сентября 2005 г.

1 Область применения

1.1 Настоящая Инструкция устанавливает рекомендации по проектированию плавучих рейдовых причалов ВМФ различного типа (рейдовых стоянок на одиночных швартовных бочках со свободно провисающим бриделем, одноточечных рейдовых причалов специальной конструкции, многоточечных рейдовых причалов на швартовных бочках).

1.2 Инструкция включает:

- общие требования к акватории рейдов и плавучим рейдовым причалам;
- рекомендации по выбору конструкции и комплектации рейдовых причалов;
- указания по определению нагрузок на причалы и усилий в их элементах.

1.3 При оборудовании рейдовых стоянок на одиночных швартовных бочках со свободно провисающим бриделем для кораблей водоизмещением до 20000 т, создаваемых на акваториях с глубинами до 100 м в относительно благоприятных гидрометеоусловиях (при скоростях ветра до 25 м/с и волнении до 4-5 баллов) положения Инструкции имеют обязательный характер и могут непосредственно использоваться для проектирования рейдовых стоянок без корректировки.

Окончательная редакция

При оборудовании одноточечных рейдовых стоянок для кораблей, выполняющих специальные задачи, кораблей водоизмещением свыше 20000 т, одноточечных перегрузочных рейдовых причалов, а также многоточечных рейдовых причалов, в том числе глубоководных на глубинах более 100 м положения Инструкции имеют рекомендательный характер и в каждом конкретном случае их рекомендуется уточнять при разработке специальных проектов.

1.4 Положения Инструкции не распространяются на случаи рейдовой стоянки кораблей на собственных якорях, плавучие средства навигационной обстановки, рейдовое оборудование, предназначенное для постановки боно-сетевых заграждений, а также на вопросы учета, организации хранения, ремонта, постановки и съемки, освидетельствования, испытания и эксплуатации рейдового оборудования.

2 Нормативные ссылки

2.1 В настоящей Инструкции использованы ссылки на следующие нормативные документы:

СНиП 2.06.04-82*. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986, 40с.

СНиП 2.01.07-85. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия. Госстрой СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987.

СНиП 33.01-2003. Строительные нормы и правила. Гидротехнические сооружения. Основные положения / Введены в действие постановлением Госстроя России от 30.06.2003г. №137.

П 58-76/ВНИИГ. Руководство по определению нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения (волновых, ледовых и от судов). - Л.: ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева, 1977, 316с.

ВНТП 01-78/Минморфлота. Нормы технологического проектирования морских портов. - М.: ЦРИА "Морфлот", 1980.

ВСН 117-84/Минобороны. Инструкция по проектированию одноточечных рейдовых плавучих причалов для крупных кораблей ВМФ. - М.: Минобороны, 1985, 64с.

РД 31.31.35-85. Основные положения расчета причальных сооружений на надежность. - М.: Министерство Морского флота СССР, В/О "Мортехинформреклама", 1986.

РД 31.33.10-87. Рекомендации по учету гидрометеорологического режима при проектировании недостаточно защищенных от волнения причалов. - М.: Министерство Морского флота, 1987.

РД 31.33.03-88. Рекомендации по определению допустимых ветро-волновых условий при проектировании морских портов. - М.: Министерство Морского флота СССР, В/О "Мортехинформреклама", 1989.

РД 31.31.47-88. Нормы проектирования морских каналов. Инструктивное письмо Министерства Морского флота СССР от 14 июля 1988 года №114. - М., 1988.

РД 31.3.01.01-93. Руководство по технологическому проектированию морских портов. - М.: Союзморниипроект, 1993.

РД 31.31.55-93. Ведомственные строительные нормы. Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений. Утверждена Департаментом морского транспорта Минтранса России от 16 апреля 1993г., №СМ-35/759.

ВСП 33-01-00/МО РФ. Инструкция по расчету и проектированию якорных систем плавучих объектов ВМФ. Введена в действие Начальником строительства и расквартирования войск - Заместителем Министра обороны Российской Федерации и Главнокомандующим ВМФ.

Морской Регистр Судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Том 1. - Морской Регистр Судоходства, Санкт-Петербург, 1995, 464с.

Российский Морской Регистр Судоходства. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. - Российский Морской Регистр Судоходства, Санкт-Петербург, 2000.

СанПин 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Санитарные защитные зоны и санитарная классификация предприятий, со-

оружения и иных объектов.- М..:Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003.- 48 с.

Санитарные правила для морских и речных портов. №4962-89. Утверждены Главным государственным санитарным врачом СССР.

ГОСТ РВ 51638.2-2000. Государственный стандарт. Основные требования по обеспечению экологической безопасности изделий ВВТ.

ОТТ 1.1.10-99. Отраслевые технические требования. Часть 2. Системы и комплексы (образцы) вооружения и военной техники. Общие технические требования по экологической безопасности (экологичности).

Примечание – При пользовании настоящей Инструкцией целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (и классификаторов) на территории государства по указателю «Государственные стандарты», составленному по состоянию на 1 января текущего года и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей Инструкцией следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

3.1 **акватория рейдовой стоянки**: См. место рейдовой стоянки.

3.2 **бочка**: См. швартовная бочка.

3.3 **бридель**: Гибкая цепная или комбинированная связь, соединяющая швартовную бочку с якорем, установленным на дне акватории и состоящая из смычек якорной цепи (для цепного бриделя) или из смычек якорной цепи и расположенными между ними участками стального или неметаллического троса (каната) (для комбинированного брибедля).

3.4 **буй**: См. швартовная бочка.

3.5 **вертлюг**: Сборочная единица якорной цепи, устраняющая закручивание цепи, которая обязательно входит в состав якорной смычки и, при необходимости, может входить в состав других элементов якорной цепи.

3.6 **глубина акватории**: Расстояние по вертикали от поверхности воды до дна акватории для расчетного уровня моря.

3.7 **грунт дна**: Грунт, составляющий верхний слой дна акватории толщиной не менее 3 м.

3.8 **дрейф**: Поступательное движение корабля (плавучего объекта) в горизонтальной плоскости.

3.9 **избыточная плавучесть бочки**: Разность между номинальным водонепроницаемым объемом бочки и ее водоизмещающим объемом, который определяется с учетом нагрузки от собственной массы бочки и от массы участков бриделя и швартова, воспринимаемых бочкой.

3.10 **звено концевое**: Звено якорной цепи без распорки, входящее в состав коренной и (или) якорной смычек, служащее переходным элементом от цепных звеньев к крепежному устройству или концевой скобе.

3.11 **звено общее**: Звено промежуточной смычки якорной цепи (с распоркой или без нее - в зависимости от типа цепи); номинальный диаметр общего звена определяет калибр и комплектацию якорной цепи.

3.12 **звено соединительное**: Разъемное звено якорной цепи для соединения ее смычек между собой.

3.13 **звено увеличенное**: Промежуточное звено в составе якорной и коренной смычки.

3.14 **калибр якорной цепи номинальный**: Начальный диаметр поперечного сечения общего звена в месте касания его с другим звеном в миллиметрах.

3.15 **канат**: Гибкое изделие, изготовленное из стальной проволоки или нитей из волокон растительного, синтетического или минерального происхождения, используемое для бриделей, буксиров, стропов, такелажа, швартовов и др.

3.16 **килектор**: Судно, оборудованное грузоподъемными устройствами в носовой части. Служит для подъема, постановки и съемки мертвых якорей, якорных систем и для других грузоподъемных работ.

3.17 **концевая скоба**: Сборочная единица якорной цепи, предназначенная для присоединения якорной смычки к крепежному устройству якоря корабля или к обуху (рыму) мертвого якоря.

3.18 **место рейдовой стоянки**: Участок акватории, предназначенный для стоянки кораблей на собственных якорях или у рейдовых причалов.

3.19 **мертвый якорь**: Металлическая или железобетонная конструкция для крепления якорной цепи (бриделя) на дне акватории и исключающая подвижки плавучего сооружения (якоря) за счет массы якоря, анкеровки к дну сваями различной конструкции или другими средствами.

3.20 **многоточечный рейдовый причал**: Две или более рейдовые якорно-швартовные системы, обеспечивающие удержание и стоянку корабля (плавучего объекта) швартовкой за несколько точек.

3.21 **многоточечный рейдовый причал с изменяемой ориентацией корабля**: Многоточечный рейдовый причал, позволяющий изменять положение корабля (плавучего объекта) при переменах направлений волн и ветра за счет специального расположения рейдовых швартовных систем и регулировки длины швартовных (якорных) канатов.

3.22 **нагрузка пробная**: Растягивающее усилие, которому должны подвергаться все смычки, а также отдельные детали и сборочные единицы якорных цепей и рымы бриделей бочек при приемо-сдаточных испытаниях и в период эксплуатации рейдового оборудования с целью проверки прочности.

3.23 **нагрузка разрушающая**: Максимальное растягивающее усилие, воспринимаемое отдельной деталью или сборочной единицей якорной цепи или каната при испытании на разрыв.

3.24 **нагрузка разрывная**: См. нагрузка разрушающая.

3.25 **одноточечный рейдовый причал (ОРП)**: Рейдовый причал плавучий или стационарный, к которому корабль может быть прикреплен только в одной точке (носом или кормой) при помощи одного или нескольких гибких швартовов или при помощи жесткого швартова (например, при помощи специальной швартовной рамы) и допускающий поворот пришвартованного к нему корабля вокруг точки закрепления на 360^0 под воздействием приложенных к кораблю внешних сил (ветра, волнения, течения).

3.26 **одноточечный рейдовый плавучий причал (ОРПП)**: Одноточечный рейдовый причал, основная конструкция которого представляет собой плавучесть, удерживаемую на рейде устройством заякорения (например, бриделем и якорем).

3.27 **подвесной массив**: Металлическая или железобетонная конструкция, подвешиваемая к гибкой якорной связи и служащая для улучшения условий работы якорной и швартовной связей и (или) обеспечения подводного габарита над якорной связью.

3.28 **рейд**: Участок акватории, который своими размерами, глубиной и держащей силой грунта дна обеспечивает стоянку кораблей на собственных якорях или у рейдовых причалов, оборудованный средствами навигационного ограждения (створными знаками, буями), обеспечивающими безопасность входа и выхода кораблей и удобство постановки кораблей на якоря или к рейдовым причалам.

3.29 **рейд закрытый**: Рейд, достаточно защищенный от ветра и волнения естественными преградами (мысами, островами, отмелями) или искусственными оградительными сооружениями (молами, волноломами).

3.30 **рейд открытый**: Рейд незащищенный или плохо защищенный от ветра и волнения.

3.31 **рейдовая бочка**: См. швартовная бочка.

3.32 **рейдовая стоянка**: 1) См. рейд; 2) процесс стоянки на рейде кораблей на собственных якорях или у рейдовых причалов.

3.33 **рейдовое оборудование**: Составная часть средств инженерного вооружения ВМФ, предназначенная для создания рейдовых стоянок, к рейдовому оборудованию относятся: бридели, рейдовые бочки и якоря.

3.34 **рейдовый причал**: Гидротехническое стационарное или плавучее сооружение, расположенное на рейде, имеющее швартовные и отбойные устройства и предназначенное для стоянки, грузообработки и технического обслуживания кораблей.

3.35 **рыскание корабля**: Угловые отклонения продольной оси корабля от основного направления попеременно в обе стороны под действием ветра и волнения.

3.36 **смычка**: Участок якорной цепи, состоящий из нескольких ее элементов и служащий для выполнения определенной функции.

3.37 **смычка коренная**: Смычка, служащая для присоединения якорной цепи к устройству для ее крепления и отдачи или к концевой скобе рыма бриделя бочки.

3.38 **смычка промежуточная**: Смычка длиной $25^{+2,5}$ м, состоящая из общих звеньев и располагаемая в промежутке между коренной и якорной смычками.

3.39 **смычка якорная**: Смычка, служащая для присоединения якорной цепи к якорной скобе или обуху (рыму) якоря.

3.40 **стояк (штанговая опора)**: Жесткая связь в виде штанги, трубы, фермы и т.п., соединяющая плавучесть (например, буй) с якорем (фундаментной плитой) на дне акватории, состоящая из одного или нескольких участков, шарнирно соединенных с буем, якорем и между собой.

3.41 **стоянка на рейде**: См. рейдовая стоянка.

3.42 **трос**: См. канат.

3.43 **фундаментная плита**: Металлическая или железобетонная конструкция, служащая для удержания на месте швартовных бочек и других плавучих средств, как за счет собственного веса, так и с помощью анкеровки, на погрузочных

рейдовых причалах фундаментная плита может включать вертлюг трубопроводов, манифольд подводного магистрального трубопровода и другое оборудование.

3.44 **швартов**: Канат (трос), цепь или специальное устройство для обеспечения связи корабля с причалом, другим кораблем или каким-либо плавучим средством.

3.45 **швартовная бочка**: Поплавок (плавучесть), имеющий устройства для крепления бриделя и швартовов, служащий для обеспечения стоянки корабля на рейде и в гавани, подразделяющийся в зависимости от номинального объема бочки на малые (до 10 $м^3$), средние (до 50 $м^3$) и большие (свыше 50 $м^3$).

3.46 **якорная связь**: Устройство, включающее бридель и, при необходимости, подвесной массив и обеспечивающее соединение якоря с кораблем (плавучим объектом).

3.47 **якорная стоянка**: Место для стоянки кораблей на собственных якорях.

3.48 **якорная цепь**: Цепь, используемая для соединения якоря с кораблем, для устройства бриделей бочек, для крепления к грунту дна плавучих сооружений и др.

3.49 **якорь**: Устройство для удержания корабля (плавучего объекта), когда это устройство, соединенное якорной цепью с кораблем, лежит на грунте дна.

3.50 **якорь гравитационный**: Металлическая или железобетонная конструкция, служащая для удержания на месте плавучих средств преимущественно за счет собственной массы.

3.51 **якорь становой** : Табельный якорь корабля.

4 Обозначения и сокращения

Обозначения и сокращения, принятые в тексте Инструкции и их расшифровки приведены в текстах соответствующих разделов и в Приложении А.

5 Общие положения

5.1 Классификация плавучих рейдовых причалов

5.1.1 Положения настоящей Инструкции распространяются на плавучие рейдовые причалы различных типов.

По назначению рассматриваемые в Инструкции рейдовые причалы могут быть разделены на:

- рейдовые причалы, используемые в качестве постоянного места стоянки (базирования) кораблей (далее под термином корабль понимаются корабли, суда и другие плавучие объекты различного назначения);

- рейдовые причалы для временного отстоя кораблей и плавучих объектов в ожидании постановки к другим типам причалов, а также по другим причинам, в том числе для обеспечения поисково-спасательных и строительно-монтажных работ;

- рейдовые причалы для производства перегрузочных операций на акватории;

- рейдовые причалы для выполнения специальных задач базирования кораблей ВМФ (боевого дежурства, боевой подготовки и т.п.), обеспечения испытаний образцов и комплексов различных видов вооружения и военной техники.

5.1.2 По конструкции плавучие рейдовые причалы подразделяются на следующие основные типы:

- рейдовые причалы на одиночных швартовных бочках со свободно провисающим бриделем;

- многоякорные рейдовые причалы на одиночных швартовных бочках типа «riser type mooring»;

- одноточечные плавучие рейдовые причалы специальной конструкции;

- многоточечные рейдовые причалы;

- плавучие рейдовые причалы типа пирсов.

Рекомендации настоящей Инструкции распространяются на рейдовые причалы первых трех типов. Проектирование плавучих рейдовых причалов типа пирсов рекомендуется производить в соответствии с ВСП 33-01-00/МО РФ «Инструкция по расчету и проектированию якорных систем плавучих объектов ВМФ», утверждена Начальником строительства и расквартирования войск – Заместителем Министра обороны РФ, Главнокомандующим ВМФ[1].

5.1.3 Одноточечные плавучие рейдовые причалы специальной конструкции в свою очередь подразделяются на:

- многоякорные плавучие причалы (CALM);

- причалы с одиночной анкерной связью (SALM);

- шарнирно-закрепленные плавучие башни (ALP);

- причалы с жесткой швартовной рамой (SALS) и причалы типа пирсов с одноточечным заякорением.

Типичные конструктивные схемы рейдовых причалов приведены на рисунках 5.1-5.4.

5.1.4 Отдельно следует выделять случаи использования элементов рейдовых причалов в составе других стационарных и плавучих причальных сооружений и платформ для повышения держащей способности систем раскрепления (швартовки).

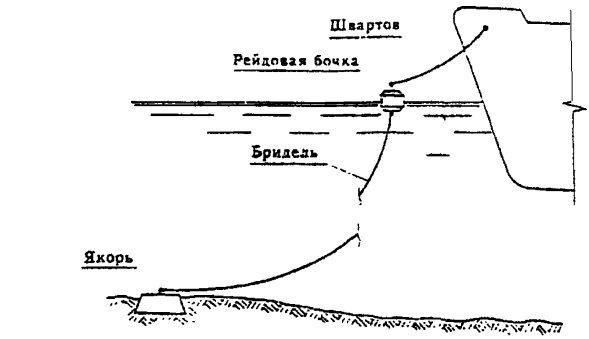
5.1.5 В зависимости от возможности ограничения перемещений ошвартованного корабля (объекта) рейдовые причалы подразделяются на:

- причалы с фиксированным положением корабля;

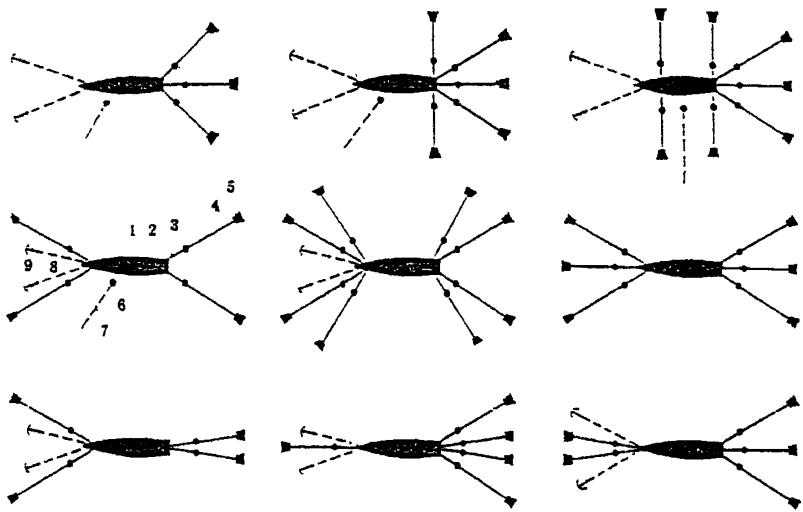
- причалы с изменяемой ориентацией корабля в заданных пределах;

- причалы, допускающие свободный поворот корабля вокруг причала на 360^0.

К первым двум типам относятся многоточечные рейдовые причалы на швартовных бочках, а также большинство случаев использования рейдового оборудова-



б)



а – на одиночной швартовной бочке со свободно провисающим бриделем;
б – многоточечные рейдовые причалы
1 – судно; 2 – швартов; 3 – швартовная бочка; 4 – бридель; 5 – якорь; 6 – топливный буй; 7 – подводный трубопровод; 8,9 – якорные цепи судна с судовыми якорями

Рисунок 5.1 – Плавучие рейдовые причалы на швартовных бочках

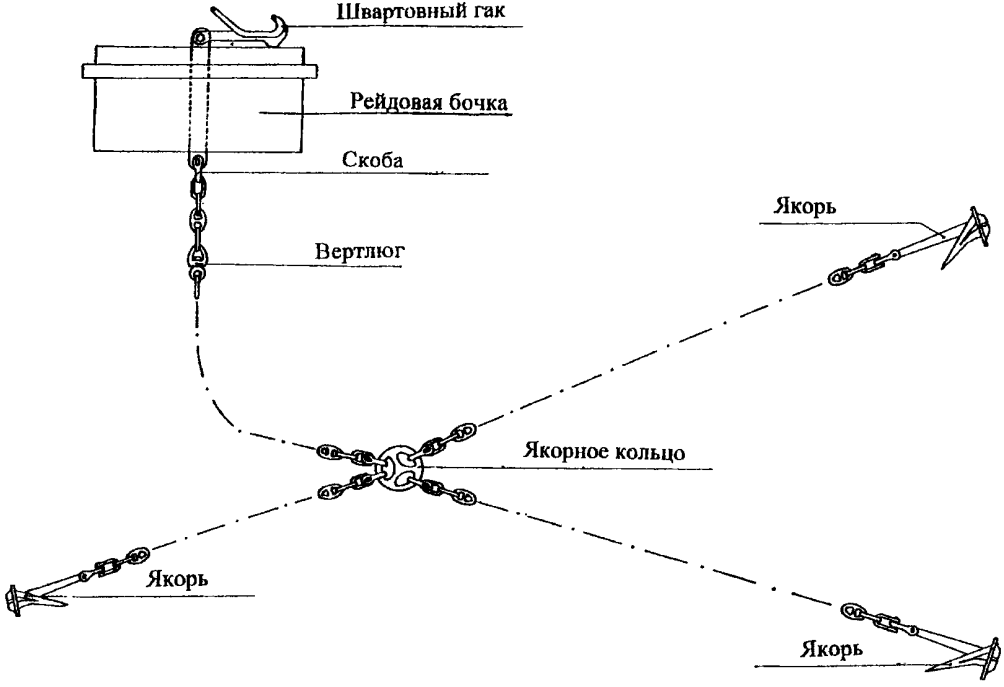
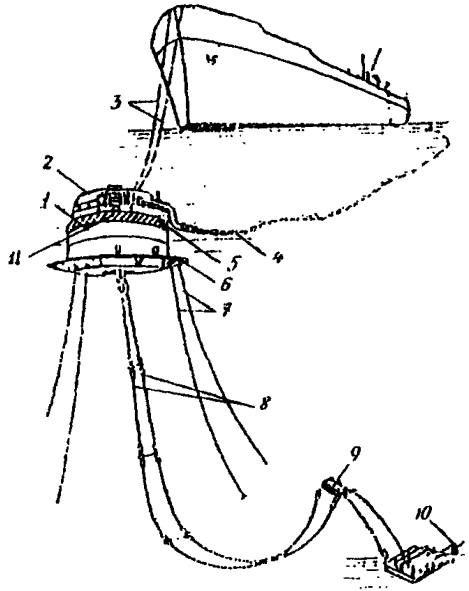
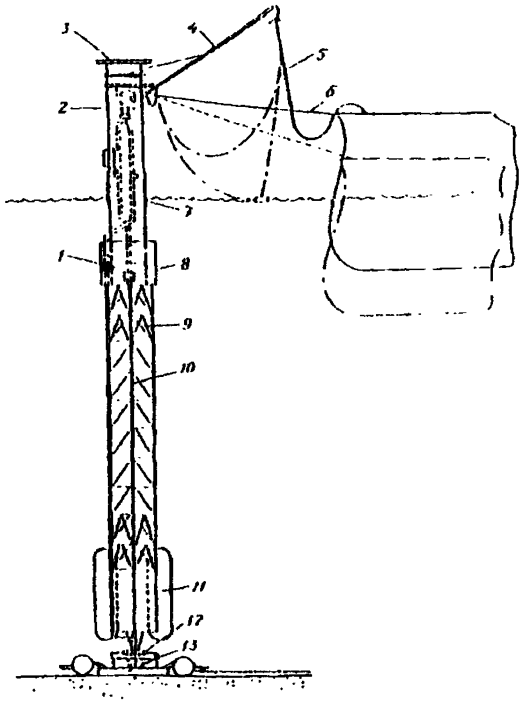


Рисунок 5.1в – Одноточечный многоякорный рейдовый причал типа “riser type mooring”

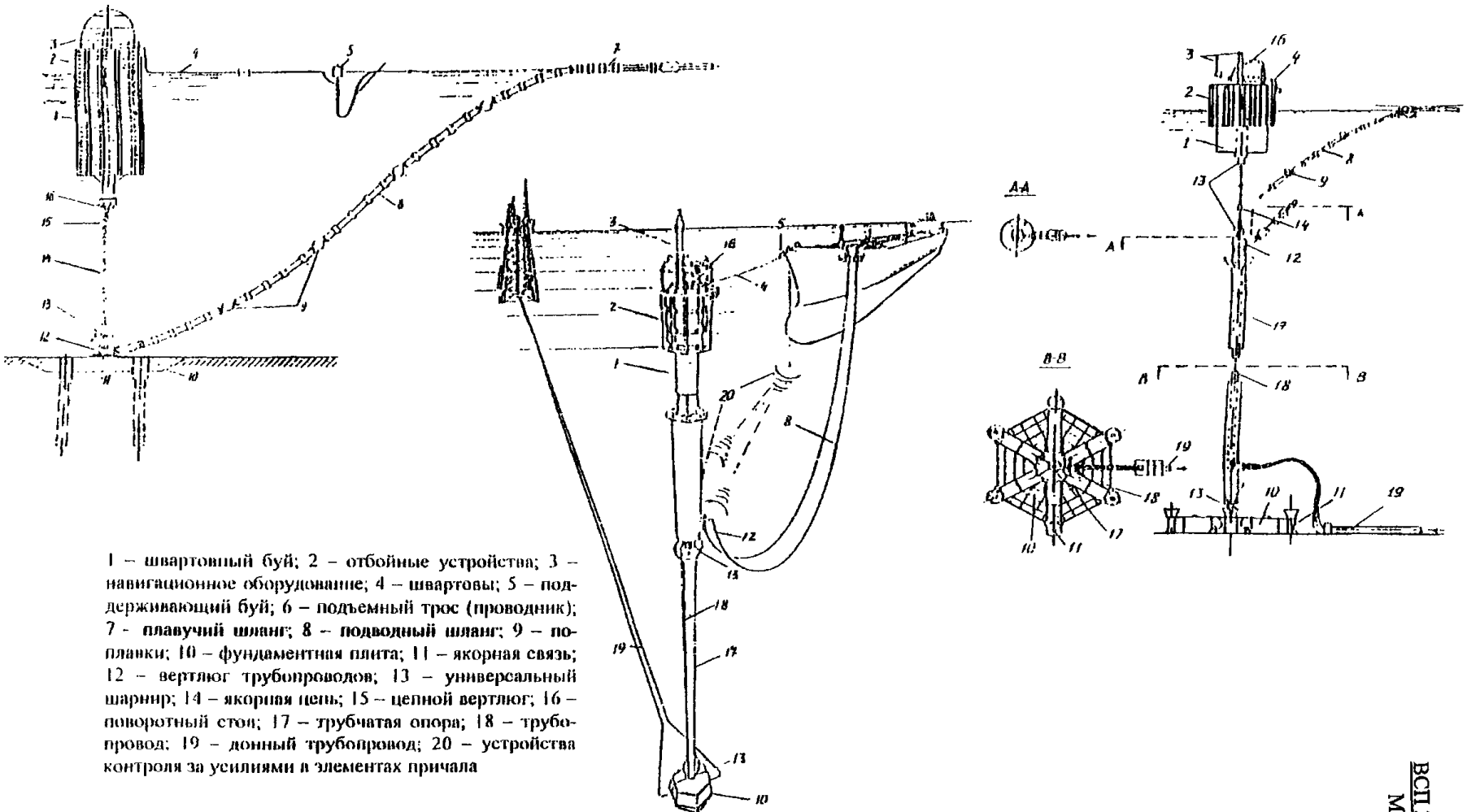


ОРПП типа CALM
(общий вид причала):
1- швартовная бочка; 2 – поворотный стол; 3 – швартовы; 4 – плавучие шланги; 5 – отбойные устройства; 6 – защитное ограждение; 7 – якорные цепи; 8 – подводные шланги; 9 – подводная плавучесть; 10 – донный трубопровод; 11 – вертлюг трубопроводов



ОРПП типа ALP
(шарнирно закрепленная плавучая башня):
1 – плавучий корпус; 2 – поворотный оголовок; 3 – вертолетная площадка; 4 – стрела для подачи шлангов; 5 – гибкий шланг; 6 – швартов; 7 – отбойные устройства; 8 – противовес; 9 – решетчатая башня; 10 - трубопроводы; 11 – балластная цистерна; 12 – универсальный шарнир; 13 – фундаментная плита

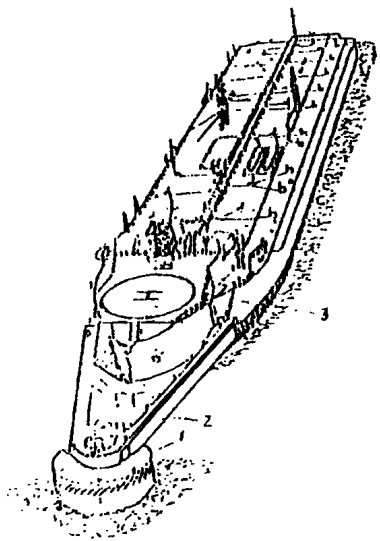
Рисунок 5.2 – ОРПП типа CALM и ALP



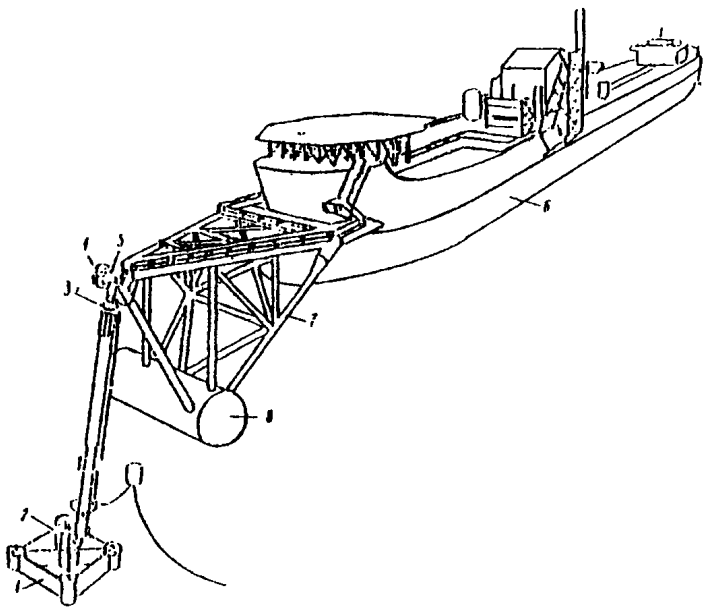
1 – швартовный буй; 2 – отбойные устройства; 3 – навигационное оборудование; 4 – швартовы; 5 – поддерживающий буй; 6 – подъемный трос (проводник); 7 - плавучий шланг; 8 – подводный шланг; 9 – поплавки; 10 – фундаментная плита; 11 – якорная связь; 12 – вертлюг трубопроводов; 13 – универсальный шарнир; 14 – якорная цепь; 15 – цепной вертлюг; 16 – поворотный стол; 17 – трубчатая опора; 18 – трубопровод; 19 – донный трубопровод; 20 – устройства контроля за усилиями в элементах причала

а – причал SALM на цепной связи; б – причал SALM на комбинированной связи; в – причал SALM на жесткой, шарнирно закрепленной связи

Рисунок 5.3 – ОРПП типа SALM



ОРПП типа CALM с жесткой швартовной рамой:
1- швартовная бочка; 2 – швартовная рама; 3 – танкер-хранилище; 4 – поворотный стол; 5 – трубопроводы; 6 – шарнирные



ОРПП типа SALS:

1 – фундаментная плита; 2 – нижний универсальный шарнир; 3 – верхний универсальный шарнир; 4 – швартовный вертлюг; 5 – вертлюг трубопроводов; 6 – танкер-хранилище; 7 – швартовная рама; 8 – плавучий понтон

Рисунок 5.4 – ОРПП с жесткими швартовными рамами

ния в составе других типов стационарных и плавучих причалов. К третьему типу относятся все одноточечные рейдовые причалы различной конструкции.

5.1.6 Рейдовые причалы классифицируются также по конструкции и условиям работы отдельных элементов, в частности:

- причалы с тросовыми, цепными, комбинированными бриделями или штанговой опорой (трубчатым стояком);

- причалы с вертикальным обтянутым или свободно провисающим бриделем;

- причалы, оборудованные и не оборудованные собственными швартовами;

- причалы с гравитационными якорями кругового действия, заанкеренными фундаментными плитами, якорями направленного действия (гравитационными и судового типа повышенной держащей силы) и т.п.

5.2 Общие положения по проектированию плавучих рейдовых причалов

5.2.1 При проектировании плавучих рейдовых причалов кроме настоящей Инструкции следует руководствоваться:

- требованиями Федеральных законов "О безопасности гидротехнических сооружений", «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» №52-Ф от 30 марта 1999г., законодательных и нормативных правовых документов, действующих в области водного, земельного законодательств и охраны природы;

- требованиями межотраслевых и отраслевых нормативных документов, утвержденных Госстроем России и федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими государственный надзор за безопасностью гидротехнических сооружений, в том числе: соответствующими разделами глав СНиП по проектированию речных и морских гидротехнических сооружений, требованиями Правил, утвержденных Морским Регистром Судоходства, и указаниями других руководящих документов, перечисленных в разделе 2 настоящей Инструкции;

- требованиями санитарно-эпидемиологических правил и нормативов, в том числе: СанПин 2.2.1/2.1..1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов/Федеральный центр

Госсанэпиднадзора Минздрава России.2003, Санитарных правил для морских и речных портов №4962-89, главный государственный санитарный врач СССР, в части касающейся исключения вредного влияния на здоровье населения и предотвращения загрязнения акваторий морей;

- основными требованиями по обеспечению экологической безопасности изделий ВВТ ГОСТ РВ 51638.2-2000 и общими техническими требованиями по экологической безопасности (экологичности) ОТТ 1.1.10-99, Часть 2, конкретизируя требования применительно к плавучим рейдовым причалам.

5.2.2 Рейды для отстоя кораблей, перегрузочных операций и других задач могут быть как внешними, так и внутренними.

Общее число мест для рейдовых стоянок должно быть указано в задании на проектирование пункта базирования (порта) в зависимости от расчетного количества одновременно стоящих кораблей. При отсутствии таких указаний количество мест рейдовых стоянок (для внешнего и внутреннего рейдов вместе) рекомендуется принимать не менее двух.

Число рейдовых причалов для перегрузочных операций определяется по рекомендациям ВНТП 01-78/Минморфлота "Нормы технологического проектирования морских портов" [2], аналогично определению потребности в береговых грузовых причалах, с учетом потерь времени по метеорологическим условиям применительно к району расположения рейда.

5.2.3 При выборе места для установки рейдового причала должны учитываться метеорологические, гидрологические, гидрографические и геологические условия района, в том числе: глубина и колебания уровня воды, ветровой режим, волнение, течение, грунтовые условия, рельеф дна, характеристики расчетного корабля, ледовый режим, условия судоходства. Основные требования, предъявляемые к рейдовым стоянкам и причалам, включают:

- рейды и подходы к ним должны быть безопасны и удобны для судоходства круглосуточно в течение всего навигационного периода;

- должна обеспечиваться безопасность маневрирования любого корабля при постановке к рейдовым причалам в условиях воздействия ветра со скоростью до 15 м/с, а также при отходе корабля от причала и его выходе в море при предельных гидрометеоусловиях, допустимых для конкретного рейдового причала;

- глубины акватории рейда должны быть достаточными для безопасной стоянки и маневрирования кораблей при возможной наибольшей волне повторяемостью 1 раз 25 лет и наинизшем уровне моря обеспеченностью 98%;

- площадь акватории рейда должна быть достаточной для одновременной стоянки расчетного количества кораблей;

- дно рейда должно иметь грунты, хорошо держащие якоря;

- на рейде не должно быть сильных течений (свыше 1,5 м/с);

- акваторию внешних рейдов целесообразно располагать в местах, защищенных естественными укрытиями (коса, мыс, остров и т.п.) от господствующих штормовых ветров и крупной морской зыби;

- удаление рейдового причала от жилой застройки, ландшафтно-рекреационной зоны, зоны отдыха, курорта и т.п. должно соответствовать необходимым размерам санитарно-защитной зоны в соответствии с санитарной классификацией объекта (причала), согласно СанПин 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

5.2.4 Внешние рейды для отстоя кораблей и перегрузочных операций рекомендуется размещать по возможности вблизи входа в базу (порт). На планах рейдов для отстоя судов и перегрузочных операций должны быть обозначены (цифрами или литерами) намечаемые места постановки судов.

5.2.5 Общие размеры рейда определяются по числу мест для отстоя (числу рейдовых причалов для перегрузочных и других операций), размерам акватории рейдовых причалов в зависимости от принятого способа постановки корабля (конструкции рейдового причала), с учетом возможности независимого подхода кораб-

лей к каждому месту (причалу) и исключения пересечения акваторий нескольких рейдовых стоянок. Размеры акваторий рейдовых стоянок в зависимости от способа постановки кораблей и конструкции рейдового причала приведены ниже, в разделах 6.1, 6.2, 7 Инструкции, посвященных причалам различного типа. Акваторию рейдовых стоянок не рекомендуется совмещать с другими основными элементами акватории базы (порта) (входным рейдом, операционной акваторией, подходным каналом и внутренними судовыми ходами).

5.2.6 При выборе способа постановки кораблей на рейде рекомендуется принимать во внимание следующие факторы:

- на внешнем рейде, при достаточно большой площади акватории целесообразна рейдовая стоянка кораблей на собственных якорях или у одноточечных рейдовых причалов специальной конструкции, рассчитанных на эксплуатацию на открытых или недостаточно защищенных акваториях при интенсивных ветроволновых воздействиях;

- в стесненных условиях или при необходимости фиксированного положения кораблей допускается использование на внешних рейдах многоточечных рейдовых причалов специальной конструкции, рассчитанных на конкретные (ограниченные) гидрометеоусловия рассматриваемого места стоянки;

- рейдовые стоянки и причалы с использованием типового рейдового оборудования (швартовных бочек и т.п.) рекомендуется использовать на внутренних рейдах в условиях относительно защищенных акваторий;

- при достаточно большой акватории внутреннего рейда и отсутствии специальных требований по ограничению перемещений корабля рекомендуется стоянка корабля на собственном якоре или одиночной швартовной бочке (причале);

- многоточечные рейдовые причалы на швартовных бочках целесообразно оборудовать при необходимости установки кораблей в заданном положении и в условиях стесненной акватории внутреннего рейда;

- использование рейдового оборудования (бочек) в составе других типов причальных сооружений производится при стоянке кораблей лагом, кормой или

носом к гидротехническим сооружениям (стационарным и плавучим причалам) в стесненных условиях, а также для оттягивания кораблей от причала и увеличения держащей способности швартовной системы (причала) в экстремальных (штормовых) условиях.

5.2.7 Навигационную и проектную глубину акватории рейдовых стоянок и причалов следует принимать в соответствии с требованиями ВНТП 01-78/Минморфлота "Нормы технологического проектирования морских портов" [2] для максимальной осадки корабля в полном грузу с учетом выступающих частей. Отметку отсчетного уровня воды для определения необходимых глубин на акватории следует назначать в соответствии с требованиями СНиП 33-01-2003 «Строительные нормы и правила. Гидротехнические сооружения. Основные положения/Госстрой России [3], ВНТП 01-78/Минморфлота «Нормы технологического проектирования морских портов» [2] , РД 31.3.01.01-93. Руководство по технологическому проектированию морских портов/Департамент морского транспорта Минтранса РФ [4]. В базах (портах) с приливными явлениям для отстоя кораблей и производства перегрузочных операций могут предусматриваться специальные котлованы, проектная глубина в которых больше, чем на остальной акватории. Ширина таких котлованов должна быть равной не менее $3B_к$, а длина - $1{,}25L_к$ ($B_к$ - ширина расчетного корабля, $L_к$ - длина расчетного корабля). Общая сводка обозначений, принятых в настоящей Инструкции приведена в Приложении А.

5.2.8 Акватория рейдовой стоянки (причала) должна быть оборудована средствами навигационного обеспечения в соответствии с требованиями Инструкций по навигационному оборудованию Главного управления навигации и океанографии, инструкций по техническому обслуживанию средств навигационного оборудования морских подходных каналов, акваторий и портов и других нормативных документов.

5.2.9 При проектировании плавучих рейдовых причалов в общем случае рекомендуется рассматривать два режима эксплуатации причала:

- основной (рабочий) при стоянке корабля у причала;

- режим выживания рейдового причала без корабля в штормовых условиях.

5.2.10 Плавучие рейдовые причалы относятся к гидротехническим сооружениям и в соответствии с действующими нормами должны проектироваться исходя из класса капитальности причала. Класс капитальности рейдовых причалов рекомендуется принимать в соответствии с рекомендациями СНиП 33-01-2003 «Строительные нормы и правила. Гидротехнические сооружения. Основные положения/Госстрой России» [3], ВСП 33-01-00/МО РФ «Инструкция по расчету и проектированию якорных систем плавучих объектов ВМФ», утверждена Начальником строительства и расквартирования войск – Заместителем Министра обороны РФ, Главнокомандующим РФ [1], в зависимости от назначения причала, типа и водоизмещения швартующихся кораблей, степени риска и возможных последствий аварий при срыве корабля с причала.

5.2.11 Расчетные параметры внешних воздействий для режима выживания рейдового причала без корабля в штормовых условиях рекомендуется принимать в соответствии с действующими нормами по режимным характеристикам гидрометеоусловий в районе установки причала, исходя из класса капитальности причала.

5.2.12 Расчетные параметры внешних воздействий для основного (рабочего) режима эксплуатации причала рекомендуется определять как исходя из класса капитальности сооружения, так и с учетом продолжительности стоянки корабля у причала, возможности его своевременного снятия с рейдового причала в штормовых условиях и отвода в безопасное место или выхода на штормовку в море.

При определении расчетных параметров внешних воздействий для основного (рабочего) режима эксплуатации причала, по аналогии с «Правилами классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских строительных платформ. Российский Морской Регистр Судоходства» [5], рекомендуется использовать следующую градацию продолжительности стоянки кораблей у причалов:

- непрерывная продолжительность стоянки корабля у причала свыше 3 суток;

- стоянка корабля у причала свыше 3 суток с возможностью прерывания стоянки и отвода корабля от причала в защищенное место или выхода корабля в море по погодным условиям;

- непрерывная продолжительность стоянки корабля у причала менее 3 суток.

5.2.13 Стоянка корабля у рейдового причала продолжительностью свыше 3 суток без возможности отвода корабля от причала в штормовых условиях рассматривается как не ограниченная по погодным условиям, а остальные - как ограниченные по погодным условиям.

5.2.14 Расчетные параметры внешних воздействий для случая непрерывной стоянки корабля у причала свыше 3 суток (не ограниченной по погодным условиям) рекомендуется принимать исходя из статистических данных по экстремальным условиям для конкретного района расположения причала в соответствии с данными таблицы 5.1, но не менее повторяемости 1 раз в год.

Для случаев стоянки кораблей у причала ограниченных по погодным условиям (при возможности своевременного отвода корабля от причала или продолжительности непрерывной стоянки корабля менее 3 суток) расчетные параметры внешних воздействий рекомендуется определять исходя из технических возможностей конкретных кораблей, рейдового и другого используемого оборудования. При этом, в любом случае расчетная скорость ветра должна приниматься не менее 10 м/с, а волнение (для волноопасных румбов открытых акватории) не менее 3 - 4 баллов.

Т а б л и ц а 5.1 - Расчетная повторяемость внешних воздействий

Общая продолжительность основного (рабочего) режима эксплуатации рейдового причала, сутки	Расчетная повторяемость внешних воздействий 1 раз в n лет
≤ 30	10
> 30	В соответствии с расчетным периодом повторяемости исходя из класса капитальности причала

В качестве расчетной скорости ветра соответствующей повторяемости следует принимать осредненную анемометрическую (с 10 минутным осреднением) скорость ветра на высоте 10 м над уровнем моря непосредственно в месте расположения рейдового причала.

5.2.15 При проектировании плавучих рейдовых причалов рекомендуется учитывать возможность возникновения аварийных ситуаций, связанных с обрывом одной (любой) якорно-швартовной связи, вызванных различными случайными причинами (обрывы швартовных канатов, бриделей рейдовых бочек, дрейф якорей и т.п.) с оценкой условий ограниченной работоспособности причала и разработкой соответствующих мероприятий по обеспечению безопасности корабля.

5.2.16 Проектирование плавучих рейдовых причалов рекомендуется проводить с использованием принципа "слабого звена", т.е. предусматривать в конструкции якорно-швартовных связей рейдового причала предохранительные, легко восстанавливаемые (ремонтируемые) элементы, разрушение которых при случайных перегрузках предотвращает повреждение корабля или основной конструкции причала. В качестве предохранительного элемента при достаточно больших размерах акватории, допускающих подвижки корабля, может рассматриваться ограниченное проползание якорей рейдового причала (в пределах 3 - 5 длин якоря).

5.2.17 Материалы, из которых изготовлен рейдовый причал (рейдовые бочки, бриделя, топливный буй, якоря, смазки, лаки и т.п.) должны соответствовать требованиям ГОСТ РВ 51638.2-2000. Основные требования по обеспечению экологической безопасности изделий ВВТ.

В качестве эксплуатационных материалов причалов, технологии их эксплуатации, технического обслуживания и ремонта на всех стадиях жизненного цикла изделия (материала) от начала исследований и обоснования разработки до окончания эксплуатации изделия, применения (хранения) материала, их утилизации и уничтожения должны применяться преимущественно технологии и материалы, не оказывающие негативного влияния на окружающую среду, а также безотходные, малоотходные материало- и энергосберегающие технологии, снижающие нагрузку на окружающую среду в целом.

6 Одноточечные рейдовые плавучие причалы (ОРПП)

6.1 Рейдовые стоянки на одиночных швартовных бочках со свободно провисающим бриделем

6.1.1 Описание и технические данные рейдового оборудования

6.1.1.1 Рейдовые стоянки на одиночных швартовных бочках со свободно провисающим бриделем относятся к классу сооружений, именуемых одноточечными рейдовыми плавучими причалами (ОРПП), и являются их простейшими представителями. Они предназначены, преимущественно, для временного отстоя кораблей в ожидании постановки к береговым стационарным и плавучим причалам или по другим причинам, но могут использоваться и в качестве постоянного места базирования кораблей, для выполнения перегрузочных операций при швартовке судов борт к борту и т.п.

6.1.1.2 Для большинства обычных рейдовых стоянок рекомендуется принимать класс капитальности не выше III и рассматривать случай стоянки корабля у причала ограниченный по погодным условиям, т.е. определять условия рейдовой стоянки исходя из технических возможностей корабля и рейдового оборудования. При соблюдении рекомендаций настоящей Инструкции по подбору характеристик и комплектации рейдового оборудования режим выживания рейдовой бочки на одиночном провисающем бриделе допускается не рассматривать.

6.1.1.3 Основными элементами рейдовой стоянки в общем случае являются:

- швартовная (рейдовая) бочка;

- бридель;

- якорь;

- швартов (в случае оборудования бочки собственным швартовом);

- проводники с буем для подъема швартова на корабль (при оборудовании швартовной бочки собственным швартовом).

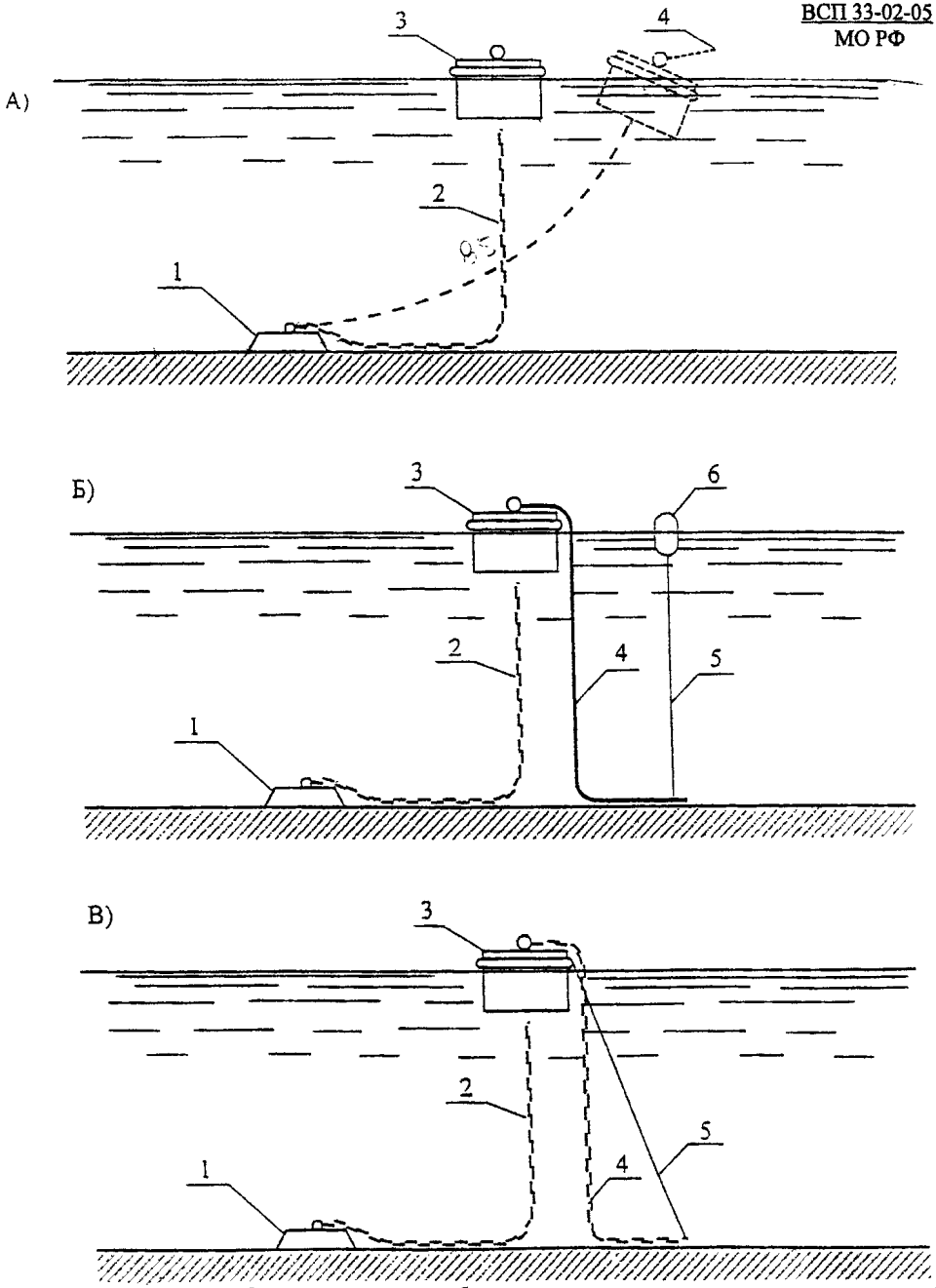
Основные конструктивные схемы рейдовой стоянки на одиночной бочке показаны на рисунке 6.1. Бридель и швартов в целом образуют якорно-швартовную связь рейдовой стоянки. Швартов может являться как принадлежностью корабля, так и рейдовой стоянки (бочки). В дальнейшем приведено описание и характеристики рейдового оборудования, находящегося на снабжении ВМФ. Нормы обеспечения рейдовым оборудованием кораблей и судов ВМФ приведены в таблице Б.1 Приложения Б.

6.1.1.4 На снабжении ВМФ находятся рейдовые (швартовные) бочки типа "РБ", изготовляемые по техническим условиям РБ.0001ТУ 1985г.[6] и РБ.000ТУ 1974г. [7] (соответственно таблицы В.1 и В.2 Приложения В), а также бочки более ранних лет изготовления и разработанные по индивидуальным проектам.

Индексы (условные обозначения) бочек объемом до 45 $м^3$, изготовляемых по ТУ 1974 и 1985г., [6,7] одинаковы и не указывают на номинальный объем бочки. Например, бочка объемом 5 $м^3$ имеет индекс "РБ7А". Такие индексы неудобны для использования при переписке, в эксплуатационной и другой документации. Однако они сохраняются из-за необходимости соблюдения преемственности как при заказе бочек, изготовляемых по разным техническим условиям, так и при пользовании действующей технической документацией.

Числа в индексах бочек объемом более 45 $м^3$ означают номинальный объем бочки в кубических метрах. Например, бочка объемом 150 $м^3$ имеет индекс "РБ150".

С учетом изложенного рекомендуется до изменения индексов бочек объемом до 45 $м^3$ при переписке и в проектной документации приводить индекс этих бочек, действующий в настоящее время, а в скобках - индекс, соответствующий их номинальному объему. Например, "рейдовая бочка РБ7А (РБ5)" - для бочки объемом 5 $м^3$; "рейдовая бочка РБ5 (РБ8,5)" - для бочки объемом 8,5 $м^3$. В заказной документации обозначение этих бочек должно соответствовать обозначению конструкторской документации на бочки (в соответствии с 6.1.1.5).



а – без собственного швартова; б – с тросовым швартовом; в – с цепным швартовом
1 – якорь; 2 – бридель; 3 – бочка; 4 – швартов; 5 – проводник; 6 - маркерочный буй

Рисунок 6.1 – Схемы рейдового оборудования

6.1.1.5 Рейдовые бочки могут иметь два исполнения по ГОСТ 15150 [8]:

- исполнение "М" - для эксплуатации в условиях макроклиматических районов с умеренно холодным климатом;

- исполнение "ОМ" - для эксплуатации в международных водах в условиях неограниченного района установки.

Внутренний объем бочек исполнения "ОМ" заполнен легким водонепоглощающим материалом.

Пример обозначения наименования бочки объемом 35 м^3 при заказе:

- исполнения "М":

по ТУ 1985г. [6] - "Код ОКП 74 1845 6000. РБ1.0000. Рейдовая бочка РБ1(РБ35); V=35 м^3";

- исполнения "ОМ":

по ТУ 1985г.[6] - "Код ОКП 74 1845 7000. РБ1.0000. Рейдовая бочка РБ1-01 (РБ35-01); V=35 м^3".

6.1.1.6 Рейдовая бочка представляет собой стальную плавучесть цилиндрической формы с плоским днищем и палубой (Приложение Г).

Радиальными переборками плавучесть разделена на отсеки.

6.1.1.7 Доступ в отсеки обеспечивается через горловины, установленные на палубе бочки.

6.1.1.8 На борту (обечайке) бочка имеет привальный брус.

6.1.1.9 По центру в корпус бочки вварена клюзовая труба для прохода бриделя. Клюзовая труба на днище и палубе бочки обрамлена литыми клюзами.

6.1.1.10 На палубном клюзе устанавливается устройство для крепления бриделя.

Бочки объемом до 45 м^3 по ТУ 1974г.[7] имеют устройство для крепления цепи бриделя в виде тарельчатого рыма с концевой скобой категории прочности 1. Бочки объемом до 100 м^3 по ТУ 1985г.[6] имеют устройство для крепления цепи бриделя в виде стопора, одеваемого на любое общее звено промежуточной смычки бриде-

ля. Бочки РБ150, РБ150М и РБ300 имеют устройство для крепления цепи бриделя в виде рыма с фертоингом, включающего соединительные звенья 84(82)[1], 92 и 102 (100)[1] калибров[2]. В зависимости от калибра цепи присоединяемого бриделя используются соединительные звенья соответствующего калибра.

6.1.1.11 В качестве швартовного устройства для крепления цепного или тросовых швартовов корабля используется звено рыма бриделя на бочках объемом до 45 м^3 по ТУ 1974г.[7] и на бочках РБ150, РБ150М и РБ300[2)] или последнее звено бриделя на участке над стопором на бочках объемом до 100 м^3 по ТУ 1985г.[6].

На бочках РБ150, РБ150М и РБ300 для возможности установки на них постоянного цепного швартова имеются соединительные звенья в устройстве для крепления цепи бриделя, описанном в 6.1.1.10.

На бочках объемом до 100 м^3 по ТУ 1985г.[6] имеется также специальное швартовное устройство для крепления тросового швартова. Оно представляет собой секторный или кольцевой рым, расположенный у палубного клюза, и швартовные крюки, приваренные к корпусу у борта в районе радиальных переборок. Зев крюка направлен от центра бочки и обеспечивает удержание одиночного швартова или петли двухветвенного швартова, пропущенного через секторный (кольцевой) рым бочки.

6.1.1.12 Рабочая конструкторская документация (РКД) на рейдовые бочки объемом от 1,5 до 100 м^3 разработана 23 ГМПИ. Разработчик РКД является держателем подлинников этой документации.

6.1.1.13 Бридели служат для крепления рейдовой бочки к якорю рейдового причала. По исполнению бридели в основном должны быть цепными, но в отдельных случаях могут быть комбинированными (тросово-цепными).

6.1.1.14 Цепные бридели комплектуются из элементов якорных цепей по ГОСТ 228 (СТ СЭВ 713 [9]). Допускается комплектовать бридели из элементов литых якорных цепей повышенной (категория 2) и особой (категория 3) прочности соответственно по ТУ 5.211-0212 [10] и ТУ 5.211-0331 [11] или электросварных якорных цепей

[1] Размеры калибров в скобках – для бочек РБ150 и РБ300.
[2] На бочках РБ150 и Рб300 установлены звенья категории прочности 1, а на бочке РБ150М – категории 3

[9] повышенной и особой прочности по ТУ 5.211-1540 [12] и ТУ 5.211-15411 [13]. Номенклатура якорных цепей по ГОСТ 228 [9] (СТ СЭВ 713) и по соответствующим техническим условиям представлена в таблицах Д.1 и Д.2 Приложения Д. Основные характеристики якорных цепей приведены в таблице Д.3 Приложения Д. При обосновании могут быть применены особо прочные цепи импортной поставки (таблица Д.4 Приложения Д) с соответствующей конструктивной и прочностной подготовкой бочки и якоря.

6.1.1.15 Цепной бридель состоит из смычек: якорной, промежуточных и коренной. Рекомендуемая комплектация цепного бриделя рейдовой бочки показана на рисунке 6.2.

6.1.1.16 В зависимости от расчетной длины бриделя в его состав могут входить одна или несколько промежуточных смычек. Корректировку длины бриделя рекомендуется осуществлять путем сокращения числа общих звеньев одной из промежуточных смычек.

6.1.1.17 Крепление бриделя к бочке осуществляется концевой скобой, входящей в комплект рейдовой бочки (для бочек, изготовленных по техническим условиям РБ.000ТУ 1974г.) [7]. Для бочек, изготовленных по техническим условиям РБ.0001ТУ 1985 года [6] крепление бриделя осуществляется стопорным устройством бочки за общее звено промежуточной смычки.

6.1.1.18 Крепление бриделя к рыму якоря осуществляется концевой скобой якорной смычки. При этом штырь концевой скобы устанавливается в концевое звено. Крепление бриделя заведением штыря концевой скобы в рым якоря запрещается.

6.1.1.19 При необходимости допускается комплектация якорной и коренной смычек из отдельных цепных элементов. При этом в состав смычек дополнительно включают необходимое число соединительных звеньев.

6.1.1.20 Для снижения коррозионного износа цепи бриделей должны быть покрыты каменноугольным лаком “А” по ГОСТ 1709 [14] в 2 слоя.

6.1.1.21 При необходимости установки рейдового оборудования на акваториях с большими глубинами (70 метров и более) и отсутствии бочек требуемого объема может быть применен комбинированный бридель, состоящий из цепных

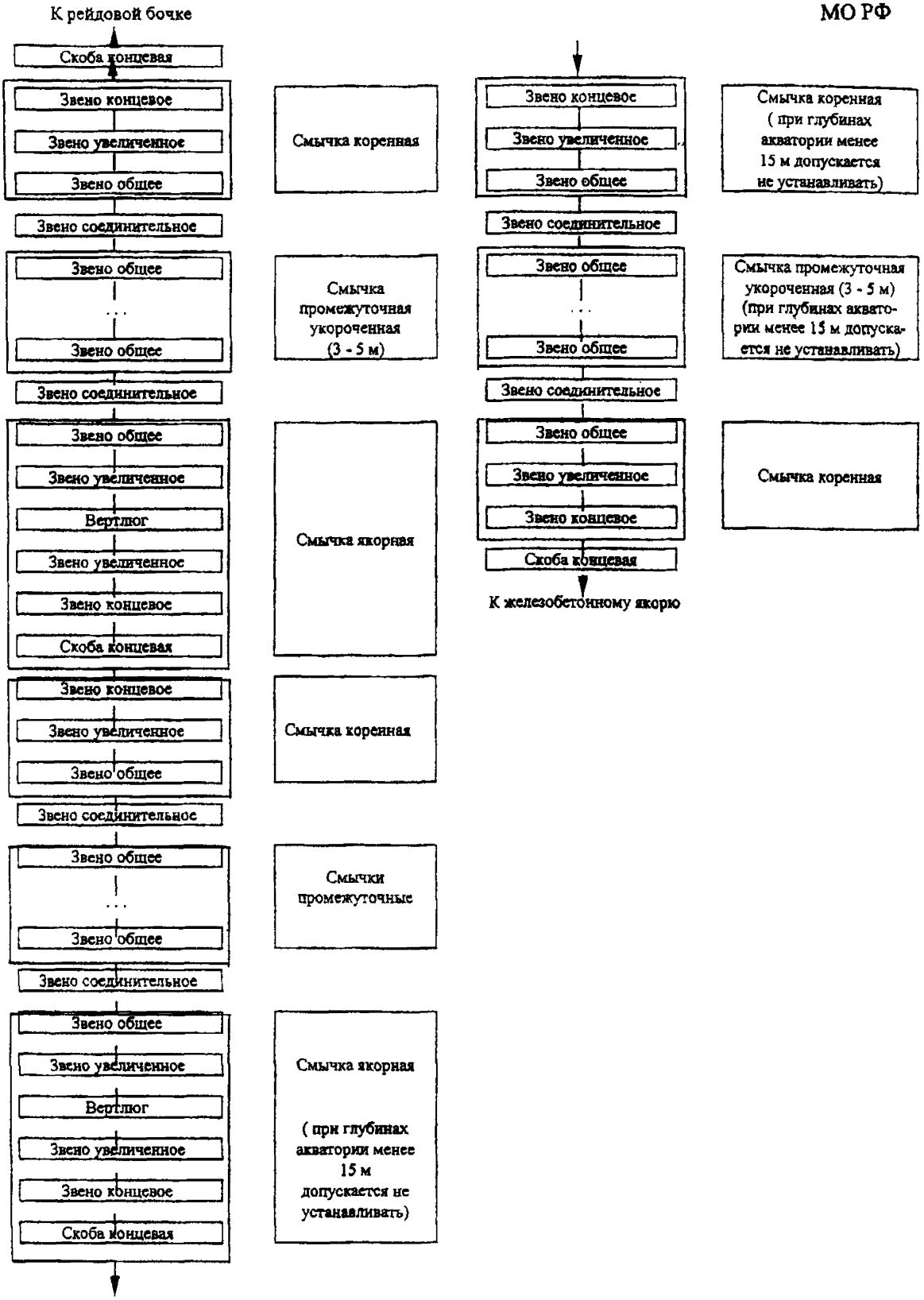


Рисунок 6.2 – Рекомендуемая структурная схема комплектации цепного бриделя рейдовой бочки

смычек с тросовой вставкой между ними. Из-за недолговечности тросовых вставок комбинированный бридель, как правило, применять не следует, а в случае применения использовать только для рейдового оборудования, устанавливаемого на короткий срок не более 3-5 месяцев, или в вынужденных ситуациях.

Тросовые участки стального каната следует предусматривать в виде отдельных отрезков длиной не более 50 метров с коушами на концах. Для тросовых вставок рекомендуется принимать канаты стальные многопрядовые с органическими или асбестовыми (предпочтительнее) сердечниками в каждой пряди по ГОСТ 3083 [15] из проволоки марки 1, оцинкованной по группе Ж, правой или левой крестовой свивки, нераскручивающиеся, маркировочной группы от 1370 до 1770 МПа (От 140 до 180 кгс/мм^2).

Канат перед постановкой рейдовой бочки должен быть обработан канатной смазкой Е-1 по ГОСТ 15037 [16] путем пропитки в ванне при температуре 60-65°С в течение суток и дополнительно с поверхности обработан смазкой, например, торсиол-55 по ГОСТ 20458 [17]. В отдельных случаях для создания бриделя причалов используемых краткосрочно (до 1 месяца) или разового использования возможно применение стальных канатов по ГОСТ 3071 [18] и ГОСТ 7668 [19] с одним (центральным) сердечником. Соединение отдельных секций тросовой вставки производится концевыми скобами того же калибра, что и калибр цепных смычек бриделя.

Диаметр и характеристики стального каната для тросовой вставки рекомендуется принимать в зависимости от калибра цепных смычек комбинированного бриделя по таблицам Д.5, Д.6 Приложения Д. Характеристики стандартных коушей приведены в таблице Д.7 Приложения Д.

Использование для бриделя тросовых вставок, которые находились ранее в эксплуатации, не допускается.

Структурная схема комплектации комбинированного бриделя показана на рисунке 6.3.

При комплектации комбинированного бриделя рекомендуется обеспечивать постоянное натяжение тросовых вставок и предотвращение образования колышек при снятии нагрузки с троса за счет веса расположенных ниже промежуточных цепных смычек и исключения касания тросовых вставок с дном.

6.1.1.22 Для закрепления рейдовых бочек в качестве якорей обычно применяют гравитационные призматические железобетонные якоря, аналогично

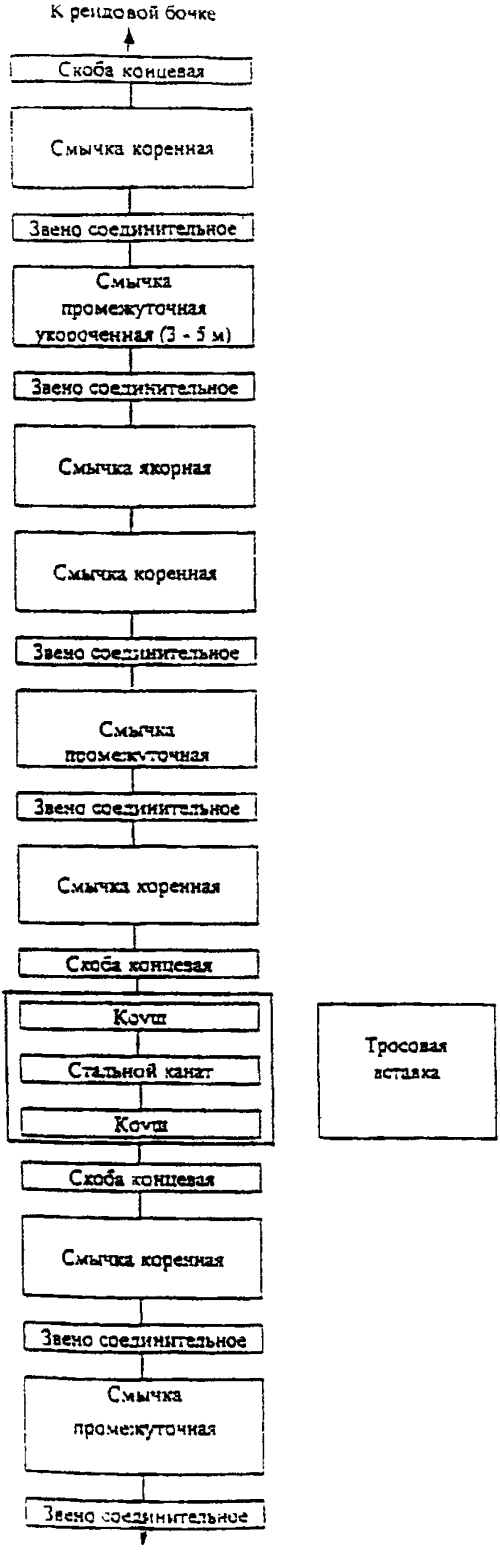


Рисунок 6.3 – Рекомендуемая структурная схема комплектации комбинированного бриделя

используемым для заякорения плавучих объектов (плавучих причалов, доков и пр.).

Конструкция и основные характеристики призматических железобетонных якорей приведены в таблицах Е.1, Е.2 Приложения Е.

6.1.1.23 Держащая сила призматического якоря, главным образом, зависит от его массы, рельефа и характеристик грунта дна, на которые он установлен.

Массу призматического железобетонного якоря ориентировочно можно принимать по таблице Е.3 Приложения Е в зависимости от калибра и категории прочности бриделя. Масса якорей, приведенная в таблице Е.3 Приложения Е, соответствует длине бриделя, равной двум глубинам воды в месте установки якоря. При меньшей длине бриделя массу якоря рекомендуется увеличивать в соответствии с 6.1.3.26.

Не рекомендуется устанавливать железобетонные якоря на участке акватории со значительными уклонами дна, а также на скальные, валунные, галечниковые, гравелистые и плотные песчаные грунты. При необходимости установки якоря на этих грунтах, массу якоря целесообразно принимать в 2-3 раза больше рекомендованной в таблице Е.3, в зависимости от местных условий (крутизны уклонов, особенностей геологического строения дна, характеристик грунтов) и установившейся практики постановки якорей, но даже в этих условиях массу якоря (в воде) рекомендуется принимать в два раза меньше разрывной нагрузки бриделя.

6.1.1.24 Рабочие чертежи призматических железобетонных якорей массой от 3,0 до 400,0 тонн разработаны 23 ГМПИ и приведены в двух частях альбома строительных конструкций: чертежи повторного применения серия ГТ-70 (шифр Б-104/86 - якоря массой от 3,0 до 75,0 т; шифр Б-104/83 - якоря массой от 92,0 до 400,0 т).

6.1.1.25 В качестве швартова в общем случае могут быть применены:

- один, два (или) более тросовых швартова корабля;

- одна из цепей станового якоря корабля;

- цепной (тросовый) швартов причала, если причал будет комплектоваться им.

6.1.1.26 При расчете рейдовой стоянки рекомендуется исходить из условия, что на швартовную бочку может быть подана одна цепь станового якоря корабля.

Если заведомо известно (задано условиями задачи), что корабль будет становиться только на тросовых швартовах, расчеты необходимо вести из условия подачи на бочку не менее четырех табельных швартовов корабля.

При комплектовании рейдового причала цепным швартовом, его калибр и категория прочности должны приниматься, исходя из возможности корабля поднять данный швартов на борт и удержать его на стопорном устройстве. Сведения об этих устройствах необходимо принимать по данным формуляра корабля.

6.1.1.27 Сведения о калибре и категории прочности цепи станового якоря (используемой в качестве швартова) или тросовых швартовов корабля, который предусматривается швартовать к рейдовой бочке, рекомендуется принимать по данным формуляра корабля (по данным технического флота), справочной литературы, либо определять из "характеристики снабжения корабля" (по 6.1.2.9).

6.1.2 Основные положения проектирования рейдовых стоянок на одиночных швартовных бочках со свободно провисающим бриделем.

6.1.2.1 В общем случае (при отсутствии достаточно точных сведений по глубинам и грунтам дна, гидрометеоусловиям в месте установки) проектирование рейдовых стоянок для обеспечения отстоя кораблей водоизмещением до 20000 т на глубинах до 100 м допускается производить в соответствии с настоящей Инструкцией, а также "Правилами технической эксплуатации и содержания рейдового оборудования Военно-Морского флота"[20].

6.1.2.2 В остальных случаях, в том числе: при проектировании рейдовых погрузочных причалов, обеспечении выполнения специальных задач базирования кораблей, создании причалов на глубинах более 100 м, разработке причалов для кораблей водоизмещением более 20000 т оборудование рейдовых причалов производится по специально разработанным проектам.

6.1.2.3 Проектирование рейдовых стоянок на одиночных швартовных бочках может включать решение двух задач:

- определение рациональных характеристик и комплектации рейдового причала, обеспечивающих стоянку расчетного корабля при заданных параметрах гидрометеоусловий;

- определение допускаемых параметров гидрометеоусловий для стоянки расчетного корабля у рейдового причала, заданной комплектации.

6.1.2.4 Решение задач, указанных в 6.1.2.3, может быть разделено на два этапа:

- предварительное определение параметров швартова, бриделя, минимально необходимого объема бочки и массы якоря;

- определение необходимой избыточной плавучести бочки и ее относительного объема в целом, предельных значений параметров гидрометеоусловий при данном объеме бочки, уточнение усилий, действующих в швартове и бриделе, массы якоря и комплектации рейдового причала.

6.1.2.5 При предварительном определении параметров швартова и бриделя, а также минимально необходимого объема бочки и массы якоря, никаких расчетов, связанных с определением усилий, действующих в элементах рейдового причала, выполнять не требуется, поскольку их прочностные характеристики, по существу, заданы конструкцией якорно-швартовных устройств расчетного корабля.

Решение этой задачи является однозначным как при прямой, так и при обратной задачах, указанных в 6.1.2.3, поскольку прочностные характеристики швартова расчетного корабля, подаваемого на рейдовый причал, принимаются в соответствии с требованиями "Правил классификации и постройки морских судов", Морской Регистр Судоходства [21], исходя из характеристик расчетного корабля вне зависимости от конкретных естественных условий места расположения рейдового причала. По швартову (цепи станового якоря) расчетного корабля подбирается эквивалентный ему по прочности бридель бочки, а по прочности бриделя - масса якоря. На первом этапе решения задачи минимально необходимый объем бочки принимается по минимальному запасу ее плавучести (избыточной плавучести бочки).

6.1.2.6 Решение второго этапа задачи по выбору оптимального объема рейдовой бочки, уточнению массы якоря и комплектации рейдовой бочки связано с определением действующих в бриделе усилий и может иметь вариации, поскольку от величины избыточной плавучести бочки зависит амортизационная способность рейдового причала, а от полного объема бочки - волновое воздействие.

6.1.2.7 Основные исходные данные, требуемые при проектировании рассматриваемых рейдовых стоянок перечислены в таблице 6.1.

Т а б л и ц а 6.1 - Перечень исходных данных для проектирования рейдовой стоянки

Естественные условия	Технологические требования	Характеристики расчетного судна*
Район установки Навигационные ограничения Глубина воды на акватории рейдовой стоянки Характеристика приливов Рельеф дна и грунтовые условия на глубине до 3 м от поверхности дна Роза ветров Роза поверхностных течений Роза волнений Максимальные скорости ветра Повторяемости скоростей ветра** Максимальные параметры волн различной повторяемости (высота 5% обеспеченности, средняя длина и период волн) Максимальные скорости течения различной повторяемости Ледовый режим	Назначение рейдовой стоянки Периодичность стоянки Длительность стоянки или рассматриваемой технологической операции Допускаемые условия проведения технологической операции Условия судоходства	Водоизмещение Длина наибольшая Ширина наибольшая Осадка наибольшая (с учетом выступающих частей) Площади парусности надводная и подводная, бортовая и лобовая Характеристики и расположение палубных якорно-швартовных устройств, в том числе, количество, типы, калибры, диаметры якорных цепей, швартовных и буксирных канатов, тяговое усилие якорных и швартовных шпилей, типы и характеристики стопоров, кнехтов, киповых планок, клюзов и т.п. Расположение и характеристики приемных патрубков (манифольдов)

Примечания
* - Характеристики расчетного корабля рекомендуется принимать для различной степени загрузки корабля: в полном грузу, балласте и порожнем (полного, нормального, стандартного водоизмещений).
** - Повторяемость внешних воздействий рекомендуется принимать в соответствии с указаниями 5.2.12 - 5.2.13

6.1.2.8 При отсутствии точных данных о характеристиках расчетного корабля допускается принимать их приближенно на основании справочной литературы «Правил классификации и постройки морских судов». Морской Регистр Судоходства [21], П 58-76/ВНИИГ. Руководство по определению нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения (волновых, ледовых и от судов). ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева [22], РД 31.33.03-88. Руководство по определению допустимых ветро-волновых условий при проектировании морских портов. Министерство морского флота [23], а также «Инструкции по расчету держащей силы железобетонных якорей и якорных систем рейдовых стоянок»/Минобороны [24], вычислений по

приближенным формулам и т.п. Некоторые данные о кораблях различного водоизмещения приведены в таблице Ж.1 Приложения Ж.

Приближенно парусность кораблей может быть определена по формулам.

Бортовая парусность:

- для кораблей типа эсминцев и выше

$$A_{нб} = 0{,}07L_к^2; \quad (6.1)$$

- для сторожевых кораблей и тральщиков

$$A_{нб} = 0{,}09L_к^2; \quad (6.2)$$

- для подводных лодок

$$A_{нб} = 0{,}04L_к^2; \quad (6.3)$$

- для вспомогательных судов ВМФ

$$A_{нб}=17(L_к-33), \quad \text{при } L_к<150 \text{ м};$$

$$A_{нб}=40(L_к-100), \quad \text{при } L_к>150 \text{ м}; \quad (6.4)$$

- для транспортных судов

$$A_{нб} = k_а L_к^2; \quad (6.5)$$

где $k_а$ - коэффициент, равный 0,04-0,10 для судна в грузу или балласте и 0,07-0,08 для судна порожнем.

$L_к$ - длина корабля, м.

Обозначения приведены в Приложении А.

Лобовая парусность:

- для кораблей ВМФ всех типов (кроме вспомогательных)

$$A_{нл}=0{,}25A_{нб}, \quad (6.6)$$

- для вспомогательных судов ВМФ

$$A_{нл}=2{,}8(L_к-16), \quad \text{при } L_к<150 \text{ м};$$

$$A_{нл}=7{,}5(L_к-100), \quad \text{при } L_к>150 \text{ м}, \quad (6.7)$$

- для транспортных судов

$$A_{нл} = K_л B_к^2, \quad (6.8)$$

где $K_л$ - коэффициент, равный 0,9-1,2 - для судна в грузу и 1,2-1,3 - для судна порожнем;

$B_к$ - ширина корабля, м.

6.1.2.9 Основные характеристики якорно-швартовных устройств кораблей можно определить в зависимости от так называемой "характеристики снабжения" корабля, вычисляемой по формуле, приведенной в «Правилах классификации и постройки морских судов», Морской Регистр Судоходства [21],

$$N_c=\Delta^{2/3}+2A_{нл}+0,1A_{нб}, \quad (6.9)$$

где Δ - водоизмещение корабля, т;

$A_{нл}$ - площадь надводной лобовой парусности, $м^2$;

$A_{нб}$ - площадь надводной бортовой парусности, $м^2$.

Характеристики якорно-швартовных устройств в зависимости от "характеристики снабжения" корабля приведены в таблице Ж.2 Приложения Ж.

В случае, если известно только водоизмещение корабля "характеристика снабжения" может приниматься по данным таблицы Ж.1 Приложения Ж в зависимости от водоизмещения.

В соответствии с «Правилами классификации и постройки морских судов», Морской Регистр Судоходства [21] при отношении $A_{нб}/N_c>0,9$ количество швартовных канатов и устройств, приведенных в таблице Ж.2 увеличивается:

- при $0,9< A_{нб}/N_c\le1,1$ - на 1 шт.;
- при $1,1< A_{нб}/N_c\le1,2$ - на 2 шт.;
- при $A_{нб}/N_c>1,2$ - на 3 шт.

6.1.2.10 Для оборудования рейдовых стоянок на одиночных швартовных бочках требуется акватория в форме круга с центром в месте установки якоря с радиусом $R_{шб}$, м, равным

$$R_{шб} = \sqrt{(l_б + l_ш)^2 - (D + \zeta_к)^2} + L_к + \Delta L_к \,, \qquad (6.10)$$

где $l_б$ - длина бриделя, м;

$l_ш$ - длина швартова, м;

D - глубина воды в месте установки якоря, м;

$\zeta_к$ - возвышение клюза корабля над уровнем моря в полном грузу, м;

$\Delta L_к$ - запас длины, принимаемый равным $\Delta L_к = 0{,}1 L_к$, но не менее 20 м.

Для крупных надводных кораблей ВМФ водоизмещением более 20000 т, при наличии достаточной площади акватории, рекомендуется увеличивать запас длины $\Delta L_к$ до 0,7 $L_к$.

6.1.2.11 Акватория рейдовой стоянки на одиночной бочке должна иметь на всей площади проектную глубину в соответствии с 5.2.7.

6.1.3 Определение основных характеристик элементов рейдовой стоянки

6.1.3.1 Длину швартова рекомендуется определять по формуле

$$l_ш = 2{,}3\zeta_к^п + 5\,, \qquad (6.11)$$

где $\zeta_к^п$ - возвышение швартовного (якорного) клюза корабля над поверхностью воды при стоянке корабля порожнем (стандартном водоизмещении), м.

Величину $l_ш$, определенную по формуле (6.11), рекомендуется принимать в пределах 20÷30 м для кораблей водоизмещением до 20000 т и не менее 30÷50 м для кораблей водоизмещением 20000 т и более.

6.1.3.2 Конструктивное исполнение швартова и швартовные устройства корабля должны предусматривать возможность удлинения швартова (для безопасности отстоя корабля) в случае усиления волнения более 4 баллов или усилении ветра

более допустимых параметров. Необходимо предусматривать возможность быстрого отхода корабля от рейдового причала.

6.1.3.3 При оборудовании рейдового причала собственным швартовом его длина и конструкция должны приниматься с учетом рекомендаций 6.1.3.1 и исключения запутывания швартова с бриделем причала. Для подъема швартова на корабль к его концу прикрепляется один или несколько проводников (в зависимости от глубины воды), длина и диаметр которых принимаются исходя из возможности подъема цепного швартова заданной массы швартовными механизмами корабля.

6.1.3.4 Прочностные характеристики тросовых и цепных швартовов, которыми оборудованы рейдовые бочки, принимаются в соответствии с прочностными характеристиками якорно-швартовных устройств расчетного корабля. Допускается использование швартовов повышенной прочности, в состав которых включено "слабое" звено, соответствующее допускаемым нагрузкам на якорно-швартовные устройства корабля. В последнем случае характеристики швартова принимаются исходя из условий возможности его подъема якорно-швартовными механизмами корабля.

6.1.3.5 Для обычных условий рейдовых стоянок на относительно защищенных акваториях в благоприятных гидрометеоусловиях основные характеристики бриделя предварительно рекомендуется принимать исходя из водоизмещения корабля и характеристик швартова по таблицам К.1, К.2 Приложения К.

6.1.3.6 Для определения прочности бриделя вводится так называемый коэффициент эквивалентности прочностей, связывающий прочностные характеристики бриделя и швартова следующим соотношением

$$P_б \geq k_э n_ш P_ш, \qquad (6.12)$$

где $P_б$ - разрывное усилие бриделя, кН;

$P_ш$ - разрывное усилие швартова, кН;

$k_э$ - коэффициент эквивалентности прочности;

$n_ш$ - количество ветвей швартова.

Примечание - При цепном швартове $n_ш=1$, при тросовых $n_ш=1\div4$.

В общем случае $k_э=k_1 k_2$.

6.1.3.7 Значения коэффициентов k_1, k_2 и $k_э$ рекомендуется принимать по таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Значения коэффициентов k_1, k_2 и $k_э$

Конструкция		k_1^*	k_2^{**}	$k_э$
бриделя	швартова			
цепь	цепь	1,15	1,15	1,32
цепь	трос	0,90	1,20	1,08
трос-цепь	трос	1,05	1,25	1,31

Примечания

* - Значения k_1 отношения коэффициентов прочности бриделя и швартова приняты для причалов, срок службы которых составляет:

с цепным бриделем - не более 3 лет;

с тросово-цепным бриделем - не более 6 месяцев.

При больших сроках службы причала значение k_1 должно быть увеличено.

** - Значения k_2 отношения величин усилий, действующих в бриделе и швартове при значениях $\Delta\bar{h}$ (см. Приложение М), не превышающих 0,25, рекомендуется увеличивать на 15% ($\Delta\bar{h}$ - относительная глубина погружения бочки).

6.1.3.8 При использовании для бриделя цепи, которая уже находилась в эксплуатации в составе причала 3 года и более, ею (после освидетельствования в соответствии с действующими правилами) могут комплектоваться причалы проектируемых рейдовых стоянок. При этом значение коэффициента k_1 необходимо увеличить в 1,25 раза.

6.1.3.9 Если причал рассчитывался для стоянки кораблей только на тросовых швартовах (что должно быть оговорено в документации, определяющей условия эксплуатации причала), то при расчете бриделя (по формуле 6.12) количество ветвей швартова $n_ш$ должно приниматься не более четырех.

6.1.3.10 Длину провисающего бриделя рейдового причала рекомендуется определять по формуле:

$$l_б=k_3D+\Delta A. \qquad (6.13)$$

где D - глубина воды, м;

ΔA - величина суммарных колебаний уровня моря, м.

Примечания

1 При глубинах акватории до 20 м к величине $l_б$, следует добавить запас на волнение, точность промера глубин и точность установки, принимаемый в пределах 2-3 м. Значение $l_б$ следует округлять до ближайшего целого числа в соответствии с длинами стандартных смычек цепей, приведенных в 6.1.1.5.3.

2 Значения $k_3=l_б/D$ принимаются в пределах от 1,3 до 1,5 для цепного и от 1,3 до

2,5 для комбинированного бриделя. Для обычных рейдовых стоянок, устанавливаемых на защищенных акваториях, принимать значения k_3 более 1,5 не рекомендуется, так как с его увеличением растут значения усилий, действующих в элементах якорной связи при стоянке корабля. Длину бриделя $l_б$>1,5D допускается принимать в исключительных случаях при соответствующем обосновании, особенно на открытых или недостаточно защищенных акваториях, при условии исключения защемления и раскрытия концевой скобы бриделя в рыме якоря при вращении бочки вокруг якоря (использование специальных якорей с вращающимся рымом и т.п.). При значениях k_3 более 1,3 значения действующих в бриделе усилий и относительных глубин погружения бочки нужно увеличивать в соответствии с указаниями Приложения М.

6.1.3.11 Объем рейдовой бочки определяется по трем критериям:

- непотопляемости;
- амортизационной способности;
- прочности бриделя.

Для условий, на которые распространяются требования "Правил технической эксплуатации и содержания рейдового оборудования ВМФ" [20] (по 6.1.2.1) объемы рейдовых бочек предварительно рекомендуется принимать по таблице Л.1 Приложения Л.

6.1.3.12 В качестве критерия непотопляемости принимается коэффициент запаса плавучести бочки, определяемый по формуле

$$k_п=\Delta V_б/V_б,$$

где $\Delta V_б$ - избыточная плавучесть бочки, $м^3$;

$V_б$ - номинальный объем бочки, $м^3$.

Избыточная плавучесть бочки (перед погружением ее в воду) находится по формуле:

$$\Delta V_б = V_б - \frac{1}{\rho_c}\left(G_б + l_б \cdot q_б + 0{,}5 l_ш q_ш\right), \qquad (6.14)$$

где $G_б$ - масса бочки, т;

$q_б = \frac{q_б^в}{1{,}15}$ - погонная масса бриделя в воде, т/пог.м;

$q_б^в$ - погонная масса бриделя в воздухе, т/пог.м;

$q_ш$ - погонная масса швартова, т/пог.м;

1,15 - коэффициент уменьшения нагрузки в воде от массы бриделя, воспринимаемой бочкой;

ρ_c - плотность воды, принимаемая равной 1т/м^3 (0,102 тс·с^2/м^4).

Коэффициент запаса плавучести $k_п$ рекомендуется принимать в пределах 0,3-0,5, причем по возможности целесообразно принимать наибольшие значения из указанного интервала.

6.1.3.13 Определением минимально необходимого объема бочки (по критерию непотопляемости) заканчивается решение первого этапа задачи. При этом указанное решение справедливо для причалов, предназначенных не только для надводных, но и для подводных кораблей.

6.1.3.14 В качестве критерия амортизационной способности бочки при работе ее в составе причала принимается допускаемое значение относительной глубины погружения, при этом должно быть выдержано условие

$$\Delta\bar{h} \le [\Delta\bar{h}]. \qquad (6.15)$$

Значения $[\Delta\bar{h}]$ приведены в таблице Н.1 Приложения Н.

6.1.3.15 В качестве критерия прочности принимается коэффициент запаса прочности бриделя - $k_б$.

При этом должно быть выдержано условие

$$S_б \le \frac{P_б}{k_б}. \qquad (6.16)$$

Значения $k_б$ приведены в таблице Н.1 Приложения Н.

6.1.3.16 Относительная глубина погружения бочки $\Delta\bar{h}$ и действующее в бриделе усилие $S_б$ являются функциями вида

$$\Delta\bar{h} \text{ и } S_б = f(W, \Delta V_б, D, U_v, h_w), \qquad (6.17)$$

где W - водоизмещение корабля;

U_v - скорость ветра;

h_w - интенсивность волнения.

Численные значения $\Delta\bar{h}$ и $S_б$, как функции (6.17), приведены в Приложении М.

6.1.3.17 При решении указанных в 6.1.3.14-6.1.3.16 задач сначала следует произвести проверку избыточной плавучести бочки по критерию амортизационной

способности (6.15), а затем по критерию прочности (6.16) - проверить прочность бриделя.

6.1.3.18 После определения расчетных усилий в бриделе, необходимо вычислить усилия в остальных элементах рейдового причала. При выполнении расчетов, следует учитывать, что величины усилий в бриделе, определенные в соответствии с указаниями 6.1.3.16, соответствуют максимальным усилиям в бриделе у рейдовой бочки.

6.1.3.19 В первую очередь проводится проверка условия затопления бочки. Усилие в бриделе у бочки, соответствующее моменту затопления бочки, вычисляется по формуле

$$S_{пб} = \frac{H_{пб}}{\cos\alpha_2}, \qquad (6.18)$$

где $H_{пб}$ - горизонтальная проекция усилия в бриделе, кН, вычисляемая по формуле

$$H_{пб} = \frac{l_б l_ш \left[\frac{(l_б q_б + l_ш q_ш)}{2} + (G_б - V_б) \right]}{\left[l_б \left(\zeta_{шо} + \frac{1}{2} d \right) - l_ш \left(D_ф - \frac{1}{2} d \right) \right]} \cdot g; \qquad (6.19)$$

α_2 - угол наклона к горизонту касательной в точке присоединения бриделя к бочке, вычисляемый по формуле

$$\alpha_2 = \operatorname{arctg} \left[\frac{\left(D_ф - \frac{1}{2} d \right)}{l_б} + \frac{l_б q_б g}{2 H_{пб}} \right]; \qquad (6.20)$$

$\zeta_{шо}$ - возвышение швартовного (якорного) клюза над поверхностью моря для рассматриваемой загрузки корабля, м;

$D_ф$ - глубина погружения рыма мертвого якоря рейдового причала, м;

d - диаметр рейдовой бочки, м;

g - ускорение силы тяжести, м/с^2.

При использовании тросового швартова в качестве $q_ш$ принимается суммарный погонный вес всех ветвей швартова. После вычислений по формулам (6.18)-

(6.20), расчетное усилие в бриделе $S_б$, определенное в соответствии с 6.1.3.16, сравнивается с усилием при погружении бочки $S_{пб}$.

6.1.3.20 Дальнейшие вычисления усилий в элементах рейдового причала с учетом рекомендаций ВСП 33-01-00/МО РФ. «Инструкция по расчету и проектированию якорных систем плавучих объектов ВМФ». Утверждена Начальником строительства и расквартирования войск – Заместителем Министра обороны РФ, Главнокомандующим ВМФ [1], выполняются в следующем порядке:

- задаются несколько (три-пять) значений горизонтальной проекции усилия (распора) в бриделе $H_б$;

- вычисляются соответствующие $H_б$ параметры цепных линий для бриделя $a_б$ и швартова $a_ш$ по формулам:

$$a_б = \frac{H_б}{q_б \cdot g};\ a_ш = \frac{H_б}{q_ш \cdot g};\qquad (6.21)$$

- для заданных значений распора $H_б$ определяются вертикальные проекции свободных провесов бриделя $\zeta_б$ и швартова $\zeta_ш$; в случае, если расчетное усилие в бриделе $S_б$, определенное в соответствии с 6.1.3.16 превышает усилие $S_{пб}$, соответствующее погружению бочки (см. формулу 6.18), величины $\zeta_б$, $\zeta_ш$ вычисляются по рекомендациям 6.1.3.21, а в противном случае - по рекомендациям 6.1.3.22;

- после определения величины $\zeta_б$ вычисляются углы наклона к горизонту касательной в точке крепления бриделя к бочке по формуле

$$\alpha_2 = \operatorname{arctg}\left(\frac{\zeta_б}{l_б} + \frac{l_б}{2a_б}\right),\qquad (6.22)$$

и соответствующие значения полного усилия в бриделе у бочки по формуле (6.18), в которую подставляются заданные значения распора $H_б$ и полученные величины угла α_2;

- строится зависимость полных усилий в бриделе у бочки от угла α_2, по которой для расчетного усилия в бриделе $S_б$, определенного в соответствии с 6.1.3.16, находится искомое значение угла α_2;

- вычисляется искомый распор $H_б$ по формуле

$$H_б = S_б \cdot \cos\alpha_2,\qquad (6.23)$$

где $S_б$ - расчетное усилие в бриделе у бочки, определенное в соответствии с 6.1.3.16, кН;

α_2 - найденное значение угла наклона бриделя в точке крепления к бочке;

- для найденного значения распора $H_б$ определяются искомые вертикальные проекции свободных провесов бриделя $\zeta_б$ и швартова $\zeta_ш$; как указано выше, если расчетное усилие в бриделе бочки $S_б$ превышает $S_{пб}$ (формула 6.18), величины $\zeta_б$ и $\zeta_ш$ вычисляются по рекомендациям 6.1.3.21, а в противном случае - по рекомендациям 6.1.3.22;

- вычисляются углы наклона к горизонту касательных в точках крепления бриделя к якорю и швартова к бочке и кораблю по формулам:

в точке крепления бриделя к якорю

$$\alpha_1 = \operatorname{arctg}\left(\frac{\zeta_б}{l_б} - \frac{l_б}{2\alpha_б}\right); \qquad (6.24)$$

в точке крепления швартова к бочке

$$\alpha_3 = \operatorname{arctg}\left(\frac{\zeta_ш}{l_ш} - \frac{l_ш}{2\alpha_ш}\right); \qquad (6.25)$$

в точке крепления швартова (клюза) на корабле

$$\alpha_4 = \operatorname{arctg}\left(\frac{\zeta_ш}{l_ш} + \frac{l_ш}{2\alpha_ш}\right); \qquad (6.26)$$

- в случае, если расчетное усилие в бриделе $S_б$, определенное в соответствии с 6.1.3.16, превышает усилие $S_{пб}$, соответствующее погружению бочки (случай полного использования плавучести бочки), проверяется условие равновесия сил, действующих на рейдовую бочку, т.е. выполнение равенства для определенного распора $H_б$

$$\operatorname{tg}\alpha_2 - \operatorname{tg}\alpha_3 = \frac{(V_б - G_б)g}{H_б}; \qquad (6.27)$$

- определяется величина полного натяжения швартова у корабля и бриделя у якоря, кН, по формулам:

усилие натяжения бриделя у якоря

$$S_{бя} = \frac{H_б}{\cos\alpha_1}; \quad (6.28)$$

усилие натяжения швартова в клюзе корабля

$$S_{шк} = \frac{H_б}{\cos\alpha_4}; \quad (6.29)$$

- вычисляется вертикальная составляющая усилия в бриделе у якоря (вертикальная нагрузка на якорь), кН, по формуле:

$$V_{бя}=H_б tg\alpha_1. \quad (6.30)$$

- определяется фактическое смещение корабля при стоянке у рейдового причала и расчетных усилиях в бриделе $S_б$ (по 6.1.3.16) и швартове $S_{шк}$ (6.29) по формуле

$$U=U_б+U_ш+U_{шу}, \quad (6.31)$$

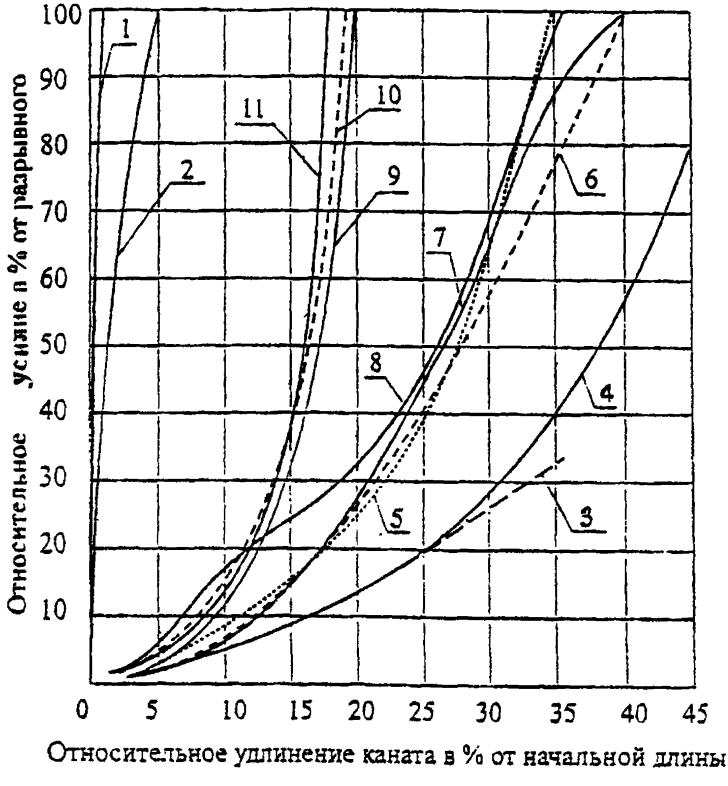
где $U_б$ - горизонтальное перемещение верхнего конца бриделя, обусловленное изменением формы его провеса, м, определяемое по формуле

$$U_б = \frac{(q_б \cdot g)^2}{24}\left(\sqrt{l_б^2 - \zeta_б^2}\right)^3\left(\frac{1}{H_{об}^2} - \frac{1}{H_б^2}\right); \quad (6.32)$$

$U_ш$ - горизонтальное перемещение верхнего конца швартова (клюзовой точки корабля), м, обусловленное изменением формы провеса швартова, определяемое по формуле

$$U_ш = \frac{(q_ш \cdot g)^2}{24}\left(\sqrt{l_ш^2 - \zeta_ш^2}\right)^3\left(\frac{1}{H_{об}^2} - \frac{1}{H_б^2}\right); \quad (6.33)$$

$U_{шу}$ - горизонтальное перемещение верхнего конца швартова, обусловленное его упругими удлинениями, определяемое по осредненным паспортным упругим характеристикам канатов, приведенным на рисунке 6.4, в зависимости от величины распора $H_б$ (при цепном швартове упругие удлинения не учитываются), м;



1 – стальной жесткий; 2 – стальной гибкий; 3 – капроновый; 4 – нейлоновый; 5 – териленовый; 6 – полипропиленовый; 7 – полиэтиленовый; 8 – куралоновый; 9 – манильский; 10 – сизальский; 11 – пеньковый

Рисунок 6.4 – Жесткостные характеристики швартовных канатов

$H_{об}$ - начальная величина распора, которую рекомендуется принимать равной тяговому усилию якорно-швартовных механизмов корабля с учетом потери за счет трения в клюзе (порядка 30%), но не менее 10 кН (1 тс);

- проверяется соответствие полученных полных усилий в швартове допускаемым значениям с учетом коэффициентов запаса прочности, указанных в Приложении Н;

- проверяется соответствие полученного значения смещения корабля принятым размерам акватории рейдовой стоянки в соответствии с рекомендациями 6.1.2.10; для этого определяется суммарная горизонтальная проекция свободных провесов бриделя и швартова:

$$\eta = \eta_б + \eta_ш, \tag{6.34}$$

где $\eta_б$ - горизонтальная проекция свободного провеса бриделя, м, вычисляемая по формуле

$$\eta_б = 2a_б \operatorname{Arsh}\frac{\sqrt{l_б^2 - \zeta_б^2}}{2a_б}, \tag{6.35}$$

где $\zeta_б$ - вертикальная проекция свободного провеса бриделя, определенная выше для расчетного значения распора $H_б$, м;

$\eta_ш$ - горизонтальная проекция свободного провеса швартова, вычисляемая по формуле

$$\eta_ш = a_ш \operatorname{Arch}\left(1 + \frac{l_ш^2 - \zeta_{шо}^2}{2a_{шо}^2}\right), \tag{6.36}$$

где $\zeta_{шо}$ - вертикальная проекция свободного провеса швартова для расчетного значения распора $H_б$, м;

Сумма горизонтальной проекции свободных провесов бриделя и швартова η, определенная по формуле (6.34), смещения корабля U, вычисленного по формуле (6.31) и длины корабля $L_к$ с учетом запаса длины $\Delta L_к$ (по 6.1.2.10) не должна превышать принятых размеров акватории рейдовой стоянки, определенной в 6.1.2.10, в противном случае размеры акватории рейдовой стоянки должны быть соответственно увеличены.

6.1.3.21 Вертикальные проекции свободных провесов бриделя $\zeta_б$ и швартова $\zeta_ш$ при условии затопления бочки $S_б \geq S_{пб}$ вычисляются по формулам:

$$\zeta_б = \frac{l_б l_ш}{l_б + l_ш}\left[\frac{\zeta}{l_ш} - \frac{l_б}{2a_б} - \frac{l_ш}{2a_ш} - \frac{(G_б - V_б)g}{H_б}\right],$$

$$\zeta_ш = \frac{l_б l_ш}{l_б + l_ш}\left[\frac{\zeta}{l_б} + \frac{l_б}{2a_б} + \frac{l_ш}{2a_ш} + \frac{(G_б - V_б)g}{H_б}\right], \qquad (6.37)$$

где ζ - вертикальная суммарная проекция свободных провесов бриделя и швартова (расстояние по вертикали между рымом якоря и клюзом корабля), м, равное

$$\zeta = D_ф + \zeta_{шо}. \qquad (6.38)$$

После вычисления $\zeta_б$ и $\zeta_ш$ должно выполняться проверочное условие

$$\zeta_б + \zeta_ш = \zeta. \qquad (6.39)$$

По условию прочности корпуса не рекомендуется, чтобы погружение оси рейдовой бочки под воду превышало 2,0 м. В противном случае целесообразно изменить соотношение длин бриделя и швартова для уменьшения погружения бочки.

6.1.3.22 Вертикальные проекции свободных провесов бриделя $\zeta_б$ и швартова $\zeta_ш$ при условии неполного использования плавучести бочки $S_б < S_{пб}$ вычисляются по формулам:

$$\zeta_б = \Omega\left[\frac{\zeta}{l_ш} - \frac{l_б}{2a_б} - \frac{l_ш}{2a_ш} - \frac{G_б g}{H_б} + \frac{V_б(2D_ф + d)g}{2H_б d}\right],$$

$$\zeta_ш = \Omega\left[\frac{\zeta}{l_б} + \frac{l_б}{2a_б} + \frac{l_ш}{2a_ш} + \frac{G_б g}{H_б} + \frac{V_б(2\zeta - 2D_ф - d)g}{2H_б d}\right], \qquad (6.40)$$

$$\Omega = \frac{H_б l_б l_ш d}{H_б d(l_б + l_ш) + V_б l_б l_ш g}.$$

Как и в 6.1.3.21 должно выполняться условие (6.39).

6.1.3.23 Масса призматических железобетонных якорей назначается из условия исключения возможности обрыва бриделя при возникновении в элементах якорной связи усилий, превышающих расчетные. При этом допускается проползание якоря по дну, что служит сигналом для снятия корабля с рейдовой бочки.

Для обеспечения выполнения этого условия масса призматических железобетонных якорей назначается с учетом принятого калибра цепи бриделя и соотношения величины разрушающей нагрузки цепи бриделя ($P_б$) и веса якоря в воде ($G'_я$), которое рекомендуется принимать равным $P_б$=(3-4) $G'_я$.

Указанное соотношение обеспечивает, при необходимости, возможность перестановки бочки на новое место без потери якоря, так как прочность бриделя оказывается достаточной для отрыва якоря от дна и поднятия его на плавсредства.

6.1.3.24 Держащая сила призматического железобетонного якоря, главным образом, определяется его массой и характеристиками грунтов дна, на которые установлен якорь.

На илистых, супесчаных, суглинистых грунтах держащая сила этих якорей, в первом приближении, численно равна массе якоря (в воде).

На гравелистых, галечниковых, плотных песчаных грунтах держащая сила таких якорей снижается.

6.1.3.25 Не рекомендуется устанавливать призматические железобетонные якоря на скальные грунты и на участках акватории со значительными уклонами дна.

6.1.3.26 При оборудовании рейдовых стоянок для кораблей водоизмещением до 20000 т на акваториях с глубинами до 100 м при определении скорости ветра до 20 м/с, волнении до 4 баллов и длине бриделя (в исключительных случаях по 6.1.3.10) $l_б$>1,5D массу якоря предварительно рекомендуется принимать в соответствии с требованиями "Правил технической эксплуатации и содержания рейдового оборудования Военно-морского флота" [20] по данным таблицы К.1 Приложения К. При меньшей длине бриделя массу якоря рекомендуется увеличивать по сравнению с данными таблицы К.1:

- при длине бриделя $l_б$=1,5D на 25%;

- при длине бриделя $l_б$=1,3D на 40%.

Для промежуточных значений длины бриделя указанные значения увеличения массы якоря допускается интерполировать и принимать ближайшую к требуемым значениям массу стандартного якоря согласно данным таблицы Е.1 Приложения Е.

6.1.3.27 Уточнение веса якоря при определении усилий в элементах рейдового причала согласно рекомендациям 6.1.3.20, производится исходя из величин расчетных горизонтальных и вертикальных нагрузок на якорь и проверки устойчивости якоря на сдвиг и опрокидывание.

Вес незаглубленного в грунт железобетонного якоря в воздухе, кН, предварительно определяется по формуле

$$G_я = \frac{H_б}{k_я} + V_{бя} , \qquad (6.41)$$

где $k_я$ - коэффициент держащей силы якоря, принимаемый по таблице 6.3;

$H_б$ - расчетная горизонтальная составляющая усилия в бриделе, определяемая по 6.1.3.20, кН;

$V_{бя}$ - вертикальная нагрузка на якорь, определяемая по формуле (6.30), кН.

Таблица 6.3 - Таблица коэффициентов держащей силы якоря ($k_я$)

Тип якорей	Коэффициент держащей силы для грунтов		
	песчаных	илистых	глинистых
Пирамидально-призматические якоря, применяемые на флотах в настоящее время	0,5-0,7	0,6-0,9	0,7-1,0
Пирамидальные якоря с коэффициентом распластанности 0,2-0,3 (шифр ПРЯ)	1,0-1,2	1,2-1,3	1,2-1,4
Плитовидные якоря с коэффициентом распластанности 0,15-0,20 (шифр ПЛЯ)	1,1-1,3	1,2-1,4	1,2-1,5

Примечания

1 Под коэффициентом распластанности понимается отношение высоты якоря к длине стороны основания якоря.

2 Для плотных грунтов принимаются нижние пределы коэффициентов держащей силы, для грунтов средней плотности - средние значения и для рыхлых верхние.

3 Для особо плотных песков, глин, скалы, а также при слое слабого грунта до 1 м, расположенного на плотном слое, под коэффициентом держащей силы якоря

следует понимать коэффициент трения бетона по грунту в месте установки якоря (Приложение П).

4 При установке якоря в котлован и присыпке грунтом коэффициенты держащей силы могут быть предварительно увеличены в 1,5-2 раза и уточнены по Рекомендациям по выбору рациональных типов и определению держащей способности якорей для плавучих объектов ВМФ. Минобороны [25].

5 До нарастания держащей силы якоря, характеризуемой коэффициентами, приведенными в таблице 6.3, якорь дрейфует на расстояние (1÷2)b, где b - длина стороны основания якоря, м.

Масса якоря соответственно равна $G_я / g$.

6.1.3.28 Держащая сила незаглубленного в грунт железобетонного якоря, вес которого принят по формуле (6.41), проверяется по условиям устойчивости на сдвиг и опрокидывание.

По условию устойчивости на сдвиг вес якоря проверяется по формуле

$$K_{сд} = \frac{G'_я\left(f + K_{прис}\right)g - S_{бя}\, f \sin\alpha + F_я C_c}{S_{бя}\cos\alpha} \geq \left[K_{сд}\right]. \qquad (6.42)$$

По условию устойчивости на опрокидывание вокруг переднего ребра вес якоря проверяется по формуле

$$K_o = \frac{0{,}5G'_я\left(1 + K_{прис}\right)b \cdot g}{S_{бя}\left(H\cos\alpha_1 + 0{,}5b\sin\alpha_1\right)} \geq \left[K_o\right]. \qquad (6.43)$$

В формулах (6.42)-(6.43) обозначены:

где $S_{бя}$ - усилие в бриделе у якоря, кН;

$G'_я$ - масса якоря в воде, т (60% от массы в воздухе);

b - размер стороны основания якоря, м;

H - высота якоря, м;

C_c - удельное сцепление нескального грунта, кН/м^2; для скального грунта – соответствующий параметр сдвига, принимаемый по таблице 6.4;

α_1 - угол наклона к горизонту касательной к бриделю в точке прикрепления бриделя к якорю, град.;

$k_{прис}$ - коэффициент присоса, принимаемый по таблице 6.5;

f - коэффициент трения бетона по грунту, принимаемый для нескального основания $f = tg\frac{3}{4}\varphi$, для скального по таблице 6.4;

φ - угол внутреннего трения грунта, град.;

$[K_{сд}]$,$[K_o]$ - коэффициенты запаса устойчивости на сдвиг и опрокидывание, принимаемые равными $[K_{сд}]$=1,15÷1,10 соответственно для сооружений III и IV класса капитальности, $[K_o]$=1,2;

$F_я$ - площадь горизонтальной проекции якоря по подошве, м^2.

Таблица 6.4 - Значения коэффициентов f и C_c

Характеристики грунтов основания	f	C_c, кН/м^2
1 Скальные грунты I группы, практически невыветриваемые, слаботрещиноватые, слабоводонепроницаемые, с зацементированными трещинами	0,75	400
2 Скальные грунты I группы, практические невыветриваемые, слаботрещиноватые, прочные	0,7	300
3 Скальные грунты I группы, слабовыветриваемые, трещиноватые, средней прочности и слабые скальные грунты II группы, трещиноватые, средней прочности и слабые	0,65	200

Таблица 6.5 – Таблица коэффициентов присоса ($k_{прис}$) якоря на различных грунтах

Наименование грунтов	Коэффициент присоса
Скала с галькой и песком	до 0,05
Крупный песок	0,05-0,1
Галька с песком	0,1-0,15
Мелкий песок	0,15-0,20
Слой ила и под ним мягкая глина	0,15-0,20
Ил с плотной и вязкой глиной	0,20-0,25
Вязкая плотная глина с песком и ракушкой	0,25-0,45

Окончательно принимается больший вес якоря, определенный по формулам (6.41)-(6.43). В случае, если уточненный вес якоря превышает соотношение

$G_n' \le \frac{1}{3} P_б$, рекомендуется либо использовать более прочный бридель, либо уменьшить допускаемые гидрометеоусловия стоянки корабля на бочке.

6.1.3.29 Держащую силу якорей, заглубленных в грунт дна (установленных в котлованы), рекомендуется уточнять согласно указаниям Рекомендаций по выбору рациональных типов и определению держащей способности якорей для плавучих сооружений ВМФ, Минобороны [25].

6.1.3.30 Якорная система каждой вновь устанавливаемой бочки перед началом эксплуатации должна быть испытана в соответствии с положениями "Правил технической эксплуатации и содержания рейдового оборудования Военно-Морского Флота" [20] и в случае несоответствия расчетным параметрам допустимые условия стоянки кораблей должны быть уточнены.

6.1.3.31 Примеры решения задач по выбору и проверке рейдового оборудования приведены в Приложении Р.

6.1.4 Рекомендации по швартовке и стоянке корабля на бочке

6.1.4.1 Маневры при подходе корабля к бочке, постановка и снятие корабля со швартовов должны совершаться в соответствии с Инструкцией по эксплуатации швартовного устройства конкретного корабля, правилами хорошей морской практики и быть отработаны во время учений.

6.1.4.2 При постановке на цепной швартов, который подается с корабля, швартов крепиться при помощи соединительного звена или концевой скобы к последнему звену бриделя бочки (на участке над стопором) или к звену рыма бриделя (при креплении бриделя на бочке с помощью рыма бриделя).

При подаче на причал цепного швартова с корабля, в промежутке между бриделем и швартовом, при необходимости устанавливается глаголь-гак для быстрой отдачи швартова, а также переходные соединительные звенья (при разных калибрах цепей бриделя и швартова). При наличии цепного швартова в составе причала швартов принимается на корабль при помощи швартовных устройств корабля

и крепится на специально предназначенном для цепного швартова устройстве (стопоре, держателе буксирного каната и т.п).

6.1.4.3 Тросовый швартов крепится к последнему звену бриделя бочки (на участке над стопором) непосредственно или при помощи концевой скобы, а при наличии на бочке рыма бриделя - к его звену. При наличии на бочке специального швартовного устройства швартов крепится к этому устройству.

Возможен вариант заведения табельного швартовного каната корабля на рейдовую бочку дуплинем, при котором канат корабля подается на бочку, заводится за швартовное устройство бочки и возвращается на корабль, где канат обтягивается швартовными механизмами и оба конца каната крепятся на кнехтах корабля. Такой способ крепления швартовов обеспечивает быстрый и безопасный отход корабля от бочки в штормовых условиях.

При заведении тросовых швартовов на бочку целесообразно исключить возможность их сильного перегиба на рыме бочки или концевой скобе бриделя для предотвращения снижения прочности и повышенного износа канатов. С этой целью допускается использование специально разработанных переходных элементов, обеспечивающих допускаемый перегиб канатов, порядка 5-10 диаметров каната.

6.1.4.4 При стоянке на тросовых швартовах во время сильного волнения следует устанавливать наблюдение за поведением швартова (швартовов) и, при необходимости, подрабатыванием машинами корабля создавать обтяжку швартова, а в случае возникновения опасности обрыва швартова быть готовым совершить маневр отхода корабля от причала.

6.1.4.5 Предельные гидрометеорологические условия (скорость ветра и степень волнения), при которых может стоять у данного причала корабль определенного водоизмещения, вычисленные расчетом по рекомендациям 6.1.3, должны сообщаться командиру корабля. При превышении указанных значений параметров гидрометеоусловий рекомендуется привести корабль в состояние немедленной готовности к самостоятельному отходу от рейдового причала в экстремальной ситуации, либо отвести корабль от причала.

6.2 Одноточечные плавучие рейдовые причалы специальной конструкции

6.2.1 Общие положения

6.2.1.1 Отечественный опыт разработки и строительства одноточечных рейдовых причалов специальной конструкции недостаточен для разработки надежных и обоснованных требований по их проектированию. Поэтому положения настоящего раздела Инструкции имеют рекомендательный характер и предназначены для опытного использования при разработке проектов ОРПП. При проектировании ОРПП целесообразно использовать рекомендации ВСП 33-01-00/МО РФ. «Инструкция по расчету и проектированию якорных систем плавучих объектов ВМФ», утвержденной Начальником строительства и расквартирования войск – Заместителем Министра обороны РФ, Главнокомандующим ВМФ [1], а также рекомендации зарубежных нормативных документов, в частности:

- Rules for Building and Classing Single Point Moorings/ American Burean of Shipping, 1996 [26];

- Mooring Equipment Guidelines (Second Edition – 1997). OCIMF [27] и другие.

6.2.1.2 Одноточечные плавучие рейдовые причалы предназначены, в основном, для проведения перегрузочных операций, преимущественно для нефтеналивных грузов. Положения настоящей Инструкции распространяются, в основном, на ОРПП специальной конструкции типа CALM, SALM, ОРПП типа пирсов и других (5.1.3), а также на случай использования рассмотренных выше рейдовых стоянок на одиночных швартовных бочках со свободно провисающим бриделем в качестве перегрузочных причалов при перегрузке с одного судна на другое по схемам швартовки судов “борт к борту” или при постановке одного судна на бакштов к другому.

6.2.1.3 Разработка и установка ОРПП в отличие от рассмотренных выше рейдовых стоянок на одиночных швартовных бочках должна осуществляться только по индивидуальным проектам с учетом характеристик расчетных кораблей, фактических естественных условий места установки и требований технического задания на проектирование причала.

При разработке проекта ОРПП рекомендуется производить модельные испытания конструкции ОРПП и математическое моделирование (с помощью ПЭВМ) поведения системы "ОРПП-корабль" при воздействии ветра, волн и течения. Алгоритм проектирования ОРПП показан на рисунке 6.5.

ОРПП специальной конструкции рекомендуется относить преимущественно ко II классу капитальности, а при специальном обосновании (значительном грузообороте более 12 млн.т в год, обслуживании крупнотоннажных танкеров дедвейтом более 150000 т, числе судозаходов более 800 судов в навигацию и т.п.) и к I классу капитальности.

6.2.1.4 Исходные данные для проектирования принимаются аналогично рассмотренному выше случаю проектирования рейдовых стоянок на одиночных швартовных бочках (по 6.1.2.7). В дополнение к исходным данным перечисленным в таблице 6.1, необходимы:

- геологические условия на глубине 30-50 м от поверхности дна в месте установки причала;

- площадь ватерлинии расчетного корабля;

- координаты центра массы корабля относительно мидель-шпангоута и основной плоскости;

- координаты центров надводной и подводной парусности корабля относительно мидель-шпангоута и основной плоскости;

- координаты центра величины корабля относительно мидель-шпангоута и основной плоскости;

- продольная и поперечная метацентрические высоты корабля;

- радиусы инерции массы корабля относительно продольной, поперечной и вертикальной главных центральных осей инерции;

- координаты расположения и характеристики приемных устройств грузовой системы корабля, мощность и производительность насосов, характеристики грузовых стрел и т.п.

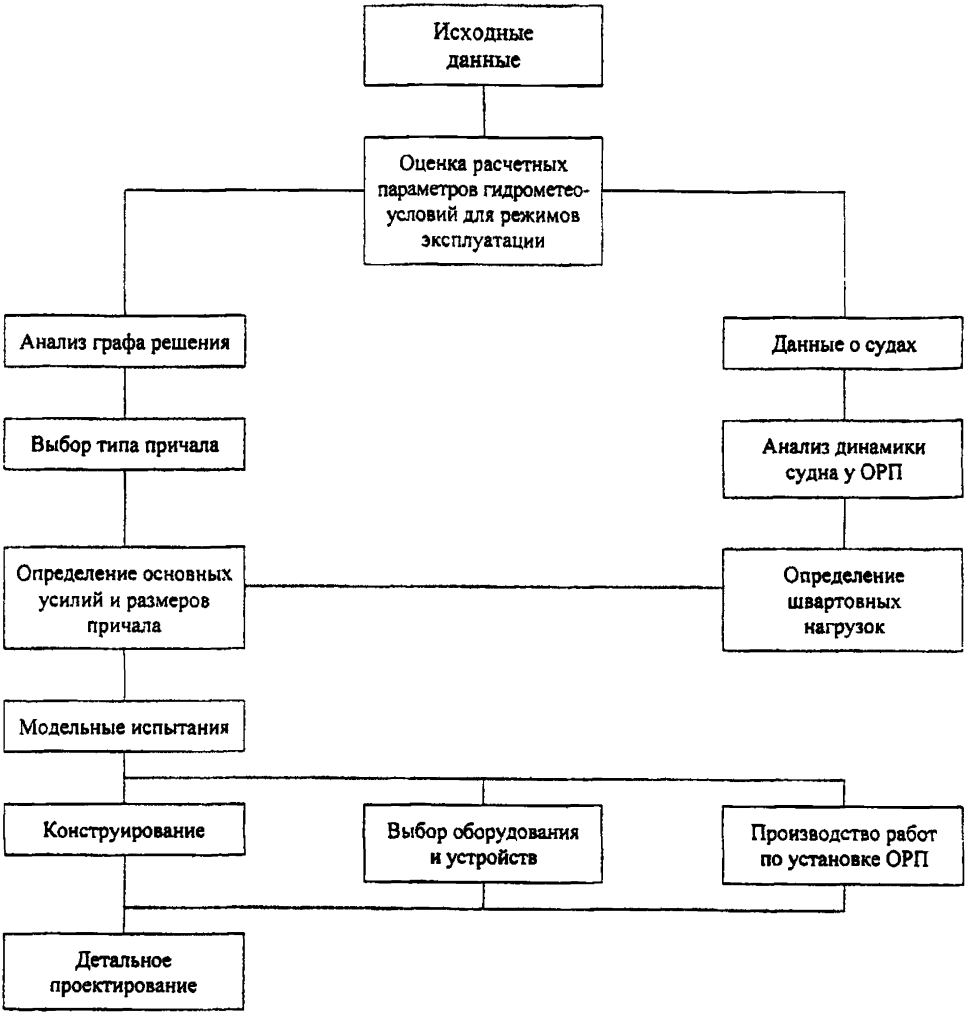


Рисунок 6.5 – Алгоритм выполнения рабочего проектирования ОРП

Характеристики корабля должны приниматься для различных состояний загрузки корабля. При возможности стоянки у причала кораблей различного водоизмещения, расчеты должны проводится для каждого корабля, а не только для наибольшего. При отсутствии данных по конкретному кораблю их допускается определять приближенно в соответствии с 6.1.2.8.

6.2.1.5 По гидрометеорологическим условиям, допускаемым при стоянке корабля, ОРПП могут быть разделены на две группы:

- причалы, у которых стоянка расчетного корабля предусматривается при любой скорости ветра и высоте волн, возможных на данной акватории (причалы с постоянно пришвартованным танкером-хранилищем, одноточечные рейдовые причалы типа пирсов и т.п.);

- причалы, для которых предусмотрены ограничения по скорости ветра и высоте волн при стоянке расчетного корабля.

В первом случае расчетные значения гидрометеорологических параметров принимаются по материалам изысканий для конкретного района установки причала. Повторяемость расчетных гидрометеоусловий должна приниматься в соответствии с 5.2.10-5.2.14 настоящей Инструкции. Во втором случае предельно допустимые значения метеорологических параметров должны устанавливаться расчетом для каждого из указанных в задании на проектирование типов кораблей и приводиться в проекте установки ОРПП. В случае превышения указанной скорости ветра и высоты волн корабль должен отходить от причала. Сам причал без корабля должен рассчитываться на максимальные параметры гидрометеоусловий заданной повторяемости исходя из класса капитальности сооружения.

На основании опыта эксплуатации существующих конструкций ОРПП рекомендуется предварительно принимать следующие ограничения гидрометеоусловий для эксплуатации ОРПП:

- постановка корабля к причалу:

  скорость ветра - до 12÷15 м/с;

  высота волн - до 1,5-2,0 м;

- стоянка и грузообработка корабля:

  скорость ветра - до 15÷20 м/с;

  высота волн - до 2,5-3,5 м;

- отход корабля от причала:

  скорость ветра - более 20÷25 м/с;

  высота волн - более 3,5 м.

6.2.1.6 Плавучие рейдовые причалы, как правило, не рассчитываются на эксплуатацию на замерзающих акваториях в зимний период при подвижках льда. На таких акваториях должны предусматриваться либо съем плавучих элементов рейдового причала и их отвод на зимовку в безопасное место, либо, при наличии необходимых естественных условий (глубина моря и т.п.) затопление плавучих элементов ниже возможной границы ледовых полей с учетом торосов и т.п.

6.2.1.7 Расчетный срок эксплуатации ОРПП должен устанавливаться в задании на проектирование и не должен превышать 25 лет. Следует предусматривать возможность осмотра, ремонта и замены отдельных элементов причала.

Для конструкций причала, замена и ремонт которых невозможен вследствие большой глубины или по другим причинам, запас прочности рекомендуется устанавливать с учетом усталостных явлений в соединительных устройствах.

6.2.1.8 На ОРПП должно устанавливаться навигационное оборудование и радиолокационные отражатели. Состав и типы оборудования назначаются по согласованию с гидрографической службой ВМФ. При выборе типа оборудования должна учитываться возможность погружения причала под воду при воздействии швартовных нагрузок и накате волн.

6.2.1.9 При проектировании ОРПП, как правило, рекомендуется предусматривать:

- телефонную связь между ошвартованным кораблем и берегом;

- контроль за величиной усилий в основных элементах причала, сигнализацию о превышении допускаемых усилий и повреждении основных элементов конструкции.

6.2.2 Рекомендации по выбору типа причала и требования к отдельным его элементам

6.2.2.1 Размеры акватории рейдового причала принимаются в зависимости от конструкции рейдового причала и схемы перегрузочной операции. Во всех случаях акватория принимается в виде круга с центром в месте расположения якоря для одноякорных или геометрического центра расположения якорей для многоякорных причалов.

При использовании в качестве рейдового перегрузочного причала одиночной швартовной бочки со свободно провисающим бриделем и схемы швартовки перегружаемых судов борт к борту радиус акватории принимается равным:

$$R_a = \sqrt{\left(l_б + l_ш\right)^2 - \left(D + \zeta_к\right)^2} + L_к + l_{бш} + L_п + \Delta L_к, \qquad (6.44)$$

где $l_{бш}$ - длина бакштова, принимаемая равной $l_{бш}$=50 м при стоянке на внешнем рейде и $l_{бш}$=25 м - на внутреннем рейде;

$L_п$ - длина портового плавсредства (буксира и т.п.), м.

При постановке перегружаемых кораблей на бакштов один к другому радиус акватории также определяется по формуле (6.44), в которую вместо длины портового плавсредства $L_п$ подставляется длина судна $L_{кб}$, которое становится на бакштов. Рекомендуется постановка на бакштов меньшего судна к большему.

Для одноточечных плавучих рейдовых причалов специальной конструкции радиус акватории определяется по формуле

$$R_a = y_б + l_ш + L_к + l_{бш} + L_{кб} + \Delta L_к, \qquad (6.45)$$

где $y_б$ - горизонтальное перемещение плавучего рейдового причала, м, определяемое специальным расчетом в зависимости от конструкции причала в соответствии с рекомендациями, изложенными ниже.

Во всех случаях длину швартова $l_ш$ рекомендуется принимать не менее 50 м при расположении причала на внешнем рейде и 25 м - на внутреннем рейде. Для кораблей водоизмещением более 50000 т длина швартова должна приниматься не

менее 50 м для любого места расположения причала. Значения длины бакштова $l_{бш}$, длины портового плавсредства $L_п$ и длины корабля, стоящего на бакштове $L_{кб}$, учитываются только при данной схеме перегрузки у ОРПП с использованием бакштова. В противном случае указанные длины в формулах (6.44), (6.45) принимаются равными нулю.

В тех случаях, когда район расположения причала подвержен явлению тягуна, величина $l_т$ увеличивается применительно к местным условиям.

Глубины на всей площади акватории должны соответствовать проектной глубине, определенной в соответствии с 5.2.7. Как и в 6.1.2.11 рекомендуется, чтобы запас длины $\Delta L_к$ составлял $0{,}25L_к$ (но не менее 30 м), а для кораблей водоизмещением более 20000 т, при наличии достаточных площадей акватории величину $\Delta L_к$ целесообразно увеличивать до $0{,}7L_к$.

6.2.2.2 Наиболее характерными типами ОРПП являются причалы типа CALM, SALM и ALP.

ОРПП типа CALM представляют собой многоякорный причал, включающий следующие основные элементы:

- плавучий цилиндрический корпус (бочку), на котором смонтированы поворотный швартовный стол, вертлюг трубопроводов и устройства для крепления и обтяжки цепей;

- якорную систему, включающую несколько (от 4 до 8) якорных цепей с подвесными массивами и якорями (анкерными связями);

- магистральный трубопровод;

- подводные гибкие шланги, соединяющие магистральный трубопровод с плавучим корпусом;

- плавучие гибкие шланги для перекачки нефтепродуктов на ошвартованный танкер;

- швартовные канаты;

- системы контроля за усилиями в швартовах и якорных связях;

- отбойные устройства;

- навигационное и другое оборудование.

Типичный причал типа CALM показан на рисунке 5.2а.

ОРПП типа SALM представляет собой одноякорный причал, включающий:

- удлиненный в вертикальном направлении швартовный буй;

- одиночную вертикальную анкерную связь (цепной бридель, штанговую опору или трубчатый стояк);

- фундаментную плиту;

- подводный магистральный трубопровод с манифольдом;

- подводные шланги с вертлюгом трубопроводов;

- швартовное устройство;

- универсальные шарниры, соединяющие анкерную связь с буем и фундаментной плитой;

- отбойное устройство;

- системы контроля за величиной усилий в швартовных и якорных связях, работой шлангующих устройств;

- навигационное и другое оборудование.

Конструктивные схемы причалов типа SALM показаны на рисунке 5.3.

Особенностью причалов типа ALP, шарнирно закрепленных плавучих башен, является отсутствие шарнира между плавучестью и трубчатым стояком (штанговой опорой). Пример причала ALP показан на рисунке 5.2б.

Основными особенностями ОРПП с жесткой швартовной рамой являются:

- одноточечный рейдовый причал типа CALM или SALM;

- жесткая соединительная швартовная рама;

- плавучее нефтехранилище, например, переоборудованный танкер либо специальный понтон. Некоторые конструктивные схемы таких причалов показаны на рисунке 5.4.

6.2.2.3 Конструкция ОРПП принимается на основе сравнения технико-экономических показателей вариантов с учетом заданного срока эксплуатации и применительно к конкретным условиям места установки. Выбор рационального типа рейдового причала рекомендуется производить в три этапа:

- разработка проектных требований;

- оценка возможностей причалов различного типа по отношению к предъявляемым требованиям;

- сравнительный технико-экономический анализ проектных решений с учетом первоначальной стоимости и эксплуатационных затрат.

Предварительный выбор традиционных ОРПП типа CALM, SALM и ALP рекомендуется производить в соответствии с графом на рисунке 6.6.

На основании расчетно-теоретических и экспериментальных исследований, выполненных научно-исследовательскими и проектными организациями МО РФ, в качестве рациональных конструкций ОРПП для эксплуатации в особо тяжелых естественных условиях могут быть также рекомендованы:

- комбинированный многоякорный башенный причал с шарнирно-закрепленным плавучим корпусом кольцевой формы;

- многоякорный башенный причал;

- причалы с повышенными амортизирующими свойствами с провисающим или вертикальным бриделем.

Перечисленные типы причалов схематично показаны на рисунках 6.7-6.8.

6.2.2.4 Одной из важных особенностей стоянки кораблей у ОРПП, в том числе на одиночной швартовной бочке, является возникновение автоколебаний (рыскания и дрейфа) корабля в условиях воздействия ветра, волнения и течения. Схематично перемещения корабля показаны на рисунке 6.9.

Рыскание и дрейф ошвартованного корабля вызывают значительные динамические усилия (рывки) в швартовах и бриделях причала, которые необходимо учитывать при проектировании.

Применительно к рассмотренным выше, в разделе 6.1, рейдовым стоянкам на одиночных бочках с провисающим бриделем указанные особенности стоянки корабля учтены при определении расчетных усилий в бриделе в соответствии с рекомендациями Приложения М.

6.2.2.5 Система "причал-корабль" должна обладать амортизирующими свойствами, достаточными для поглощения кинетической энергии при качке, рыскании

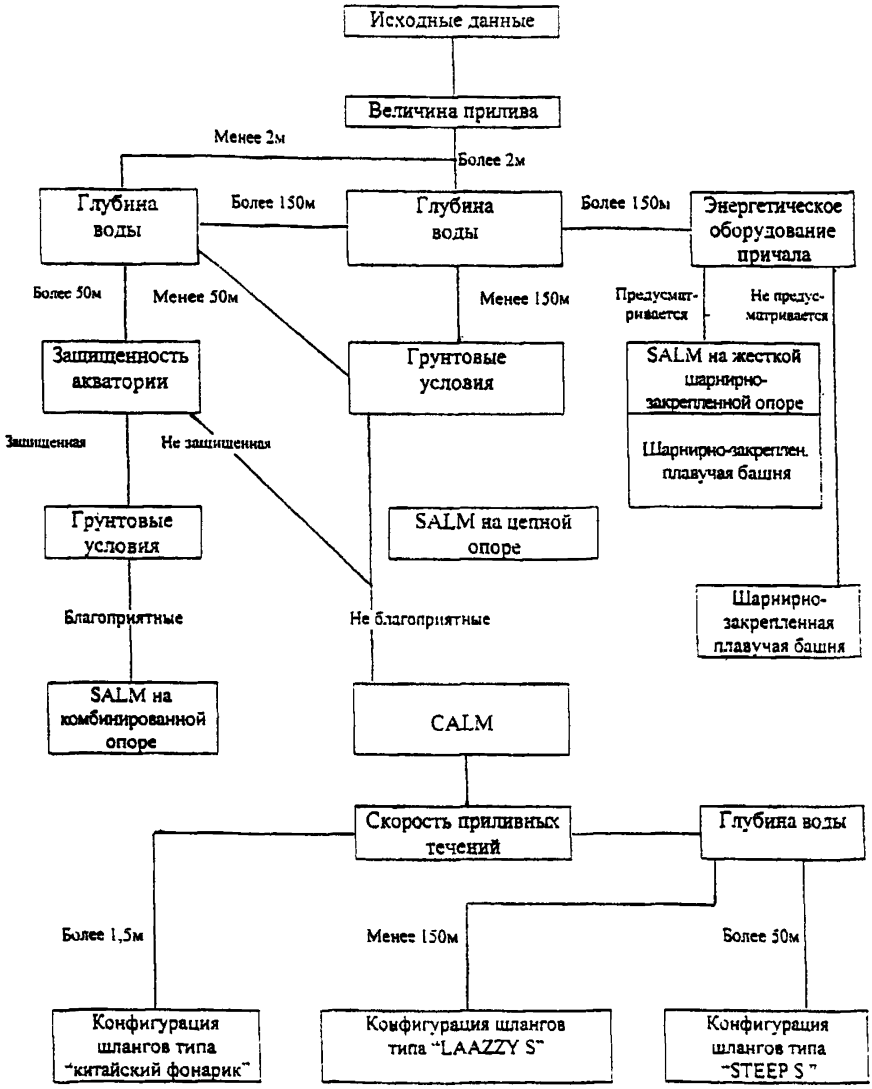
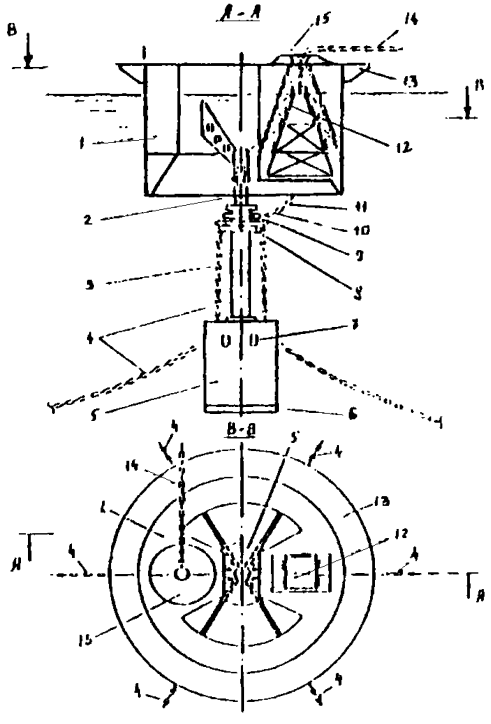
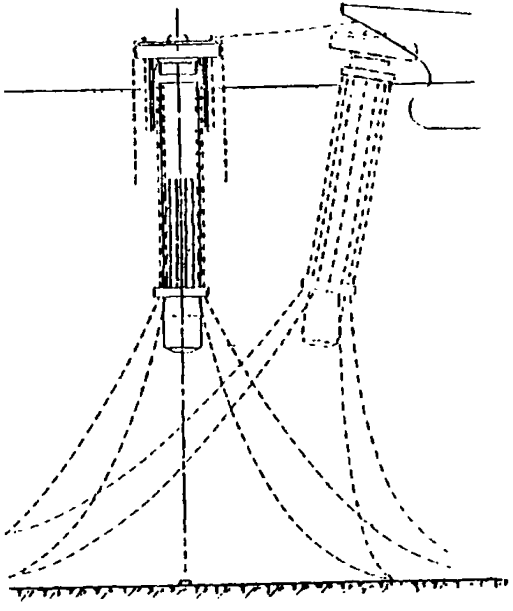


Рисунок 6.6 – Граф выбора проектного решения

а)

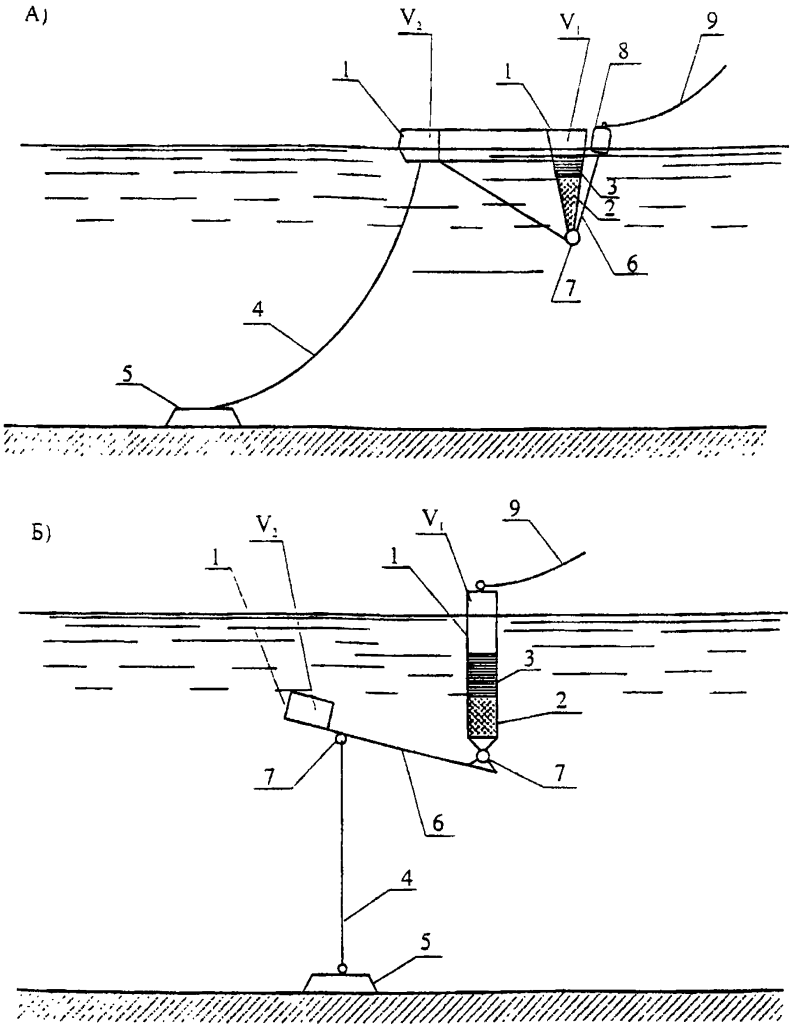


б)



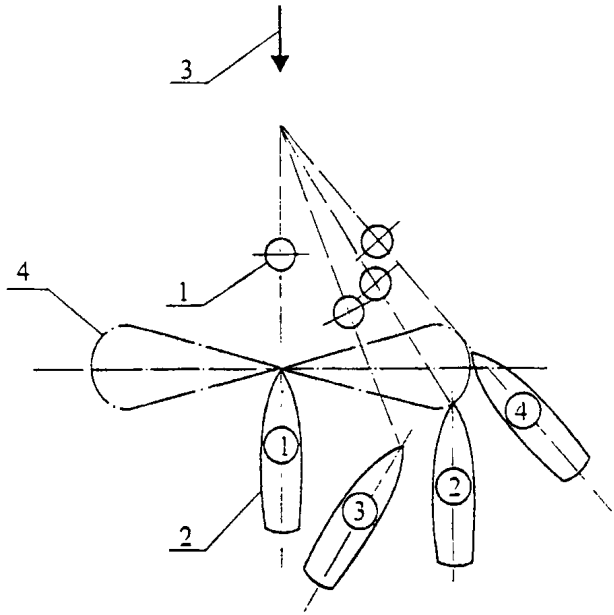
а – многоякорный башенный причал с шарнирно закрепленным плавучим корпусом;
б – многоякорный башенный причал с жестко закрепленным плавучим корпусом
1 – кольцевой буй; 2 – шарнир; 3 – подводный стояк; 4 – бридель; 5 – затопляемая плавучесть; 6 – балласт; 7 – клюз;
8 – фланец для крепления бриделей; 9 – кольцо;10 - упорный фланец 11- страхующая цепь; 12 – клиновой амортизатор;
13 – отбойная рама 14 – швартов; 15 - - клюз

Рисунок 6.7 – ОРПП специального типа



а – со свободно провисающим бриделем;
б – с вертикально обтянутым бриделем;
1 – плавучесть; 2 – твердый балласт; 3 – жидкий балласт; 4 – бридель; 5 – якорь;
6 – рычаг; 7 – шарнирное соединение; 8 – буй; 9 – швартов

Рисунок 6.8 – Схемы ОРПП с повышенными амортизирующими свойствами



1 – швартовная бочка; 2 – корабль; 3 – направление ветрового потока;
4 – траектория движения носа корабля
1- 4 - различные положения системы «корабль-швартовная бочка»

Рисунок 6.9 – Схема автоклебаний (рыскания и дрейфа) корабля на швартовной бочке

и дрейфе корабля и колебаниях причала в условиях совместного действия ветра, течения и волн и исключения появления чрезмерных усилий в элементах причала. Расчеты ОРПП для основного (рабочего) режима эксплуатации могут проводиться в соответствии с рекомендациями раздела 6.2.3.

6.2.2.6 Массогабаритные характеристики ОРПП типа CALM, SALM, ALP и других типов, перечисленных в 6.2.2.2 предварительно могут приниматься по аналогии с данными существующих или исследованных причалов, приведенными в таблицах С.1-С.4 Приложения С.

6.2.2.7 Плавучесть причалов типа CALM обычно выполняется в виде цилиндра, диаметр которого значительно (в 3-4 раза) превышает высоту.

Диаметр плавучести колеблется от 6 м до 20 м:

- до 10 м - для кораблей дедвейтом до 100 тыс.т;
- до 15 м - для кораблей дедвейтом до 300 тыс.т;
- до 20 м - для кораблей дедвейтом до 700 тыс.т.

В зависимости от параметров волн диаметр буя выбирается из условий:

- 6 м - при высоте волн не более 6-7 м;
- 9-12 м - при высоте волн 9-10 м и скорости ветра до 50 м/с;
- более 12 м - при высоте волн > 10 м и скорости ветра > 50 м/с.

6.2.2.8 Высота буя причалов типа SALM, ALP, в отличие от ОРПП типа CALM, принимается в несколько раз (в 3-4) больше его диаметра, исходя из условия, что буй всегда будет находиться в притопленном состоянии и обеспечивать постоянное натяжение якорной (анкерной) связи с учетом колебаний уровня моря и действия волнения.

6.2.2.9 Водоизмещение плавучести причалов типа CALM должно быть достаточным для поддержания всех элементов причала на плаву и иметь запас плавучести не менее 5% при действии расчетных нагрузок. Для причалов типа SALM, ALP величину избыточного водоизмещения буя рекомендуется принимать в пределах 150-300 $м^3$.

6.2.2.10 Корпус плавучести разделяется на водонепроницаемые отсеки, обеспечивающие ее непотопляемость при затоплении одного (любого) отсека. Отсеки могут быть заполнены жестким негорючим или саморазбухающим заполнителем с водопоглощением до 3% по объему за 24 часа.

6.2.2.11 Остойчивость плавучих элементов причала должна быть обеспечена на всех этапах буксировки, установки и эксплуатации. Угол крена плавучести при нахождении на ней личного состава при производстве работ не должен превышать 10^0.

6.2.2.12 Общая и местная прочность корпуса плавучести должна соответствовать "Правилам классификации и постройки морских судов" Морской Регистр Судоходства [21]. Корпус должен иметь ледовый пояс применительно к категории Л1 (самостоятельное плавание в Арктике в разреженных битых льдах и круглогодично в замерзающих неарктических морях в легких ледовых условиях). Корпус должен быть рассчитан на давление волн и на внешнее гидростатическое давление с учетом притопления плавучести под действием швартовных нагрузок. Конфигурация корпуса должна выбираться с учетом обеспечения безопасности при навале корабля на причал.

6.2.2.13 Массу металлоконструкций плавучести для предварительных расчетов рекомендуется ориентировочно принимать равной:

- для причалов типа CALM - 0,18-0,2 т/м^3;
- для причалов типа SALM, ALP - 0,2-0,3 т/м^3.

6.2.2.14 Для обтяжки бриделей плавучесть причалов типа CALM оборудуется грузовыми стрелами грузоподъемностью 100-150 кН (10-15 тс), гидроплунжерными или другими устройствами.

6.2.2.15 Якорная система ОРПП типа CALM должна включать не менее 4 якорных связей. Для повышения устойчивости причала в случае обрыва одной из якорных связей рекомендуется принимать от 6 до 8 якорных связей.

В состав каждой якорной связи рекомендуется включать:

- якорную цепь калибром не менее 77 мм третьей категории прочности;

- подвесной массив массой до 10 т;

- один-два гравитационных призматических якоря или якоря судового типа повышенной держащей силы массой до 15-20 т.

В качестве якорей рекомендуется использовать также анкерные сваи.

6.2.2.16 Длины якорных цепей предварительно принимаются равными 3-5 глубин воды в месте установки причала, исходя из условия наличия горизонтального участка цепи перед якорем длиной 10-25 м при действии максимальной нагрузки. Принятая длина цепей уточняется расчетом в соответствии с рекомендациями 6.2.3.

6.2.2.17 Минимальные значения коэффициента запаса прочности цепи по отношению к разрывной нагрузке для многоякорных ОРПП типа CALM или одноякорных типа SALM с вертикальным обтянутым бриделем приведены в таблице 6.6. Для ОРПП типа швартовной бочки на одиночном провисающем бриделе коэффициенты запаса прочности цепей приведены в Приложении Н.

Таблица 6.6 - Коэффициенты запаса прочности цепей

Расчетный срок эксплуатации ОРПП, лет	2	5	10	15	20	25
Коэффициент запаса прочности k_s	1,7	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0

6.2.2.18 Комплектацию бриделей рекомендуется принимать аналогично бриделям рейдовых стоянок (6.1.1.15). Крепление бриделей на корпусе плавучести ОРПП должно обеспечивать легкую и удобную обтяжку цепей. Рекомендуется использование тарельчатых стопоров по типу используемых на плавучих причалах.

6.2.2.19 На причалах типа SALM, ALP, SALS и т.п. с одиночной вертикальной постоянно обтянутой якорной связью в качестве якорной связи, в зависимости от глубины воды, используются:

- якорные цепи калибром более 110 мм третьей категории прочности;

- штанговые опоры в виде трубы, фермы и т.п., состоящие из одной или нескольких частей, разделенных шарнирами;

- комбинированные якорные связи из цепи и штанговой опоры.

Схема для выбора конструкции анкерной связи и определения габаритных характеристик ОРПП типа SALM приведена на рисунке 6.10.

6.2.2.20 Соединение буя причалов типа SALM с якорной связью и якорной связи с фундаментной плитой обеспечивается специальными универсальными шарнирами, исключающими необходимость наличия на буе поворотного швартовного стола.

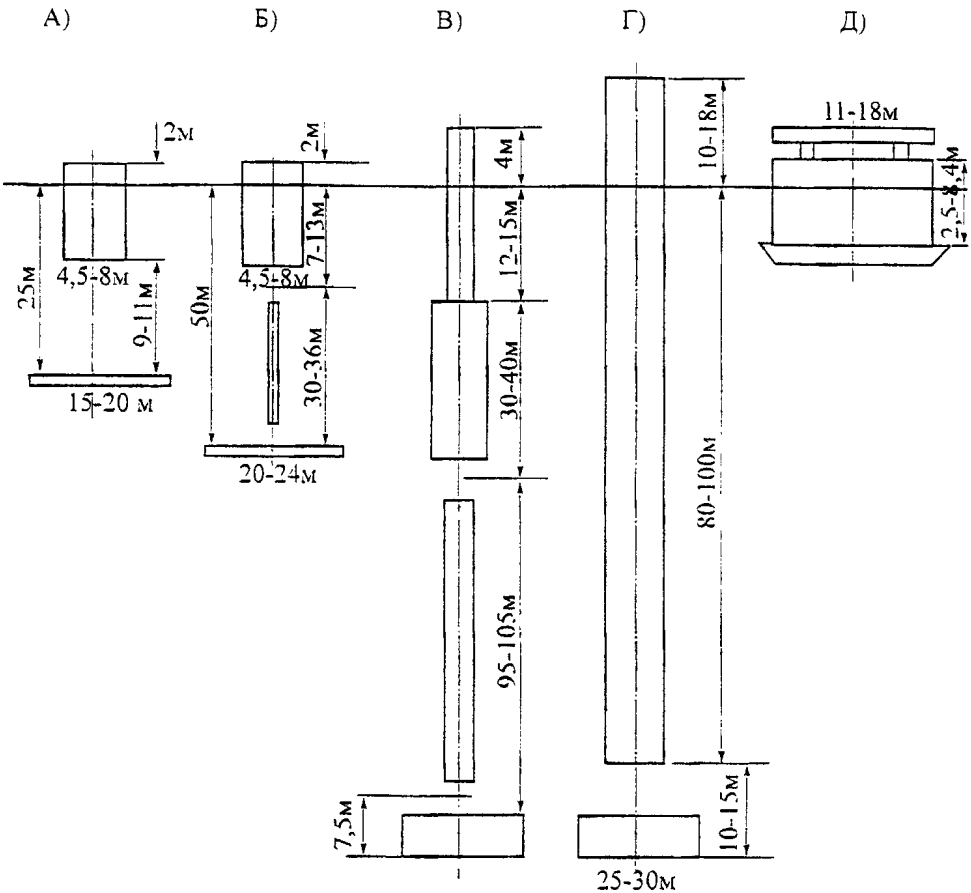
6.2.2.21 Усилие первоначальной обтяжки якорной связи ОРПП типа SALM (величина избыточной плавучести буя) рекомендуется принимать порядка 1500-3000 кН (150-300 тс). Размеры буя должны исключать возможность ослабления и возникновения рывков в якорной связи в процессе эксплуатации при колебаниях уровня моря, действии волнения и швартовных нагрузок.

Расчеты элементов якорной связи ОРПП должны выполняться с учетом усталостных явлений, возникающих при циклических нагружениях. Конструкция универсальных шарниров должна обеспечивать их защиту от коррозии в течение всего периода эксплуатации.

6.2.2.22 Фундаментная плита причалов типа SALM может быть свайной или гравитационной.

Гравитационная фундаментная плита должна обеспечивать круговое действие. Рекомендуется применять плавучие металлические, железобетонные или композитные конструкции, буксируемые к месту установки, затапливаемые и загружаемые балластом массой до 1500-2000 т. Более точно расчет таких фундаментных плит может быть выполнен по рекомендациям 6.1.3.27, 6.1.3.28 из условий устойчивости на сдвиг и опрокидывание.

Более распространенным решением в настоящее время являются свайные фундаменты, в которых крепление фундаментной плиты к дну осуществляется несколькими сваями. Расчет таких фундаментных плит может производиться в соответствии с обычными методами расчета свайных оснований.



а - SALM на цепной опоре;
б - SALM на комбинированной опоре;
в - SALM на жесткой, шарнирно-закрепленной опоре;
г - шарнирно–закрепленная плавучая башня;
д - причал типа SALM

Рисунок 6.10 – Характерные размеры и глубины воды для различных типов ОРП

6.2.2.23 В качестве швартовов обычно используются комбинированные швартовы из сдвоенных синтетических канатов окружностью 380-550 мм и отрезков цепей калибром 77 мм. Принципиальная схема комплектации швартовов приведена на рисунке 6.11.

6.2.2.24 Длину швартовов рекомендуется принимать равной:

- для кораблей дедвейтом до 100000 т - 30-40 м;

- для кораблей дедвейтом свыше 100000 - 40-50 м.

6.2.2.25 Количество и предварительную нагрузку на швартовные канаты рекомендуется принимать по данным таблицы 6.7 в зависимости от водоизмещения расчетного корабля.

Таблица 6.7 - Количество и расчетные нагрузки на швартовные канаты

Дедвейт корабля, тыс.т	Количество креплений (швартовов)	Расчетная нагрузка на одно швартовное крепление, МН
до 100	1	1,0
100-150	1	2,0
150-300	2	2,0
более 300	2	2,5

6.2.2.26 Коэффициент запаса прочности швартовов по отношению к разрывной нагрузке следует принимать не менее:

1,7 - для цепных швартовов;

3,0 - для металлических тросов;

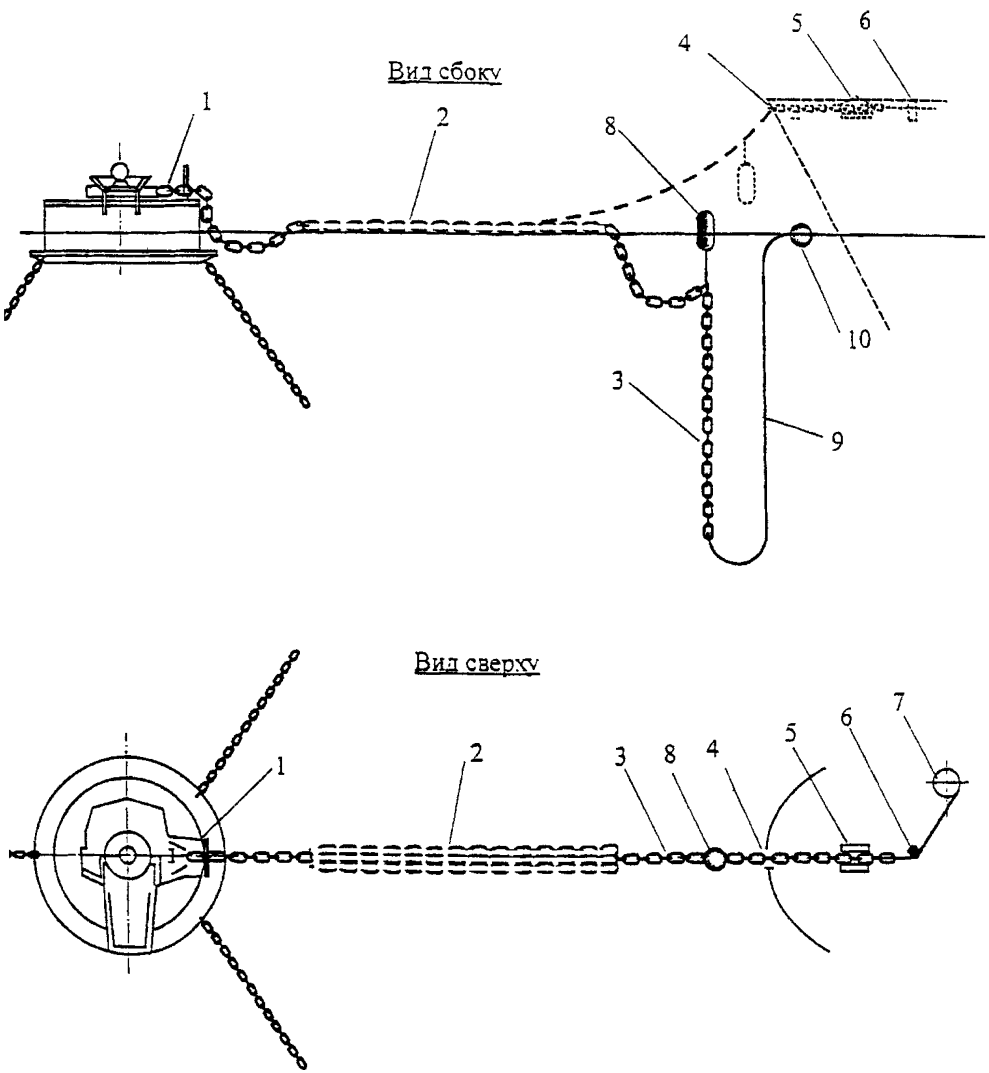
3,5 - для тросов из синтетических материалов.

6.2.2.27 Основными элементами грузовой системы ОРПП типа CALM являются:

- подводные гибкие шланги, соединяющие плавучесть с манифольдом подводного магистрального трубопровода;

- вертлюг трубопроводов;

- плавучие гибкие шланги, соединяющие плавучесть с ошвартованным танкером.



1 – узел крепления концевого участка цепи швартова с поворотным столом бочки; 2 – вставка из нейлоновых тросов с поплавками; 3 – концевые участки цепей; 4 – швартовный клюз; 5 – судовой стопор; 6-роульс; 7 – шпиль; 8 – поддерживающий буй; 9 – подъемный трос (проводник); 10 - буй

Рисунок 6.11 – Типовое швартовное устройство

6.2.2.28 Подводные гибкие шланги не должны препятствовать перемещениям плавучести, обусловленным приливом, волнением и швартовными нагрузками. Рекомендуемые конфигурации подводных шлангов показаны на рисунке 6.12. Схемы типа "LAZZYS" и "китайский фонарик" используются при глубине воды до 50 м, а остальные - свыше 50 м.

6.2.2.29 Вертлюг трубопроводов причалов типа CALM располагается на плавучести причала и обеспечивает вращение плавучего шланга на 360^0 вместе с поворотным швартовным устройством.

6.2.2.30 На причалах типа SALM, ALP подводные гибкие шланги между подводным магистральным трубопроводом и плавучестью ОРПП обычно отсутствуют. Вертлюг трубопроводов монтируется прямо на фундаментной плите (при использовании в качестве анкерной связи якорной цепи) или в верхней части трубчатого стояка. Гибкие плавучие шланги монтируются непосредственно к подводному вертлюгу трубопроводов и передаются на ошвартованный корабль.

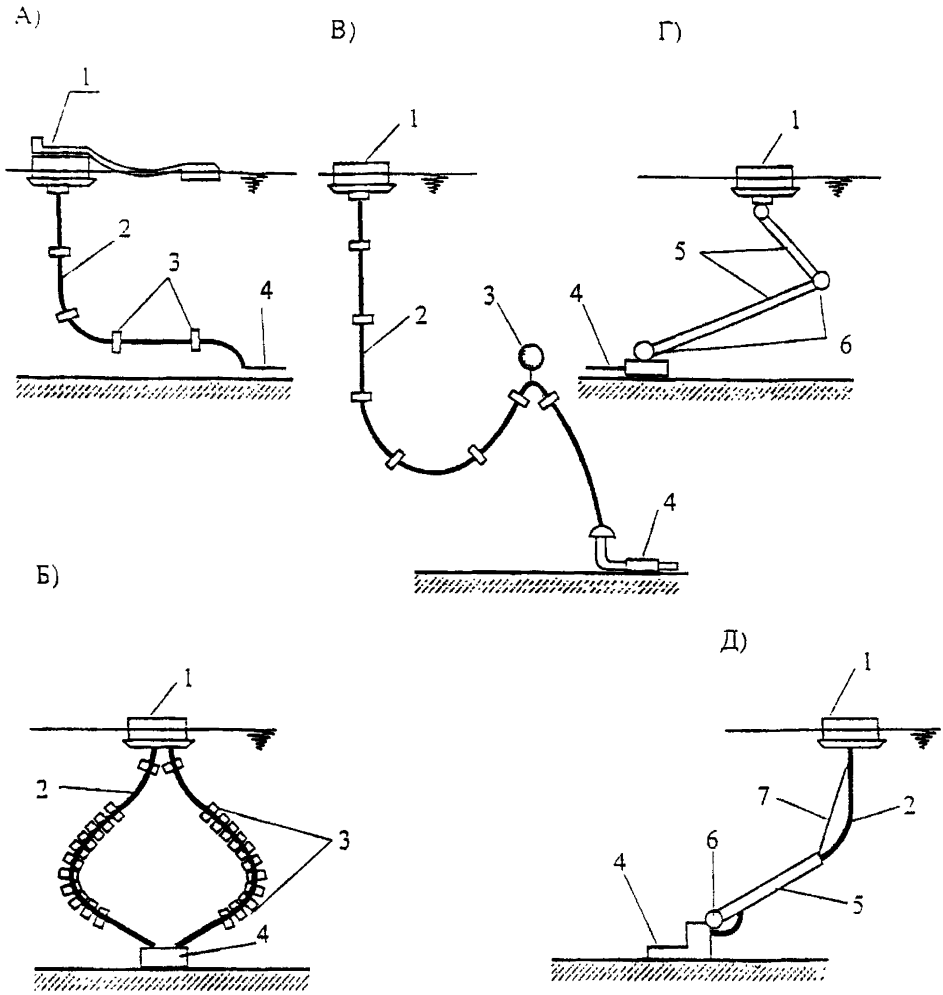
6.2.2.31 На причалах типа SALS гибкие шланги отсутствуют. Передача нефтепродуктов осуществляется непосредственно по жесткой швартовной раме. На башенных причалах передача шлангов на ошвартованный корабль может осуществляться с помощью грузовых стрел и других механизмов.

6.2.3 Расчет нагрузок на причал, усилий в швартовах и бриделях.

6.2.3.1 Расчет нагрузок на причал, усилий в швартовах и бриделях следует производить для двух случаев эксплуатации ОРПП:

- первый (эксплуатационный) - у причала ошвартован корабль; действуют ветер, течение и волнение с наиболее неблагоприятными параметрами, допускаемыми в период стоянки корабля;

- второй (режим выживания) - причал без ошвартованного корабля; действуют ветер, течение и волнение с наиболее неблагоприятными параметрами, возможными в районе установки с учетом класса капитальности сооружения.



а - типа «LAZZY»; б – типа «китайский фонарик»; в – типа «STEEP S»; г – типа «Flexpipe»; д – типа «Hose-pipe»
1 – швартовная бочка; 2 – подводный шланг; 3 – поплавки; 4 – донный трубопровод; 5 – стальные трубопроводы; 6 – шарниры; 7 – удерживающий трос

Рисунок 6.12 – Схемы присоединения подводных шлангов различной конфигурации

Для первого случая эксплуатации ОРПП расчет нормативных нагрузок на причал и усилий в швартовах и бриделях производится в соответствии с указаниями 6.2.3.4-6.2.3.16 настоящей Инструкции в три этапа:

- рассчитывают нагрузки от корабля на причал, усилия в бриделях и швартовах, обусловленные действием ветра и течения, с учетом рыскания и дрейфа корабля;

- рассчитывают усилия, возникающие в бриделях и швартовах от действия волн;

- определяют суммарные усилия в бриделях и швартовах при совместном действии ветра, течения и волн.

Для второго случая эксплуатации ОРПП (режима выживания) расчет производится согласно указаниям разделов СНиП по определению нагрузок и воздействий, ВСП 31-01-00 /МО РФ. «Инструкция по расчету и проектированию якорных систем плавучих объектов ВМФ», утвержденная Начальником строительства и расквартирования войск – Заместителем Министра обороны РФ, Главнокомандующим ВМФ [1], известным методам расчета плавучих заякоренных сооружений и т.п.

6.2.3.2 Расчетные нагрузки и усилия следует определять путем умножения их нормативных значений на коэффициент перегрузки, равный 1,1.

6.2.3.3 При расчете нагрузок на ОРПП причал следует рассматривать как плавучее обтекаемое упруго закрепленное тело. Нагрузки следует определять с учетом динамического действия волн и колебаний причала при волнении.

6.2.3.4 Нагрузки, передаваемые кораблем на причал под действием ветра и течения, допускается определять по указаниям 6.2.3.5-6.2.3.8. При наличии программного обеспечения, позволяющего численно моделировать условия стоянки корабля, расчеты более целесообразно производить с использованием ПЭВМ. Исходные допущения и основные уравнения, используемые в расчете, а также программа расчета на ПЭВМ и инструкция по ее применению приведены в ВСН 117-84 «Инструкция по проектированию одноточечных рейдовых плавучих причалов для крупных кораблей ВМФ», утвержденная Начальником ГИУ ВМФ [28].

6.2.3.5 Горизонтальная проекция швартовной нагрузки, передаваемая от корабля на причал при воздействии ветра и течения с учетом рыскания и дрейфа корабля, кН, вычисляется по формуле:

$$F = \varepsilon_т \left(Q_x + Q_x^т \right), \tag{6.46}$$

где $\varepsilon_т$ - коэффициент, зависящий от типа и характеристик причала, определяемый согласно указаниям 6.2.3.8;

Q_x - продольная нагрузка на корабль от ветра, кН;

$Q_x^т$ - продольная нагрузка на корабль от течения, кН.

6.2.3.6 Продольная нагрузка на корабль от ветра, кН, вычисляется по формуле:

$$Q_x = c_x p_в \cdot A_{нп}, \tag{6.47}$$

где c_x - аэродинамический коэффициент, принимаемый равным 1,0;

$p_в$ - скоростной напор ветра, кН/м^2 (1 кН/м^2≈0,1 тс/м^2).

Скоростной напор ветра $p_в$, кН/м^2, следует принимать по справочным данным или вычислять по формуле:

$$p_в = \frac{1}{2} \rho_в U_v^2, \tag{6.48}$$

где $\rho_в$ в т/м^3, а U_v в м/с.

6.2.3.7 Продольную нагрузку, кН, на корабль от течения следует определять по формуле:

$$Q_x^т = c_c p_c \cdot A_{пл}, \tag{6.49}$$

где c_c - гидродинамический коэффициент, принимаемый равным 1,2;

p_c - скоростной напор течения, кН/м^2

$$p_c = \frac{1}{2} \rho_c U_т^2, \tag{6.50}$$

где ρ_c в т/м^3, а $U_т$ в м/с.

6.2.3.8 Значение коэффициента $\varepsilon_т$ для причалов с повышенными амортизирующими свойствами (рисунок 6.8) следует принимать равным 2,2, а для причалов других типов - определять следующим образом:

- для многоякорных причалов на одиночных швартовных бочках типа «riser-type moorin», (рисунок 5.1в), причалов типа швартовной бочки на вертикальном предварительно обтянутом цепном бриделе (рисунок 5.3) и башенного типа на вертикальной штанговой опоре (рисунок 5.2б) - по графикам, приведенным на рисунке 6.13;

- для причалов типа швартовной бочки на провисающем бриделе (рисунок 5.1а) - по графикам на рисунке 6.14;

- для причалов башенного типа на нескольких провисающих бриделях (рисунок 6.9) - по графикам на рисунке 6.15.

Значения величин Ψ_2-Ψ_7, приведенных на рисунках 6.13-6.15, следует вычислять по формулам:

$$\psi_2 = D \sqrt[3]{\frac{\rho_c}{m_k}}; \tag{6.51}$$

$$\psi_3 = l_ш \sqrt[3]{\frac{\rho_c}{m_k}}; \tag{6.52}$$

$$\psi_4 = \frac{l_б}{D}; \tag{6.53}$$

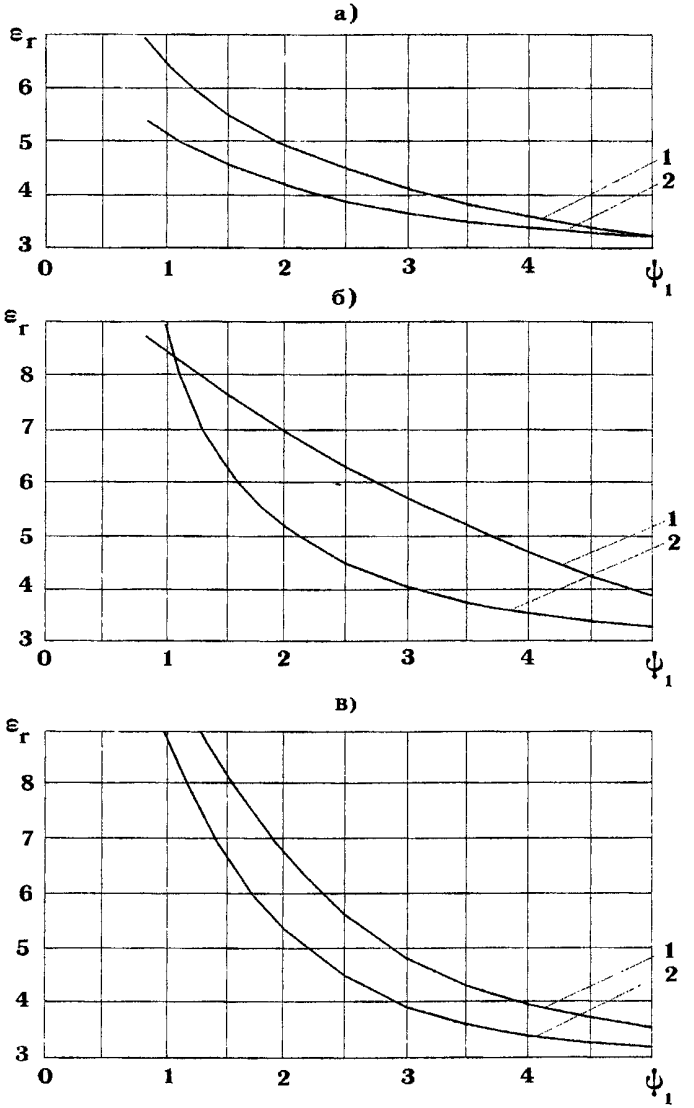
$$\psi_5 = \frac{D_1}{(Q_x + Q_x^т)\cdot l_c}; \tag{6.54}$$

$$\psi_6 = \frac{l_c}{D}; \tag{6.55}$$

$$\psi_7 = l_c \sqrt[3]{\frac{\rho_c}{m_k}}. \tag{6.56}$$

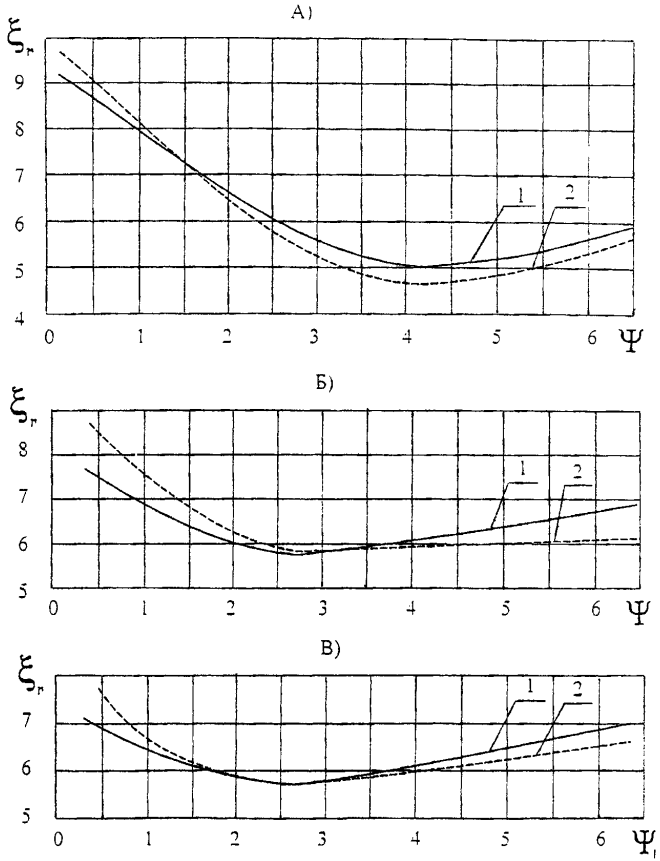
где l_c - проекция на вертикальную плоскость расстояния между точками крепления к причалу швартова и бриделей, м;

D_1 - коэффициент остойчивости причала, кН·м/рад. (1 кН·м/рад.≈0,1 тс·м/рад.), вычисляемый по формуле



а - $\phi_3 \leq 1{,}0$; б - $\phi_3 = 1{,}3$; в - $\phi_3 \geq 1{,}6$;
1 - $\phi_2 \leq 0{,}8$; 2 - $\phi_2 \geq 2{,}0$;

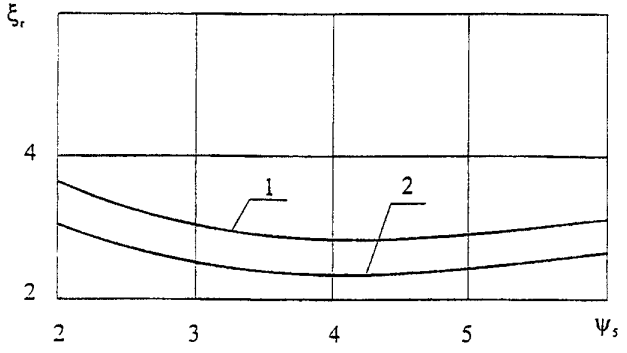
Рисунок 6.13 – Графики для определения коэффициента $\xi_г$ для ОРПП на вертикальном бриделе



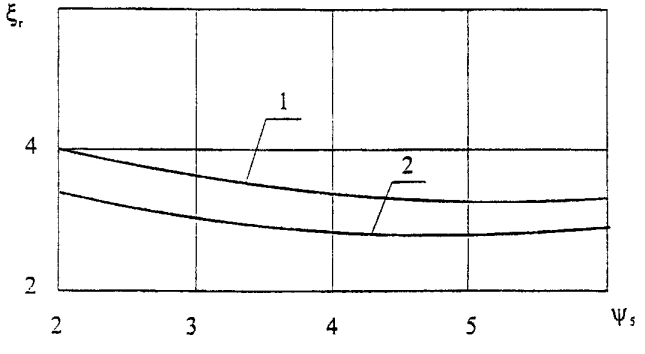
а – $\psi_1 \leq 1{,}1$; б – $\psi_1 = 1{,}3$; в - $\psi_1 \geq 1{,}5$;
1 – $\psi_2 \leq 0{,}8$; 2 – $\psi_2 \geq 2.0$

Рисунок 6.14 – Графики для определения коэффициента ξ_r для ОРПП типа швартовной бочки на провисающем бриделе

а)



б)



а – $\psi_7 \leq 1{,}0$; б – $\psi_7 \geq 2{,}0$;
1 – $\psi_6 \leq 0{,}3$; 2 – $\psi_6 \geq 0{,}6$

Рисунок 6.15 – Графики для определения коэффициента ξ_r для ОРПП башенного типа на нескольких провисающих бриделях

$$D_1=g(m_в l_d+0{,}5m_п l_a+\rho_c I_в); \quad (6.57)$$

где $m_в$ - масса плавучести, т, без учета жидкого балласта;

$m_п$ - суммарная масса всех бриделей, т;

l_d - расстояние по высоте, м, между центром массы причала и центром водоизмещающего объема (центром величины);

l_a - расстояние, м, от нижней точки крепления бриделей на причале до поверхности воды;

$I_в$ - момент инерции, $м^4$, площади сечения ОРПП по ватерлинии относительно его поперечной оси.

Параметр Ψ_1 следует принимать равным:

- для причала типа швартовной бочки на цепном бриделе (рисунок 5.1а,в, 5.3а)

$$\psi_1 = \frac{\Delta V_б}{Q_x + Q_x^т}; \quad (6.58)$$

- для причалов башенного типа на вертикальной (штанговой опоре) (рисунок 5.2б, 5.3в)

$$\psi_1 = \frac{D_2}{(Q_x + Q_x^т)D}, \quad (6.59)$$

где D_2 - коэффициент остойчивости причала, кН·м/рад., вычисляемый по формуле

$$D_2 = g(m_в l_d + \rho_c I_в) + \Delta V_б D, \quad (6.60)$$

$\Delta V_б$ - избыточная плавучесть швартовной бочки, кН, при полном погружении вычисляемая по формуле

$$\Delta V_б=g(\rho_c V_б - m_р), \quad (6.61)$$

где g - ускорение силы тяжести (g=9,81 м/с^2);

$m_р$ - суммарная масса причала, включающая массы плавучестей (без учета жидкого балласта), оборудования, швартовов и бриделей.

Для значений параметров Ψ_1-Ψ_7, не приведенных на рисунках 6.13-6.15, коэффициенты ε_r следует находить линейной интерполяцией.

6.2.3.9 Кинетическую энергию, кНм, передаваемую кораблем на причал в результате рыскания и дрейфа корабля, следует вычислять по формуле:

$$E = \xi_e \left(Q_x + Q_x^r\right)\sqrt{A_{нб}}\,, \qquad (6.62)$$

где ξ_e - коэффициент, принимаемый равным:

0,2 - для причалов типа швартовной бочки с провисающим бриделем (рисунок 5.1а);

0,3 - для причалов типа швартовной бочки на вертикальном бриделе (рисунок 5.1в, 5.3) и причалов башенного типа (рисунок 5.2б);

0,35 - для причалов с повышенными амортизирующими свойствами (рисунки 6.7-6.8).

6.2.3.10 Усилия в швартове и бриделе от действия ветра и течения следует определять из условия обеспечения равновесия системы "корабль-швартов-причал-бридель-якорь" по известной горизонтальной нагрузке F, передаваемой от корабля на причал, и характеристикам причала. Нагрузка F определяется по указаниям 6.2.3.5 и приложена в точке крепления швартова к кораблю. При определении усилий в швартове и бриделе следует рассматривать статическое равновесие системы: "корабль-швартов-причал-бридель-якорь" в условиях плоской задачи. Расчеты могут проводиться по рекомендациям ВСП 33-01-00/МО РФ. «Инструкция по расчету и проектированию якорных систем плавучих объектов ВМФ», утвержденная Начальником строительства и расквартирования войск – Заместителем Министра обороны РФ, Главнокомандующим ВМФ [1], а для ОРПП типа одиночной рейдовой бочки с провисающим бриделем в соответствии с 6.1.3.3.9 - 6.1.3.3.12.

6.2.3.11 При расчете усилий в швартове и бриделе от действия волн в качестве исходного принимается такое состояние системы "корабль-причал", которому соответствуют максимальные усилия от действия ветра и течения.

6.2.3.12 Усилия в швартове и бриделе от действия волн должны определяться с учетом одностороннего характера их работы, характеризуемого периодическим чередованием в них рывков и разгрузки. Усилия в швартове или бриделе от волн, кН, следует определять по формуле:

$$S_\omega = \zeta_1 \cdot \zeta_2 \cdot \zeta_3 \cdot \frac{h_\omega}{\tau_\omega} \sqrt{\frac{v_e \cdot \rho_c \cdot N_p}{l}}, \qquad (6.63)$$

где ζ_1 - коэффициент, принимаемый равным: 25 - для причалов типа швартовной бочки (рисунок 5.1а,в); 12 - для причалов башенного типа (рисунки 5.2, 5.3); 18- для причалов с повышенными амортизирующими свойствами (рисунки 6.7-6.8);

ζ_2 - коэффициент, определяемый по таблице 6.8 в зависимости от параметра d, вычисляемого по формуле

$$d = \frac{2\sqrt[3]{v_e}}{\bar{\lambda}}; \qquad (6.64)$$

ζ_3 - коэффициент, равный: 1,0 - при использовании в качестве швартовов и бриделей тросов или цепей 3-ей категории прочности; 0,85 - 2-ой категории прочности;

v_e - объем плавучестей причала ниже ватерлинии, $м^3$, включая объемы, заполненные водой;

N_p - пробная нагрузка, кН, для рассчитываемой связи (швартова или бриделя);

l - длина, м, швартова (если определяется усилие в швартове) или бриделя (при определении усилия в бриделе).

Таблица 6.8 – Величины коэффициента ζ_2

d	0,05 и менее	0,1	0,2	0,3	0,4 и более
ζ_2	0,9	0,8	0,65	0,5	0,3

6.2.3.13 При раскреплении ОРПП на нескольких бриделях усилия в них определяются в предположении, что вся нагрузка воспринимается одним бриделем, а затем найденное усилие умножается на коэффициент, равный: 1,0 - при трех-четырех бриделях; 0,75 - при шести бриделях; 0,60 - при восьми и более бриделях.

Более точно распределение усилий в системе якорного раскрепления ОРПП типа CALM может быть вычислено по рекомендациям ВСП 33-01-00/МО РФ. «Инструкция по расчету и проектированию якорных систем плавучих объектов ВМФ»,

утвержденная Начальником строительства и расквартирования войск – Заместителем Министра обороны РФ, Главнокомандующим ВМФ [1] для объектов точечного типа.

В случае швартовки корабля к причалу двумя швартовами, усилия в них определяются также в предположении, что вся нагрузка воспринимается одним швартовом, затем найденные усилия умножаются на коэффициент, равный: 0,75 - для ОРПП на вертикальной обтянутой опоре (рисунок 5.3, рисунок 6.8); 0,85 - для ОРПП других типов.

6.2.3.14 Усилия в швартовах и бриделях от совместного действия ветра, течения и волн следует определять путем суммирования усилий, возникающих отдельно от каждого из перечисленных видов воздействий.

6.2.3.15 Нагрузка на якорь (вертикальная и горизонтальная) определяется по усилию в бриделе и его ориентации в пространстве. Для рейдовых причалов в виде одиночной швартовной бочки с провисающим бриделем усилия определяются по рекомендациям 6.1.3.18-6.1.3.22, для причалов типа CALM - по рекомендациям ВСП 33-01-00/МО РФ. «Инструкция по расчету и проектированию якорных систем плавучих объектов ВМФ», утвержденная Начальником строительства и расквартирования войск – Заместителем Министра обороны РФ, Главнокомандующим ВМФ [1].

6.2.3.16 Для причалов с вертикально натянутой якорной связью типа SALM, ALP, SALS и т.п. полное усилие в бриделе и нагрузка на якорь в эксплуатационном режиме определяются в следующем порядке.

В первую очередь строится жесткостная характеристика рейдового причала. Для этого задаются углы отклонения якорной связи от вертикали β, а затем находится величина горизонтальной нагрузки на буй по формуле

$$\overline{H} = \begin{cases} (S_0 + \gamma \cdot A_б \cdot Z) \cdot tg\beta, & \text{при } Z = l_б(1 - cos\beta) < H_{би} \\ (S_0 + W) \cdot tg\beta, & \text{при } Z \geq H_{би} \end{cases} \qquad (6.65)$$

$$W = \gamma \cdot A_б \cdot H_{би},$$

где S_0 - усилие начального натяжения бриделя с учетом приливных колебаний уровня моря, кН;

γ - объемный вес воды, принимаемый равным $\gamma = 9{,}81$ кН/м^3;

$A_б$ - площадь ватерлинии буя, м^2;

Z - величина погружения буя при его отклонении от вертикали, м,

$l_б$ - длина бриделя, м;

$H_{бн}$ - высота надводного борта буя, м, с учетом приливных колебаний уровня моря.

Условие $Z < H_{бн}$ соответствует неполному, а $Z \geq H_{бн}$ - полному погружению буя.

Строятся графики зависимости горизонтальной составляющей усилия в бриделе H, кН, а также вертикальной составляющей усилия в бриделе $V_b = S_0 + \gamma A_b Z$, кН, от величины горизонтального смещения точки крепления бриделя к бую ОРПП x_b, м, определяемого по формуле $x_b = l_b \sin\beta$. По полученным зависимостям $H = f(x_b)$ и $V_b = f(x_b)$, для определенного согласно 6.2.3.5 значения расчетного усилия F, кН, на причал, находятся соответствующие значения вертикальной составляющей усилия в бриделе V_b, горизонтального смещения буя x_b (без учета крена буя) и угла отклонения бриделя от вертикали β.

Полная величина вертикальной составляющей усилия в бриделе ОРПП типа SALM с учетом массы бриделя и колебаний уровня моря находится по формулам:

- у буя причала

$$V_b^b = V_b + \frac{q_b l_b}{1{,}15} + \gamma A_b \Delta H \leq S_0 + W + \frac{q_b l_b}{1{,}15}; \qquad (6.66)$$

- у якоря причала

$$V_b^a = V_b + \gamma A_b \Delta H \leq S_0 + W, \qquad (6.67)$$

где q_b - погонная масса бриделя в воздухе, т/м. пог;

l_b - длина бриделя, м;

ΔH - величина колебаний уровня моря в месте установки причала, м.

Максимальные значения вертикальных составляющих усилия в бриделе, определенные по формулам (6.66), (6.67), даже при значительных колебаниях уровня

моря, не могут превышать величин, соответствующих полному погружению буя ОРПП под воду.

Полное усилие в бриделе ОРПП типа SALM, кН, при действии горизонтальной швартовной нагрузки F, кН, вычисляется как равнодействующая полученных вертикальной и горизонтальной составляющих усилий по формулам:

- у буя причала

$$S_b^{b'} = \sqrt{F^2 + V_b^{b2}}, \tag{6.68}$$

- у якоря причала

$$S_b^{a'} = \sqrt{F^2 + V_b^{a2}}. \tag{6.69}$$

Максимальное расчетное усилие в бриделе ОРПП типа SALM с учетом действия волн вычисляется по формулам:

- у буя причала

$$S_b^b = 1{,}1\left(S_b^{b'} + S_w\right), \tag{6.70}$$

- у якоря причала

$$S_b^a = 1{,}1\left(S_b^{a'} + S_w\right), \tag{6.71}$$

где S_w - волновая составляющая усилия в бриделе, кН, определяемая по формуле (6.63).

Вертикальная V_a, кН, и горизонтальная H_a, кН, составляющие усилия на якорь ОРПП вычисляются соответственно по формулам:

$$V_a = S_b^a \cos\beta, \tag{6.72}$$

$$H_a = S_b^a \sin\beta.$$

Подбор характеристик якоря (фундаментной плиты) и оценку его устойчивости на сдвиг и опрокидывание допускается производить в соответствии с рекомендациями раздела 6.1.3.4. Учитывая, что основной нагрузкой на якорь (фундаментную плиту) ОРПП типа SALM является вертикальная нагрузка, массу якоря, определенную по формуле (6.41), целесообразно рассматривать как массу в воде.

6.2.3.17 Для определения усилия в бриделе ОРПП типа SALM в режиме выживания в первую очередь следует определить частоты (периоды) свободных горизонтальных w_x и вертикальных w_z колебаний причала по формулам:

$$w_x = \sqrt{\frac{K_x}{1{,}6\left(G_b + \frac{q_b l_b}{1{,}15}\right)}}, \qquad (6.73)$$

$$w_z = \sqrt{\frac{N_p}{2\delta l_b\left(G_b + \frac{q_b l_b}{1{,}15}\right)}},$$

где K_x - коэффициент жесткости системы раскрепления ОРПП в горизонтальной плоскости, определяемый по начальному участку жесткостной характеристики причала (6.2.3.16) как отношение $K_x = H / x_b$, кН/м;

g - ускорение силы тяжести, м/с^2;

G_b - вес конструкции буя, кН;

N_p - пробная нагрузка цепи для цепного бриделя или допускаемое усилие в канате, кН, при использовании в конструкции бриделя стальных, растительных или синтетических канатов, с учетом коэффициентов запаса прочности, приведенных в Приложении Н;

δ - относительное удлинение бриделя, принимаемое равным:

- для цепного бриделя - $\delta = 0{,}02$;
- для бриделя из стального троса - $\delta = 0{,}01$;
- для бриделя из растительного каната - $\delta = 0{,}1$;
- для бриделя из синтетического каната - $\delta = 0{,}2$.

Амплитуду горизонтальной нагрузки на буй в режиме выживания, кН, допускается определять по формуле

$$F_x = F_x^w + F_x^i + F_x^v, \qquad (6.74)$$

где F_x^w - ветровая нагрузка, кН, вычисляемая по формуле

$$F_x^w = C_x \frac{\rho_a u_v^2}{2} k_b A_n; \quad (6.75)$$

k_b - коэффициент изменения скоростного напора ветра по высоте, определяемый по рекомендациям 7.2.6.1;

C_x - аэродинамический коэффициент, принимаемый равным $C_x = 1,2$;

ρ_a - плотность воздуха, т/м^3;

u_v - расчетная скорость ветра заданной повторяемости, исходя из класса капитальности сооружения, м/с;

A_n - площадь надводной парусности буя, м^2;

F_x^t - нагрузка от течения, кН, вычисляемая по формуле

$$F_x^t = 0,59 A_p u_t^2; \quad (6.76)$$

A_p - площадь подводной парусности буя, м^2;

u_t - расчетная скорость течения заданной повторяемости, м/с;

F_x^v - квазистатическая волновая нагрузка на буй, кН, вычисляемая по формуле

$$F_x^v = A_x^v k_d^x + \overline{F}_x^v; \quad (6.77)$$

A_x^v - амплитуда волновой нагрузки на буй, определяемая по рекомендациям СНиП 2.06.04-82*. «Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Госстрой СССР [29] для обтекаемых и сквозных сооружений;

k_d^x - коэффициент динамичности горизонтальных колебаний причала, определяемый по формуле

$$k_d^x = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\sigma^2}{w_x^2}\right)^2 + 0,04 \frac{\sigma^2}{w_x^2}}}; \quad (6.78)$$

w_x - частота свободных горизонтальных колебаний буя, 1/с, определяемая по формуле (6.73);

σ - средняя частота волн, 1/с;

$\overline{F}_x^v$ - постоянная составляющая волнового давления на буй, кН, допускается принимать $\overline{F}_x^v = (0,05 \div 0,06)A_x^v$.

Вертикальные составляющие усилия в бриделе у буя V_b^b, кН, и якоря V_b^a, кН, горизонтальное смещение точки крепления бриделя к бую x_b, м, и угол отклонения бриделя от вертикали β, град., обусловленные действием равнодействующей горизонтальных нагрузок на буй от ветра, течения и волн F_x, кН, с учетом массы бриделя и колебаний уровня моря, определяются по графикам жесткостных характеристик ОРПП $H = f(x_b)$ и $V_b = f(x_b)$, построенным в соответствии с рекомендациями 6.3.2.16, и формулам (6.66), (6.67).

Амплитуду вертикальной составляющей волновой нагрузки на буй допускается определять по формуле

$$A_z^v = 0,5\gamma A_b h, \tag{6.79}$$

где h - расчетная высота волн 3% обеспеченности заданной повторяемости, исходя из класса капитальности причала, м.

Полные величины вертикальных составляющих усилий в бриделе ОРПП типа SALM, кН, с учетом действия волн в режиме выживания определяются по формулам:

- у буя причала

$$V_{bw}^b = V_b^b + A_z^v k_d^z; \tag{6.80}$$

- у якоря причала

$$V_{bw}^a = V_b^a + A_z^v k_d^z, \tag{6.81}$$

где k_d^z - коэффициент динамичности вертикальных колебаний причала, определяемый по формуле

$$k_d^z = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\sigma^2}{w_z^2}\right)^2 + 0,04\frac{\sigma^2}{w_z^2}}}; \tag{6.82}$$

w_z - частота свободных горизонтальных колебаний буя, 1/с, опре-

деляемая по формуле (6.73);

Максимальные расчетные усилия в бриделе ОРПП типа SALM, кН, в режиме выживания вычисляются как равнодействующие вертикальных и горизонтальных составляющих усилий по формулам:

- у буя причала

$$S_b^b = 1{,}1\sqrt{F_x^2 + V_{bw}^{b2}}, \tag{6.83}$$

- у якоря причала

$$S_b^a = 1{,}1\sqrt{F_x^2 + V_{bw}^{a2}}. \tag{6.84}$$

Величины горизонтальной и вертикальной составляющих усилий на якорь (фундаментную плиту) ОРПП определяются аналогично рекомендациям 6.2.3.16 (формулы (6.68), в которых угол β принимается соответствующим определенному выше, по жесткостным характеристикам причала $H = f(x_b)$ и $V_b = f(x_b)$, отклонению буя x_b при действии равнодействующих нагрузок на буй от ветра, течения и волн F_x.

При правильном подборе параметров ОРПП типа SALM и допускаемых условий для его установки должно выполняться условие

$$S_0 \geq 1{,}1\left(\frac{q_b l_b}{1{,}15} + \gamma A_b \Delta H + A_z^v k_d^z\right), \tag{6.85}$$

Условие (6.85) обеспечивает исключение возможности ослабления и возникновения рывков в бриделе в режиме выживания причала.

В ходе расчетов рекомендуется рассматривать не только волнение с расчетными параметрами заданной повторяемости, соответствующими классу капитальности сооружения, но и несколько волн с различными длинами и частотами, охватывающими диапазон частот свободных горизонтальных и вертикальных колебаний ОРПП. Целесообразно проводить проверочные расчеты ОРПП типа SALM на резонансные горизонтальные и вертикальные колебания при действии волн, частота которых может совпадать с частотами свободных колебаний ОРПП.

6.2.3.19. Примеры расчета одноточечных рейдовых причалов приведены в Приложении Т.

7 Многоточечные плавучие рейдовые причалы

7.1 Общие положения по проектированию многоточечных рейдовых плавучих причалов

7.1.1 Многоточечные плавучие рейдовые причалы представляют собой систему из двух или более якорно-швартовных систем (одноточечных рейдовых причалов), расположенных вокруг корабля и обеспечивающих его удержание швартовкой за несколько точек. Кроме якорно-швартовных систем корабль обычно дополнительно удерживается собственными якорями. Для погрузки (выгрузки) нефти, нефтепродуктов и других наливных грузов многоточечные рейдовые причалы могут оборудоваться поднимаемым на корабль топливным буем с гибким шлангом, присоединенным к манифольду подводного магистрального трубопровода. Перегрузка грузов может осуществляться также путем швартовки судов борт к борту и т.п. Системы якорно-швартовных связей по типу многоточечных рейдовых причалов используются также для дополнительного удержания кораблей у стационарных и плавучих причалов в тяжелых естественных условиях. Характерные конструктивные схемы многоточечных плавучих рейдовых причалов показаны на рисунке 5.1б. Швартовка кораблей к швартовным бочкам многоточечного причала может осуществляться как собственными швартовными канатами, так и швартовами, являющимися принадлежностью швартовных бочек (причала).

7.1.2 Многоточечные плавучие рейдовые причалы отличаются большим разнообразием, как по назначению, конструктивной и расчетной схемам, так и по условиям эксплуатации. Разработка и установка многоточечных рейдовых причалов должны производиться только по индивидуальным проектам с учетом конкретных особенностей расчетных кораблей и фактических естественных условий рассматриваемого места установки. Разнообразие и сложность многоточечных рейдовых причалов затрудняют разработку однозначных требований по их проектированию. Поэтому положения настоящей Инструкции имеют, в основном, рекомендательный характер.

7.1.3 Исходные данные для проектирования многоточечных рейдовых причалов принимаются аналогичными исходным данным для проектирования рейдовых стоянок на одиночных швартовных бочках и одноточечных рейдовых причалов, перечисленных в 6.1.2.7, 6.2.1.4. Особое внимание следует уделять гидрографическим условиям района установки причала, гидрометеорологическим условиям и фактическим характеристикам всех якорно-швартовных и буксирных устройств расчетного корабля. При использовании систем швартовных бочек для дополнительного удержания корабля у стационарного или плавучего причала, необходимы подробные исходные данные по конструкции причала, его швартовным и отбойным устройствам, жесткостным характеристикам якорной системы плавучего причала и другие.

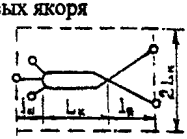
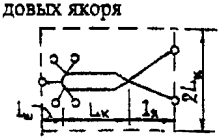
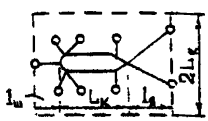
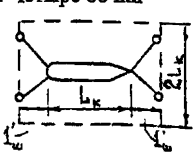
7.1.4 Многоточечные рейдовые причалы целесообразно использовать для кораблей водоизмещением до 150000 т и устанавливать в условиях стесненных акваторий с глубиной до 300 м, при необходимости фиксированного положения корабля, в районах с относительно благоприятными гидрометеоусловиями и ярко выраженным господствующим направлением ветров, волнения и течения. На основании обобщения опыта эксплуатации рекомендуется использование многоточечных причалов при следующих гидрометеоусловиях:

- постановка корабля к причалу
  скорость ветра до 10 м/с,
  высота волн до 1,0-1,25 м;
- грузообработка корабля у причала
  скорость ветра до 15 м/с,
  высота волн до 1,25-2,0 м;
- стоянка корабля у причала
  скорость ветра до 17-20 м/с,
  высота волн до 2,0-2,5 м;
- отход корабля от причала
  скорость ветра более 20 м/с,
  высота волн более 2,5 м.

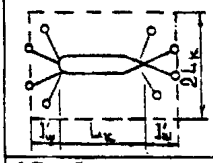
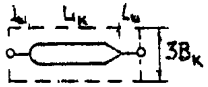
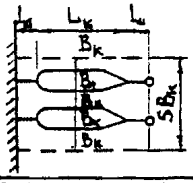
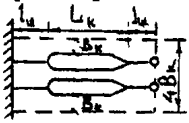
При специальном обосновании допустимо использование многоточечных рейдовых причалов и для удержания (отстоя) кораблей водоизмещением свыше 150000 т, в том числе в штормовых условиях.

7.1.5 Размеры акватории многоточечного рейдового причала, количество якорно-швартовных систем и схема их расстановки принимаются в зависимости от водоизмещения корабля и степени защищенности рейда. Некоторые рекомендуемые схемы наиболее широко используемых многоточечных плавучих рейдовых причалов приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 - Рекомендуемые схемы традиционных многоточечных рейдовых плавучих причалов

Вариант постановки	Характерные условия применения	Определение размеров
1 Три бочки и два судовых якоря 	Глубина 12-15 м Суда дедвейтом 15-20 тыс.т Объем бочек >15-20 м^3	$l_ш$ - 25-50 м; $l_я$ - длина якорной цепи, принимаемая в зависимости от глубины и гидрометеоусловий, от 70 до 250 м
2 Пять бочек и два судовых якоря 	Глубина 15-25 м Суда дедвейтом 50-100 тыс.т Объем бочек >15-25 м^3	$l_ш$ - 25-50 м; $l_я$ - длина якорной цепи, принимаемая в зависимости от глубины и гидрометеоусловий, от 100 до 250 м
3 Семь бочек и два судовых якоря 	Глубина >20 м Суда дедвейтом 100 тыс.т и более Объем бочек ≥20-45 м^3	$l_ш$ - 25-50 м; $l_я$ - длина якорной цепи, принимаемая в зависимости от глубины и гидрометеоусловий, от 100 до 250 м
4 Четыре бочки 	Глубина 15-20 м Суда дедвейтом 25-50 тыс.т Объем бочек ≥15-25 м^3	$l'_ш$ - длины швартовных канатов судна, принимаемые равными 25-50 м

Продолжение таблицы 7.1

Вариант постановки	Характерные условия применения	Определение размеров
5 Восемь бочек 	Глубина >20 м Суда дедвейтом 50-100 тыс.т Объем бочек >15-25 м^3	$l'_ш$ - длины швартовных канатов судна, принимаемые равными 25-50 м
6 Две бочки 	Суда дедвейтом до 20 тыс.т	$l_ш$ - 25-50 м; $B_к$ - ширина судна
7 Отстой на бочке у стенки на внутреннем рейде 	Суда дедвейтом до 20 тыс.т	$l_п$ – расстояние от судна до стенки – принимается от 5 до 20 м в зависимости от метеорологических условий; $l_ш$ - 25-50 м; Общая ширина участка $B_{уч}=(2N_c+1)B_к$, где N_c - число судов
8 Отстой на бочке у стенки попарно на внутреннем рейде 	Суда дедвейтом до 20 тыс.т	$l_ш$ - 25-50 м; $l_п$ - по схеме 6 Общая ширина участка $B_{уч}=N_cB_к+(N_c/2+1)B_в$, где N_c - число судов

Примечания

1 В тех случаях, когда район стоянки судов подвержен явлению тягуна, величины $l_ш$ и $l_п$ должны быть увеличены применительно к местным условиям.

2 Рекомендованные значения $l_ш$ и $l_п$ относятся к судам дедвейтом до 50 тыс.т; для более крупных судов значения $l_ш$ и $l_п$ следует принимать не менее 50 м.

3 Размеры акватории рейдовой стоянки, кроме указанных в таблице 7.1, должны учитывать проекцию бриделей швартовных бочек.

4 В зависимости от условий судоходства размеры акватории могут быть увеличены.

5 Для стоянки кораблей на недостаточно защищенных акваториях при интенсивных ветро-волновых воздействиях требуется разработка специальных схем многоточечных рейдовых причалов

Расстановку бочек в плане целесообразно выбирать так, чтобы продольная ось корабля по возможности совпадала с господствующим направлением ветров, течений и волнения. Рекомендуется, чтобы отклонение господствующего направ-

ления ветра, волнения или течения не изменялось более чем на 20^0 относительно продольной оси корабля.

Швартовные бочки обычно располагают у кормы корабля по дуге от левого кормового траверса до правого. При недостаточной держащей силе судовых якорей возможна установка бочек в носовой оконечности корабля.

Наибольшую держащую способность имеют якорно-швартовные связи, развернутые под углом порядка 60^0 к ДП корабля. При необходимости, исходя из технологических соображений, допускается использование только продольных носовых или кормовых якорно-швартовных связей, расположенных вдоль ДП корабля. Такие продольные ЯШС должны обладать повышенной прочностью и высокой податливостью, чтобы в штормовых условиях при интенсивных ветро-волновых нагрузках, углы отклонения ЯШС относительно ДП корабля за счет перемещений корабля увеличивались на 30^0 и более.

Окончательно количество и расстановка швартовных бочек устанавливаются в результате специальных расчетов. Для приближенных расчетов могут использоваться, в частности, рекомендации раздела 7.2.

7.1.6 Многоточечные рейдовые причалы целесообразно использовать для стоянки кораблей определенной длины, величина которой определяет расстояние между бочками. Для причалов на трех бочках рекомендуется, чтобы длина кораблей отличалась друг от друга не более, чем на $\pm$20 м, а для причалов на 4-10 бочках не более, чем на $\pm$30 м.

7.1.7 В качестве отдельных элементов многоточечных рейдовых причалов рекомендуется использовать обычные швартовные бочки со свободно провисающим бриделем. Могут использоваться также одноточечные рейдовые причалы типа CALM и SALM (в соответствии с 6.2). При расположении причала вблизи берега могут использоваться также береговые массивы и т.п.

При использовании обычных швартовных бочек комплектация отдельных якорно-швартовных связей многоточечного причала производится аналогично комплектации рейдовых стоянок на одиночных швартовных бочках в соответствии с указаниями раздела 6.1 настоящей Инструкции и справочными данными, приве-

денными в Приложениях, исходя из нагрузок, действующих на рассматриваемую связь (в соответствии с 7.2). Учитывая направленную работу отдельных якорно-швартовных связей в составе многоточечного причала допускается длину бриделей принимать равной $l_б = 2D$, а также в отдельных случаях, при соответствующем обосновании допускается дополнительно включать в состав бриделей бочек подвесные массивы массой 10-20 т. Наличие подвесных массивов снижает неравномерность распределения усилий между отдельными якорно-швартовными связями, уменьшает динамические усилия (рывки) в связях при действии волнения, улучшает условия работы якорей и способствует увеличению держащей способности многоточечного рейдового причала в целом. Характеристики стандартных подвесных массивов приведены в таблице У.1 Приложения У.

7.1.8 Окончательно рациональные длины бриделя устанавливаются расчетом, исходя из нагрузок на причал с ошвартованным кораблем, естественных условий (глубин, рельефа дна), совместной работы всех якорно-швартовных связей, проектных ограничений и т.п. При использовании систем швартовных бочек совместно со стационарным и плавучим причалом необходимо учитывать их совместную работу и распределение внешней нагрузки на бочки и причал.

7.1.9 При швартовке корабля к бочкам собственными швартовными канатами допускается заведение на бочку до 4-х ветвей швартовного каната. Наиболее целесообразно заведение одного или двух сдвоенных канатов (дуплинем).

Учитывая ограниченную прочность швартовных устройств (кнехтов) кораблей, для повышения держащей способности рейдового причала рекомендуется крепление отдельных ветвей швартовного каната к различным кнехтам кораблей. Допускается крепление двух ветвей различных канатов, направленных в разные стороны к одному кнехту. При этом на кнехт надевается огон одного из канатов и накладываются шлаги (восьмерки) другого.

Для снижения нагрузок на кнехты корабля допускается распределение усилия, действующего в отдельной ветви каната, на два кнехта. Для этого на первом кнехте (после клюза) накладываются два круговых шлага, а на втором - обычные восьмерки.

7.1.10 При оборудовании швартовных бочек собственными швартовами могут использоваться как тросовые, так и цепные швартовы.

При использовании тросовых швартовов рекомендуется использование стальных или комбинированных канатов, прочность которых превышает прочность табельных швартовных канатов расчетного корабля. На конце швартовного каната бочки должна быть закреплена скоба или круглый рым, за который заводится швартовный канат корабля, и проводник с сигнальным буем для обозначения и подъема скобы (рыма) швартовного каната бочки на поверхность воды.

Оборудование швартовных бочек цепными швартовами возможно при наличии на корабле специальных держателей концевого звена, держателей буксирного каната, цепных стопоров и т.п., обеспечивающих крепление на корабле концов цепных швартовов.

Особенностью комплектации цепных швартовов при данном способе крепления является установка нескольких (3-5) концевых звеньев на конце швартова, закрепленного к держателю корабля. Наличие концевых звеньев должно обеспечивать регулировку длины и обтяжку швартова в случае его провисания при проползании якоря рейдовой бочки и по другим причинам. Примерная схема комплектации цепного швартова показана на рисунке 7.1.

В отдельных случаях, при специальном обосновании (как исключение), допускается крепление цепных швартовов рейдовых бочек к табельным якорным цепям или кнехтам корабля с применением различных способов, например: при снятии табельных судовых якорей или без снятия якорей с использованием накладных стопоров, входящих в комплектацию якорно-швартовных и буксирных устройств кораблей, швартовных канатов, специально разрабатываемых переходных устройств и других способов. При креплении цепных швартовов следует учитывать ограниченную прочность кнехтов кораблей и соответственно ограничивать нагрузки на якорно-швартовную связь причала, включать в состав швартова «слабые» звенья, соответствующие прочности кнехтов корабля и т.п.

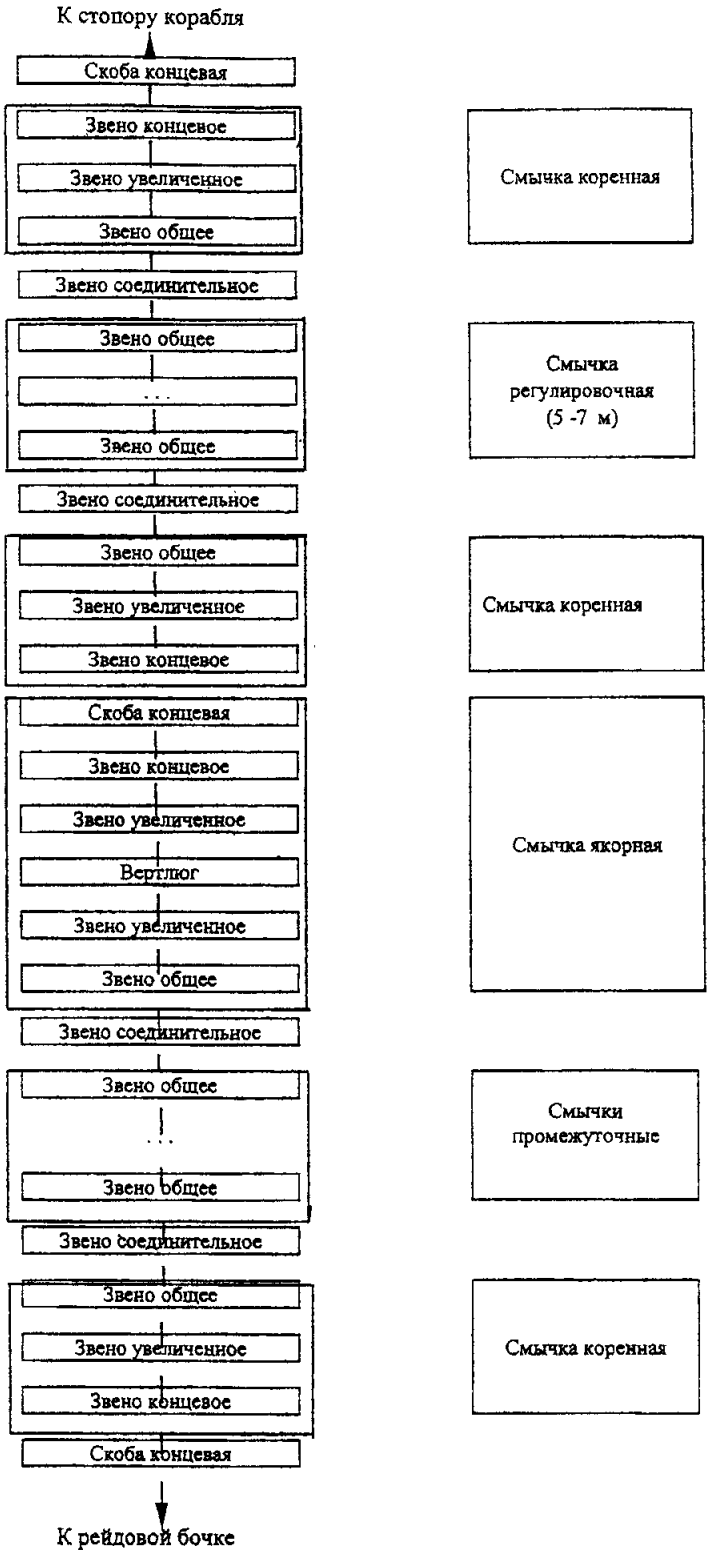


Рисунок 7.1 - Рекомендуемая структурная схема комплектации цепного швартова рейдовой бочки

7.1.11 В качестве якорей швартовных бочек целесообразно использовать обычные гравитационные железобетонные якоря в соответствии с 6.1.3.4 и таблицами Е.1, Е.2 Приложения Е. Определение массы якоря рекомендуется производить в соответствии с 6.1.3.4, исходя из величины фактических усилий в рассматриваемой якорно-швартовной связи и требований к причалу (допустимости проползания якорей и т.п.).

7.1.12 Многоточечные плавучие рейдовые причалы, аналогично одноточечным, обычно не рассчитываются на эксплуатацию на замерзающих акваториях. Для повышения устойчивости рейдового оборудования при ледовых воздействиях могут использоваться конструкции рейдовых причалов без рейдовых бочек с подводными цепными швартовами, к которым непосредственно прикрепляются швартовы корабля. Для обозначения и подъема концов подводных цепных швартовов на поверхность моря при швартовке корабля, могут применяться ледостойкие буи.

7.2 Рекомендации по расчету многоточечных рейдовых причалов

7.2.1 В расчетном отношении многоточечный рейдовый плавучий причал является сложной, пространственной, нелинейной, статически неопределимой механической системой, аналогичной якорным системам раскрепления плавучих платформ, доков, причалов и других сооружений. Расчет таких систем представляет чрезвычайно сложную задачу, причем, во многих случаях расчет и определение рациональных характеристик многоточечных причалов связан с большими трудностями по сравнению с традиционными якорными системами плавучих причалов. Они вызваны как сложными жесткостными характеристиками отдельных якорно-швартовных связей, включающих разнотипные элементы (плавучести, подвесные массивы, цепи и канаты, судовые якоря и т.п.), существенно различающимися между собой, так и ограниченными возможностями якорно-швартовных устройств кораблей. Особенно большие трудности возникают в случае использования рейдового оборудования совместно с другими типами стационарных и плавучих сооружений, обеспечения совместной стоянки нескольких кораблей и плавучих объектов.

Приближенный расчет многоточечных рейдовых плавучих причалов, в предположении малых амплитуд перемещений корабля, допускается производить в со-

ответствии с рекомендациями настоящего раздела Инструкции. При возможности использования численных методов расчета и программного обеспечения для ПЭВМ, обеспечивающих более точное и достоверное решение задачи целесообразно расчеты производить на основе численных методов и ПЭВМ. В частности, использование приближенных методов, приведенных в настоящей «Инструкции...», для расчета рейдовых причалов, включающих только продольные носовые или кормовые ЯШС с углом отклонения относительно ДП корабля $\leq 30^0$, не рекомендуется. Расчет таких рейдовых причалов целесообразно производить численными методами с учетом изменения ориентации ЯШС (углов отклонения ЯШС относительно ДП корабля) в процессе перемещений корабля под действием ветра, волнения и течения. В настоящее время разработано необходимое программное обеспечение для расчета многоточечных причалов. В частности, могут использоваться разработанные в НИЦ 26 ЦНИИ МО РФ методики и программы:

- VESSELN - комплексная методика расчета, в том числе оценки надежности, произвольных систем раскрепления кораблей и плавучих объектов ВМФ в реальных естественных условиях с учетом случайного характера различных типов ветровых и волновых воздействий;

- ДОК16, CHAIB, Dinab - программы по расчету якорных систем плавучих объектов;

- ВСП 33-01-00/МО РФ. "Инструкция по расчету и проектированию якорных систем плавучих объектов ВМФ". Утверждена Начальником строительства и расквартирования войск – Заместителем Министра обороны РФ, Главнокомандующим ВМФ [1].

Могут использоваться также другие известные, апробированные на практике, программы расчета, или разрабатываться новые, применительно к конкретной задаче. Рекомендуемая постановка задачи по расчету приведена в Приложении Ф.

7.2.2 Приближенную оценку параметров многоточечного плавучего рейдового причала рекомендуется производить в следующем порядке:

- определяются внешние нагрузки на ошвартованный корабль от ветра, волнения и течения;

- находится распределение расчетных нагрузок на отдельные группы якорно-швартовных связей, входящих в состав многоточечного рейдового причала;

- исходя из прочностных характеристик якорно-швартовных устройств расчетного корабля (аналогично рейдовым стоянкам на одиночных швартовных бочках со свободно провисающим бриделем, раздел 6.1 Инструкции), а также с учетом полученных нагрузок подбираются количество, расстановка и предварительные характеристики отдельных якорно-швартовных связей рейдового причала;

- вычисляются жесткостные характеристики отдельных якорно-швартовных связей;

- уточняются усилия в отдельных якорно-швартовных связях с учетом их жесткостных характеристик и возможные перемещения корабля;

- для уточненных усилий окончательно подбираются расположение и параметры якорно-швартовных связей и даются ограничения допускаемых гидрометеоусловий для безопасной стоянки корабля.

7.2.3 При проектировании многоточечных рейдовых причалов расчеты выполняются, в основном, для режима эксплуатации причала с ошвартованным кораблем. При отсутствии корабля (в режиме выживания) отдельные элементы причала (швартовные бочки) не связаны между собой и должны рассматриваться как одноточечные причалы.

7.2.4 В качестве основных видов внешних воздействий на многоточечный рейдовый причал с ошвартованным кораблем следует рассматривать: ветер, волнение и течение. Расчеты рекомендуется проводить для случаев самого высокого и самого низкого уровней моря с учетом осадки корабля порожнем и в полном грузу, а при необходимости и других состояний загрузки корабля.

7.2.5 Повторяемость внешних воздействий в общем случае должна приниматься в соответствии с 5.2.10, 5.2.14.

Положения настоящей Инструкции позволяют определить непосредственно расчетные значения внешних нагрузок и усилий в элементах рейдового причала. Поэтому их не надо умножать на "коэффициент надежности" по нагрузке и коэффициенты перегрузки в соответствии с рекомендациями СНиП 33-01-2003. Строи-

тельные нормы и правила. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Госстрой России [3] и СНиП 2.06.04-82*. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Госстрой СССР [29].

Целесообразно, чтобы расчетные параметры ветра и волнения соответствовали друг другу с учетом особенностей волнового режима на рассматриваемой акватории.

7.2.6 В качестве расчетных значений ветровых нагрузок на ошвартованный корабль должны рассматриваться: продольная Q_x, кН, поперечная Q_y, кН, составляющие ветровой нагрузки и разворачивающий ветровой момент Q_φ, кН. Ветровые нагрузки следует рассматривать как сумму статических и динамических составляющих и определять по формуле:

$$Q_i = \overline{Q}_i(1 + nm\xi\nu), \qquad (i=x,y,\varphi) \tag{7.1}$$

где Q_i - расчетная нагрузка, кН (тс) или момент, кН·м (тс·м);

$\overline{Q}_i$ - осредненная (статическая) ветровая нагрузка, кН, (момент, кНм), соответствующая осредненной (анемометрической) скорости ветра;

n - число стандартов, принимаемое равным 2,5;

m - коэффициент пульсаций скоростного напора ветра, обусловленный пульсациями скорости турбулентного ветрового потока, определяемый по данным таблицы 7.2 в зависимости от типов местности, согласно СНиП 2.01.07-85. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия. Госстрой СССР [30];

ξ - обобщенный коэффициент динамичности с учетом пространственной корреляции пульсаций скорости ветра по длине корабля, принимаемый равным для продольной и поперечной нагрузки по таблице 7.3 в зависимости от ширины или длины корабля (плавучего объекта), для разворачивающего момента допускается принимать коэффициент ξ=0,35;

ν - коэффициент, учитывающий корреляцию пульсаций скоро-

сти ветра по высоте корабля, принимаемый по данным таблицы 7.4.

Таблица 7.2 - Величина коэффициента пульсаций скоростного напора ветра

Тип местности	Анемометрическая скорость ветра, м/с	Высота центра надводной парусности корабля над поверхностью моря, м			
		0	10	20	30
Поверхность моря	5	0,42	0,42	0,390	0,390
	10	0,22	0,22	0,204	0,204
	15	0,21	0,21	0,194	0,194
	≥20	0,20	0,20	0,185	0,185
Открытые побережья морей, озер и водохранилищ	-	0,301	0,3	0,272	0,256
Окраины городов, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м	-	0,501	0,500	0,410	0,368

Таблица 7.3 - Обобщенные коэффициенты динамичности продольной и поперечной ветровой нагрузки с учетом пространственной корреляции пульсаций скорости ветра по длине корабля

Длина (ширина) расчетного корабля (объекта)	до 100 м	150 м	200 м	300 м и более
Обобщенный коэффициент динамичности	1,0	0,9	0,8	0,7

Таблица 7.4 - Коэффициенты корреляции скорости ветра по высоте корабля

Средняя высота надводного силуэта корабля с учетом надстроек	до 10 м	20 м	40 м	60 м
Коэффициент корреляции, ν	0,92	0,88	0,83	0,8

7.2.6.1 Значения статических ветровых нагрузок, кН, и моментов, кНм, рекомендуется определять по формулам:

$$\overline{Q}_x = C_x p_в A_{вл} \cos\alpha_w;$$

$$\overline{Q}_y = C_y p_a A_{нб} \sin\alpha_w; \qquad (7.2)$$

$$\overline{Q}_\varphi = -C_o p_a L_k A_{нб}\left(b_o - b_n - \left|\frac{\alpha_{w1}}{2\pi}\right|\right)\sin\alpha_{w1},$$

где C_x, C_y - продольный и поперечный аэродинамические коэффициенты, значения которых рекомендуется принимать равными: 1,2 - для надводных и 1,0 - для подводных кораблей;

p_a - скоростной напор ветра, кН/м^2, определяемый по формуле

$$p_a = \frac{k_b \rho_a \overline{U}^2}{2}, \qquad (7.3)$$

k_b - коэффициент, учитывающий изменение скоростного напора ветра по высоте в зависимости от возвышения центра надводной парусности судна над поверхностью моря, принимаемый по данным таблицы 7.5;

ρ_a - плотность воздуха, принимаемая равной 0,00123т/м^3 (0,000125 тс·с^2/м^4);

$\overline{U}$ - расчетная осредненная скорость ветра на высоте 10 м над поверхностью моря с десятиминутным осреднением, м/с;

$A_{илл}, A_{нб}$ - надводные лобовая и бортовая площади парусности корабля, м^2;

α_w - угол подхода ветра, измеряемый от продольной оси корабля (с положительным направлением в нос корабля) по часовой стрелке до совмещения с направлением действия ветра, град.;

α_{w1} - угол, град., определяемый по формуле

$$\alpha_{w1} = \begin{cases} \alpha_w, & \text{при } \alpha_w \le \pi, \\ \alpha_w - 2\pi, & \text{при } \alpha_w > \pi; \end{cases} \qquad (7.4)$$

b_n - коэффициент, определяемый по формуле

$$b_n = \frac{x_n - x_c}{L_k}; \qquad (7.5)$$

x_n - абсцисса центра надводной парусности относительно миделя корабля, м;

x_c - абсцисса центра массы корабля относительно его миделя, м;

C_o, b_o - коэффициенты, определяемые по данным таблицы 7.6.

Т а б л и ц а 7.5 - Значения коэффициента k_b изменения скоростного напора ветра по высоте

Возвышение центра парусности корабля (плавучего объекта) над уровнем моря, м	Коэффициенты k_b для типов местности		
	открытые побережья морей, озер и водохранилищ	окраины городов, лесные массивы и другие местности равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м	местности с препятствиями высотой более 25 м
≤ 5	0,75	0,5	0,4
10	1,0	0,65	0,4
20	1,25	0,85	0,55
40	1,5	1,1	0,8
60	1,7	1,3	1,0

Рейдовый причал считается расположенным в местности данного типа, если эта местность сохраняется с наветренной стороны на расстоянии 30 высот борта корабля с учетом надстроек.

Т а б л и ц а 7.6 - Значения коэффициентов C_o и b_o

Коэффициенты	Значения коэффициентов в зависимости от величины b_n						
	-10	-6	-4	-2	0	2	10
C_o	0,35	0,4	0,45	0,55	0,95	1,05	1,05
b_o	0,29	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25

7.2.7 Волновые нагрузки в расчетном отношении рассматриваются как квазистатические. При выполнении расчетов рекомендуется как минимум учитывать продольную, поперечную составляющие волновой нагрузки и разворачивающий волновой момент. Величины квазистатических волновых нагрузок, кН, допускается определять по формуле

$$Q_w = k_w Q_w^*, \qquad (7.6)$$

где Q_w^x - амплитуда волновых нагрузок, кН;

k_w - коэффициент, принимаемый равным

$$k_w = \begin{cases} 0,0 & \text{при } \bar{\tau} \le 2; \\ 0,05 & \text{при } 2 < \bar{\tau} \le 3; \\ 0,075 & \text{при } 3 \le \bar{\tau} \le 5; \\ 0,1 & \text{при } \bar{\tau} > 5, \end{cases} \qquad (7.7)$$

$\bar{\tau}$ - средний период волн, с.

7.2.7.1 Амплитуды продольной Q_w^x, кН, и поперечной Q_w^y, кН, составляющих волновой нагрузки на ошвартованный корабль могут определяться в соответствии с рекомендациями СНиП 2.06.04-82*. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Госстрой СССР [29]. Амплитуду разворачивающего волнового момента, кНм, рекомендуется определять по формуле

$$Q_w^\varphi = Q_w^y \frac{L_k}{2} \frac{\gamma_2}{\gamma_1}, \qquad (7.8)$$

где Q_w^y - амплитуда поперечной горизонтальной волновой нагрузки, определяемая в соответствии с СНиП 2.06.04-82*. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Госстрой СССР [29];

γ_1 - коэффициент, учитывающий угол подхода и трехмерность волн при определении поперечной волновой нагрузки, принимаемый по рекомендациям СНиП 2.06.04-82*. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Госстрой СССР [29];

γ_2 - коэффициент, учитывающий угол подхода и трехмерность волн при определении разворачивающего волнового момента, определяемый по данным таблицы 7.7, в которой a_c

- наибольший горизонтальный размер продольного силуэта подводной части корабля, м.

Т а б л и ц а 7.7 - Значения коэффициента γ_2

$\frac{a_c}{\lambda}$	0,5 и менее	1	2	3	4 и более
Коэффициент γ_2	0,25	0,3	0,25	0,20	0,15

7.2.8 Воздействие течения рекомендуется учитывать только как статическое. В ходе расчетов следует рассматривать продольную, поперечную составляющие и разворачивающий момент от течения. Определение нагрузок, кН, и моментов, кНм, от течения рекомендуется производить аналогично статическим нагрузкам и моментам от ветра по формулам:

$$\begin{aligned}
\overline{Q}_x^T &= C_x p_c A_{пл} \cos\alpha_T; \\
\overline{Q}_y^T &= C_y p_c A_{пб} \text{in}\alpha_T; \\
\overline{Q}_\varphi^T &= -C_0 p_c L_к A_{пб}\left(b_0 - b_{пп} - \left|\frac{\alpha_{T1}}{2\pi}\right|\right)\sin\alpha_{T1},
\end{aligned} \qquad (7.9)$$

где C_x, C_y - продольный и поперечный коэффициенты обтекания корабля, значения которых рекомендуется принимать равными: 1,2 - для надводных и 1,0 - для подводных кораблей;

p_c - скоростной напор течения, кН/м^2 (тс/м^2), определяемый по формуле

$$p_c = \frac{\rho_c \overline{U}_T^2}{2}, \qquad (7.10)$$

ρ_c - плотность воды, принимаемая равной 1 т/м^3 (0,102 тс·с^2/м^4);

$\overline{U}_T$ - расчетная скорость течения, м/с;

α_T - угол подхода течения, измеряемый от продольной оси корабля (с положительным направлением в нос корабля) по часовой стрелке до совмещения с направлением действия

течения, град.;

α_{T1} - угол, град., определяемый по формуле

$$\alpha_{T1} = \begin{cases} \alpha_T, & \text{при } \alpha_T \le \pi, \\ \alpha_T - 2\pi, & \text{при } \alpha_T > \pi; \end{cases} \quad (7.11)$$

$b_{пп}$ - коэффициент, определяемый по формуле

$$b_{пп} = \frac{x_{пп} - x_c}{L_k}; \quad (7.12)$$

$x_{пп}$ - абсцисса центра подводной парусности относительно миделя корабля, м;

x_c - абсцисса центра массы корабля относительно его миделя, м;

C_o, b_o - коэффициенты, определяемые по данным таблицы 7.6, в зависимости от величины $b_{пп}$.

7.2.9 В качестве расчетных нагрузок на многоточечный причал с ошвартованным кораблем принимаются равнодействующие нагрузок и моментов от ветра, волнения и течения. В ходе расчетов рекомендуется, как минимум, рассматривать шесть направлений действия ветра, волнения и течения под углами 0^0, 65^0, 115^0, 180^0, 245^0 и 295^0 к продольной оси корабля, а также несколько значений скорости ветра и соответствующих им параметров волнения, для оценки фактической держащей способности рейдового причала в конкретных условиях места установки.

При определении равнодействующих нагрузок от ветра, волнения и течения рекомендуется учитывать коэффициенты сочетаний нагрузок в соответствии с рекомендациями СНиП 2.01.07-85. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия. Госстрой СССР [30]. В частности, при одновременном учете всех трех нагрузок рекомендуется принимать следующие коэффициенты сочетаний нагрузок:

- для ветровых нагрузок - 1,0;
- для волновых нагрузок - 0,8;
- для нагрузок от течения - 0,6.

При учете только двух любых нагрузок, для основной нагрузки, рекомендуется принимать коэффициент сочетаний, равный 1,0, а для второй нагрузки - 0,8.

7.2.10 Для приближенной оценки распределения усилий на отдельные якорно-швартовные связи многоточечного рейдового причала целесообразно использовать подход, аналогичный подходу, принятому в СНиП 2.06.04-82*. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Госстрой СССР [29] для определения усилий в швартовных канатах стационарных островных рейдовых причалов, состоящих из технологической площадки и отдельно стоящих палов. Возможность использования данного подхода обусловлена следующими факторами:

- использованием якорно-швартовных устройств корабля, расположенных, в основном, в носовой и кормовой оконечностях корабля, в зоне действия якорно-швартовных механизмов, позволяющих обтягивать якорно-швартовные связи причала;

- возможность разделения якорно-швартовных связей многоточечного причала на различные группы по их ориентации (продольные и поперечные) относительно продольной оси корабля;

- схожие условия работы рассматриваемых причалов.

7.2.10.1 Для оценки усилий в отдельных якорно-швартовных связях, в том числе в табельных якорных цепях корабля, в первую очередь необходимо выделить различные группы связей: продольные и поперечные. К продольным связям относятся связи направленные вдоль или под углом до 45^0 к продольной оси корабля, а поперечные - под углом более 45^0 к продольной оси корабля. В случае, если многоточечный причал включает четыре и менее якорно-швартовные связи, включая табельные якорные цепи корабля, или в носу или в корме корабля имеется не более двух связей, каждая из таких якорно-швартовных связей должна рассматриваться и как поперечная, и как продольная.

7.2.10.2 Расчетная горизонтальная нагрузка, кН, приходящаяся на отдельную группу из одной или нескольких носовых или кормовых поперечных якорно-швартовных связей причала, определяется по формуле

$$H_s^y = \left(\frac{|Q_s^y|}{2} + \frac{|M_s|}{L_k} \right) \frac{1}{\sin \bar{\alpha}}, \qquad (7.13)$$

где Q_s^y, M_s - равнодействующая (суммарная) нагрузка, кН, и момент, кНм, от ветра, течения и волн на ошвартованный корабль, определенная в соответствии с 7.2.6-7.2.11 с учетом рассматриваемого направления внешних воздействий;

$\bar{\alpha}$ - средний угол отклонения якорно-швартовных связей в группе относительно продольной оси корабля, град.

В качестве расчетных нагрузок (для различных направлений и параметров ветра, волнения и течения) принимается нагрузка на рассматриваемую группу якорно-швартовных связей, определенная по формуле (7.13), но не менее $H_s^y = 0{,}7|Q_s^y|$.

Расчетная горизонтальная нагрузка, кН, приходящаяся на одну из продольных носовых или кормовых групп якорно-швартовных связей, расположенных с одного борта корабля принимается равной

$$H_s^x = \frac{0{,}7|Q_s^x|}{\cos \bar{\alpha}}, \qquad (7.14)$$

где Q_s^x - равнодействующая продольных нагрузок от ветра, течения и волнения, рассматриваемых направлений, кН.

Для якорно-швартовных связей, работающих как в продольном, так и в поперечном направлении в качестве расчетной принимается суммарная горизонтальная нагрузка, кН, вызванная продольной и поперечной равнодействующими нагрузок от ветра, течения и волн, определяемая по формуле

$$H_s = \frac{\sqrt{\left(\frac{|Q_s^y|}{2} + \frac{|M_s|}{L_k}\right)^2 + \left(0{,}7|Q_s^x|\right)^2}}{\cos\left[\frac{180}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\left(\frac{|Q_s^y|}{2} + \frac{|M_s|}{L_k}\right)}{0{,}7|Q_s^x|} - \bar{\alpha}\right]}. \qquad (7.15)$$

Расчетное значение нагрузки H_s в этом случае также должно приниматься не менее $H_s=0{,}7Q_s^y$.

Величины расчетных нагрузок на отдельные якорно-швартовные связи в рассматриваемой группе вычисляются пропорционально податливости каждой из связей. Податливость (жесткостные характеристики) отдельных якорно-швартовных связей определяются в соответствии с рекомендациями 7.2.11-7.2.12.

7.2.11 Количество и предварительные характеристики якорно-швартовных связей назначаются исходя из требований к рассматриваемому рейдовому причалу, прочностных характеристик якорно-швартовных и буксирных устройств расчетного корабля с учетом нагрузок, определенных в 7.2.6-7.2.10. Количество якорно-швартовных связей в отдельных группах определяется исходя из фактического количества якорно-швартовных и буксирных устройств на корабле, которые могут быть использованы для их крепления. Нагрузка, которая может быть воспринята данной группой якорно-швартовных связей, ориентировочно оценивается исходя из прочности кнехтов, стопоров, держателей и других устройств корабля, с учетом того, что они обычно рассчитываются на разрывную прочность соответствующих швартовных, буксирных канатов и якорных цепей. Количество и характеристики (прочность, масса и т.п.) отдельных швартовов (ветвей швартовов) передаваемых на отдельную якорно-швартовную связь определяются исходя из количества задействованных устройств корабля (при креплении швартовов к нескольким кнехтам и т.п.) и допускаемых усилий в отдельных ветвях швартовов с учетом коэффициентов запаса прочности, принимаемых согласно таблицам Н.1, Н.2 Приложения Н.

Остальные характеристики элементов якорно-швартовных связей (длины швартовов, объемы бочек, длина и характеристики бриделей и т.п.) определяются аналогично рекомендациям 6.1 Инструкции, как для рейдовых стоянок на одиночных бочках с провисающим бриделем.

Начальные координаты установки якорей рейдовых бочек определяются в соответствии с 6.1.3.20 по формулам (6.34)-(6.36), в которых:

- вертикальная проекция свободного провеса бриделя $\zeta_б$, м, принимается равной глубине погружения рыма якоря $\zeta_б = D_ф$, м, при рассматриваемом уровне моря;

- вертикальная проекция свободного провеса швартова $\zeta_ш$, м, принимается равной возвышению швартовных, буксирных и якорных клюзов корабля (при рассматриваемой загрузке) над уровнем моря;

- параметры цепных линий $a_б$ и $a_ш$ определяются из величины начальной обтяжки якорно-швартовных связей номинальным тяговым усилием швартовных механизмов корабля с учетом потери на трение в клюзах (порядка 30^0).

7.2.12 Расчетные жесткостные характеристики отдельных якорно-швартовных связей определяются:

- конструкцией якорно-швартовной связи (рейдовая бочка со свободно провисающим бриделем с или без подвесного массива, одноточечный рейдовый причал типа CALM, SALM и т.п.);

- естественными условиями в месте постановки данной связи (глубина воды, рельеф дна);

- величиной начального натяжения якорно-швартовной связи.

Расчеты жесткостных характеристик якорно-швартовных связей рекомендуется выполнять в соответствии с указаниями ВСП 33-01-00/МО РФ. Инструкция по расчету и проектированию якорных систем плавучих объектов ВМФ. Утверждена Начальником строительства и расквартирования войск - Заместителем Министра обороны РФ, Главнокомандующим ВМФ [1]. Могут быть использованы также рекомендации других документов, а также рекомендации 6.1.3.3.10. Величину начального натяжения якорно-швартовных связей целесообразно принимать в соответствии с рекомендациями 7.2.11.

7.2.13 При наличии в отдельной рассматриваемой группе нескольких якорно-швартовных связей, фактическое распределение усилий между ними производится пропорционально их податливости. Оценку распределения усилий между связями целесообразно проводить графическим методом в следующем порядке:

- на одном графике строятся жесткостные характеристики всех якорно-швартовных связей в рассматриваемой группе (зависимости горизонтальной составляющей усилий в связях от горизонтального смещения клюза корабля);

- находится зависимость суммы горизонтальных составляющих усилий во всех связях от смещения клюза корабля;

- определяется величина смещения клюза корабля, соответствующая суммарному горизонтальному усилию во всех связях группы, равному расчетной нагрузке на рассматриваемую группу по 7.2.10.2;

- для определенной величины смещения клюза корабля по графикам жесткостных характеристик находятся горизонтальные составляющие усилий в отдельных якорно-швартовных связях;

- полученные усилия сравниваются с допускаемыми значениями, исходя из прочности якорно-швартовных устройств корабля, прочности швартовов и бриделей якорно-швартовных связей и с учетом требуемых коэффициентов запаса прочности связей, принимаемых по таблицам Н.1, Н.2 Приложения Н;

- в случае значительной неравномерности распределения усилий между отдельными якорно-швартовными связями и перегрузки отдельных связей рекомендуется изменить параметры отдельных связей (длину, ориентацию связей, характеристики отдельных элементов (масса подвесных массивов, длины швартовов и отдельных участков бриделя (до и после подвесного массива), тип и конструкцию швартовов (стальные, синтетические, комбинированные и т.п.). После изменения параметров выполняется повторная оценка распределения усилий в связях. Расчеты и подбор рациональных параметров якорно-швартовных связей выполняются до тех пор, пока усилия во всех связях будут не превышать допускаемых значений.

7.2.14 В случае, если при относительно равномерном распределении усилий между связями, усилия в отдельных связях по-прежнему превышают допускаемые

и дальнейшее улучшение условий работы отдельных связей не представляется возможным или технически нецелесообразно, следует снизить допускаемые гидрометеоусловия для стоянки корабля. С этой целью необходимо определить максимальное суммарное значение усилий во всех связях рассматриваемой группы, при котором усилия в отдельных связях не превышают допускаемых. Для полученного значения суммарного усилия определяются соответствующие параметры гидрометеоусловий, согласно рекомендациям 7.2.6-7.2.9.

7.2.15 После подбора рациональной расстановки и параметров отдельных якорно-швартовных связей должны быть определены остальные величины усилий в их элементах (вертикальные составляющие в бриделе и швартове, вертикальная и горизонтальная составляющие нагрузки на якоря и т.п.), уточнены параметры элементов якорно-швартовных связей (калибр, категория прочности, диаметр (длина окружности), длины цепей и канатов, объемы рейдовых бочек, масса якорей) и координаты их установки. Расчеты усилий в отдельных элементах причала следует проводить по рекомендациям 6.1.3.20.

7.2.16 При проектировании многоточечных рейдовых причалов, эксплуатируемых в условиях ливных морей с большой величиной приливных колебаний уровня моря, а также при возможности значительного изменения осадки корабля во время стоянки у причала необходима проверка натяжения и условий работы якорно-швартовных связей при различных уровнях моря и загрузке корабля. Расчеты рекомендуется проводить в следующем порядке.

7.2.16.1 Проверяется провис швартова в нижней точке, м, при заданной загрузке корабля. Расстояние по горизонтали от нижней точки провиса швартова до бочки вычисляется по формуле

$$X_{1A} = \frac{1}{2}\eta_ш - a_ш \mathrm{Arch}\frac{l_ш}{2a_ш \mathrm{sh}\dfrac{\eta_ш}{2a_ш}}. \qquad (7.16)$$

Провис цепи ниже точки крепления на бочке вычисляется по формуле

$$\zeta_{1A} = a_ш\left(\mathrm{ch}\frac{X_{1A}}{a_ш} - 1\right). \qquad (7.17)$$

При подборе параметров якорно-швартовных связей рекомендуется, чтобы швартов при усилии начальной обтяжки не погружался в воду.

7.2.16.2 Определяются изменения усилия начальной обтяжки якорно-швартовных связей для крайних случаев стоянки корабля порожнем при самом высоком уровне моря или стоянки корабля в полном грузу при самом низком уровне моря. Расчеты выполняются отдельно для каждого из указанных состояний загрузки корабля в следующем порядке:

- задаются несколько значений усилия обтяжки H_1, кН, диапазон изменения которых охватывает расчетную величину начальной обтяжки H_{60}, принятую в расчетах по 7.2.13;

- для каждого значения H_1 вычисляются величины горизонтальной проекции якорно-швартовной связи η, м, по формулам (6.34)-(6.36), в которые подставляются значения $\zeta_ш$, соответствующее стоянке корабля в грузу или порожнем и значения $\zeta_б$, соответствующие самому низкому или самому высокому уровню моря;

- строятся графики зависимостей $H_1 = f(\eta)$ для каждого из рассмотренных состояний загрузки корабля;

- искомые значения начальной обтяжки H_1, кН, для случаев стоянки корабля в грузу или порожнем определяются по построенным графикам исходя из координат установки якорей (начальной величины η), определенных в 7.2.13.

Расчеты рекомендуется проводить отдельно для носовых и кормовых якорно-швартовных связей корабля.

Полученные значения изменения обтяжки не должны превышать допускаемые значения усилий в связях с учетом действия внешних нагрузок. В случае нерационального подбора параметров якорно-швартовных связей или значительного изменения осадки корабля, приводящего к недопустимому увеличению обтяжки якорно-швартовных связей, возможно рассматривать варианты начальной обтяжки ЯШС при промежуточных состояниях загрузки корабля и т.п.

Приложение А

(Справочное)

Основные буквенные обозначения

$A_{нб}$ - надводная бортовая парусность корабля;

$A_{нл}$ - надводная лобовая парусность корабля;

$A_{пл}$ - подводная лобовая парусность корабля;

$A_{пб}$ - подводная бортовая парусность корабля;

ΔA - возвышение самого высокого горизонта воды (СНГ) над НТУ для ливных или средним многолетним уровнем для безливных морей);

$\bar{\alpha}$ - средний угол отклонения якорно-швартовных связей в группе относительно продольной оси корабля (для многоточечных причалов);

α_w, α_{wl} - углы атаки ветра относительно продольной оси корабля;

α_1, α_2 - углы наклона к горизонту касательной в точках крепления бриделя к якорю и бочке;

α_3, α_4 - углы наклона к горизонту касательной в точках крепления швартова к бочке и кораблю;

$a_б$, $a_ш$ - параметры цепных линий бриделя и швартова;

a_c - длина корабля по ватерлинии;

$B_к$ - ширина расчетного корабля;

C_o, b_n, b_o - коэффициенты для определения разворачивающего ветрового момента на корабль;

b - длина стороны основания якоря;

C_x, C_y - аэродинамические коэффициенты (продольный и поперечный)

корабля;

Δ - объемное водоизмещение корабля;

D - глубина воды относительно расчетного уровня;

D_1, D_2 - коэффициенты остойчивости ОРПП башенного типа;

D_{max} - максимальная глубина в месте установки бочки относительно СВГ;

$D_я$ - глубина воды над рымом якоря рейдового причала;

d - диаметр рейдовой бочки;

$\zeta_к$ - возвышение клюза корабля в полном грузу над уровнем моря;

$\zeta_к^п$ - возвышение клюза корабля порожнем над уровнем моря;

ζ_{1A} - провис швартова ниже точки его крепления на бочке;

ζ - сумма вертикальных провесов бриделя и швартова швартовной бочки;

$\zeta_{шо}$ - возвышение швартовного (якорного) клюза корабля над поверхностью моря;

$\zeta_б$ - вертикальная проекция провиса бриделя;

$\zeta_ш$ - вертикальная проекция провиса швартова;

$\varepsilon_т$ - коэффициент увеличения нагрузки от ветра и течения за счет рыскания и дрейфа корабля в зависимости от типа ОРПП;

ξ - обобщенный коэффициент динамичности ветровой нагрузки;

G - масса бочки;

γ - объемный вес воды;

$G_я$ - масса якоря;

γ_1, γ_2 - коэффициенты трехмерности волн при определении волновых нагрузок;

$H_б$ - горизонтальная проекция усилия в бриделе;

h_w - интенсивность волнения;

$h_ω$ - высота волн 3% обеспеченности;

$[\Delta h]$ - допускаемое относительное погружение бочки;

$\Delta \bar{h}$ - расчетное относительное погружение швартовной бочки;

$H_{пб}$ - горизонтальная проекция усилия в бриделе, соответствующая моменту погружения бочки под воду;

H_o - начальное натяжение якорно-швартовной связи;

H_s^x - продольная составляющая нагрузки на якорно-швартовную связь;

H_l - увеличение обтяжки якорно-швартовных связей при подъеме уровня моря и уменьшении осадки корабля;

H_s^y - расчетная горизонтальная нагрузка на отдельную группу поперечных якорно-швартовных связей многоточечного рейдового причала;

$I_в$ - момент инерции площади сечения ОРПП башенного типа;

k_a - коэффициент для определения площадей парусности транспортных судов;

$k_э$ - коэффициент эквивалентности прочности бриделя и швартова;

$k_в$ - коэффициент изменения скоростного напора ветра по высоте;

k_w - коэффициент для определения квазистатической волновой нагрузки;

k_1 - коэффициент отношения прочностей бриделя и швартова;

k_2 - коэффициент отношения усилий, действующих в бриделе и швартове;

$k_п$ - коэффициент запаса плавучести;

$k_б$ - коэффициент запаса прочности бриделя;

$k_я$ - коэффициент держащей силы якоря;

$k_з$ - коэффициент отношения длины бриделя к глубине;

$k_д^x; k_д^z$ - коэффициенты динамичности горизонтальных и вертикальных колебаний;

$L_к$ - длина расчетного корабля;

$l_б$ - длина бриделя;

$l_ш$ - длина швартова;

$\Delta L_к$ - запас длины корабля при определении размеров акватории рейдовой стоянки;

$\bar{\lambda}$ - средняя длина волн;

$l_{бш}$ - длина бакштова;

$L_п$ - длина портового плавсредства;

$L_{кб}$ - длина корабля, стоящего на бакштове;

l_c - проекция на вертикальную плоскость расстояния между точками крепления к башенному причалу швартова и бриделей;

l_d - расстояние по высоте между центром массы и центром величины причала;

$l_п$ - расстояние от нижней точки крепления бриделей на причале до поверхности воды;

$l_{пс}$ - расстояние от судна до причальной стенки;

m - коэффициент пульсаций скоростного напора ветра;

$m_ш$ - количество учитываемых направлений расчетных штормов;

$m_к$ - масса корабля;

$m_р$ - суммарная масса причала;

$m_в$ - масса плавучести без учета балласта;

$m_п$ - суммарная масса всех бриделей;

$M_в$ - равнодействующий момент от действия ветра, волн и течения;

$n_ш$ - количество ветвей швартова, заведенных на бочку;

$n_{шт}$ - количество расчетных штормов;

n - число стандартов;

ν - коэффициент корреляции пульсаций скорости ветра;

$P_б$ - разрывное усилие бриделя;

$P_ш$ - разрывное усилие швартова;

$p_с$ - скоростной напор течения;

P(R/T) вероятность безотказной работы рейдового причала;

$P_α(R/T)$ - вероятность безотказной работы рейдового причала для заданного направления расчетного шторма;

[P] - нормативная вероятность безотказной работы рейдового причала;

Q_x, Q_y, $Q_φ$ - продольная, поперечная составляющие ветровой нагрузки и разворачивающий ветровой момент;

$q_б^в$ - погонная масса бриделя в воздухе;

$q_б$ - погонная масса бриделя в воде;

$q_ш$ - погонная масса швартова;

Q_s^x - равнодействующая продольных нагрузок на корабль;

$Q_α(R/T)$ - вероятность превышения допускаемых усилий в рейдовом причале за период эксплуатации для заданного направления расчетного шторма;

$Q_\alpha(U/T)$ - вероятность возникновения расчетного шторма в период эксплуатации причала;

$Q_\alpha(R/U)$ - вероятность превышения допускаемого уровня реакций причала в расчетном шторме;

Q_w - квазистатическая волновая нагрузка на корабль;

Q_w^α - амплитуда волновой нагрузки на корабль;

Q_w^x, Q_w^y - амплитуды продольной и поперечной волновой нагрузки на корабль;

Q_w^φ - амплитуда разворачивающего волнового момента;

Q_s^y - равнодействующая поперечных нагрузок на корабль;

R_α - радиус акватории;

ρ - плотность воздуха;

ρ_c - плотность воды;

$p_в$ - скоростной напор ветра;

$S_{бя}$ - усилие натяжения бриделя у якоря;

$S_{шб}$ - усилие натяжения швартова у бочки;

$S_{шк}$ - усилие натяжения швартова в клюзе корабля;

$S_б$ - действующее усилие в бриделе;

$S_{пб}$ - усилие в бриделе, соответствующее моменту погружения бочки под воду;

T - срок эксплуатации рейдового причала;

$\bar{\tau}$ - средний период волн;

U - фактическое смещение корабля при стоянке у рейдовой бочки;

$U_б$ - горизонтальное перемещение верхнего конца бриделя, обусловленное изменением формы его провеса;

U_v - скорость ветра;

$U_т$ - скорость течения;

$\overline{U}$ - расчетная осредненная скорость ветра;

$V_б$ - номинальный объем швартовной бочки;

$\Delta V_б$ - избыточная плавучесть бочки;

$V_{бя}$ - вертикальная нагрузка на якорь;

$V_{бб}$ - вертикальная составляющая усилия в бриделе у бочки;

$V_{шб}$ - вертикальная составляющая усилия в швартове у бочки;

$V_{шк}$ - вертикальная составляющая усилия в швартове у клюза корабля;

W - водоизмещение корабля;

$X_п$ - абсцисса центра парусности корабля относительно мидель-шпангоута;

X_c - абсцисса центра массы корабля относительно мидель-шпангоута;

X_{1A} - расстояние от нижней точки провеса швартова до бочки;

η - горизонтальная проекция якорно-швартовной связи;

$\eta_ш$ - горизонтальная проекция швартова;

$\eta_б$ - горизонтальная проекция бриделя;

$\eta_{пп}$ - горизонтальная проекция провисающей части бриделя.

Приложение Б

(Справочное)

Нормы обеспечения рейдовым оборудованием кораблей и судов ВМФ

Таблица Б.1 – Нормы обеспечения рейдовым оборудованием кораблей и судов ВМФ

Корабли, суда	Количество элементов рейдового оборудования на один корабль, судно, шт.			Нормы обеспечения рейдовыми стоянками соединения кораблей в % от состава соединения
	бочек	якорей (железо-бетонных)	бриделей (смычек)	
Корабли водоизмещением до 1500 т	1	1	3	10
Корабли водоизмещением до 1500-4000 т	1	1	3	30
Корабли водоизмещением до 4000-10000 т	1	1	4	50
Корабли водоизмещением до 1000-20000 т	1	1	4	80
Корабли водоизмещением более 20000 т	По специальному проекту			100
Поисково-спасательные суда	По специальному проекту			100
Суда-мишени	1	1	2	20
Примечание – Суда, обеспечивающие строительство (плавучие копры, землечерпалки, планировщики и др.), плавучие доки, стенды безобмоточного размагничивания, девиационные полигоны комплектуются и обеспечиваются оборудованием по специальным проектам				

Приложение В
(Справочное)

Основные технические характеристики стандартных рейдовых бочек

Таблица В.1 - Основные технические характеристики стандартных рейдовых бочек по РБ.0001 ТУ 1985г.

1 Марка (в скобках индексы бочек по РКД)		РБ 1.5 (РБ 14)	РБ 3,0 (РБ13А)	РБ 5,0 (РБ 7А)	РБ 8,5 (РБ 5)	РБ 15 (РБ 4)	РБ 20 (РБ 3)	РБ 25 (РБ 2)	РБ 35 (РБ 1)	РБ 45 (РБ 0)	РБ 80	РБ 100	РБ 150 РБ150М	РБ 300
2 Номинальный объем, $м^3$		1,5	3,0	5,0	8,5	15	20	25	35	45	80	100	150	300
3 Наружный диаметр, м		1,50	1,80	2,12	2,50	3,05	3,35	3,60	4,00	4,35	5,25	5,65	6,50	8,20
4 Высота борта, м		1,00	1,25	1,47	1,75	2,10	2,35	2,50	2,80	3,05	3,75	4,00	4,60	5,80
5 Высота габаритная, м		1,33	1,58	1,87	2,15	2,67	2,92	3,13	3,44	3,68	4,40	4,65	5,10	6,25
6 Внутренний диаметр клюза, м		0,26	0,26	0,28	0,28	0,42	0,42	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,62	0,62
7 Масса бочки, т	исполнение М	0,83	1,14	2,37	3,00	5,90	7,06	11,10	12,90	14,43	23,20	25,98	38,68	71,48
	исполнение ОМ	0,93	1,33	2,70	3,55	6,88	8,36	12,70	15,20	17,36	28,40	32,48	47,66	89,25
8 Калибр цепного брагеля, мм	наименьший	40	40	44	44	62	62	81	81	81	81	81	81	81
	наибольший	40	54	54	54	81	81	102	102	102	102	102	102	102
9 Диаметр швартовного стального каната (троса), мм, не более		27	30	35	35	46	46	46	46	46	46	46	46	46
10 Количество швартовных устройств		2	2	2	2	2	2	4	4	4	6	6	6	8
11 Количество водонепроницаемых отсеков		1	1	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	8
12 Толщина, мм	палуба	4;10	5;12	8;16	8;16	10;16	16	16	16	16	16	16	12	16
	днище	4	5	8	8	10	10	12	12	12	12	12	12	16
	обечайка (борт)	4	5	8	8	10	10	12	12	12	12	12	12	12
	переборки	-	-	6	6	6	8	8	8	8	8	8	12	12

Т а б л и ц а В.2 - Основные технические характеристики стандартных рейдовых бочек по РБ.000 ТУ 1974г.

Марка, в скобках индексы бочек по РКД		РБ14	РБ13А	РБ7А	РБ5	РБ4	РБ3	РБ2	РБ1	РБ0
Номинальный объем, $м^3$		1,5	3,0	5,0	8,5	15	20	25	35	45
Наружный диаметр, м		1,40	1,80	2,10	2,50	3,00	3,40	3,60	4,00	4,4
Высота борта, м		1,00	1,20	1,5	1,8	2,10	2,4	2,50	2,80	3,00
Высота габаритная, м		1,1	1,4	1,6	1,9	2,4	2,6	2,6	2,9	3,2
Внутренний диаметр клюза, м		0,26	0,26	0,28	0,28	0,42	0,42	0,46	0,46	0,49
Масса бочки, т	исполнение М	0,56	0,86	1,95	2,49	5,10	5,5	7,6	9,2	12,0
	исполнение ОМ	0,66	1,05	2,27	3,04	6,05	7,10	9,20	10,50	14,9
Калибр цепного бриделя, мм	наименьший	40	44	44	44	62	62	68	73	81
	наибольший	40	44	50	50	73	73	81	92	102
Диаметр швартовного стального каната (троса), мм, не более		27	30	35	35	46	46	46	46	46
Количество водонепроницаемых отсеков		1	1	4	4	4	4	4	4	4

Приложение Г
(Справочное)

Конструктивные схемы стандартных рейдовых бочек

Схематический чертеж корпуса рейдовой бочки

Данные по материалам корпуса

Наименование	Значения для рейдовых бочек																				
	по РБ.0001 ТУ 1985г.												по РБ.000 ТУ 1974г.								
	РБ1,5 (РБ 14)	РБ3 (РБ13А)	РБ5 (РБ7А)	РБ 8,5 (РБ5)	РБ15 (РБ4)	РБ20 (РБ3)	РБ25 (РБ2)	РБ35 (РБ1)	РБ45 (РБ0)	РБ 80	РБ 100	РБ 150	РБ 300	РБ 14	РБ 13А	РБ 7А	РБ 5	РБ 4	РБ 3	РБ 2	РБ 1	РБ 0
Толщина обшивки, мм палуба	4;10	5;12	8;16		10;16		16					12	16	4	5	6		10		12		
днище	4	5	8		10		12						12									
обечайка (борт)																						
переборки	-		6			8						12		-		5		6				
Набор из полосо-бульбового профиля по ГСТ 21937-76 палуба	6		8		10		12			16[а]		14[б]	16[а]	6		8		10		12		
днище																						
обечайка (борт)																						
переборки	-													-								
Материал корпуса	ВСт3сп2																					
Электрод	Проволока сварочная марка Св-08А ГОСТ 2246-70, электрод Э42А-УОНИИ 13/45 ГОСТ 9467-75																					

Приложение Д
(Справочное)

Элементы якорных цепей, используемые для бридлей рейдовых причалов

Таблица Д.1 - Номенклатура якорных цепей по ГОСТ 228 [9] (ст. СЭВ 712)

Вид	Тип	Категории прочности	Калибр, мм														
			40	44	46	50	54	58	62	68	73	78	81	87	92	97	102
с распорками	сварные или кованые	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-					
		2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	литые	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Таблица Д.2 - Номенклатура якорных цепей по техническим условиям

Вид	Тип	Категории прочности	Норматив	Калибр, мм										
				53	57	62	67	72	77	82	87	92	97	102
с распорками	сварные	2	ТУ 5.211-15406 [12]	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		3	ТУ 5.211-15411 [13]	+	+	+	+	+	+	+	-			
	литые	2	ТУ 5.211-0212 [10]	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		3	ТУ 5.211-0334 [110	+	+	+	+	+	-	+	-			

Таблица Д.3 - Основные параметры якорных цепей с распорками, рекомендуемых для постановки рейдового оборудования

Калибр, мм			Пробная (П) и разрушающая (Р) нагрузка, кН, для типа (категории) цепи, не менее								Теоретическая масса 1 м промежуточной смычки, кг	
ГОСТ	ТУ*	Super	1		2		3		4 или Super			
228 [9]	[10-13]	Швеция	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р	СНГ	Швеция
40			448	640		896		1280			34,5	
42			492	703		981		1400			38,6	
44			538	769		1080		1540			42,2	
46			585	837		1170		1680			45,5	
48			635	908		1270		1810			49,8	
50			686	981		1370		1960			54,0	
52			739	1060		1480		2110			59,1	
	53				1120	1570		2230			60,2	
54			798	1140		1590		2270			62,5	
56			851	1220		1710		2430			67,5	
	57				1280	1800		2560			70,0	
58			909	1290		1810		2600			72,8	
60			969	1380		1940		2770			77,1	
62		62	1030	1470		2060		2940	3240	4120	82,6	88,44
	62				1500	2100		3000			83,0	
64		64	1100	1560		2190		3130	3430	4380	88,0	94,44
66		66	1160	1660		2310		3300	3640	4630	93,0	102,72
	67				1740	2430		3470			96,0	
68		68	1230	1750		2450		3500	3850	4900	97,0	107,07
70		70	1290	1840		2580		3690	4060	5170	103,0	113,90
	72				1980	2780		3960			111,4	
73		73	1390	1990		2790		3990	4390	5580	113,0	124,06
76		76			2150	3010		4300	4730	6010	123,0	134,90
	77				2250	3150		4480			129,0	
78		78			2260	3160		4500	4950	6310	130,0	141,57
81		81			2410	3380		4820	5320	6760	145,0	153,74
	82				2520	3530		5030			144,0	
84		84			2580	3610		5160	5680	7230	154,0	165,60
87					2750	3850		5500			163,0	
	87				2800	3930					162,0	
90		90			2920	4090		5840	6440	8190	175,0	188,88
92					3040	4260		6080			182,0	
	92				3100	4340					185,0	
	95				3410	4770					205,0	
95		95			3230	4510		6440	7090	9030	193,0	211,46
97					3340	4680		6690			201,0	
100					3530	4940		7060			215,0	
102		102			3660	5120		7320	8040	10240	224,0	242,77
	102				3730	5220					227,0	

*Примечание - Испытательная нагрузка для цепей 2 категории принимается по ТУ 5.211-0212 [10], ТУ 5.211-15406 [12], для цепей 3 категории- по ТУ 5.211- 0334 [11], ТУ 5.211-15411 [13]

Т а б л и ц а Д.4 - Таблица равнопрочных цепей

Калибр цепи 2 категории по ГОСТ 228 [9], мм	Равнопрочная цепь					
	ГОСТ 228 [9]		ТУ5.211-15406 [12] ТУ5.211-0212 [10]	ТУ 5.211-15411 [13] ТУ 5.211-0334 [11]	Фирма "Ramnas" Швеция	
	Категория 1	Категория 3	Категория 2	Категория 3	ORQ	Super
28	34	26	-	-	-	-
32	38	28	-	-	-	-
34	40	32	-	-	-	-
38	46	32	-	-	-	-
40	48	34	-	-	-	-
44	54	38	-	-	-	-
46	56	38	-	-	-	-
50	60	44	-	-	-	-
54	66	44	53	-	-	-
58	70	50	57	-	50	-
62	-	54	62	53	52	-
68	-	58	67	57	58	-
73	-	62	72	62	62	-
78	-	68	77	67	64	-
81	-	68	82	67	66	-
87	-	73	87	72	70	60
92	-	78	92	77	76	64
97	-	81	97	82	78	66
102	-	87	102	-	84	70
107	-	87	107	-	87	73
111	-	92	-	-	90	78
117	-	97	-	-	92	81

Т а б л и ц а Д.5 - Диаметр стального каната тросовой вставки, равнопрочного цепным смычкам комбинированного бриделя

Калибр цепи,[1] мм	Диаметр стального каната,[2-4] мм маркировочная группа					
	140	150	160	170	180	200
28	42	42	42	38	38	38
32	48	48	46	46	42	42
34	53,5	50	48	48	46	46
38	57	57	53,5	53,5	53,5	50
40	61	57	57	53,5	53,5	53,5
44	65	65	61	61	57	57
46	-	-	65	61	61	57
50	-	-	-	-	-	-

Примечания

1 Якорная цепь по ГОСТ 228 [9], 2 категории прочности.

2 Стальной канат по ГОСТ 3083 [15].

3 Учтены коэффициенты запаса прочности.

Для цепных элементов К=3,0;

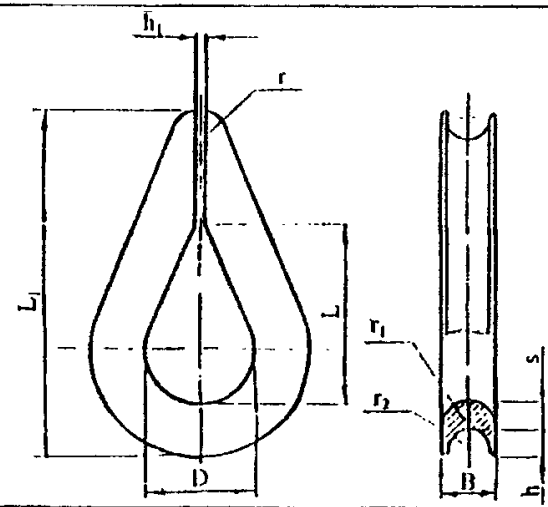
Для стального каната К=4,0-5,0.

4 Использование тросовых вставок для бриделя ограничивается условиями применимости, приведенными в 6.1.1.21

Т а б л и ц а Д.6 - Характеристики стальных канатов для бриделей (ГОСТ 3083 [15], предел прочности проволок - 140 кгс/мм^2)

Диаметр каната, мм	21,0	23,0	25,0	26,5	28,5	30,5	32,5	34,5
Разрывное усилие, кН (тс)	149,1 (15,2)	181,5 (18,5)	209,5 (21,35)	238,9 (24,35)	279,1 (28,45)	313,0 (31,9)	349,3 (35,6)	397,8 (40,55)
Масса 100 м, кг	133,5	162,5	195,5	226,5	259,0	295,5	334,0	373,5
Диаметр каната, мм	38,0	42,0	46,0	48,0	50,0	57,0	61,0	65,0
Разрывное усилие, кН (тс)	481,2 (49,05)	597,9 (60,95)	699,0 (71,25)	767,1 (78,2)	937,4 (85,36)	1113,4 (113,5)	1245,9 (127,0)	1420,9 (144,84)
Масса 100 м, кг	462,0	559,0	665,0	781,0	904,5	998,5	1120,0	1245,0

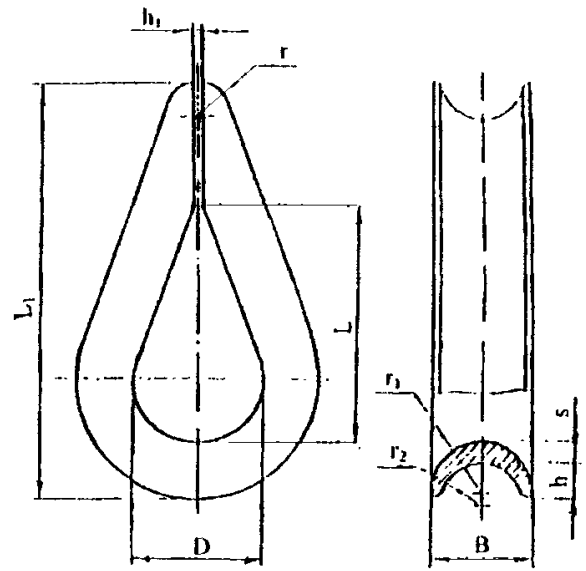
Таблица Д.7а



Размеры указаны в мм

Допускаемая нагрузка, кН (тс)	Диаметр каната наибольшая	B	D		L		L_1, не более	h	h_1, не более	r_2	r_1	r_2	B	Исполнение 1 – из углеродистых сталей		
			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.								Обозначение	Масса кг, не более	Код ОКП
0,5 (0,05)	2,2	4	6	+4,0	10		22	1,5	0,5	1,6	2,5	1,5	2,0	218-01.214	0,003	64 1142 1081 10
1,0 (0,10)	3,3	6	11	+2,0	18	+2	35	2,5		2,5	3,0	2,0	2,5	218-01.215	0,010	64 1142 1082 09
2,0 (0,20)	4,2	8	16		27		49		1,0	3,0				218-01.216	0,020	64 1142 1083 08
3,0 (0,30)	5,5		18		30		53	3,5			4,0	3,0	3,5	218-01.217	0,030	64 1142 1084 07
5,0 (0,50)	6,7	10	22	+2,5	36	+3	69	4,5	1,5	4,0	5,0	4,0	5,5	218-01.218	0,060	64 1142 1085 06
8,0 (0,80)	8,3	13	27		45		88	5,0		5,0	6,5	5,0	7,0	218-01.219	0,120	64 1142 1086 05
12,0 (1,20)	9,7	15	30		50	+5	99	7,0	2,0		7,5	5,5	8,0	218-01.220	0,200	64 1142 1087 04
16,0 (1,60)	11,5	17	35		58		122	8,0		8,0	8,5	6,5	11,0	218-01.221	0,320	64 1142 1088 03
20,0 (2,00)	13,5	19	41	+3,0	68		139	9,0			9,5	7,5	12,0	218-01.222	0,500	64 1142 1089 02
25,0 (2,50)	15,5	22	46		77	+7	155	10,0	2,5	10,0	11,0	8,5	13,0	218-01.223	0,700	64 1142 1090 09
32,0 (3,20)	17,5	25	52		85		176	11,0			12,5	9,5	15,0	218-01.224	1,000	64 1142 1091 08
40,0 (4,0)	19,5	27	60		105		198	12,0		12,0	13,5	10,5	16,0	218-01.225	1,280	64 1142 1092 07
50,0 (5,0)	22,0	31	66		115		226	14,0			15,5	12,0	18,0	218-01.226	1,720	64 1142 1093 06
63,0 (6,30)	26,0	36	73	+4,0	122		244	16,0		16,0	18,0	13,5	21,0	218-01.227	2,950	64 1142 1094 05
80,0 (8,00)	29,0	39	82		135		261	17,0			19,5	15,5	23,0	218-01.228	3,800	64 1142 1095 04
100,0 (10,0)	32,0	43	92		152		277	19,0		20,0	21,5	17,5	26,0	218-01.229	4,730	64 1142 1096 03
125,0 (12,5)	36,5	46	98		162	+8	310	21,0	3,0		23,0	19,5	28,0	218-01.230	6,300	64 1142 1097 02
160,0 (16,0)	41,0	52	110		185		349	23,0		25,0	26,0	22,0	32,0	218-01.231	9,000	64 1142 1098 01
200,0 (20,0)	46,5	62	138	+5,0	230		435	29,0			31,0	25,5	40,0	218-01.232	16,200	64 1142 1099 00
250,0 (25,0)	53,5	70	162		270		505	34,0		32,0	35,0	30,0	46,0	218-01.233	19,900	64 1142 1100 02
320,0 (32,0)	58,5	74	176		292		538	37,0		40,0	37,0	32,5	50,0	218-01.234	30,000	64 1142 1101 01
400,0 (40,0)	66,5	78	190		315		568	39,0			40,0	39,0	52,0	218-01.235	36,500	64 1142 1102 00

Т а б л и ц а Д.7б – Основные параметры и размеры коушей типа Р (для растительных канатов)



Размеры указаны в мм

Допускаемая нагрузка, кН (тс)	Длина окружности каната наибольшая	B	D		L		L_1, не более	h	h_1, не более	r, не более	r_1	r_2	B	Исполнение 1		
			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.								Обозначение	Масса кг, не более	Код ОКП
1,0 (0,1)	30	13	16	+2,0	30	+3	49	4	1,0	4	7	5	2	218-01.236	0,02	64 1142 2030 06
2,0 (2,0)	40	17	22		40		70	6		6	9	7	3	218-01.237	0,05	64 1142 2031 05
3,0 (3,0)	50	22	28		50	+4	85	7			12	9	4	218-01.238	0,09	64 1142 2032 04
5,0 (5,0)	65	26	34		60		101	9	2,0	10	14	11	5	218-01.239	0,018	64 1142 2033 03
6,0 (6,0)	75	30	40	+2,5	70	+5	126	11			16	13	6	218-01.240	0,31	64 1142 2034 02
8,0 (8,0)	90	34	46		80		141	13		12	18	15	7	218-01.241	0,48	64 1142 2035 01
10,0 (1,0)	100	38	52		90		153	15	2,5	16	20	17	8	218-01.242	0,72	64 1142 2036 00
12,0 (1,2)	115	42	58	+3,0	100		172	16			22	19	9	218-01.243	0,90	64 1142 2037 10
16,0 (1,6)	125	48	62		110		184	18	3,0	20	26	22		218-01.244	1,00	64 1142 2038 09
20,0 (2,0)	150	56	78		140		230	22			29	26	11	218-01.245	1,90	64 1142 2039 08

Приложение Е
(Справочное)

Основные характеристики гравитационных железобетонных якорей кругового действия

Т а б л и ц а Е.1 - Основные размеры и характеристики призматических железобетонных якорей кругового действия

Марка	Масса, т	Размеры, мм							Объем бетона, $м^3$	Расход арматурной стали, т	Расход проката, т	Допустимая нагрузка на главный рым, тс	Рекомендуемый калибр цепи, мм
		B	b	H	d	k	c	h					
ЯП-3	3	1800	1500	450	150	150	250	150	1,2	0,07	0,010	10	12,5-32
ЯП-5	5	2200	1840	550	200	180	250	200	2,1	0,12	0,020	14	25-34
ЯП-10	10	2700	2100	700	100	300	300	100	4,0	0,270	0,054	57	26-64
ЯП-20	20	3400	2700	900	200	350	300	200	8,2	0,44	0,24	77	30-64
ЯП-30	30	3800	3100	1000	200	350	300	200	11,8	0,484	0,234	101	36-64
ЯП-40	40	4200	3500	1100	200	350	300	200	16,2	0,653	0,398	131	36-64
ЯП-50	50	4400	3600	1200	200	400	300	200	19,3	0,555	0,616	174	40-78
ЯП-60	60	4800	4000	1300	300	400	300	300	24,15	1,12	0,660	204	44-78
ЯП-70	70	5000	4200	1350	250	400	300	250	28,0	1,10	1,00	204	44-78
ЯП-75	75	5300	4500	1300	250	400	300	250	30,2	1,35	0,94	216	52-78
ЯП-100	100	5700	4200	1550	300	750	350	400	38,2	1,60	1,70	354	64-81
ЯП-125	125	6000	4500	1750	400	750	350	300	50	2,6	2,10	354	64-81
ЯП-150	150	6000	4500	2000	400	750	350	300	59	2,7	2,40	354	64-81
ЯП-175	175	7100	5600	1750	400	750	350	300	70	3,3	2,30	590	73-81
ЯП-200	200	7400	5900	1800	400	750	350	300	79	4,3	2,30	590	73-81
ЯП-220	220	8000	6500	1750	400	750	350	300	89	4,0	2,40	590	73-81
ЯП-400.2	400	10310	8400	2600	1000	-	970	700	158	14,4	5,80	820	84-102

Таблица Е.2 - Основные размеры и характеристики пирамидальных (ПРЯ) и плитовидных (ПЛЯ) железобетонных якорей кругового действия

Марка	Масса, т	ПРЯ / ПЛЯ	Размеры, мм							Объем бетона, $м^3$	Расход арматуры, т	Расход закладных деталей, т	Диаметр основного рыма, мм
		B	b	H	h	a	c	d	f				
ПРЯ-10	11,25	3000	2200	800	250	400	400	125	350	4,6	0,081	0,131	70
ПРЯ-15	14,70	3500	2750	750	250	375	400	125	440	6,0	0,158	0,132	70
ПРЯ-20	20,10	4000	3100	900	250	450	400	125	400	8,2	0,214	0,191	80
ПРЯ-25	24,70	4200	3350	850	250	425	400	125	400	10,13	0,298	0,164	80
ПРЯ-30	31,00	4500	3500	1000	250	500	400	125	470	12,7	0,378	0,191	80
ПРЯ-40	39,70	4500	3200	1300	250	650	400	125	500	16,23	0,258	0,323	100
ПРЯ-50	48,80	5000	3800	1200	250	600	400	125	545	20,04	0,493	0,350	100
ПЛЯ-10	10,50	3400	2100	600	200	650	200	600	385	4,21	0,145	0,259	70
ПЛЯ-15	15,60	3900	2200	700	250	850	250	750	300	6,31	0,189	0,264	70
ПЛЯ-20	20,60	4250	2150	800	300	1050	300	900	305	8,36	0,253	0,317	80
ПЛЯ-25	25,30	4600	2500	830	300	1050	300	900	440	10,25	0,318	0,353	80
ПЛЯ-30	30,70	5000	2900	850	300	1050	300	900	410	12,52	0,413	0,376	80
ПЛЯ-40	40,20	5400	2900	980	350	1250	350	1050	360	16,67	0,530	0,473	100
ПЛЯ-50	54,00	5800	3300	1050	350	1250	350	1050	340	20,76	0,676	0,499	100

Примечание - Основной рым рассчитан на условную нагрузку, равную удвоенному весу якоря

Таблица Е.3 - Предварительное определение массы якоря

Масса призматического железобетонного якоря, т	Калибр цепи бриделя,[1] мм								
	до 28	28;30	32-38	40-50	52-58	60-64	66-70	73;76	78;81
	5	10	20	30	40	50	60	70	75

Примечания

1 Для цепи 2 категории прочности. В случае использования цепей других категорий прочности и калибров, они приводятся ко второй категории по таблице Д.4 приложения Д.

2 В случае постановки якоря на скальные, валунные, галечниковые, гравелистые и плотные песчаные грунты массу якоря следует принимать в 2-3 раза больше рекомендованной в настоящей таблице, но не более 1/2 разрывного усилия цепи (для массы якоря в воде).

3 Указанные массы якорей необходимо проверить и уточнить с учетом фактических усилий в бриделе бочки в соответствии с рекомендациями разделов 6.1.3.20 и 6.1.3.4.

Таблица Ж.1 - Характеристики расчетных надводных кораблей

Наименование	Водоизмещение корабля, т									
	500	1500	4000	7500	10000	20000	30000	40000	60000	80000
1 Длина наибольшая, м	60	90	120	150	165	205	235	260	295	330
2 Ширина наибольшая, м	9	13,5	18	23	25	32	36	40	45	50
3 Высота борта от КВЛ на миделе, м	4,0	5,5	7,5	9,5	10,5	13,0	14,5	16,0	18,5	20,0
4 Осадка по КВЛ, м	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	8,0	9,0	10,0	11,0	12,5
5 Площадь парусности надводная, $м^2$										
лобовая	35	80	150	220	270	430	550	690	880	1100
бортовая	260	550	1040	1600	1900	3000	4000	4800	6400	7600
6 Характеристика снабжения	160	340	650	980	1200	1880	2460	3020	3900	4800
7 Калибр цепи станового якоря, мм										
категория 1	24,0	34,0	40-46	50-58	62	68-73	-	-	-	-
категория 2	20,5	30,0	34-40	44-50	54	60-68	70-78	81-84	90-95	100-107
категория 3	-	26,0	30-36	38-46	48	52-60	62-66	70-76	78-84	87-95
8 Разрывная нагрузка одного швартовного троса, кН (тс)	59 (6,0)	88 (9,0)	123-157 (12,5-16,0)	186-250 (19,0-25,5)	284 (29,0)	324-402 (33,0-41,0)	422-480 (43,0-49,0)	490-520 (50,0-53,0)	588-647 (60,0-66,0)	657-689 (67,0-70,0)

Таблица Ж.2 - Характеристики снабжения кораблей

Характеристика снабжения N_c		Становые якоря		Масса стоп-анкера,	Цепи для становых якорей				Цепи или стальной трос для стоп-анкера		Буксирный трос		Швартовные тросы		
Более	Не более	Число	Масса каждого якоря,		Суммарная длина обеих цепей,	Калибр			Длина,	Разрывная нагрузка цепи или разрывное усилие троса в целом,	Длина,	Разрывное усилие троса в целом,	Число	Длина каждого троса,	Разрывное усилие троса в целом,
						категория 1,	категория 2,	категория 3,							
			кг	м	м	мм	мм	мм	м	кН	м	кН		м	кН
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
10	15	2	35	-	110		-	-	-	-	-	-	2	30	29
15	20	2	50	-	137,5	*	-	-	-	-	-	-	2	30	29
20	25	2	65	-	165		-	-	-	-	-	-	2	40	29
25	30	2	80	-	165	11,0	-	-	-	-	-	-	2	50	29
30	40	2	105	35	192,5	11,0	-	-	55	55	120	65	2	50	29
40	50	2	135	45	192,5	12,5	-	-	70	60	150	81	2	60	29
50	70	2	180	60	220	14	12,5	-	80	65	180	98	3	80	34
70	90	2	240	80	220	16	14	-	85	74	180	98	3	100	37
90	110	2	300	100	247,5	17,5	16	-	85	81	180	98	3	110	39
110	130	2	360	120	247,5	19	17,5	-	90	89	180	98	3	110	44
130	150	2	420	140	275	20.5	17,5	-	90	98	180	98	3	120	49
150	175	2	480	165	275	22	19	-	90	108	180	98	3	120	54
175	205	2	570	190	302,5	24	20,5	-	90	118	180	112	3	120	59
205	240	3	660	-	302,5	26	22	20,5	-	-	180	129	4	120	64
240	280	3	780	-	330	28	24	22	-	-	180	150	4	120	69
280	320	3	900	-	357,5	30	26	24	-	-	180	174	4	140	74
320	360	3	1020	-	357,5	32	28	24	-	-	180	207	4	140	78
360	400	3	1140	-	385	334	30	26	-	-	180	224	4	140	88

Продолжение таблицы Ж.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
400	450	3	1290	-	385	36	32	28	-	-	180	250	4	140	98
450	500	3	1440	-	412,5	38	34	30	-	-	180	276	4	140	108
500	550	3	1590	-	412,5	40	34	30	-	-	180	306	4	160	123
550	600	3	1740	-	440	42	36	32	-	-	190	338	4	160	132
600	660	3	1920	-	440	44	38	34	-	-	190	371	4	160	145
660	720	3	2100	-	440	46	40	36	-	-	190	406	4	160	157
720	780	3	2280	-	467,5	48	42	36	-	-	190	441	4	170	172
780	840	3	2460	-	467,5	50	44	38	-	-	190	480	4	170	186
840	910	3	2640	-	467,5	52	46	40	-	-	190	518	4	170	201
910	980	3	2850	-	495	54	48	42	-	-	190	559	4	170	216
980	1060	3	3060	-	495	56	50	44	-	-	200	603	4	180	230
1060	1140	3	3300	-	495	58	50	46	-	-	200	647	4	180	250
1140	1220	3	3540	-	522,5	60	52	46	-	-	200	691	4	180	270
1220	1300	3	3780	-	522,5	62	54	48	-	-	200	738	4	180	284
1300	1390	3	4050	-	522,5	64	56	50	-	-	200	786	4	180	309
1390	1480	3	4230	-	550	66	58	50	-	-	200	836	4	180	324
1480	1570	3	4590	-	550	68	60	52	-	-	220	888	5	190	324
1570	1670	3	4890	-	550	70	62	54	-	-	220	941	5	190	333
1670	1790	3	5250	-	577,5	73	64	56	-	-	220	1024	5	190	353
1790	1930	3	5610	-	577,5	76	66	58	-	-	220	1109	5	190	378
1930	2080	3	6000	-	577,5	78	68	60	-	-	220	1168	5	190	402
2080	2230	3	6450	-	605	81	70	62	-	-	240	1259	5	200	422
2230	2380	3	6900	-	605	84	73	64	-	-	240	1356	5	200	451
2380	2530	3	7350	-	605	87	76	66	-	-	240	1453	5	200	480
2530	2700	3	7800	-	632,5	90	78	68	-	-	260	1471	6	200	480
27002	2870	3	8300	-	632,5	92	81	70	-	-	260	1471	6	200	490
870	3040	3	8700	-	632,5	95	84	73	-	-	260	1471	6	200	500
3040	3210	3	9300	-	660	97	84	76	-	-	280	1471	6	200	520
3210	3400	3	9900	-	660	100	87	78	-	-	280	1471	6	200	554
3400	3600	3	10500	-	660	102	90	78	-	-	280	1471	6	200	588

Продолжение таблицы Ж.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3600	3800	3	11100	-	687,5	105	92	81	-	-	300	1471	6	200	618
3800	4000	3	11700	-	687,5	107	95	84	-	-	300	1471	6	200	647
4000	4200	3	12300	-	687,5	111	97	87	-	-	300	1471	7	200	647
4200	4400	3	12900	-	715	114	100	87	-	-	300	1471	7	200	657
4400	4600	3	13500	-	715	117	102	90	-	-	300	1471	7	200	667
4600	4800	3	14100	-	715	120	105	92	-	-	300	1471	7	200	677
4800	5000	3	14700	-	742,5	122	107	95	-	-	300	1471	7	200	686
5000	5200	3	15400	-	742,5	124	111	97	-	-	300	1471	8	200	686
5200	5500	3	16000	-	742,5	127	111	97	-	-	300	1471	8	200	696
5500	5800	3	16900	-	742,5	130	114	100	-	-	300	1471	8	200	706
5800	6100	3	17800	-	742,5	132	117	102	-	-	300	1471	9	200	706
6100	6500	3	18800	-	742,5	-	120	107	-	-	300	1471	9	200	716
6500	6900	3	20000	-	770	-	124	111	-	-	Суда длиной более 180 м буксирного троса могут не иметь		0	200	726
6900	7400	3	21500	-	770	-	127	114	-	-			10	200	726
7400	7900	3	23000	-	770	-	132	117	-	-			11	200	726
7900	8400	3	24500	-	770	-	137	122	-	-			14	200	736
8400	8900	3	26000	-	770	-	142	127	-	-			15	200	736
8900	9400	3	27500	-	770	-	147	132	-	-			16	200	736
9400	10000	3	29000	-	770	-	152	132	-	-			14	200	736
10000	10700	3	31000	-	770	-	-	137	-	-			15	200	736
10700	11500	3	33000	-	770	-	-	142	-	-			16	200	736
11500	12400	3	35500	-	770	-	-	147	-	-			17	200	736
12400	13400	3	38500	-	770	-	-	152	-	-			18	200	736
13400	14600	3	42000	-	770	-	-	157	-	-			19	200	736
14600	16000	3	46000	-	770	-	-	162	-	-			21	200	736

Примечание - * Может применяться цепь или стальной трос; при этом разрывная нагрузка или разрывное усилие троса в целом должны быть не менее 44 кН

Приложение К

(Справочное)

Данные по предварительному выбору бриделя и якоря

Т а б л и ц а К.1 - Данные по предварительному выбору бриделя и якоря

Водоизмещение корабля (судна), т	Калибр цепи, мм	Цепной бридель			Комбинированный бридель			Масса железобетонного якоря, т
		пробная нагрузка, кН (тс)	разрушающая нагрузка, кН (тс)	масса 1 м цепи, кг	диаметр стального каната, мм	разрывная нагрузка, кН (кг)	масса 100 м каната, кг	
До 500	28	321 (31,5)	449 (44,0)	16,5	4,1	638,6 (65,1)	559,0	5-10
501-1500	44	769 (75,4)	1080 (106,0)	42,2	41,0	638,6 (65,1)	559,0	25-30
1501-4000	52	1060 (104,0)	1480 (145,3)	60,2	45,0	759,3 (77,4)	665,0	30-40
4000-7500	62	1470 (144,5)	2060 (202,3)	83,0	48,5	892,3 (90,95)	781,0	40-50
7501-10000	66	1660 (163,0)	2310 (227,0)	96,0	56,0	1187,0 (121,0)	1040,0	50-60
10001-20000	78	2260 (222,0)	3160 (310,0)	128,0	65,0	1525,5 (155,5)	1334,8	60-70
20001-40000	92	3040 (298,5)	4260 (418,0)	185,0	-	-	-	75-100
40001-60000	102	3660 (359,0)	5120 (503,0)	227,0	-	-	-	100-150
60001-80000	117	4250 (417,0)	5940 (583,0)	262,0	-	-	-	150-200

Примечание - Приведенные в таблице данные по цепному бриделю относятся ко 2-ой категории прочности. Рейдовые стоянки для кораблей водоизмещением свыше 20000 т должны устанавливаться только по специальным проектам. Данные, приведенные в таблице К.1, являются ориентировочными и должны уточняться на основании расчетов в соответствии с рекомендациями 6.1.3

Т а б л и ц а К.2 - Данные по выбору швартова рейдового причала

Калибр бриделя, мм	Калибр цепного швартова, мм	Диаметр, мм, стального швартовного каната при кол-ве канатов, заведенных на рейдовую бочку		
		1	2	3
28	24	33,5	22,5	20,5
44	38	52,0	37,5	26,0
52	46	60,0	41,0	30,0
62	54	-	52,0	33,5
66	56	-	56,0	37,5
78	68	-	65,0	45,0
92	81	-	-	52,0
102	87	-	-	56,0
117	95	-	-	60,0

Примечания

1 Приведенные данные относятся к цепям 2-й категории прочности и канатам из проволоки с пределом прочности 1373, 4 Н/мм^2 (140 кг·с/мм^2). При переходе к цепям и канатам другой категории прочности следует пользоваться данными о равнопрочных цепях и канатах.

2 Данные соответствуют рейдовым причалам срок службы которых составляет:

с цепным бриделем - не более 3 лет;

с комбинированным бриделем - не более 3-5 месяцев.

При больших сроках службы следует предусматривать понижение граничных условий эксплуатации рейдовой стоянки, исходя из конкретных условий износа швартова и бриделя

Приложение Л

(Справочное)

Данные по предварительному выбору рейдовой бочки

Таблица Л.1 - Данные по предварительному выбору рейдовой бочки

Калибр цепи бриделя, мм	Рейдовая бочка объемом, $м^3$										
	для цепного бриделя при глубине, м				для комбинированного бриделя при глубине, м						
	≤30	50	70	100	70	100	150	200	250	300	≥300
28	3	5	8,5	15	3	3	5	5	8,5	8,5	по специальному проекту
44	8,5	8,5	20	25	5	5	8,5	8,5	8,5	15	
52	8,5	20	25	35	8,5	8,5	15	15	15	20	
62	20	25	35	45	8,5	15	15	20	20	20	
66	20	35	45	45	15	15	15	20	25	25	
78	25	45	45	80	15	15	20	25	25	25	
81	45	45	80	100	-	-	-	-	-	-	
102	80	80	100	150	-	-	-	-	-	-	

Примечания

1 Рейдовые бочки объемом свыше 45 $м^3$ с бриделями калибром 78 мм и более, а также рейдовые стоянки на комбинированном бриделе при глубинах более 100 м, должны устанавливаться преимущественно в соответствии со специальными проектами.

2 Данные, приведенные в таблице Л.1, являются рекомендуемыми

Приложение М

(Справочное)

Относительные глубины погружения рейдовой бочки и усилия в бриделе

М.1 Для кораблей водоизмещением W при избыточной плавучести бочки $\Delta V_б$, скорости ветра U_v, глубине акватории D и волнении 2 балла

Таблица М.1

$\Delta V_б$[6], м^3	$\frac{\Delta\bar{h}}{S_б,\ тс}$[2;3;5]											
	W=1500 т											
	U_v, м/с											
	15			20			25			30		
	D, м											
	30	70	110	30	70	110	30	70	110	30	70	110
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2,5	0,30 50	-		0,91 210	-		0,95 450	-		0,95 1000	-	
4,0			-	0,31 80	0,21 70	-	0,71 200	0,65 140	-	0,93 500	0,89 210	-
7,5	0,02 50	0,02 40			0,03 70		0,11 140	0,06 110		0,48 190	0,42 170	
10,0			0,02 40	0,06 100	0,04 90	0,03 70	0,08 160	0,05 130	0,04 120	0,25 180	0,13 160	0,09 150
12,5										0,14 210	0,07 180	
-	W=4000 т											
4,0	0,46 110	-	-	0,84 550	-	-	0,94 950	-	-	0,93 1600	-	-
7,5				0,42 190	0,28 150		0,80 470	0,73 340		0,91 900	0,88 770	
10,0	0,06 120	0,04 90	0,03 80	0,19 180	0,07 160	0,06 150	0,54 300	0,44 240	0,37 220	0,81 660	0,80 560	0,76 550
12,5				0,12 220	0,07 180	0,05 160	0,34 270	0,20 230	0,18 210	0,67 500	0,60 400	0,55 340
17,5	0,03 120	0,02 90	0,01 80	0,07 230	0,05 190	0,02 170	0,13 360	0,08 280	0,07 240	0,25 420	0,22 350	0,20 300
-	W=7500 т											
7,5	0,33 170	0,17 140	-	0,84 540	0,76 380	-	0,93 1140	0,92 1000	-	0,94 1600	0,93 1500	-
10,0	0,13 180	0,07 160	0,05 140	0,65 400	0,48 270	0,38 220	0,85 820	0,84 680	0,82 650	0,94 1430	0,93 1310	0,92 1220

Продолжение таблицы М.1

12,5	0,11 190			0,41 320	0,26 250	0,15 230	0,72 630	0,68 510	0,62 440	0,89 1240	0,88 1070	0,87 1040
17,5	0,04 220	0,03 160	0,02 140	0,13 390	0,08 310	0,06 250	0,37 500	0,28 400	0,26 340	0,67 890	0,63 680	0,61 660
22,5				0,10 400			0,17 560	0,11 470	0,09 450	0,40 710	0,39 580	0,38 530
W=10000 т												
7,5	0,60 290	-	-	0,95 1100	-	-	0,97 1610	-	-	0,99 2100	-	-
10,0	0,40 230	0,21 190		0,80 800	0,78 520		0,95 1320	0,92 1250		0,97 1850	0,96 1670	
12,5	0,20 250	0,14 220	0,13 190	0,70 610	0,57 390	0,50 330	0,90 1110	0,88 990	0,85 870	0,95 1650	0,92 1500	0,90 1360
17,5	0,08 300	0,06 220		0,30 480	0,18 370	0,14 320	0,60 790	0,58 610	0,56 570	0,85 1460	0,82 1270	0,79 1200
22,5		0,05 220	0,06 190	0,14 540	0,09 420	0,08 360	0,36 720	0,28 560	0,27 480	0,61 1150	0,59 950	0,57 910
50,45, 40[7)]	0,06 310	0,03 220		0,11 580	0,08 420		0,19 890	0,13 680	0,11 550	0,36 1120	0,28 850	0,27 770
W=20000 т												
7,5	0,83 700	-		0,99 1450	-		0,99 2100	-		0,99 2900	-	
10,0	0,80 510		-	0,91 1360		-	0,99 1950		-	0,99 2700		-
12,5	0,53 450	0,41 340		0,83 1200	0,80 1080		0,92 1850	0,90 1690		0,94 2550	0,90 2360	
17,5	0,19 460	0,13 380	0,10 310	0,62 900	0,60 720	0,58 650	0,80 1660	0,78 1200	0,77 1100	0,90 2320	0,89 2250	0,88 2200
22,5	0,15 530	0,09 390	0,08 310	0,43 870	0,29 630	0,27 540	0,67 1500	0,64 1110	0,62 1010	0,85 2200	0,84 2070	0,82 2010
50,45, 40[7)]	0,11 530	0,08 390	0,07 310	0,20 930	0,14 720	0,08 580	0,36 1230	0,27 930	0,25 790	0,62 2010	0,59 1480	0,58 1360
60,55, 50[7)]	0,10 530	0,06 390	0,05 310	0,16 930	0,11 720	0,06 580	0,33 1340	0,18 1070	0,15 900	0,54 2100	0,45 1550	0,41 1400
105, 95,85[7)]	0,01 530	0,01 390	0,01 310	0,07 930	0,06 720	0,05 580	0,16 1500	0,10 1120	0,08 900	0,24 2200	0,16 1680	0,14 1480
W=30000 т												
17,5	0,41 660	0,31 490	0,24 400	0,80 1380	0,78 1340	0,76 1230	0,90 2400	0,88 2200	0,86 2100	0,97 3500	0,95 3400	0,94 3200
22,5	0,21 690	0,14 520	0,11 430	0,59 1260	0,54 970	0,52 850	0,85 2200	0,82 1950	0,80 1790	0,92 3100	0,89 3050	0,88 2900
50,45, 40[7)]	0,17 710	0,12 550	0,10 440	0,30 1200	0,22 940	0,20 790	0,52 1690	0,50 1440	0,48 1240	0,81 2830	0,76 2450	0,71 2350
60,55, 50[7)]	0,16 740	0,10 550	0,08 440	0,27 1310	0,18 1100	0,16 830	0,49 1820	0,35 1370	0,34 1190	0,66 2770	0,64 2190	0,58 1830
105, 95,85[7)]	0,04 750	0,03 560	0,02 440	0,14 1340	0,10 1180	0,08 840	0,20 1890	0,17 1680	0,18 1330	0,81 2900	0,28 2380	0,21 1960

Окончание таблицы М.1

W=40000 т												
22,5	0,33 810	0,21 660	0,18 540	0,72 1720	0,70 1430	0,69 1300	0,88 2650	0,84 2450	0,80 2250	0,94 3850	0,92 3670	0,90 3330
50,45, 40[7)]	0,22 940	0,16 740	0,14 610	0,43 1580	0,36 1160	0,35 960	0,66 2270	0,64 1970	0,62 1700	0,85 3470	0,81 3110	0,75 2930
60,55, 50[7)]	0,21 940	0,13 740	0,10 610	0,37 1600	0,24 1250	0,18 1120	0,55 2200	0,51 1830	0,42 1510	0,76 3420	0,74 2850	0,73 2340
105, 95,85[7)]	0,05 940	0,05 740	0,05 610	0,18 1710	0,14 1300	0,11 1120	0,26 2470	0,21 2130	0,17 1700	0,38 3610	0,34 2900	0,36 2420
210	0,01 1010	0,01 750	0,01 620	0,08 1810	0,03 1300	0,01 1120	0,16 2660	0,09 2130	0,05 1700	0,27 3820	0,15 2990	0,11 2530
W=60000 т												
50,45, 40[7)]	0,28 1280	0,25 1100	0,22 850	0,69 2370	0,68 1830	0,58 1500	0,82 3200	0,78 3000	0,75 2650	0,97 4850	0,93 4350	0,85 3940
60,55, 50[7)]	0,27 1350	0,21 1120	0,14 870	0,50 2110	0,48 1760	0,27 1430	0,83 3070	0,75 2740	0,60 2240	0,95 4750	0,91 4290	0,81 3710
105, 95,85[7)]	0,11 1400	0,09 1130	0,09 900	0,23 2400	0,18 2000	0,18 1560	0,29 3390	0,25 2870	0,23 2350	0,58 4580	0,49 4140	0,38 3500
210	0,02 1420	0,02 1140	0,02 820	0,07 2420	0,05 2000	0,03 1560	0,14 3430	0,12 3080	0,10 2380	0,22 4710	0,19 4200	0,19 3640
W=80000 т												
50,45, 40[7)]	0,35 1500	0,31 1380	0,23 1050	0,73 3010	0,69 2440	0,62 2100	0,85 4500	0,80 3800	0,77 3460	0,98 6600	0,94 5800	0,87 5100
60,55, 50[7)]	0,32 1560	0,25 1410	0,19 1090	0,52 3000	0,50 2290	0,34 1910	0,86 4400	0,79 3530	0,69 3140	0,96 6400	0,93 5450	0,84 4900
105, 95,85[7)]	0,15 1600	0,14 1450	0,12 1100	0,30 3080	0,26 2500	0,21 2100	0,42 4300	0,38 3500	0,35 3120	0,62 6030	0,56 5160	0,49 4660
210	0,03 1690	0,03 1470	0,03 1120	0,13 3130	0,09 2630	0,07 2140	0,22 4330	0,19 3600	0,16 3200	0,31 6280	0,28 5400	0,24 4900

М.2 Для кораблей водоизмещением W при избыточной плавучести бочки $\Delta V_б$, скорости ветра U_v, глубине акватории D и волнении 4 балла

Таблица М.2

$\Delta V_б$[6], м^3	$\frac{\Delta\bar{h}}{S_t}$[2;3;5], кН											
	W=1500 т											
	U_v, м/с											
	15			20			25			30		
	D, м											
	30	70	110	30	70	110	30	70	110	30	70	110
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2,5	0,46 160	-		0,92 240	-		0,96 550	-		0,96 1200	-	
4,0	0,16 200	0,11 200	-	0,38 200	0,27 200	-	0,74 200	0,68 200	-	0,94 630	0,90 260	-
7,5	0,16 290	0,11 290		0,16 290	0,11 290		0,23 290	0,15 290		0,61 290	0,45 290	
10,0	0,16 360	0,11 350	0,10 350	0,16 350	0,11 350	0,10 350	0,16 350	0,11 350	0,10 350	0,33 350	0,19 350	0,17 350
12,5	0,16 440	0,11 440	0,10 440	0,16 440	0,11 440	0,10 440	0,16 440	0,11 440	0,10 440	0,22 440	0,11 440	0,10 440
-	W=4000 т											
4,0	0,48 200	-	-	0,91 650	-	-	0,95 1050	-	-	0,95 1750	-	-
7,5	0,17 310	0,12 310		0,50 310	0,35 310		0,82 480	0,74 360		0,93 1000	0,89 890	
10,0	0,17 370	0,12 370	0,11 370	0,29 370	0,17 370	0,11 370	0,59 370	0,48 370	0,42 370	0,87 720	0,83 600	0,80 580
12,5	0,17 480	0,12 480	0,11 480	0,23 480	0,15 480	0,11 480	0,40 480	0,27 480	0,21 480	0,72 480	0,60 480	0,55 480
17,5	0,17 540	0,12 540	0,11 540	0,19 540	0,12 540	0,11 540	0,25 540	0,14 540	0,11 540	0,43 540	0,30 540	0,27 540
-	W=7500 т											
7,5	0,47 340	0,25 340	-	0,86 600	0,81 470	-	0,94 1200	0,93 1080	-	0,95 1700	0,94 1600	-
10,0	0,27 400	0,13 400	0,12 400	0,69 450	0,53 400	0,46 400	0,88 950	0,86 780	0,85 700	0,96 1500	0,95 1350	0,94 1270
12,5	0,19 510	0,13 510	0,12 510	0,51 510	0,31 510	0,23 510	0,78 730	0,74 580	0,68 510	0,91 1300	0,90 1180	0,89 1100
17,5	0,19 570	0,13 570	0,12 570	0,29 570	0,16 570	0,14 570	0,56 630	0,37 570	0,30 570	0,79 1040	0,75 860	0,70 720
22,5	0,19 690	0,13 690	0,12 690	0,24 690	0,15 690	0,12 690	0,3 690	0,22 690	0,17 690	0,73 920	0,51 690	0,43 690

Продолжение таблицы М.2

-	W=10000 т											
7,5	0,65 350	-	-	0,96 1200	-	-	0,98 1700	-	-	0,99 2250	-	-
10,0	0,46 400	0,26 400		0,85 860	0,80 620		0,96 1400	0,93 1300		0,97 1950	0,96 1770	
12,5	0,33 530	0,16 530	0,14 530	0,74 700	0,61 530	0,51 530	0,92 1160	0,90 1030	0,88 960	0,96 1850	0,94 1700	0,92 1600
17,5	0,23 600	0,14 600	0,13 600	0,52 600	0,32 600	0,20 600	0,77 1030	0,66 690	0,62 600	0,87 1540	0,84 1440	0,81 1340
22,5	0,23 700	0,14 700	0,13 700	0,40 700	0,19 700	0,13 700	0,64 930	0,37 700	0,33 700	0,81 1440	0,71 1150	0,68 1000
50,45, 40[7)]	0,23 1080	0,14 1080	0,13 1080	0,26 1080	0,16 1080	0,13 1080	0,29 1080	0,18 1080	0,16 1080	0,42 1290	0,30 1080	0,29 1080
-	W=20000 т											
7,5	0,85 850	-		1,00 1520	-		1,00 2180	-		1,00 3060	-	
10,0	0,82 620		-	0,93 1480		-	1,00 2100		-	1,00 2900		-
12,5	0,62 600	0,47 600		0,85 1300	0,82 1150		0,94 2000	0,92 1750		0,96 2700	0,92 2450	
17,5	0,39 650	0,23 650	0,18 650	0,77 1150	0,65 970	0,59 800	0,87 1750	0,83 1610	0,80 1550	0,92 2500	0,90 2400	0,89 2300
22,5	0,25 720	0,17 720	0,16 720	0,51 1100	0,46 900	0,40 720	0,76 1650	0,70 1550	0,64 1200	0,86 2300	0,85 2200	0,83 2080
50,45, 40[7)]	0,25 1090	0,17 1090	0,16 1090	0,30 1200	0,22 1090	0,20 1090	0,45 1500	0,38 1250	0,36 1090	0,72 2100	0,70 1780	0,67 1630
60,55, 50[7)]	0,25 1150	0,17 1150	0,16 1150	0,28 1460	0,18 1190	0,16 1150	0,40 1800	0,29 1570	0,18 1420	0,59 2200	0,50 2000	0,45 1700
105, 95,85[7)]	0,25 1570	0,17 1570	0,16 1570	0,25 1570	0,17 1570	0,16 1570	0,26 2110	0,20 1700	0,16 1570	0,33 2580	0,24 2270	0,22 2040
-	W=30000 т											
17,5	0,68 700	0,49 700	0,44 700	0,84 1450	0,82 1400	0,80 1250	0,95 2450	0,93 2250	0,90 2150	1,00 3550	0,97 3450	0,95 3250
22,5	0,41 760	0,29 750	0,22 700	0,72 1350	0,69 1100	0,66 1000	0,87 2300	0,84 2050	0,82 1900	0,93 3300	0,90 3250	0,89 3100
50,45, 40[7)]	0,30 1100	0,22 1100	0,18 1100	0,40 1450	0,34 1300	0,28 1100	0,65 1900	0,62 1700	0,52 1500	0,88 3200	0,79 2700	0,73 2400
60,55, 50[7)]	0,26 1200	0,19 1200	0,17 1200	0,33 1700	0,26 1300	0,23 1400	0,55 2100	0,44 1800	0,30 1650	0,75 3000	0,73 2500	0,71 2100
105, 95,85[7)]	0,26 1750	0,19 1750	0,17 1750	0,26 1800	0,19 1750	0,17 1750	0,34 2400	0,26 2100	0,21 1900	0,44 3200	0,34 2700	0,31 2500
-	W=40000 т											
22,5	0,52 1000	0,38 830	0,31 760	0,84 1800	0,80 1600	0,75 1420	0,90 2800	0,86 2550	0,83 2320	0,96 4030	0,94 3870	0,92 3460
50,45, 40[7)]	0,36 1150	0,24 1150	0,22 1150	0,56 1770	0,50 1570	0,44 1370	0,82 2500	0,76 2200	0,74 2200	0,88 3600	0,83 3200	0,78 3100

Продолжение таблицы М.2

60,55, 50[7)]	0,27 1250	0,20 1250	0,18 1250	0,41 2000	0,29 1810	0,25 1500	0,59 2400	0,53 2000	0,45 1900	0,78 3400	0,77 3000	0,75 2600
105, 95,85[7)]	0,27 1800	0,20 1800	0,18 1800	0,35 2250	0,24 2000	0,18 1800	0,40 2800	0,32 2600	0,27 2200	0,60 3700	0,49 3100	0,45 2900
210	0,27 2500	0,20 2500	0,18 2500	0,27 2900	0,20 2500	0,18 2500	0,33 3250	0,22 2700	0,18 2500	0,37 4100	0,29 3750	0,22 3250
-	W=60000 т											
50,45, 40[7)]	0,46 1400	0,42 1400	0,34 1400	0,75 2200	0,70 1940	0,68 1800	0,84 3300	0,82 3080	0,80 2670	0,98 4700	0,95 4400	0,90 3820
60,55, 50[7)]	0,38 1500	0,35 1500	0,33 1500	0,54 2270	0,51 2020	0,40 1930	0,88 3170	0,79 2940	0,69 2500	0,96 4500	0,93 4200	0,87 3570
105, 95,85[7)]	0,32 2000	0,23 2000	0,20 2000	0,41 2680	0,36 2300	0,29 2090	0,53 3540	0,45 3250	0,39 2800	0,70 4400	0,67 4050	0,61 3630
210	0,30 2900	0,23 2900	0,20 2900	0,30 3000	0,23 2900	0,20 2900	0,33 3700	0,29 3450	0,20 2900	0,58 6200	0,39 4500	0,33 4130
-	W=80000 т											
50,45, 40[7)]	0,50 1700	0,44 1600	0,37 1600	0,76 3150	0,73 2600	0,69 2350	0,88 4700	0,84 3900	0,82 3500	1,00 6750	0,96 5900	0,91 5200
60,55, 50[7)]	0,48 1750	0,40 1750	0,35 1750	0,56 3100	0,52 2550	0,43 2330	0,87 4500	0,81 3700	0,70 3300	0,97 6500	0,94 5550	0,91 5020
105, 95,85[7)]	0,35 2200	0,28 2200	0,23 2200	0,48 3150	0,39 2730	0,34 2500	0,58 4400	0,53 3650	0,46 3250	0,71 6170	0,66 5210	0,62 4750
210	0,32 3200	0,25 3200	0,23 3200	0,32 3200	0,25 3200	0,23 3200	0,44 4820	0,35 4130	0,28 3720	0,59 6600	0,44 5720	0,37 5150

Примечания

1 Значения $S_б$ и $\Delta\bar{h}$ получены в результате расчета математической модели причала при следующих допущениях:

1) рейдовая бочка представлена точечной массой, включающей собственную массу и часть массы якорной связи, нагрузка от которой воспринимается плавучестью бочки. При этом точечная масса имеет объем, на который воздействуют силы волнового давления, как на стационарную преграду;

2) якорная связь невесома, но имеет конечную, вполне определенную упругость; причем $l_б$=1,3D;

3) на корабль действуют силы ветрового давления (бортовая Q_y и лобовая - Q_x), а также разворачивающий корабль в плане момент сил - Q_φ, которые представлены следующими функциями:

$$Q_y = C_y\, q\, A_{нб} \sin\alpha_w;$$
$$Q_x = C_x\, q\, A_{нл} \cos\alpha_w;$$
$$Q_\varphi = C_м\, q\, A_{нб}\, L_k \sin 2\alpha_w,$$

где q - ветровое давление;

α_w - угол между ДП корабля и направлением ветра;

C_y=1; C_x=0,14; $C_м$=0,083 - коэффициенты апроксимации кривых обдува модели корабля.

Обозначения и значения $A_{нб}$ и L_k приведены в приложениях А и Ж.

2 Значения $S_б$ при $l_б$=1,5D следует увеличивать на 10%, при $l_б$-2D - на 25%, при $l_б$=2,5D - на 35%, а значения $\Delta\bar{h}$ - соответственно на 5,15 и 20%.

3 Для причала, рассчитанного только на прием подводных кораблей, значения $S_б$ и $\Delta\bar{h}$ следует уменьшать на 50%.

4 При волнении до 2 баллов и заданной глубине установки расчетные значения усилий в бриделе уменьшаются с ростом избыточной плавучести бочки лишь до определенного оптимума $\Delta V_б$, затем начинают возрастать. Причем этот оптимум $\Delta V_б$ с ростом значения скорости ветра начинает смещаться в сторону больших значений избыточной плавучести бочки.

При больших скоростях ветра этот оптимум может вообще не наблюдаться, о чем свидетельствуют, например, данные испытаний физических моделей причалов со свободным бриделем при скоростях ветра порядка 40 м/с.

Учитывая сказанное, при волнении до 2 баллов и $l_б$<2D, запас прочности бриделя при значениях $S_б$, взятых за оптимумом $\Delta V_б$, следует уменьшить на 20%.

5 Значения $\Delta\bar{h}$ и $S_б$ при промежуточных значениях $\Delta V_б$, U_v и D определяются методом линейной интерполяции, а при значениях U_v от 30 до 35 м/с и D от 10 до 30 и от 110 до 150 м - методом линейной экстраполяции.

Значения $\Delta\bar{h}$ и $S_б$ при степени волнения 5 баллов определяются по формулам:

$$\Delta\bar{h}_5 = \Delta\bar{h}_4 + 0{,}75\left(\Delta\bar{h}_4 - \Delta\bar{h}_2\right);$$

$$S_{б5} = S_{б4} + 1{,}5\left(S_{б4} - S_{б2}\right),$$

где $\Delta\bar{h}_2, \Delta\bar{h}_4$ и $S_{б2}, S_{б4}$ - относительные глубины погружения бочки и усилия в бриделе соответственно при степени волнения 2 и 4 балла.

6 Значениям избыточных плавучестей соответствуют следующие объемы бочек

$\Delta V_б$, м^3	2,5	4,0	7,5	10,0	12,5	17,5
$V_б$, м^3	5,0	8,5	15	20	25	35

$\Delta V_б$, м^3	22,5	40;45;50	50;55;60	85;95;105	210
$V_б$, м^3	45	80	100	150	300

7 Значения $\Delta V_б$ относятся соответственно к глубинам 30,70,110 м

Приложение Н

(Справочное)

Допускаемые значения относительных глубин погружения рейдовой бочки и коэффициенты запаса прочности бриделя и швартовов

Таблица Н.1 - Допускаемые значения относительных глубин погружения рейдовой бочки и коэффициенты запаса прочности бриделя

Конструкция		$[\Delta\bar{h}]$	$k_6^{1)}$
бриделя	швартова		
цепь	цепь	0,55	3,0
цепь	трос	0,65	3,5
трос-цепь	трос	0,75	$5,5^{2)}$

Примечания

1 О возможности уменьшения значения k_6 см. примечание приложения М п.4.

2 Значение k_6 приведено для тросовых вставок комбинированного бриделя.

Таблица Н.2 - Коэффициенты запаса прочности для цепного швартова и различных типов швартовных канатов

Тип швартовов	Коэффициент запаса
Стальной жесткий конструкции а.в 1 о.с.	4,3
Стальной гибкий а.в.7 о.с.	4,3
Капроновый	5,0
Нейлоновый	5,0
Териленовый	5,0
Полипропиленовый	5,0
Полиэтиленовый	5,0
Куралоновый	5,0
Манильский	4,0
Сизальский	4,0
Пеньковый	4,0
Цепь	2,5

Примечание - Минимально допустимые коэффициенты запаса прочности швартовных канатов при допускаемом перегибе канатов допускается принимать равным 3,0 для стальных и 3,5 - для синтетических.

Приложение П

(Справочное)

Ориентировочные коэффициенты трения

Таблица П.1 - Ориентировочные коэффициенты трения

Характеристика трущихся поверхностей	Коэффициент трения
Каменная кладка и бетон по сырому глинистому грунту	0,3
То же по мокрому глинистому грунту	0,2
То же по сухому песку	0,55
То же по мокрому песку	0,45
То же по сухому суглинку	0,45
То же по мокрому суглинку	0,25
То же по сухой супеси	0,50
То же по мокрой супеси	0,35
То же по скале	0,75

Приложение Р
(Справочное)

Примеры решения задач по оборудованию рейдовых стоянок на одиночных рейдовых бочках со свободно провисающим бриделем

Р.1 Задача №1

Дано:

- надводный корабль традиционной архитектуры водоизмещением W=30000 т. Сведения о цепи станового якоря, швартовных тросах и швартовных устройствах корабля отсутствуют. Отсутствуют также данные о его главных размерениях и аэродинамических качествах. Известно - номинальное тяговое усилие шпиля 80 кН (8 тс) и что в качестве швартова будет использоваться цепь станового якоря корабля;

- расчетная глубина акватории D=70 м; амплитуда колебания уровня воды ΔA=3,0 м; грунты илистые;

- район с умеренно холодным климатом.

Требуется: Определить параметры швартова, бриделя и рейдовой бочки типа РБ, а также мертвого якоря для рейдового причала со свободным бриделем, размер акватории рейдовой стоянки, обеспечивающие стоянку данного корабля при скорости ветра до 25 м/с (10 баллов по шкале Бофорта) и степени волнения до 2 баллов.

Р.1.1 Определение параметров швартова

Р.1.1.1 В соответствии с условием задачи принимаем, что в качестве швартова будет применяться цепь станового якоря корабля.

Р.1.1.2 В соответствии с 6.1.2.9* по таблице Ж.1 Приложения Ж находим, что корабль заданного водоизмещения имеет цепь станового якоря со следующими характеристиками:

калибр - 76 мм, категория - 2, разрывная нагрузка - $P_ш$=3010 кН (307 тс).

Р.1.1.3 Длина швартова согласно 6.1.3.1 равна

$$l_ш=2,3\ \zeta_к^п+5=2,3\times13+5=35\ м,$$

где $\zeta_к^п$ принята равной $0,9H_{квл}$; $\zeta_к^п=0,9\ H_{квл}=0,9\cdot14,5=13,0$ м

*Здесь и далее даны ссылки на пункты настоящей Инструкции

значение $H_{кал}$=14,5 м расчетного корабля, таблица Ж.1 Приложения Ж.

Р.1.2 Определение параметров бриделя

Р.1.2.1 Расчетная разрывная нагрузка цепного бриделя согласно 6.1.3.6 и 6.1.3.7 должна быть не менее

$P_б=k_э\, n\, P_ш=1,32\times1\times3010=3973,2$ кН (405,0 тс).

По таблице Д.3 Приложения Д находим, что полученному значению $P_б$ соответствует цепь калибра 90 мм категории 2.

Р.1.2.2 Длина бриделя согласно 6.1.3.10 равна

$l_б=k_3D+\Delta A=1,3\times70+3=94$ м.

Комплектацию бриделя осуществляем в соответствии с указаниями 6.1.1.5 настоящей Инструкции.

Р.1.3 Определение типоразмера рейдовой бочки

Р.1.3.1 Определение объема бочки по критерию непотопляемости. При определенном в Р.1.1 швартове (длина и калибр) и установленном в Р.1.2 бриделе, нагрузка, воспринимаемая от них бочкой, согласно 6.1.3.12, составит

$$l_б \cdot q_б + 0,5 \cdot l_ш \cdot q_ш = \frac{94 \cdot 0,175}{1,15} + 0,5 \cdot 35 \cdot 0,123 = 16,5 \text{ т},$$

где $q_б = q_б^в / 1,15 = 0,152$ т/м, $q_б^в$=0,175 т/м и $q_ш$=0,123 т/м - по таблице Д.3 Приложения Д.

Р.1.3.2 Согласно Приложению В и рекомендациям 6.1.3.12 принимаем бочку типа РБ80 исполнения М.

Р.1.3.3 Избыточная плавучесть бочки РБ80 с определенными выше бриделем и швартовом согласно 6.1.3.12 равна

$$\Delta V_б = V_б - \frac{1}{\rho_c}\left(G_б + \frac{l_б \cdot q_б}{1,15} + 0,5 l_ш \cdot q_ш\right) = 80 - \frac{1}{1,0} \times (23,2 + 94 \cdot 0,152 + 0,5 \cdot 35 \cdot 0,123) = 40,3 \text{ м}^3,$$

где масса бочки $G_б$=23,2 т, таблица В.1 Приложения В;

ρ_c=1,0 т/м^3 - плотность морской воды.

Коэффициент запаса плавучести составит

$$K_п = \frac{\Delta V_б}{V_б} = \frac{40,3}{80} = 0,5,$$

т.е. принятая рейдовая бочка удовлетворяет необходимым требованиям.

Р.1.3.4 Проверка достаточности избыточной плавучести бочки по критерию амортизационной способности.

При избыточной плавучести $\Delta V_б$=40,3 м^3 и заданных значениях W, D, U_v и h_w по Приложению М методом линейной интерполяции определяем, что относительная глубина погружения бочки равна порядка $\Delta\bar{h}$=0,57, а по Приложению Н находим допустимое значение этой величины $[\Delta\bar{h}]$=0,55.

Так как $\Delta\bar{h}>[\Delta\bar{h}]$, то требование 6.1.3.14 не удовлетворено. По критерию амортизационной способности бочка РБ80 не подходит для проектируемого причала.

Р.1.3.5 Проверка достаточности избыточной плавучести бочки по критерию прочности. Допускаемое значение усилия в бриделе при принятой для него цепи (см. Р.1.2.1 расчета) и коэффициенте запаса согласно Приложению Н равно:

$$[P_б]=\frac{P_б}{k_б}=\frac{4090}{3}=1363{,}3 \text{ кН (139 тс).}$$

При избыточной плавучести бочки $\Delta V_б$=40,3 м^3 согласно Приложению М действующее усилие в бриделе равно $S_б$=1517,6 кН (154,7 тс), что на 11,3% больше допускаемого. Таким образом, бочка РБ80 не удовлетворяет условиям задачи как по критерию амортизационной способности, так и по критерию прочности бриделя (требованию 6.1.3.15).

Целесообразно провести проверку работы причала с бочкой следующего типоразмера.

Р.1.3.6 Избыточная плавучесть бочки РБ100 исполнения М при принятых размерах якорной связи равна (см. Р.1.3.3 расчета):

$$\Delta V_б=100-\frac{1}{1{,}0}\left(25{,}98+\frac{94\cdot 0{,}175}{1{,}15}+0{,}5\cdot 35\cdot 0{,}123\right)=57{,}5 \text{ м}^3,$$

где $G_б$=25,98 т - по таблице В.1 Приложения В.

Запас плавучести составляет $K_п$=0,575.

Р.1.3.7 При избыточной плавучести $\Delta V_б$=57,5 м^3 по Приложению М методом линейной интерполяции определяем, что $\Delta\bar{h}$ = 0,34, $S_б$=1363,6 кН (139,0 тс).

Таким образом, требования $\Delta\bar{h} \le [\Delta\bar{h}]$ и $S_б \le [P_б]$ для бочки РБ100 удовлетворяются, т.е. бочка РБ100 соответствует всем критериям, как по запасу плавучести, так и амортизационной способности и прочности бриделя. Окончательно принимаем бочку РБ100.

Р.1.4 Определение усилий в элементах рейдового причала

Р.1.4.1 Проверка условия затопления бочки. Горизонтальная проекция усилия в бриделе, соответствующего моменту затопления бочки, согласно 6.1.3.3.9 равна

$$H_{пб} = \frac{l_б l_ш \cdot \left[\frac{l_б q_б + l_ш q_ш}{2} + (G_б - V_б)\right]}{\left[l_б \cdot \left(\zeta_{шо} + \frac{1}{2}d\right) - l_ш\left(D_ф - \frac{1}{2}d\right)\right]} \cdot g =$$

$$= \frac{94 \cdot 35\left[\frac{94 \cdot 0{,}152 + 35 \cdot 0{,}123}{2} + (25{,}98 - 100)\right]}{\left[94\left(13 + \frac{1}{2} \cdot 5{,}65\right) - 35\left(70 - \frac{1}{2} \cdot 5{,}65\right)\right]} \cdot 9{,}81 = 2419{,}1\text{кН}(246{,}6\text{тс})$$

где $\zeta_{шо}$=13 м, см. Р.1.1.3 расчета;

$D_ф$=70 м;

d=5,65 м - по таблице В.1 Приложения В.

Р.1.4.2 Угол наклона к горизонту касательной в точке присоединения бриделя к бочке в момент затопления равен (6.1.3.19)

$$\alpha_2 = \operatorname{arctg}\left[\frac{D_ф - \frac{1}{2}d}{l_б} + \frac{l_б \cdot q_б \cdot 9{,}81}{2H_{пб}}\right] = \operatorname{arctg}\left[\frac{\left(70 - \frac{1}{2} \cdot 5{,}65\right)}{94} + \frac{94 \cdot 0{,}152 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 2419{,}1}\right] =$$

$$= 0{,}6394 \text{ рад.} = 36{,}6^0.$$

Р.1.4.3 Усилие в бриделе у бочки, соответствующее моменту затопления бочки, равно (6.1.3.19)

$$S_{пб} = \frac{H_{пб}}{\cos\alpha_2} = \frac{2419{,}1}{\cos 36{,}6} = 3014{,}6\text{кН}(307{,}3 \text{ тс}).$$

Так как максимальное усилие в бриделе у бочки $S_б$=1363,6 кН (см. Р.1.3.7) меньше усилия затопления бочки ($S_б$=1363,6 кН < $S_{пб}$=3014,6 кН), бочка затопляться не будет.

Р.1.4.4 Определение угла наклона к горизонту касательной в точке крепления бриделя к бочке, вертикальных проекций свободных провесов бриделя и швартова, горизонтальной проекции усилия (распора) в бриделе $H_б$.

В соответствии с 6.1.3.20 задаем несколько (три) значения распора в бриделе $H_б$: $H_б$=1000, 1500, 2000 кН.

Для заданных значений распора $H_б$ по формулам (6.21) вычисляем соответствующие параметры цепных линий $a_б$=670,6м; 1006,0 м; 1341,3 м и $a_ш$=828,8 м; 1243,1 м; 1657,5 м и вертикальные проекции свободных провесов бриделя $\zeta_б$=68,95 м; 68,25 м; 67,65 м. Поскольку действующее в бриделе усилие у бочки $S_б$ меньше усилия затопления бочки $S_{пб}$ (см. Р.1.4.3 расчета), для определения $\zeta_б$ пользуемся формулами (6.40). Вычисляем соответствующие углы наклона к горизонту касательной в точке крепления бриделя к бочке α_2=38,83^0, 37,73^0, 37,07^0 по формуле (6.22) и значения полного усилия в бриделе у бочки $S_б$=1259,6 кН (128,4 тс), 1860,9 кН (189,7 тс), 2459,4 кН (250,7 тс) по формуле (6.18).

Далее строится зависимость: $S_б = f(\alpha_2)$ - рисунок Р.1.

По построенной зависимости для действующего в бриделе у бочки усилия $S_б$=1363,6 кН (139 тс) (см. Р1.3.7 расчета) определяем соответствующее значение угла α_2=38,6^0.

По формуле (6.23) вычисляется искомый распор $H_б$:

$$H_б = S_б \cdot \cos\alpha_2 = 1363{,}6 \cdot \cos 38{,}6 = 1065{,}4 кН \ (108{,}6 тс).$$

Для найденного распора $H_б$=1065,4 кН по формулам (6.40) определяются вертикальные проекции свободных провесов бриделя $\zeta_б$ и швартова $\zeta_ш$:

$$\Omega = \frac{H_б \cdot l_б \cdot l_ш \cdot d}{H_б \cdot d \cdot (l_б + L/l_ш) + V_б \cdot l_б \cdot l_ш \cdot g} = \frac{1065{,}4 \cdot 94 \cdot 35 \cdot 5{,}65}{1065{,}4 \cdot 5{,}65(94+35) + 100 \cdot 94 \cdot 35 \cdot 9{,}81} = 4{,}96 м,$$

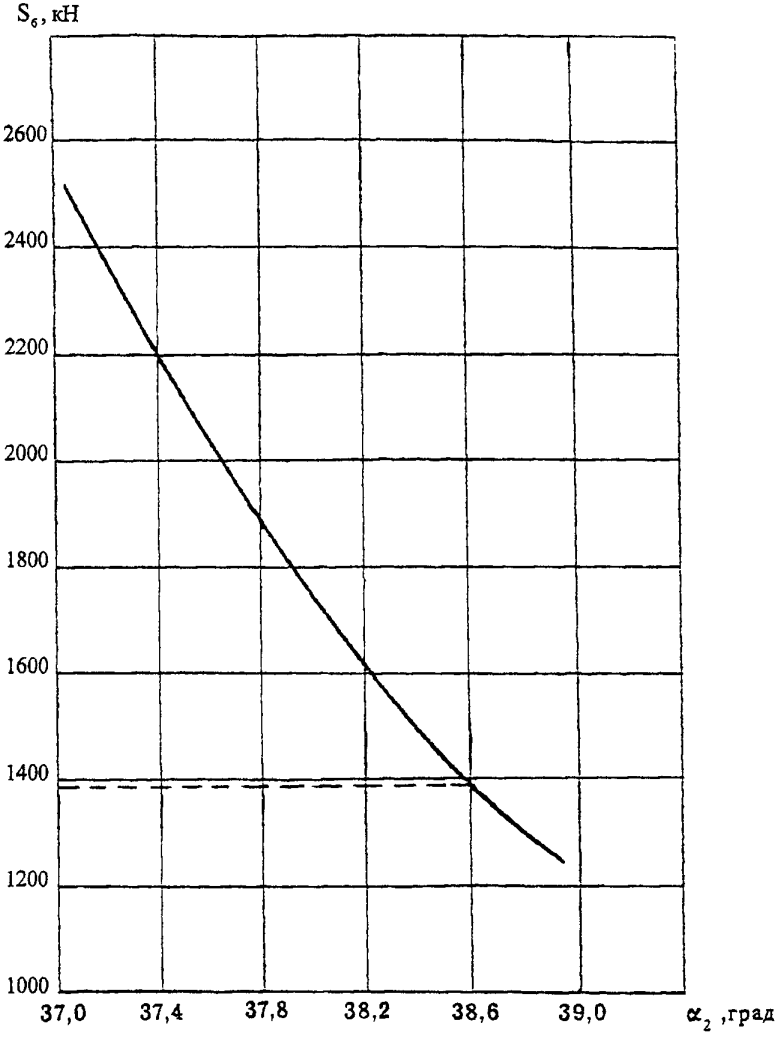


Рисунок Р.1 – График зависимости усилия в бриделе $S_б$, кН, от угла α_2, град.

$$\zeta_б = \Omega\left[\frac{\zeta}{l_ш} - \frac{l_б}{2a_б} - \frac{l_ш}{2a_ш} - \frac{G_б \cdot g}{H_б} + \frac{V_б(2D_ф + d)\cdot g}{2H_б d}\right] =$$

$$= 4{,}96\left[\frac{83}{35} - \frac{94}{2\cdot 714{,}5} - \frac{35}{2\cdot 883{,}0} - \frac{25{,}98\cdot 9{,}81}{1065{,}4} + \frac{100(2\cdot 70 + 5{,}65)\cdot 9{,}81}{2\cdot 1065{,}4\cdot 5{,}65}\right] = 68{,}8\text{ м},$$

$$\zeta_ш = \Omega\left[\frac{\zeta}{l_б} - \frac{l_б}{2a_б} - \frac{l_ш}{2a_ш} - \frac{G_б \cdot g}{H_б} + \frac{V_б(2\zeta - 2D_ф - d)\cdot g}{2H_б d}\right] =$$

$$= 4{,}96\left[\frac{83}{94} - \frac{94}{2\cdot 714{,}5} - \frac{35}{2\cdot 883{,}0} - \frac{25{,}98\cdot 9{,}81}{1065{,}4} + \frac{100(2\cdot 83 - 2\cdot 70 - 5{,}65)\cdot 9{,}81}{2\cdot 1065{,}4\cdot 5{,}65}\right] =$$

$$= 14{,}2\text{ м},$$

где $a_б = \frac{H_б}{q_б} = \frac{1065{,}4}{0{,}152\cdot 9{,}81} = 714{,}5$ м,

$a_ш = \frac{H_б}{q_б} = \frac{1065{,}4}{0{,}123\cdot 9{,}81} = 883{,}0$ м,

$\zeta = D_ф + \zeta_{шо} = 70 + 13 = 83$ м.

В соответствии с 6.1.3.22 должно выполняться проверочное условие

$\zeta_б + \zeta_ш = D_ф + \zeta_{шо}$,

$\zeta_б + \zeta_ш = 68{,}8 + 14{,}2 = 83$ м, $D_ф + \zeta_{шо} = 70 + 13 = 83$ м.

Проверочное условие удовлетворено.

Р.1.4.5 Определение углов наклона к горизонту касательных в точках крепления бриделя к якорю и швартова к бочке и кораблю

Р.1.4.6 Согласно 6.1.3.20 угол наклона к горизонту касательной в точке крепления бриделя к якорю равен

$$\alpha_1 = \operatorname{arctg}\left(\frac{\zeta_б}{l_б} - \frac{l_б}{2a_б}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{68{,}8}{94} - \frac{94}{2\cdot 717{,}11}\right) = 33{,}7^0.$$

Р.1.4.7 Угол наклона к горизонту касательной в точке крепления швартова к бочке равен (6.1.3.20)

$$\alpha_3 = \operatorname{arctg}\left(\frac{\zeta_ш}{l_ш} - \frac{l_ш}{2a_ш}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{14{,}2}{35} - \frac{35}{2\cdot 886{,}18}\right) = 21{,}1^0.$$

Р.1.4.8 Угол наклона к горизонту касательной в точке крепления швартова (клюза) на корабле равен (6.1.3.20)

$$\alpha_4 = \operatorname{arctg}\left(\frac{\zeta_ш}{l_ш} + \frac{l_ш}{2a_ш}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{14,2}{35} + \frac{35}{2 \cdot 886,18}\right) = 23^0.$$

Р.1.4.9 Определение величин полного натяжения швартова у корабля и бриделя у якоря, вертикальной нагрузки на якорь

Р.1.4.10 В соответствии с 6.1.3.20 усилие натяжения бриделя у якоря равно

$$S_{бя} = \frac{H_б}{\cos\alpha_1} = \frac{1065,4}{\cos 33,7} = 1285,1 кН (131,0\ тс).$$

Р.1.4.11 Усилие натяжения швартова в клюзе корабля (6.1.3.20)

$$S_{шк} = \frac{H_б}{\cos\alpha_4} = \frac{1065,4}{\cos 23} = 1161,5 кН (118,4 тс).$$

Р.1.4.12 Вертикальная нагрузка на якорь (6.1.3.20)

$V_{бя} = H_б \cdot tg\alpha_1 = 1065,4 \cdot tg33,7 = 713,2$ кН (72,7 тс).

Р.1.4.13 Проверка соответствия усилий в элементах рейдового причала допускаемым значениям

Р.1.4.14 Усилие натяжения бриделя у якоря $S_{бя}$=1285,1 кН меньше усилия натяжения бриделя у бочки $S_я$=1363,3 кН и, таким образом, подобранный бридель соответствует критерию прочности (Р.1.3.7 расчета).

Р.1.4.15 Максимальное усилие натяжения швартова происходит в клюзе корабля: $S_{шк}$=1161,5 тс. Допускаемое значение усилия в швартове при параметрах его цепи (см. Р.1.1.2 расчета) и коэффициента запаса согласно Приложению Н (таблица Н.13.2) равно

$$[P_ш] = \frac{P_ш}{k_ш} = \frac{3010,0}{2,5} = 1204,0 кН\ (122,8\ тс) > S_{шк} = 1161,5\ кН\ (118,4\ тс).$$

Таким образом, существующий швартов (цепь станового якоря корабля) удовлетворяет критерию прочности.

Р.1.5 Определение фактического смещения корабля при стоянке у рейдового причала в рассматриваемых гидрометеоусловиях

Р.1.5.1 Горизонтальное перемещение верхнего конца бриделя, обусловленное изменением формы его провеса, согласно 6.1.3.20, составит

$$U_б = \frac{q_б^2 \cdot g^2}{24}\left(\sqrt{l_б^2 - \zeta_б^2}\right)^3\left(\frac{1}{H_{об}^2} - \frac{1}{H_б^2}\right) = \frac{0{,}152^2 \cdot 9{,}81^2}{24}\left(\sqrt{94^2 - 68{,}8^2}\right)^3 \times$$

$$\times\left(\frac{1}{55^2} - \frac{1}{1065{,}4^2}\right) = 8{,}05\text{м},$$

где $H_{об}$=55 кН (5,6 тс) - тяговое усилие шпиля корабля с учетом потери 30% за счет трения в клюзе.

Р.1.5.2 Горизонтальное перемещение верхнего конца швартова (клюзовой точки корабля), обусловленное изменением формы его провеса, составит (6.1.3.20)

$$U_ш = \frac{q_ш^2 \cdot g^2}{24}\left(\sqrt{l_ш^2 - \zeta_ш^2}\right)^3\left(\frac{1}{H_{об}^2} - \frac{1}{H_б^2}\right) = \frac{0{,}123^2 \cdot 9{,}81^2}{24}\left(\sqrt{35^2 - 14{,}2^2}\right)^3 \times$$

$$\times\left(\frac{1}{55^2} - \frac{1}{1065{,}4^2}\right) = 0{,}7\text{м}.$$

Р.1.5.3 Полное смещение корабля, согласно 6.1.3.20, составит

$U = U_б + U_ш = 8{,}05 + 0{,}7 = 8{,}75$ м.

Р.1.6 Определение суммарной горизонтальной проекции свободных провесов бриделя и швартова

Р.1.6.1 Горизонтальная проекция свободного провеса бриделя, согласно 6.1.3.20, равна

$$\eta_б = 2a_б \operatorname{Arsh}\frac{\sqrt{L_б^2 - \zeta_{бо}^2}}{2a_б} = 2 \cdot 36{,}885 \cdot \operatorname{Arsh}\frac{\sqrt{94^2 - 70^2}}{2 \cdot 36{,}885} = 56{,}9 \text{ м},$$

где $$a_б = \frac{H_{об}}{q_б \cdot g} = \frac{55}{0{,}152 \cdot 9{,}81} = 36{,}885\text{ м};$$

$\zeta_{бо} = D_ф = 70$ м (см. Р.1.4.1.1 расчета).

Р.1.6.2 Горизонтальная проекция свободного провеса швартова равна (6.1.3.20)

$$\eta_ш = a_ш \operatorname{Arch}\left(1 + \frac{L_ш^2 - \zeta_{шо}^2}{2a_ш^2}\right) = 45{,}58\operatorname{Arch}\left(1 + \frac{35^2 - 13^2}{2 \cdot 45{,}58^2}\right) = 31{,}8 \text{ м},$$

где $$a_ш = \frac{H_{об}}{q_ш \cdot g} = \frac{55}{0{,}123 \cdot 9{,}81} = 45{,}58 \text{ м};$$

$\zeta_{шо}$=13 м (см. Р.1.4.1 расчета).

Р.1.6.3 Суммарная горизонтальная проекция свободных провесов бриделя и швартова равна

$$\eta = \eta_б + \eta_ш = 56{,}9 + 31{,}8 = 88{,}7 \text{ м}.$$

Р.1.7 Определение размера акватории рейдовой стоянки

В соответствии с 6.1.2.10 для оборудования рейдовой стоянки при заданных условиях требуется акватория в форме круга с центром в месте установки якоря с радиусом $R_{шб}$, равным

$$R_{шб} = \sqrt{(l_б + l_ш)^2 - (D + \zeta_к)^2} + L_к + \Delta L_к = \sqrt{(94+35)^2 - (70+11{,}6)^2} + 235 + 23{,}5 \approx$$
$$\approx 411{,}1\text{м},$$

где $L_к$=235 м - по таблице Ж.1 Приложения Ж;

$\zeta_к$ принята равной $0{,}8\,H_{квл}$.

Согласно 6.1.3.20 принятый размер акватории проверяется на соответствие сумме горизонтальной проекции свободных провесов бриделя и швартова η, смещения корабля U и длины корабля $L_к$:

$$\eta + U + L_к = 88{,}7 + 8{,}75 + 235 = 332{,}5 \text{ м}.$$

Таким образом,

$$R_{шб} - (\eta + U + L_к) = 411{,}1 - 332{,}5 = 78{,}6\text{м},$$

что превышает требуемый запас длины $0{,}1\,L_к$=23,5 м (см. 6.1.2.10).

Р.1.8 Определение параметров якоря

Р.1.8.1 Определение массы якоря

Для заякорения бочки применяем призматический железобетонный якорь.

В соответствии с 6.1.3.27 вес призматического железобетонного якоря, обеспечивающего удержание, расчетного корабля при определенном усилии в бриделе, равен

$$G_я = \frac{H_б}{K_я} + V_{бя} = \frac{1065{,}4}{0{,}7} + 713{,}2 = 2235{,}20 \text{ кН (масса якоря 227,8 т)},$$

где $K_я$=0,7 - по таблице 4.3.

По таблице Е.1 Приложения Е принимаем ближайший по массе якорь ЯП-220 массой 220 т.

Р.1.8.2 Проверка принятого якоря на устойчивость на сдвиг

В соответствии с 6.1.3.28, по условию устойчивости на сдвиг вес якоря проверяется по формуле

$$K_{сд} = \frac{G^{*}_{я}\left(f + K_{прис}\right) - S_{бя} \cdot f \cdot \sin\alpha_1 + F_{я} \cdot C_c}{S_{бя}\cos\alpha_1} =$$

$$= \frac{1294{,}9\left(0{,}132 + 0{,}20\right) - 1285{,}1 \cdot 0{,}132 \cdot \sin 33{,}7 + 64 \cdot 15{,}7}{1285{,}1 \cdot \cos 33{,}7} = 1{,}25 > \left[K_{сд}\right] = 1{,}1$$

где $G^{*}_{Ш} = 0{,}6 \cdot 220 \cdot 9{,}81 = 1294{,}9$кН (132тс);

$f = tg\frac{3}{4} \cdot \varphi = tg\frac{3}{4} \cdot 10 = 0{,}132$;

$\varphi=10^0$ для илистых грунтов;

$K_{прис}$=0,20 - по таблице 6.5;

$\alpha = \alpha_1 = 33{,}7^0$;

$F_я$=64 м^2 - по таблице Е.1 Приложения Е;

C_c=15,7 кН/м^2 для илистых грунтов;

$\left[K_{сд}\right]$=1,15 - для сооружений III класса капитальности.

Таким образом, якорь выбранной массы удовлетворяет условию устойчивости на сдвиг.

Р.1.8.3 Проверка принятого якоря на устойчивость на опрокидывание

Согласно 6.1.3.28, по условию устойчивости на опрокидывание вокруг переднего ребра, вес якоря проверяется по формуле

$$K_0 = \frac{0{,}5G^{*}_{я}\left(1 + K_{прис}\right) \cdot b}{S_{бя}\left(H\cos\alpha + 0{,}5b\sin\alpha\right)} =$$

$$= \frac{0{,}5 \cdot 1294{,}9\ \left(1 + 0{,}20\right) \cdot 8}{1285{,}1\ \left(1{,}75\cos 33{,}7 + 0{,}5 \cdot 8 \cdot \sin 33{,}7\right)} = 1{,}32 > \left[K_0\right] = 1{,}2,$$

где b=8 м - по Приложению Е;

H=1,75 м - по Приложению Е.

Выбранный якорь удовлетворяет условию устойчивости на опрокидывание.

Таким образом, определяется, что подобранный якорь ЯП-220 массой 220 т применим в условиях поставленной задачи.

Далее проверяем якоря меньшей массы по устойчивости на сдвиг и опрокидывание и рассматриваем якорь ЯП-200.

Р.1.8.4 Проверка якоря ЯП-200 на устойчивость на сдвиг

$$K_{сд} = \frac{1177{,}2\ (0{,}132 + 0{,}23) - 1285{,}1 \cdot 0{,}132 \sin 33{,}7 + 54{,}76 \cdot 15{,}7}{1285{,}1 \cdot \cos 33{,}7} = 1{,}08 < [K_{сд}] = 1{,}15,$$

где $G_{Ш}^{в_0} = 0{,}6 \cdot 200 \cdot 9{,}81 = 1177{,}2 кН\ (120 тс)$;

$F_л$ =54,76 м^2 - по Приложению Е.

Якорь ЯП-200 не удовлетворяет условию устойчивости на сдвиг.

Р.1.8.5 Проверка якоря ЯП-200 на устойчивость на опрокидывание

$$K_0 = \frac{0{,}5 \cdot 1177{,}2\ (1 + 0{,}20) \cdot 7{,}4}{1285{,}1\ (1{,}8 \cdot \cos 33{,}7 + 0{,}5 \cdot 7{,}4 \cdot \sin 33{,}7)} = 1{,}15 < [K_0] = 1{,}2.$$ Якорь ЯП-200 не удовлетворяет условию на опрокидывание. Таким образом, оставляем якорь ЯП-220.

Р.1.8.6 В соответствии с указаниями 6.1.3.23 соотношение величины разрушающей нагрузки цепи бриделя ($P_б$) и веса якоря в воде ($G_л^в$) должно составлять $P_б$=(3÷4) $G_л^в$. При ЯП-220 это соотношение составит

$$\frac{P_б}{G_л^в} = \frac{4090}{1294{,}9} = 3{,}16.$$

Таким образом, окончательно в составе рейдового причала принимаем якорь ЯП-220.

Р.1.9. Выводы

Для комплектации ОРПП приняты следующие элементы рейдового оборудования.

Элемент причала	Калибр, мм категория	Разрывная нагрузка, кН	Длина, м	$\Delta V_б$, м^3	Марка масса, т
1 Бридель	90/2	4090	94	-	0,175 т/м
2 Рейдовая бочка типа РБ100 исполнения «М»	-	-	-	59	- 25,98
3 Якорь	-	-	-	-	ЯП-220 220 т

В качестве швартова на ОРПП с корабля будет подаваться цепь станового якоря калибром 76 мм категории 2 с разрывной нагрузкой 3010 кН (307 тс).

Р.1.10 Дополнительные вопросы к условию задачи

Вопрос	Ответ
1 Как изменится решение задачи, если необходимо обеспечить стоянку корабля при скорости ветра не до 25 м/с, а до 20 м/с	1.1 В качестве цепи бриделя будет использоваться цепь калибра 76 мм категории 2 с разрывной нагрузкой $P_б$=3010 кН (307 тс) (аналогично цепи швартова). 1.2 Применяется бочка РБ80М. Ее избыточная плавучесть составит $V_б$=45,5 м^3. 1.3 Усилие в бриделе у бочки составит $S_б$=922,1 кН (94 тс), а относительная глубина погружения бочки $\Delta\bar{h}$ =0,22. $K_б$=3010/922,1=3,3>3. 1.4 Действующий в бриделе распор $H_б$=716,1 кН (73 тс), усилие в бриделе у якоря $S_{бя}$=855,4 кН (87,2 тс), усилие натяжения швартова в клюзе $S_{шк}$=778,9 кН (79,4 тс). $K_ш$=3010,0/778,94=3,9>2,5. 1.5 Условиям устойчивости на сдвиг и опрокидывание удовлетворяет якорь ЯП-175 $$\frac{P_б}{G_я^*} = \frac{3010}{1030} \cong 3.$$
2 Как изменится решение задачи, если длину бриделя принять 2D вместо 1,3D	2.1 Согласно рекомендациям 6.1.3.7 (таблица 6.2) соотношение прочности цепного бриделя и цепного швартова должно составлять $T_б / P_ш = 1{,}32$. Таким образом, для бриделя рекомендуется цепь калибра 90 мм категории 2 с разрывной нагрузкой $P_б$=4090 кН (417 тс). 2.2 Бочка РБ100 исполнения М будет обладать избыточной плавучестью $\Delta V_б$=50,6 м^3. 2.3 Усилие в бриделе у бочки равно $S_б$=1711,8 кН (174,5 тс), относительная глубина погружения бочки $\Delta\bar{h}$ =0,41. Коэффициент запаса прочности бриделя $K_б$=4090/1711,8=2,4<3, т.е. усилие в бриделе превышает допустимое. Необходимо использование более прочного бриделя. 2.4 Примем цепь бриделя калибром 84 мм категории

Вопрос	Ответ
	3 с разрывной нагрузкой $P_б$=5160 кН (526 тс), при которой $K_б$=5160,0/1711,8=3,01. Соотношение прочности бриделя и швартова при этом составит $T_б / P_ш = 5160/3010 = 1,7$. 2.5 Бочка РБ100М будет обладать избыточной плавучестью $\Delta V_б$=53,9 м^3. 2.6 Усилие в бриделе у бочки равно $S_б$=1689,3 кН (172,2 тс), относительная глубина погружения бочки $\Delta\bar{h} = 0,42$, $K_б$=5160,0/1689,3=3. 2.7 Распор в бриделе равен $H_б$=1473,5 кН (150,2 тс), усилие в бриделе у якоря $S_{бя}$=1595,1 кН (162,6 тс), усилие в швартове в клюзе корабля $S_{шк}$=1584,3 кН (161,5 тс). $K_ш$=3010/1584,3=1,9<2,5. 2.8 Условиям устойчивости на сдвиг и опрокидывание удовлетворяет якорь ЯП-400 $$\frac{T_б}{G'_я} = \frac{5160,0}{2354,4} = 2,2.$$ 2.9 Таким образом, при длине бриделя 2D усилия в швартове превышают допустимые, а соотношение прочности бриделя (разрушающей нагрузки) и веса якоря в воде недопустимо мало. Таким образом, при длине бриделя 2D необходимо снижать допустимые погодные условия стоянки (скорость ветра).

Р.2 Задача №2

Дано:

- надводный корабль традиционной архитектуры водоизмещением W=30000 т.

Сведения о цепи станового якоря, швартовных тросах и швартовных устройствах корабля отсутствуют. Отсутствуют также данные о его главных размерениях и аэродинамических качествах;

- расчетная глубина акватории D=70 м, грунты дна илистые;

- на акватории установлен причал со свободным бриделем; его элементы характеризуются следующими данными:

Наименование элемента	Калибр, мм / категория	$P_б$, тс	Длина, м	Объем, $м^3$	Масса (в воздухе)
1 Рейдовая бочка РБО исполнения ТУ 1974г.	-	-	-	45	12,0 т
2 Бридель	68/2	2450	110	-	0,097 т/м
3 Якорь ЯП-100	-	-	-	-	100 т

Требуется уточнить гидрометеоусловия стоянки корабля у причала при швартовке табельными швартовными канатами.

Р.2.1 Определение параметров швартова

Р.2.1.1 В соответствии с 6.1.1.25 принимаем, что в качестве швартова будут применяться четыре табельных швартовных каната корабля.

Р.2.1.2 В соответствии с 6.1.2.9 по таблице Ж.1 Приложения Ж находим, что корабль заданного водоизмещения может иметь швартовный канат с разрывным усилием до 490 кН (49,0 тс).

По таблице Д.6 Приложения Д принимаем стальной канат диаметром 34,5 мм с разрывным усилием 397,8 кН (40,6 тс). Погонная масса одного каната $q_ш$=0,00374 т/пог.м.

Р.2.1.3 Длина швартова согласно 6.1.3.1 равна

$l_ш$=2,3 $\zeta_к^п$+5=2,3x13+5=35 м,

где $\zeta_к^п$ принята равной 0,9 $H_{квал}$; значение $H_{квл}$ расчетного корабля - по таблице Ж.1 Приложения Ж.

Р.2.2 Бридель

Р.2.2.1 Определение коэффициента эквивалентности прочности бриделя и швартовов (см. 6.1.3.6):

$k_э$=$P_б$/$P_ш$/$n_ш$ =2450,0/397,8/4=1,54,

то есть бридель примерно в 1,5 раза прочнее швартовов.

Р.2.3 Рейдовая бочка

Р.2.3.1 Избыточная плавучесть бочки

$$\Delta V_б = V_б - \frac{1}{\rho_c}(G_б + l_б q_б + 0{,}5 l_ш q_ш) = 45 - \frac{1}{1{,}0}\left(12{,}0 + \frac{110 \cdot 0{,}097}{1{,}15} + \frac{35}{2} \cdot 0{,}015\right) = 23{,}4\ м^3$$

Р.2.3.2 Коэффициент запаса плавучести

$k_п = \Delta V_б / V_б = 23{,}4/45 = 0{,}52$,

в целом соответствует рекомендуемому.

Р.2.4 Определение допустимых значений скорости ветра и степени волнения

Р.2.4.1 При избыточной плавучести бочки $\Delta V_б = 23{,}4\ м^3$, D=70 м, $l_б = 1{,}5D$ и степени волнения 2 относительная глубина погружения бочки $\Delta\bar{h}$ и усилие в бриделе в зависимости от скорости ветра будут иметь следующие значения (определены по Приложению М методом линейной интерполяции с учетом примечания п.2 при $l_б/D = 1{,}5$).

U_v, м/с	15	20	25
$\frac{\Delta\bar{h}}{S_б, кН}$	0,147 561,1	0,556 1046,7	0,85 2104,3

Р.2.4.2 Определяем скорость ветра, которая будет соответствовать допустимому значению $\Delta\bar{h} = 0{,}55$. Методом линейной интерполяции находим $[U_v] \le 19{,}6$ м/с ≤ 20 м/с.

Р.2.4.3 Проверяем прочность якорной связи по критерию прочности бриделя.

Поскольку при $U_v = 20$ м/с усилие в бриделе составляет 1046,7 кН (106,7 тс), коэффициент запаса прочности бриделя $k_б = P_б/S_б = 2{,}34 < 3{,}5$, заключаем, что бридель имеет заниженный запас прочности. Усилие в бриделе, при коэффициенте запаса 3,5, не должно превышать 700,4 кН (71,4 тс). Интерполируя данные Р.2.4.1 получим допускаемую осредненную (с 10 минутным осреднением) скорость ветра 17,0 м/с.

Р.2.4.4 Проверяем прочность табельных швартовных канатов корабля. Для этого требуется определить фактические усилия в швартовных канатах.

Р.2.4.5 В первую очередь вычисляем усилие, соответствующее погружению рейдовой бочки под воду в соответствии с 6.1.3.19.

Горизонтальная проекция усилия в бриделе составляет

$$H_{пб} = \frac{l_б \cdot l_ш \left[\frac{(l_б q_б + l_ш q_ш)}{2} + (G_б - V_б) \right]}{\left[l_б (\varsigma_{шо} + \frac{1}{2} d) - l_ш (D_к - \frac{1}{2} d) \right]} \cdot g =$$

$$= \frac{110 \cdot 30 \left[\frac{110 \cdot 0{,}0844 + 35 \cdot 0{,}015}{2} + +(12 - 45) \right]}{\left[110(13{,}0 + \frac{1}{2} 4{,}4) - 35(70 - \frac{1}{2} 4{,}4) \right]} \cdot 9{,}81 = 1307{,}7 \text{кН} \ (133{,}3 \ \text{тс}).$$

Угол наклона к горизонту касательной в точке присоединения бриделя к бочке в момент затопления равен

$$\alpha_2 = \operatorname{arctg} \left[\frac{D_к - \frac{1}{2} d}{l_б} + \frac{l_б q_б \cdot g}{2 H_{пб}} \right] = \operatorname{arctg} \left[\frac{(70 - \frac{1}{2} 4{,}4)}{110} + \frac{110 \cdot 0{,}0844 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1307{,}7} \right] = 33{,}1^0.$$

Усилие в бриделе у бочки, соответствующее моменту затопления бочки, составляет

$$S_{пб} = \frac{H_{пб}}{\cos \alpha_2} = \frac{1307{,}7}{\cos 33{,}1} = 1560{,}8 \text{кН} \ (159{,}1 \text{тс}).$$

Так как допускаемое усилие в бриделе (700,4 кН) меньше усилия затопления бочки (1550,8 кН), то погружение бочки при стоянке корабля происходить не должно.

Р.2.4.6 Для выполнения дальнейших расчетов в соответствии с 6.1.3.20 задаем несколько значений распора $H_б$=250, 500, 750, 1000 кН. Для заданных значений распора $H_б$ по формулам (6.21) вычисляем соответствующие параметры цепных линий $a_б$ и $a_ш$ и вертикальные проекции свободных провесов бриделя $\varsigma_б$ = 69,91; 69,4; 68,95; 68,51 м по формулам (6.40) для случая неполного использования плавучести бочки. Определяются соответствующие углы наклона к горизонту касательной в точке крепления бриделя к бочке α_2=39,4^0; 35,9^0; 34,56^0; 33,8^0 по формуле (6.22) и значения полного усилия в бриделе у бочки $S_б$=317,8; 605,6; 893,7; 1180,1 кН (32,4; 61,73; 91,1; 120,3 тс).

График зависимости $S_б=f(\alpha_2)$ показан на рисунке Р.2. По графику на рисунке Р.2 для допускаемого усилия 700,4 кН определяем соответствующее значение угла $\alpha_2=35,37^0$. По формуле (4.23) вычисляется искомый распор $H_б$

$H_б=S_б\cdot\cos\alpha_2=700,4\cdot\cos35,37^0=571,1$ кН (58,22 тс).

Для найденного распора $H_б=571,1$ кН тс по формулам (6.40) определяются вертикальные проекции свободных провесов бриделя $\varsigma_б$ и швартовов $\varsigma_ш$:

$$a_б=\frac{H_б}{q_б\cdot g}=\frac{571,1}{0,0844\cdot 9,81}=689,81\text{ м},$$

$$a_ш=\frac{H_б}{q_ш\cdot g}=3881,33\text{ м},$$

$$\Omega=\frac{H_б\cdot l_б\cdot l_ш\cdot d}{H_б\cdot d\cdot(l_б+l_ш)+V_б\cdot l_б\cdot l_ш\cdot g}=\frac{571,1\cdot 110\cdot 35\cdot 4,4}{571,1\cdot 4,4\cdot(110+35)+45\cdot 110\cdot 35\cdot 9,81}=$$
$$=4,6876\text{ м},$$

$$\varsigma_б=\Omega\left[\frac{\varsigma}{l_ш}-\frac{l_б}{2a_б}-\frac{l_ш}{2a_ш}-\frac{G_б\cdot g}{H_б}+\frac{V_б\cdot(2D_ш+d)\cdot g}{2H_б\cdot d}\right]=$$

$$=4,6876\left[\frac{83}{35}-\frac{110}{2\cdot 689,81}-\frac{35}{2\cdot 3883,33}-\frac{12\cdot 9,81}{571,1}+\frac{45(2\cdot 70+4,4)9,81}{2\cdot 571,1\cdot 4,4}\right]=$$
$$=69,21\text{ м},$$

$$\varsigma_ш=\Omega\left[\frac{\varsigma}{l_ш}+\frac{l_б}{2a_б}+\frac{l_ш}{2a_ш}+\frac{G_б\cdot g}{H_б}+\frac{V_б\cdot(2\varsigma-2D_ш+d)g}{2H_б\cdot d}\right]=$$

$$=4,6876\left[\frac{83}{110}+\frac{110}{2\cdot 689,81}+\frac{35}{2\cdot 3883,33}+\frac{12\cdot 9,81}{571,1}+\frac{45(2\cdot 83-2\cdot 70+4,4)9,81}{2\cdot 571,1\cdot 4,4}\right]=$$
$$=13,79\text{ м},$$

$$\varsigma=\varsigma_б+\varsigma_ш=69,21+13,79=83\text{ м}.$$

Углы наклона к горизонту касательных в точках крепления бриделя к якорю и швартовов в клюзе корабля составляют:

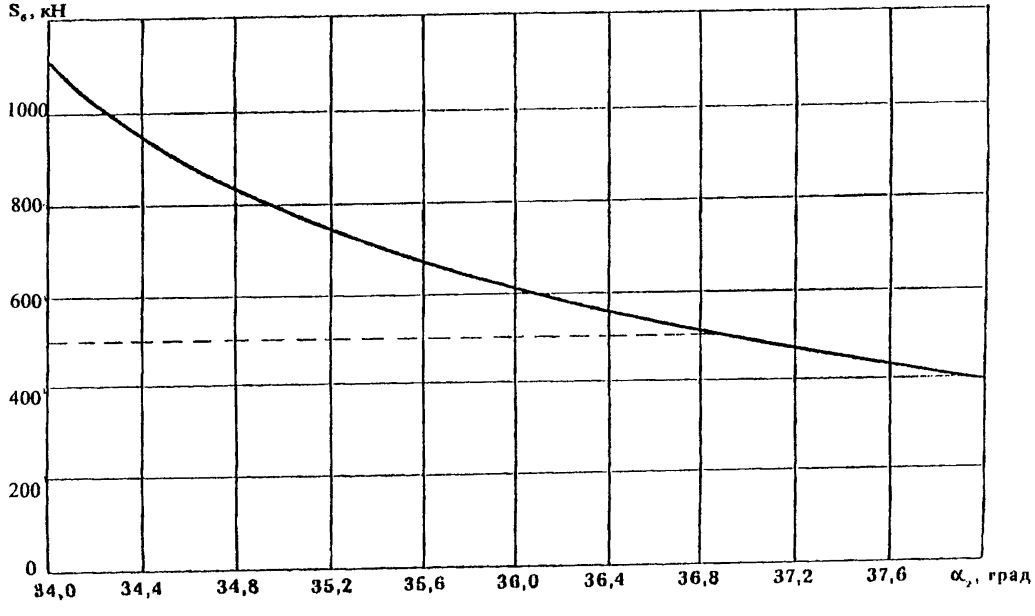


Рисунок Р.2 – График зависимости усилия в бриделе $S_б$, кН, от угла α_2, град.

$$\alpha_1 = \text{arctg}\left[\frac{\varsigma_б}{l_б} - \frac{l_б}{2a_б}\right] = \text{arctg}\left[\frac{69,21}{110} - \frac{110}{2 \cdot 689,81}\right] = 28,8°,$$

$$\alpha_4 = \text{arctg}\left[\frac{\varsigma_ш}{l_ш} - \frac{l_ш}{2a_ш}\right] = \text{arctg}\left[\frac{13,79}{35} - \frac{35}{2 \cdot 3881,33}\right] = 21,73°.$$

Вертикальная нагрузка на якорь равна

$V_к = H_б \cdot tg\alpha_1 = 571,1 \cdot 0,54945 = 313,9$ кН (32,0 тс).

Полное суммарное усилие в швартовных канатах у клюза корабля составляет

$$S_{шк} = \frac{H_б}{\cos\alpha_4} = \frac{571,1}{0,929} = 615,1\text{кН (62,7 тс).}$$

Р.2.4.7 В соответствии с таблицей Н.2 Приложения Н коэффициент запаса прочности стальных швартовных канатов при нормальных условиях стоянки корабля принимается равным 4.3. Для принятых табельных швартовных канатов корабля с разрывным усилием 397,8 кН разрывное усилие в одном канате, соответственно составляет 92,5 кН. При заведении на бочку четырех ветвей швартовного каната, суммарное допускаемое усилие увеличивается до 370,1 кН. Полученное выше полное усилие натяжения в швартовах $S_{шк}$=615,1 кН превышает допускаемое усилие для безопасной стоянки корабля (370,1 кН) с коэффициентом запаса прочности 4,3.

По данным Приложения Н минимальное значение коэффициента запаса прочности для стальных швартовных канатов допускается принимать равным 3,0. Соответственно предельно допускаемое суммарное усилие в швартовах в рассматриваемом случае составляет 530,4 кН. Оно также меньше определенного выше полного натяжения швартовов $S_{шк}$=615,1 кН. Допускаемому усилию в швартовах 530,4 кН соответствует осредненная (анемометрическая) скорость ветра порядка 16 м/с. Таким образом, можно заключить, что предельно допускаемые условия стоянки корабля у рассматриваемой рейдовой бочки соответствуют возникновению в бриделе допускаемых усилий порядка 690,0 кН (70 тс), а в швартовах предельно допускаемых усилий порядка 530,4 кН (54,0 тс). Согласно Р.2.4.3 этим усилиям соответствует скорость ветра 16-17 м/с и волнение интенсивностью 2 балла. При превышении указанных гидрометеоусловий корабль должен отойти от рейдовой бочки.

Р.2.4.8 Определим условия, при которых обеспечивается безопасная стоянка корабля с коэффициентом запаса прочности 4,3 в швартовных канатах. Для этого,

по графику на рисунке Р.2 принимаем меньшее значение усилия в бриделе, например, $S_б$=490,5 кН. Для данного усилия находим угол α_2=36,92° и величину распора $H_б=S_б\cdot\cos\alpha_2$=490,5·0,8=392,4 кН.

Вычисляем величины свободных провесов бриделя и швартова по формулам (6.40)

$\varsigma_б = 69{,}58$ м, $\varsigma_ш = 13{,}42$ м.

Угол наклона к горизонту касательной в точке крепления швартовов в клюзе корабля составляет

$$\alpha_4 = \operatorname{arctg}\left[\frac{\varsigma_ш}{l_ш}+\frac{l_ш}{2a_ш}\right]=\operatorname{arctg}\left[\frac{13{,}42}{35}+\frac{35}{2\cdot 2666{,}66}\right]=21{,}3^0.$$

Полное суммарное усилие в швартовах равно

$$S_{шк}=\frac{H_б}{\cos\alpha_4}=\frac{392{,}4}{\cos 21{,}3^\circ}=420{,}8\text{кН}\,(42{,}9\text{ тс}).$$

Полученное значение усилия $S_{шк}=420{,}8$кН примерно соответствует допускаемому усилию в швартовах 397,8 кН~40 кН с коэффициентом запаса 4,3. Экстраполируя данные таблицы в Р.2.4.1 находим скорость ветра, соответствующую усилию в бриделе $S_б$=490,5 кН, которая составляет 13 м/с.

Р.2.4.9 Для окончательного определения условий стоянки корабля на рейдовой бочке проверяем держащую способность якоря. В качестве расчетного усилия в бриделе согласно Р.2.4.3, Р.2.4.7 принимаем усилие $S_б$=700,4 кН, соответствующее предельно допускаемым условиям стоянки корабля.

Для указанного усилия требуемая масса якоря определяется по 6.1.3.27

$$G_ф=\frac{H_б}{k_ф}+V_{бя}=\frac{571{,}1}{0{,}75}+32{,}0\cdot 9{,}81=1075{,}2\text{кН (масса якоря 109,6~110 т).}$$

Требуемая масса якоря несколько превышает массу якоря ЯП-100, которым оборудована рейдовая бочка.

Проверяем устойчивость якоря на сдвиг и опрокидывание

$$K_{сд}=\frac{G_я^*(f+k_{прис})\cdot g-S_{бя}\cdot f\cdot\sin\alpha_1+F_2C_o}{S_{бя}\cos\alpha_1}=$$

$$=\frac{60(0{,}132+0{,}2)9{,}81-651{,}8\cdot 0{,}132\cdot\sin 28{,}8+32{,}49\cdot 15{,}7}{651{,}8\cdot\cos 28{,}8}=1{,}16.$$

$$K_o = \frac{0,5 \cdot G_я^2 (1 + k_{прис}) b \cdot g}{S_{бя}(H \cos\alpha_1 + 0,5 b \sin\alpha_1)} =$$

$$= \frac{0,5 \cdot 60(1 + 0,2)5,7 \cdot 9,81}{651,8 \cdot (1,55 \cos 28,8° + 0,5 \cdot 5,7 \cdot \sin 28,8°)} = 1,13.$$

Полученные величины коэффициентов устойчивости показывают, что при рассмотренных нагрузках якорь не обладает требуемой нормативной устойчивостью на опрокидывание.

В результате выполненных расчетов можно заключить, что держащая сила якоря ЯП-100 в целом соответствует определенным выше предельным гидрометеоусловиям стоянки $U \leq 17$ м/с. При превышении указанной скорости ветра возможно проползание якоря, что является положительным фактором, т.к. позволит исключить возможность превышения допускаемых усилий в швартовах. Тем не менее, учитывая возможность опрокидывания якоря, из-за недостаточной величины K_0, стоянка корабля у рейдовой бочки при скоростях ветра более 17 м/с нецелесообразна.

Р.2.5 Выводы. В соответствии с выполненными расчетами, в качестве допускаемых гидрометеоусловий стоянки заданного корабля у рассматриваемого рейдового причала, рекомендуется принимать:

- допускаемые гидрометеоусловия для безопасной стоянки корабля у рейдовой бочки - скорость ветра до 13 м/с и интенсивность волнения 2 балла;

- предельно допускаемые гидрометеоусловия при достижении и превышении которых необходим отвод корабля от рейдовой бочки - скорость ветра ≥17 м/с, интенсивность волнения - 2 балла.

Полученные значения гидрометеоусловий целесообразно увязывать с принятыми на флоте состояниями штормовой готовности: "ветер-1" (скорость ветра более 25 м/с), "ветер-2" (скорость ветра 17-25 м/с) и "ветер-3" (скорость ветра 12-17 м/с). Согласно выполненным расчетам при получении предупреждений о штормовой готовности "ветер-3" стоянка корабля в принципе возможна, но команда корабля должна принимать меры по обеспечению возможности отвода корабля от бочки, а при объявлении штормовой готовности "ветер-2" - отвести корабль от рейдовой бочки.

Таблица С.1 - Основные характеристики существующих ОРПП типа CALM

Характеристики	Тип причала											
	IMODCO							Shell	Houshuoy	ОРП-76		ATTF
1 Дедвейт расчетного судна, тыс.т	10	20	30	80	150	270	480	200	-	22	750	70
2 Глубина в месте установки, м	7,5	9,0	12,0	18,0	20,0	30,0	40,0	30,0	-	12-45	38,0	20-60
3 Диаметр буя, м	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,5	8,84	6,1-9,1	9,6	17,3	-
4 Высота борта буя, м	1,85	2,35	3,0	3,75	4,4	4,7	5,2	4,27	4,0	7,55	6,75	-
5 Водоизмещение буя, т	26	85	200	447	750	1140	1760	-	-	130	-	-
6 Масса буя, т	6,5	15,0	35,0	80,0	130,0	-	-	90,7	-	-	-	-
7 Максимальное шварговное усилие, т	-	-	-	-	130	180	200	-	-	185	-	-
8 Количество якорных цепей, шт.	4	4	4	4	4	-	-	8	4	4	8	4
9 Калибр якорных цепей, мм	36	50	60	80	102	-	-	-	-	67	-	-
10 Длина якорных цепей, м	85	100	120	180	200	-	-	-	-	-	-	300
11 Количество подвесных массивов, шт.	-	4	4	4	4	-	-	8	-	4	-	-
12 Масса подвесных массивов, т	-	1,0	4,0	8,0	10,0	-	-	10,0	-	9,0	-	-
13 Количество якорей, шт.	4	4	4	4	8	8	8	8	4	4	-	4
14 Масса якорей, т	2,2	4,0	6,0	13,0	10,0	-	-	7,5	-	10,0	-	-
15 Допускаемая высота волн (без судна), м	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,6	-	6,0	-	10,0
16 Допускаемая скорость ветра (без судна), м	41	41	41	41	41	41	41	30	-	40	-	51
17 Величина приливов, м	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	3,3	-	6,0	10,0	-

Т а б л и ц а С.2 - Основные характеристики существующих ОРПП типа SALM

Наименование характеристик	Величина	
1 Дедвейт расчетного судна, тыс.т	700	120
2 Глубина воды, м	35,0	160
3 Диаметр буя, м	6,3	2,5-4,0
4 Высота корпуса буя, м	14,0	55,0
5 Избыточная плавучесть при полном погружении, тс	315	-
6 Тип анкерной связи	цепь	труба
7 Калибр якорной цепи, мм	165	-
8 Диаметр трубчатого стояка, м	-	2,5
9 Разрывное усилие цепи, кН	17600	-
10 Расчетное усилие в швартове, кН	3690	200
11 Расчетное усилие в якорной связи, кН	6500	-
12 Максимальный угол отклонения якорной связи от вертикали, град.	33	-
13 Длина, ширина и высота фундаментной плиты, м	12×12×4	14,2×14,2×8,3
14 Количество анкерных свай для крепления фундаментной плиты, шт.	4	-
15. Диаметр и глубина забивки анкерных свай, м	1,5×23	-
16 Скорость ветра (в порывах) при стоянке танкера, м/с	25	25
17 Высота волн при стоянке танкера, м	4,6	-
18 Средний период волн, с	9,0	9,0
19 Предельная скорость ветра в ураганах, м/с	80,0	-
20 Максимальная высота волн, м	21,0	7,0
21 Наибольшая скорость течения, м/с	2,2	-
22 Высота волн при перекачке нефти, м	3,6	-
23 Скорость течения при стоянке танкера, м/с	0,9-1,3	-

Т а б л и ц а С.3 - Основные характеристики ОРП типа плавучих пирсов

Наименование характеристик	Величина	
1 Дедвейт судна, тыс.т	-	500
2 Глубина воды, м	65	33
3 Тип раскрепления	SALM	CALM
4 Длина трубчатого стояка, м	65	-
5 Диаметр трубчатого стояка, м	2,0-2,5	-
6 Ширина и высота фундаментной плиты, м	18×3,0	-
7 Количество якорных цепей, шт.	-	6
8 Количество мертвых якорей, шт.	-	6
9 Масса якоря, т	-	350-500
10 Количество дополнительных кормовых якорей, шт.	-	2
11 Масса дополнительных кормовых якорей, т	-	5
12 Диаметр и длина понтона плавучей соединительной рамы, м	8,0×18,0	-
13 Длина соединительной рамы, м	52	-
14 Длина, ширина и высота борта плавучего нефтехранилища, м	-	420×60×30
15 Вместимость танков для нефти, $м^3$	-	480000
16 Вместимость балластных емкостей, $м^3$	-	114000
17 Размеры волнозащитного понтона в плане, м	-	260×38
18 Максимальная высота волн (без судна), м	10,4	-
19 Высота волн при производстве погрузочных работ, м	3,0	-
20 Скорость ветра при стоянке судна, м/с	22,0	-
21 Скорость ветра при производстве погрузочных работ, м/с	15,0	-

Т а б л и ц а С.4 - Основные характеристики многоякорного башенного причала (рисунок 6.8б)

Наименование характеристик	Глубина воды, м		
	25-40	40-60	60-150
1 Диаметр корпуса причала, м	12,0	12,0	12,0
2 Высота причала, м	25,0	35,0	45,0
3 Осадка причала, м	17,0	27,0	37,0
4 Масса твердого балласта, т	300	300	300
5 Объем избыточной плавучести корпуса причала, $м^3$	300	300	400
6 Нормальное водоизмещение причала, т	700	1000	1200
7 Количество швартовов, шт.	2	2	2
8 Калибр цепного швартова 3 категории прочности, мм	81	81	81
9 Длина одного швартова, м	50	50	50
10 Количество бриделей, шт.	6	6	6
11 Калибр цепных бриделей 3 категории прочности, мм	102	102	102
12 Длина одного бриделя, м	150-200	200-300	300-400
13 Количество гравитационных якорей, шт.	6	6	6
14 Масса одного якоря, т	400	400	400
15 Возвышение центра массы корпуса причала (без якорных цепей) над основной плоскостью, м	9	13	18
16 Расстояние между центром массы и центром величины причала, м	5	10	16
17 Расстояние по высоте между точками крепления на причале швартовов и бриделей, м	18	30	40
18 Количество швартовных амортизаторов, шт.	2	2	2
19 Энергоемкость швартовных амортизаторов (не менее), кНм	1000	1000	1000
20 Сила реакции швартовных амортизаторов (не более), кН	3400	3400	3400
21 Ход швартовных амортизаторов	1,5-2,0	1,5-2,0	1,5-2,0

Таблица С.5 - Основные характеристики комбинированного ОРП (рисунок 6.8а)

Наименование характеристик	Глубина воды	
	до 60 м	свыше 60 м
1 Диаметр плавучего корпуса (кольцевого буя), м	17,0	17,0
2 Высота плавучего корпуса, м	6,7	6,7
3 Площадь ватерлинии плавучего корпуса, $м^2$	111,0	111,0
4 Масса плавучего корпуса, т	330,0	330,0
5 Длина подводного стояка, м	18,0	50,0
6 Масса подводного стояка, т	80,0	200,0
7 Масса балласта, т	130,0	0,0
8 Возвышение балласта над основанием подводного стояка, м	1,4	-
9 Возвышение крепления бриделей над основанием подводного стояка, м	10,0	10,0
10 Количество бриделей, шт.: при стоянке судна у причала и высоте волн до 5м; при стоянке судна у причала и высоте волн до 8 м	 6 8	 6 8
11 Калибр цепных бриделей 3 категории прочности, м: при высоте волн до 5 м; при высоте волн до 8 м	 81 102	 81 102
12 Длина бриделей, м	150-200	300-350
13 Масса гравитационных якорей, т: при высоте волн до 5 м; при высоте волн до 8 м	 150 400	 150 400
14 Количество швартовов, шт.	2	2
15 Калибр цепных швартовов 3 категории прочности, мм	81	81
16 Длина швартовов, м	50,0	50,0
17 Количество швартовных амортизаторов, шт.	2	2
18 Жесткость швартовных амортизаторов, кН/м	2500	2500
19 Ход амортизаторов, м	1,5-2,0	1,5-2,0
20 Энергоемкость амортизаторов (не менее), кНм	1000	1000
21 Сила реакции амортизаторов (не более), кН	3400	3400
22 Количество резиновых амортизаторов (труб) осевого сжатия на один швартовный амортизатор, шт.	16	16

Таблица С.6 - **Рекомендуемые характеристики одноточечного многоякорного рейдового причала (рисунок 5.1в)**

Водоизмещение корабля, т	Глубина воды, м	Характеристики одноточечного многоякорного рейдового причала													
		Рейдовая бочка, объем, $м^3$	Бридель					Якорь		Подвесной массив			Швартов		
			Верхний (вертикальный) участок		Нижний (горизонтальный) участок			Количество	Масса, т	Центральный	У якорей		Тип	Калибр, диаметр, мм	Количество	Длина, м
			Калибр, мм / кат.	Длина, м	Калибр, мм / кат.	Длина, м	Кол-во нижних участков				Количество	Масса, т				
20000	25	100–150*	78 / 2	15	78 / 2	50	3	3	100	-	3	10	цепь	66 / 2	1	50
	50	150		40	78 / 2	75										
	75			65									канат полиамидный	64	4	
	150			140												
40000	25	150	81 / 3	15	81 / 3	75	3	3	175	-	3	20	цепь	81 / 2	1	55
	50			40												
	75			65									канат полиамидный	64	8	
	150			140												
	25			15	62 / 3	75	3 * 2 (6)	6	75	-	6	10	цепь	81 / 2	1	55
	50			40												
	75			65									канат полиамидный	64	8	
	150			140												
60000	25	150	95 / 3	15	95 / 3	75	3	3	200	-	3	30	цепь	81 / 3	1	40
	50			40												
	75			65									канат полиамидный	80	8	
	150			140												
	25			15	66 / 3	75	3 * 2 (6)	6	100	-	6	15	цепь	81 / 3	1	40
	50			40												
	75			65									канат полиамидный	80	8	
	150			140												
80000	25	150 – 300 *	95 / Super	15	95 / Super	75	3	3	250 - 220 **	-	3	40	цепь	95 / 3	1	45
	50			40												
	75			65									канат полиамидный	88	8	
	150			140												
	25			15	77 / 3	75	3 * 2 (6)	6	125 - 100 **	-	6	20	цепь	95 / 3	1	45
	50			40												
	75			65									канат полиамидный	88	8	
	150			140												

* - меньшее значение объема бочки рекомендуется принимать при установке причала на акваториях с небольшим течением (скорость течения – до 0,2 м/с), а бочки большего объема – при скорости течения – 0,5 м/с и более;

** - комплектация причала предусматривает использование стандартных гравитационных железобетонных призматических якорей, принятых на снабжение ВМФ, большая масса якоря соответствует рейдовой бочке РБ-150 объемом 150 $м^3$, а меньшая – рейдовой бочке РБ-300 объемом 300 $м^3$, могут быть использованы также зарубежные якоря судового типа повышенной держащей силы, например якоря Стевина, Брюс-Каст и т.п. массой по 15 т

Таблица С.7 - Рекомендуемые характеристики одноякорного одноточечного рейдового причала с провисающим бриделем (рисунок 5.1а для обеспечения стоянки кораблей водоизмещением 20000 т и более

Водоизмещение корабля	Глубина воды,	Характеристики обычной рейдовой бочки на одиночном провисающем бриделе								
		Рейдовая бочка,	Бридель		Якорь		Швартов			
			Калибр, мм / категория	Длина, м	Количество	Масса,	Тип	Калибр, диаметр, мм	Количество	Длина,
т	м	объем, $м^3$				Т				М
20000	25	45	78 / 2	37,5	1	175	Цепь	66 / 2	1	50
	50			70,0						
	75			101,5			канат полиамидный	64	4	
	150	80		200,0						
40000	25	80	81 / 3	37,5	1	270	цепь	81 / 2	1	
	50			70,0						
	75			101,5			канат полиамидный	64	8	
	150			200,0						
60000	25	100	95 / 3	37,5	1	310	цепь	81 / 3	1	
	50			70,0						
	75	80		101,5			канат полиамидный	80	8	
	150			200,0						
80000	25	100	95 / Super	37,5	1	350	цепь	95 / 3	1	
	50			70,0						
	75			101,5			канат полиамидный	80	8	
	150			200,0						

Т а б л и ц а С.8 – Ограничения условий стоянки кораблей водоизмещением 20000 т и более у одноякорного (рисунок 5.1а) и многоякорного одноточечного (рисунок 5.1в) рейдовых причалов

Водоизмещение корабля, т	Глубина воды, м	Обычная швартовная бочка на одиночном провисающем бриделе								Одноточечный многоякорный причал							
		Допускаемые гидрометеоусловия			Массовые характеристики					Допускаемые гидрометеоусловия			Массовые характеристики				
		Средняя скорость ветра, м/с	Интенсивность волнения, баллы	Скорость течения, м/с	Масса бочки, т	бридель: Суммарная длина, м	бридель: Суммарная масса, т	Суммарная масса якорей, т	Стоимость, млн. руб	Срок службы, лет	Средняя скорость ветра,* м/с	Интенсивность волнения, баллы	Скорость течения, м/с	Масса бочки, т	бридель: Суммарная длина, м	бридель: Суммарная масса, т	Суммарная масса якорей, т	Стоимость, млн. руб	Срок службы, лет
20000	25	19	4	-	12	37,5	4,9	175	1,1	5	24,5/27	5	0,5	25,98	165	21,45	300	3,07	15
	50	20				70,0	9,1		1,43		25/ 27			38,68	265	34,45		4,48	
	75	22				101,5	13,2		1,76		25/26,5				290	37,7		4,74	
	150	23			23,2	200,0	26,0		3,1		25/28				365	47,45		5,52	
40000	25	18,5	4	-	23,2	37,5	5,4	270	1,65	5	23,5/25,5	5	0,5	38,68	240	34,56	525	4,93	15
	50	19,5				70,0	10,1		2,03		24/26,5				265	38,16		5,23	
	75	18				101,5	14,62		2,39		25 / 28				290	41,76		5,52	
	150	20				200,0	28,8		3,52		24,5/ 27				365	52,56		6,38	
60000	25	19	4	-	25,98	37,5	7,24	310	1,96	5	24,5/27,5	5	0,5	38,68	240	46,32	600	6,03	15
	50	20				70,0	13,51		2,46		25 / 29				265	51,15		6,42	
	75	18			23,2	101,5	19,6		2,87		26 / 29				290	55,97		6,8	
	150	19				200,0	38,6		4,38		25 / 29				365	70,45		7,96	
80000	25	19	4	-	25,98	37,5	7,24	350	2,04	5	25 / 28	5	0,5	38,68-71,48	240	46,32	660 - 750	6,33-7,1	15
	50	19,5				70,0	13,51		2,54		25 / 28				265	51,15		6,72-7,49	
	75	19				101,5	19,6		3,03		26 / 29				290	55,97		7,1-7,87	
	150	20,5				200,0	38,6		4,54		26 / 29				365	70,45		8,26-9,04	

* - меньшее значение скорость ветра соответствует сроку службы причала – 15 лет, а большее – 5 лет

Приложение Т

(Справочное)

Примеры решения задач по определению основных характеристик ОРПП (нагрузок на причал, усилий в швартове и бриделе)

Т.1 Пример 1

К ОРПП типа швартовной бочки с провисающим бриделем (схема причала на рисунке 5.1а настоящей Инструкции) ошвартован корабль. В качестве швартовной бочки причала используется бочка типа РБ-150, в качестве бриделя и швартова - цепь калибра 81 мм 3-ей категории прочности. Исходные данные для расчета следующие:

- характеристики причала:

объем швартовной бочки - $V_в$=150 м^3;

масса швартовной бочки - $m_в$=38 т;

масса одного погонного метра цепи в воздухе - q_a=0,144 т/м;

масса одного погонного метра цепи в воде - q_w=0,126 т/м;

пробная нагрузка для цепи - N_p=3630 кН;

разрывная нагрузка для цепи - N=5030 кН;

длина швартова - $l_ш$=50,0 м;

длина бриделя - $l_б$=132, 0 м;

- характеристики корабля:

водоизмещение - W=37800 м^3;

масса - $m_к$=37800 т;

лобовая надводная площадь парусности - $A_{нл}$=760 м^2;

лобовая подводная площадь парусности - $A_{пл}$=230 м^2;

- гидрометеоусловия места установки ОРПП:

глубина воды - D=120 м;

расчетная скорость ветра - U_v=20 м/с;

высота волны - h_w=4,0 м;

длина волны - λ_w=80,0 м;

период волны - τ_w=7,2 с;

скорость течения - U_c=0,5 м/с.

Требуется определить нагрузку на ОРПП от корабля, усилия в швартове и бриделе.

Т.2 Решение

Расчет производится в системе единиц СИ в соответствии с указаниями 6.2.3 Инструкции. По указаниям 6.2.3.5-6.2.3.8 определим горизонтальную проекцию швартовной нагрузки F, передаваемой от корабля на причал от ветра и течения, с учетом рыскания и дрейфа корабля. Предварительно вычисляем:

- скоростной напор ветра по формуле (6.48)

p_a=0,5·0,001226·20^2=0,25 кН/м^2;

- скоростной напор течения по формуле (6.50)

p_c=0,5·1,0·0,5^2=0,125 кН/м^2;

-продольную нагрузку на корабль от ветра по формуле (6.47)

Q_x=1,0·0,25·760=190 кН;

- продольную нагрузку на корабль от течения по формуле (6.49)

Q_x^T=1,2·0,125·230=35 кН.

Для определения коэффициента ε_r вычисляем:

- массу бриделя

$m_n=q_w l_б=0,126 \cdot 132=16,6$ т;

- массу швартова

$m_m=q_a l_m=0,144 \cdot 50=7,2$ т;

- суммарную массу причала, оборудования и цепей

$m_p=38,0+16,6+7,2=61,8$ т;

- избыточную плавучесть причала по формуле (6.61)

$\Delta V_б=9,81(1,0 \cdot 150-61,8)=865,2$ кН;

- значения параметров ψ_1, ψ_2, и ψ_4 по формулам (6.58), (6.51) и (6.53) соответственно

$$\psi_1=\frac{865,2}{190,0+35,0}=3,85,$$

$$\psi_2=120 \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{37800}}=3,6,$$

$$\psi_4=\frac{132,0}{120,0}=1,1.$$

Коэффициент ε_r определяем по графикам на рисунке 6.14: для ψ_1=3,85, ψ_2=3,6 и ψ_4=1,1. Коэффициент ε_r=4,8.

Нагрузку F вычисляем по формуле (6.46)

F=4,8(190,0+35,0)=1080 кН.

По указаниям 6.2.3.10 определим усилия в швартове и бриделе от ветра и течения. В качестве исходной величины для расчета принимаем горизонтальную проекцию швартовной нагрузки F=1080 кН. В результате статического расчета в соответствии с рекомендациями 6.1.3.19-6.1.3.22 получаем: усилие в швартове S_m=1340 кН; усилие в бриделе $S_б$=1580 кН.

Далее по указаниям 6.2.3.11, 6.2.3.12 определяем усилия в швартове и бриделе от действия волн. По формуле (6.64) вычислим параметр d

$$d = \frac{2 \cdot \sqrt[3]{150}}{80} = 0{,}13.$$

По таблице 6.8 находим коэффициент ζ_2: для d=0,13 коэффициент ζ_2=0,75. По формуле (6.63) вычисляем усилия в швартове и бриделе от действия волн:

- в швартове

$$S_ш = 25 \cdot 0{,}75 \cdot 1{,}0 \cdot \frac{4{,}0}{7{,}2} \cdot \sqrt{\frac{150 \cdot 1{,}0 \cdot 3650}{50}} = 1140 \text{ кН};$$

- в бриделе

$$S_б = 25 \cdot 0{,}75 \cdot 1{,}0 \cdot \frac{4{,}0}{7{,}2} \cdot \sqrt{\frac{150 \cdot 1{,}0 \cdot 3650}{132}} = 670 \text{ кН}.$$

Нормативные усилия от совместного действия ветра, течения и волн равны:

- в швартове

$S_ш$=1340+1140=2480 кН;

- в бриделе

$S_б$=1580+670=2250 кН.

Расчетные значения усилий вычисляем согласно указаниям 6.2.3.2:

- швартове

$S_ш$=1,1·2480=2730 кН;

- в бриделе

$S_б$=1,1·2250=2475 кН.

Коэффициенты запаса прочности по отношению к разрывной нагрузке составляют:

- в швартове

$$k_ш = \frac{5300}{2730} = 1{,}93;$$

- в бриделе

$$k_6 = \frac{5300}{2475} = 2{,}15.$$

Из таблицы 6.6 Инструкции видно, что расчетный срок эксплуатации ОРПП составляет 7 лет.

Т.3 Пример 2

Требуется определить усилия в швартове и бриделе при длинах бриделя l_6=156 м и l_6=180 м. Другие характеристики ОРПП, а также характеристики корабля и гидрометеоусловия места установки причала те же, что и в примере 1.

Т.4 Решение

Определим усилия в швартове и бриделе при длине бриделя l_6=156 м.

Значения величин p_a, p_c, Q_x, Q_x^T, m_m, ψ_2 те же, что и в примере 1. Для определения коэффициента ε_r вычисляем дополнительно значения величин m_n, m_p, ΔV_6, ψ_1, ψ_4:

m_n=0,126·156,0=19,7 т,

m_p=38,0+19,7+7,2=64,9 т,

ΔV_6=9,81(1,0·150-64,9)=826,0 кН,

$$\psi_1 = \frac{826{,}0}{190{,}0 + 35{,}0} = 3{,}67,$$

$$\psi_4 = \frac{156{,}0}{120{,}0} = 1{,}3.$$

По графикам на рисунке 6.14 Инструкции находим коэффициент ε_r :

для ψ_1=3,67, ψ_2=3,6 и ψ_4=1,3. Коэффициент ε_r =5,8.

Горизонтальную проекцию швартовной нагрузки, передаваемой от корабля на причал при действии ветра и течения, вычисляем по формуле (6.46):

F=5,8(190,0+35,0)=1305 кН.

Усилия в швартове и бриделе от ветра и течения, найденные в результате статического расчета системы "корабль-швартов-причал-бридель-якорь", равны: в швартове - $S_ш$=1400 кН; в бриделе - $S_б$=1990 кН.

Усилие в швартове от действия волн $S_ш$=1140 кН (такое же как в примере 1). Усилие в бриделе от действия волн вычисляем по формуле (6.63)

$$S_б = 25 \cdot 0{,}75 \cdot 1{,}0 \cdot \frac{4{,}0}{7{,}2} \cdot \sqrt{\frac{150 \cdot 1{,}0 \cdot 3650}{156}} = 615 \text{ кН}.$$

Расчетные усилия в швартове и бриделе от совместного действия ветра, течения и волн равны:

$S_ш$=1,1(1400+1140)=2800 кН,

$S_б$=1,1(1990+615)=2866 кН.

Определим коэффициенты запаса прочности в швартове и бриделе по отношению к разрывной нагрузке:

$$k_ш = \frac{5300}{2800} = 1{,}89,$$

$$k_б = \frac{5300}{2866} = 1{,}85.$$

Расчетный срок эксплуатации ОРПП при использовании швартовов и бриделей с принятыми в данном примере характеристиками составляет 5 лет (таблица 6.6 Инструкции).

Далее определим усилия в швартове и бриделе при длине бриделя $l_б$=180 м. Для определения коэффициента $\varepsilon_т$ вычисляем значения величин $m_п$, $m_р$, $\Delta V_б$, ψ_1, ψ_4:

$m_п$=0,126·180,0=22,7 т,

$m_р$=38,0+22,7+7,2=67,9 т,

$\Delta V_б$=9,81(1,0·150-67,9)=805,4 кН,

$$\psi_1 = \frac{805{,}4}{190{,}0 + 35{,}0} = 3{,}6,$$

$$\psi_4 = \frac{156,0}{180,0} = 0,87.$$

По графикам на рисунке 6.14 Инструкции находим коэффициент ε_r:

для ψ_1=3,6, ψ_2=3,6 и ψ_4=0,87. Коэффициент ε_r =5,7.

Горизонтальную проекцию швартовной нагрузки вычисляем по формуле (6.46):

F=5,7(190,0+35,0)=1280 кН.

Усилия в швартове и бриделе от ветра и течения равны: в швартове $S_ш$=1340 кН; в бриделе - $S_б$=1510 кН.

Усилие в швартове от действия волн $S_ш$=1140 кН (также как в примере 1). Усилие в бриделе от действия волн вычисляем по формуле (6.63)

$$S_б = 25 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot \frac{4,0}{7,2} \cdot \sqrt{\frac{150 \cdot 1,0 \cdot 3630}{180}} = 570 \text{ кН}.$$

Расчетные усилия в швартове и бриделе от совместного действия ветра, течения и волн равны:

$S_ш$=1,1(1340+1140)=2730 кН,

$S_б$=1,1(1510+570)=2290 кН.

Вычислим коэффициенты запаса прочности в швартове и бриделе:

$$k_ш = \frac{5300}{2730} = 1,93,$$

$$k_б = \frac{5300}{2290} = 2,30.$$

Расчетный срок эксплуатации ОРПП составляет примерно 7 лет (таблица 6.6 Инструкции).

Из выполненных примеров расчета видно, при длинах бриделя $1,1D \le l_б < 1,5D$ (где D - глубина воды) усилия в бриделе и швартове изменяются несущественно. Таким образом, надежная стоянка корабля водоизмещением 37800 м^3 у ОРПП типа

швартовной бочки с провисающим бриделем при использовании в качестве швартова и бриделя цепей калибром 81 мм 3-ей категории прочности обеспечивается в течение пяти лет, если скорость ветра при стоянке корабля не превысит 20 м/с, скорость течения - 0,5 м/с, высота волн - 4 м.

Т.5 Пример 3

К ОРПП башенного типа на нескольких провисающих бриделях ошвартован корабль. Характеристики корабля те же, что и в примере 1. Схема причала и основные размеры плавучести приведены на рисунке Т.1 настоящего приложения. Характеристики причала и естественных условий места его установки следующие:

- характеристики причала:

в качестве швартовов и бриделей используются цепи калибром 82 мм 3-ей категории прочности;

длина швартовов - $l_ш$=50 м;

количество швартовов - 2;

длина бриделей от нижней точки их крепления к причалу до якоря - $l_б$=250 м;

длина бриделей от нижней точки их крепления к причалу до поверхности воды - $l_в$=40 м;

полная длина бриделей - 300 м;

количество бриделей - 6;

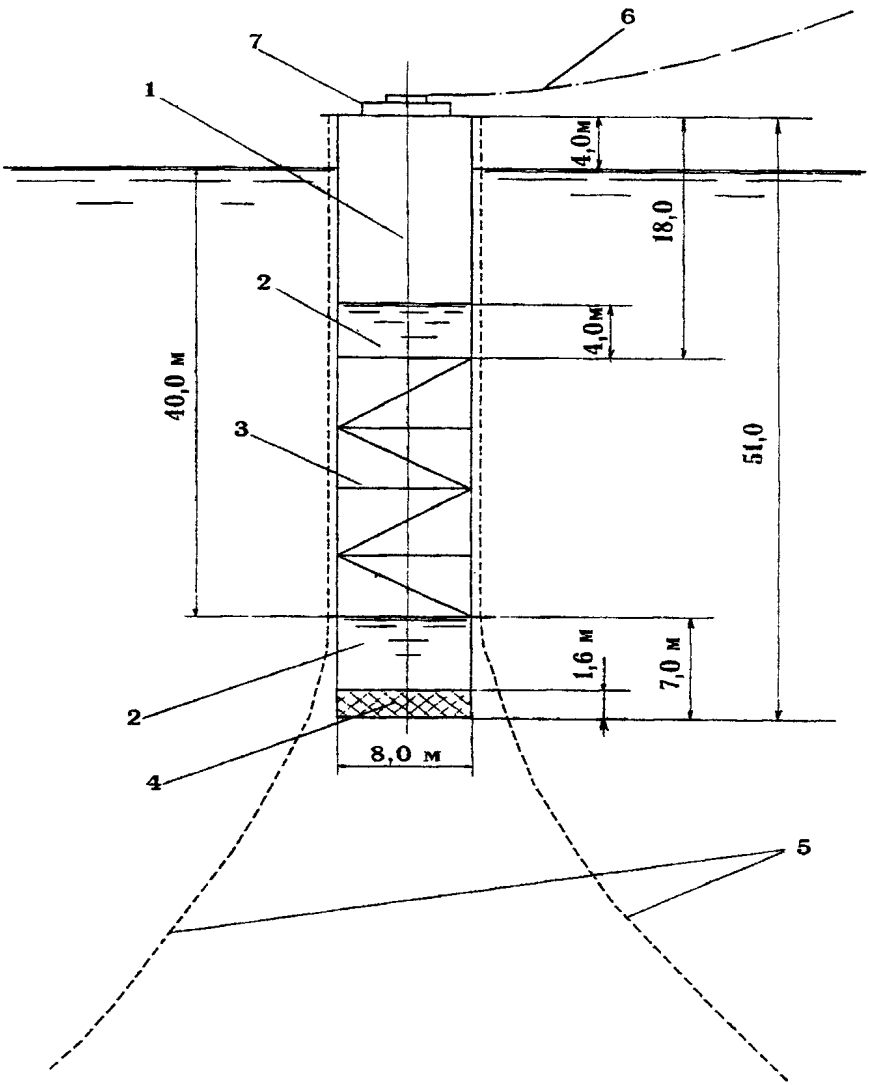
расстояние по высоте между точками крепления к причалу швартовов и бриделей - l_c=44,0 м;

расстояние по высоте между центром массы причала и центром водоизмещающего объема - l_d=20,0 м;

объем плавучести ниже ватерлинии, включая объемы заполненные водой - V_e=1050 м^3;

масса плавучести без учета жидкого балласта - $m_в$=600 т.

- гидрометеоусловия места установки ОРПП:



1 – корпус плавучести; 2 – жидкий балласти; 3 – ферменная конструкция; 4 – твердый балласт; 5 – бридель; 6 швартов; 7 – поворотное устройство

Рисунок Т.1 - Расчетная схема причала (размеры в м)

глубина воды - D=120 м;

скорость ветра - U_v=38 м/с;

скорость течения - $U_т$=0,5 м/с;

высота волн - h_w=4,0 м;

длина волны - λ_w=80,0 м;

период волны - τ_w=7,2 с.

Требуется определить усилия в бриделях и швартовах.

Т.6 Решение

Вычисляем скоростной напор ветра и продольную нагрузку на корабль от ветра по формулам (6.48) и (6.47) соответственно:

$p_в$=0,5·0,001226·38^2=0,9 кН/м^2,

Q_x=1,0·0,9·760=684 кН.

Нагрузка на корабль от течения та же, что и в предыдущих примерах расчета: $Q_x^т$=35 кН.

Для определения коэффициента $\varepsilon_т$ вычисляем:

- суммарную массу всех бриделей

$m_п$=0,126·300·6=226 т;

- момент инерции площади сечения причала по ватерлинии

$$I_в = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 8^4}{64} = 201 м^4;$$

- коэффициент остойчивости причала D_1 по формуле (6.57)

D_1=9,81(600·20+0,5·226·40+1,0·201)=164000 кН·м/рад;

- значения величин ψ_5, ψ_6, и ψ_7 по формулам (6.54), (6.55) и (6.56) соответственно

$$\psi_5 = \frac{164000}{(684+35)44} = 5{,}2,$$

$$\psi_6 = \frac{44}{120} = 0{,}37,$$

$$\psi_7 = 44 \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{37800}} = 1{,}32.$$

Коэффициент ε_r определяем по графикам на рисунке 6.15: для ψ_5=5,2, ψ_6=0,37 и ψ_7=1,32. Коэффициент ε_r=2,98.

Горизонтальная нагрузка, передаваемая кораблем на причал от ветра и течения, равна:

F=2,98(684+35)=2130 кН.

Соответствующие нагрузке F=2130 кН усилия в швартовах и бриделях от ветра и течения, полученные на основе статического расчета системы в условиях плоской задачи, $S_ш$=2300 кН; $S_б$=2500 кН.

Для определения усилий в швартовах и бриделях от волн вычислим параметр d по формуле (6.64)

$$d = \frac{2 \cdot \sqrt{1050}}{80} = 0{,}25.$$

По таблице 6.8 Инструкции находим значение коэффициента ζ_2: для d=0,25 коэффициент ζ_2=0,57. Определяем усилия в швартовах и бриделях от волновой нагрузки:

$$S_ш = 12 \cdot 0{,}57 \cdot 1{,}0 \cdot \frac{4{,}0}{7{,}2} \cdot \sqrt{\frac{1050 \cdot 1 \cdot 3630}{50}} = 1049 \text{ кН},$$

$$S_б = 12 \cdot 0{,}57 \cdot 1{,}0 \cdot \frac{4{,}0}{7{,}2} \cdot \sqrt{\frac{1050 \cdot 1 \cdot 3630}{250}} = 469 \text{ кН}.$$

Полные расчетные усилия в швартовах и бриделях определяем с учетом указаний 6.2.3.2 и 6.2.3.13:

$S_{ш}$=0,85·1,1(2300+1049)=3131 кН,

$S_{б}$=0,75·1,1(2500+469) =2450 кН.

Коэффициенты запаса прочности равны:

- в швартове

$$k_{ш} = \frac{5300}{3131} = 1{,}7;$$

- в бриделе

$$k_{б} = \frac{5300}{2450} = 2{,}16.$$

Они соответствуют допустимому сроку эксплуатации причала 2 года (таблица 6.6 Инструкции).

Т.7 Пример 4

Определить усилия в бриделе и нагрузки на якорь ОРПП типа SALM с вертикальным обтянутым бриделем в режиме эксплуатации и в режиме выживания.

Исходные данные для расчета:

- характеристики причала:

класс капитальности – II;

диаметр буя – 5,0 м;

полная высота буя – 20,0 м;

высота надводного борта буя – 5,0 м;

калибр якорной цепи бриделя причала – 162 мм;

категория якорной цепи – Grade 3;

разрывная нагрузка якорной цепи – N=16304,2 кН (1662,0 тс);

пробная нагрузка цепи - N_{p}=11419,0 кН (1164,0 тс);

погонная масса цепи - $q_{б}$=0,604 т/пог.м;

длина швартова - $l_ш$=50 м;

длина бриделя - $l_б$=35 м;

усилие предварительного натяжения бриделя – S_0=2452,5 кН (250 тс);

- характеристики корабля:

водоизмещение – W=120000 т;

масса – m_k=120000 т;

лобовая надводная площадь парусности - $A_{нл}$=1200 м^2;

лобовая подводная площадь парусности - $A_{пл}$=600 м^2;

- гидрометеоусловия места установки ОРПП:

глубина воды – D=50 м;

максимальная высота волн 3% обеспеченности повторяемостью 1 раз в 50 лет в режиме выживания ОРПП – h_w=8,0 м;

средняя длина волн повторяемостью 1 раз в 50 лет в режиме выживания ОРПП - λ_w=100,0 м;

средний период волн повторяемостью 1 раз в 50 лет в режиме выживания ОРПП - τ_w=8,0 с;

максимальная высота волн 3% обеспеченности при стоянке корабля у ОРПП в эксплуатационном режиме – h_w=3,5 м;

средняя длина волн при стоянке корабля у ОРПП в эксплуатационном режиме - λ_w=56,0 м;

средний период волн при стоянке корабля у ОРПП в эксплуатационном режиме - τ_w=6,0 с;

максимальная скорость ветра в режиме выживания ОРПП – U_v=35 м/с;

максимальная скорость ветра при стоянке корабля у причала в эксплуатационном режиме - U_v=20 м/с;

скорость течения – U_c=0,5 м/с;

приливные колебания уровня моря – 5,0 м.

Т.8 Решение для режима эксплуатации ОРПП

В соответствии с 6.2.3.16 в первую очередь строим жесткостную характеристику причала. Результаты расчетов по формулам (6.65) сведены в таблицу Т.8.1.

Т а б л и ц а Т.8.1 – Расчет жесткостной характеристики ОРПП типа SALM

β, град.	cosβ	1 – cosβ	Z, м	γAZ, кН	$V_б$, кН	tgβ	H, кН	sinβ	$X_б$, м	$S'_б$*, кН
0	1	0	0	0	2452,5	0	0	0	0	2452,5
1	0,99985	0,00015	0,0053	1,04	2453,54	0,0174	42,7	0,01745	0,61	2453,9
5	0,9962	0,0038	0,133	26,1	2478,6	0,0875	216,9	0,0872	3,052	2488,1
10	0,9848	0,0152	0,532	104,4	2556,9	0,1763	450,8	0,174	6,09	2596,3
15	0,96593	0,03407	1,192	234,0	2636,5	0,268	720,1	0,259	9,07	2781,3
20	0,9397	0,0603	2,11	414,1	2866,6	0,364	1043,4	0,342	12,0	3050,6
25	0,9063	0,0937	3,28	643,4	3095,9	0,466	1442,6	0,423	14,81	3415,5
30	0,866	0,134	4,69	920,2	3372,7	0,577	1946,0	0,5	17,5	3893,8
45	0,707	0,293	10,26	981,0	3433,5	1,0	3433,5	0,707	24,75	4855,8
Примечание - * $S'_б = S_0 + \gamma AZ$										

По указаниям 6.2.3.5-6.2.3.8 определим горизонтальную проекцию швартовной нагрузки F, передаваемой от корабля на причал от ветра и течения, с учетом рыскания и дрейфа корабля.

Предварительно вычисляем:

- скоростной напор ветра по формуле (6.48)

$$p_в = 0,5 \cdot 0,001226 \cdot 20^2 = 0,25 \text{ кН/м}^2;$$

- скоростной напор течения по формуле (6.50)

$$p_c = 0,1 \cdot 1,0 \cdot 0,5^2 = 0,125 \text{ кН/м}^2;$$

- продольную нагрузку на корабль от ветра по формуле (6.47)

$$Q_x = 1,2 \cdot 0,25 \cdot 1200 = 3600 \text{ кН};$$

- продольную нагрузку на корабль от течения по формуле (6.49)

$$Q_x^т = 1,2 \cdot 0,25 \cdot 600 = 90 \text{ кН}.$$

Для определения коэффициента ε_r вычисляем:

- массу буя и бриделя в воде

$$m_p = \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} \cdot 20 \cdot 0,3 + \frac{0,604 \cdot 35}{1,15} = 136,2 \text{ т};$$

- избыточную плавучесть буя по формуле (6.61)

$$\Delta V_6 = 9,81\left(1 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} \cdot 20 - 136,2\right) = 2514,3 \text{ кН};$$

- момент инерции площади ватерлинии буя

$$I_B = \frac{\pi r^4}{4} = \frac{3,14 \cdot 2,5^4}{4} = 30,664 \text{ м}^4;$$

- расстояние по высоте между центром массы причала и центром величины (в предположении их расположения соответственно в геометрическом центре корпуса буя и геометрическом центре погруженного объема)

$$l_c = 10 - 7,5 = 2,5 \text{ м};$$

- коэффициент остойчивости причала по формуле (6.60)

$$D_2 = 9,81(117,8 \cdot 2,5 + 1 \cdot 30,664) + 2514,3 \cdot 50 = 128904,9 \text{ кН·м};$$

- значения параметров ψ_1, ψ_2, и ψ_3 по формулам (6.59), (6.51) и (6.52) соответственно

$$\psi_1 = \frac{128904,9}{(360 + 90)50} = 5,73,$$

$$\psi_2 = 50 \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{120000}} = 1,0,$$

$$\psi_2 = 50 \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{120000}} = 1,0,$$

$$\psi_3 = 50 \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{120000}} = 1,0.$$

Коэффициент $\varepsilon_т$ определяем по графикам на рисунке 6.13а: для ψ_1=5,73, ψ_2=1,0 и ψ_3=1,0. Коэффициент $\varepsilon_т$=3,25.

Нагрузку F вычисляем по формуле (6.46)

$$F = 3{,}25(360 + 90) = 1462{,}5 \text{ кН} = 149{,}1 \text{ тс}.$$

Полное усилие в бриделе причала $S'_б$ от действия швартовной нагрузки F находим по жесткостным характеристикам, определенным в таблице Т.8.1. Для этого для величины F=1462,0 кН по зависимости H=f($x_б$) интерполируя находим соответствующее смещение точки крепления бриделя к бую - $x_б$=14,7 м. Для поперечного перемещения $x_б$=14,7 м по зависимости $V_б$=f($x_б$) также определяем вертикальную составляющую усилия в бриделе от швартовной нагрузки F - $V^F_б$=3109,8 кН (317,0 тс). Полную вертикальную составляющую усилия в бриделе у буя определяем с учетом массы бриделя и дополнительного натяжения от колебаний уровня моря по формуле:

- у буя

$$V_б = V^F_б + \frac{q_б l_б}{1{,}15} + \gamma A_б \Delta H = 3109{,}8 + 180{,}5 + 570{,} = 3860{,}3 \text{ кН} > 3433{,}5 + 180{,}5 \text{ кН},$$

т.е. принимаем $V_б$=3614,0 кН (368 тс);

- у якоря

$V^я_б$=3109,8+570,0>3433,5 кН (350 тс), т.е. принимаем $V^я_б$=3433,5 кН (350 тс).

Исходя из величины $x_б$=14,7 м и длины бриделя $l_б$=35 м вычисляем угол отклонения бриделя от вертикали $\beta = \arcsin x_б / l_б = 24{,}83^0$.

Полное усилие в бриделе определяем по формулам (6.68), (6.69):

- у буя

$$S_б = \sqrt{1462{,}0^2 + 3614{,}0^2} = 3898{,}8 \text{кН} \ (397{,}43 \text{ тс}),$$

- у якоря - $S^я_б$=3732,1 кН (380,44 тс).

Далее по указаниям 6.2.3.11, 6.2.3.12 определяем усилия в бриделе от действия волн. По формуле (6.64) вычислим параметр d

$$d = \frac{2 \cdot \sqrt[3]{\frac{3,14 \cdot 5^2}{4} \cdot 15}}{56} = \frac{2 \cdot 6,65}{56} = 0,2375 .$$

По таблице 6.8 находим коэффициент ξ_i для d=0,2375, коэффициент ξ_i=0,594. По формуле (6.63) вычисляем усилие в бриделе от волн

$$S_б = 12 \cdot 0,594 \cdot 1,0 \cdot \frac{3,5}{6,0} \cdot \sqrt{\frac{294,4 \cdot 1 \cdot 11640}{35}} = 1301,1 \text{ кН} = 132,63 \text{ тс}.$$

Полное расчетное усилие в бриделе определяем по формулам (6.70), (6.71)

- у буя причала - $S_б^б$=1,1(3898,8+1301,1)=5720,0 кН (583,07 тс);

- у якоря причала – $S_б^я$=5536,8 кН (564,4 тс).

Коэффициент запаса прочности бриделя составляет $k_б$=16304,2/5720,0=2,85. В соответствии с данными таблицы 6.6 расчетный срок эксплуатации ОРПП составляет порядка 21 года.

Вертикальная и горизонтальная нагрузки на якорь (фундаментную плиту) ОРПП вычисляются по формулам (6.72) и соответственно составляют

$$V_я = 5536,8 \cdot \cos 24,83^0 = 5025,2 \text{кН} (512,25 \text{тс}),$$

$$H_я = 5536,8 \cdot \sin 24,83^0 = 2325,5 \text{кН} (237,05 \text{тс}).$$

Ориентировочно (по формуле 6.41) для удержания ОРПП требуется якорь весом в воде $G_ф$=2325,5/0,7+5025,2=8347,3 кН (масса якоря в воде – 850 т). При использовании железобетонного массива его масса в воздухе составляет - 850/0,6=1420,0 т.

Т.9 Решение для режима выживания ОРПП типа SALM

Определяем частоты свободных горизонтальных и вертикальных колебаний ОРПП по формулам (6.73). Для этого по данным таблицы Т.8.1 определяем коэффициент жесткости причала в горизонтальной плоскости

$$K_x = \frac{800}{10} = 80 \text{ кН/м}.$$

Частота свободных горизонтальных колебаний составляет

$$w_x = \sqrt{\frac{80}{1,6(117,8+18,4)}} = 0,6 \text{ 1/с}.$$

Период свободных горизонтальных колебаний ОРПП соответственно составляет $\tau_x = 6,28/0,6 = 10,47$ с. Он близок к периоду расчетных волн, т.е. колебания близки к резонансным.

Частота свободных вертикальных колебаний причала составляет

$$w_z = \sqrt{\frac{11419,0}{2 \cdot 0,002 \cdot 35(117,8+18,4)}} = 7,74 \text{ 1/с}.$$

Период свободных вертикальных колебаний ОРПП составляет $\tau_x = 6,28/7,74 = 0,81$ с.

Определим горизонтальную нагрузку на буй от ветра, течения и волн по формуле (6.74). Ветровая нагрузка по формуле (6.75) составляет

$$F_x^w = 1,2 \cdot \frac{0,001226 \cdot 35^2}{2} \cdot 0,75 \cdot 25 = 16,9 \text{кН} \ (1,72 \text{ тс}).$$

Нагрузка от течения, вычисленная по формуле (6.76) равна

$$F_x^T = 0,59 \cdot 75 \cdot 0,5^2 = 11,1 \text{кН} \ (1,13 \text{ тс}).$$

Амплитуда горизонтальной волновой нагрузки на буй, определенная по рекомендациям СНиП 2.06.04-82*. Строительные нормы и Правила. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Госстрой СССР [29] при действии волн высотой h_w=8,0 м, длиной λ_w=100 м с перио-

дом τ_w=8 с равна A_x^v=1405,8 кН (143,3 тс). Постоянная составляющая волновой нагрузки F_x^v=84,4 кН (8,6 тс).

Коэффициент динамичности горизонтальной волновой нагрузки, вычисленной по формуле (6.78) равен

$$k_g^x = \frac{1}{\sqrt{\left(1-\frac{0,785^2}{0,6^2}\right)^2 + 0,04\cdot\frac{0,985^2}{0,6^2}}} = \frac{1}{0,7586} = 1,32.$$

Квазистатическая волновая нагрузка на буй составляет

$$F_x^v = 1405,8\cdot 1,32 + 84,4 = 1940\text{кН (197,76 тс)}.$$

Равнодействующая горизонтальных нагрузок на буй от ветра, течения и волн составляет F_x=16,9+11,1+1940,0=1968,0 кН (200,65 тс).

В соответствии с данными таблицы Т.8.1 находим, что вертикальная составляющая усилия в бриделе от действия равнодействующих горизонтальных нагрузок составляет 3374,6 кН (344,0 тс). При этом происходит практически полное затопление буя. Горизонтальное смещение буя составляет порядка $x_б$=17,6 м, а угол отклонения бриделя буя от вертикали может достигать β=30,2^0. Полная вертикальная составляющая усилия в бриделе с учетом массы буя и колебаний уровня моря составляет у буя – 3614,0 кН, у якоря – 3433,5 кН (350,0 тс).

Амплитуда вертикальной составляющей волновой нагрузки на буй определяется по формуле (6.75) и составляет

$$A_z^v = 0,5\cdot 9,81\cdot\frac{3,14\cdot 5^2}{4}\cdot 8 = 720,1 \text{ кН (78,5 тс)}.$$

Коэффициент динамичности вертикальной нагрузки вычисляется по формуле

$$k_g^z = \frac{1}{\sqrt{\left(1-\frac{0,785^2}{7,74^2}\right)^2 + 0,04\cdot\frac{0,785^2}{7,74^2}}} = 1,021.$$

Полная величина вертикального усилия в бриделе ОРПП типа SALM в режиме выживания, определенная по формулам (6.80), (6,81) составляет

у буя причала

$V_б^б$=3614,0+770,1·1,021=4400,2 кН (448,54 тс);

у якоря причала $V_б^я$=4219,8 кН (430,15 тс).

Полная величина расчетных усилий в бриделе, определенная по формулам (6.83), (6.84) составляет

- у буя

$$S_б^б = 1{,}1\left(\sqrt{1968{,}0^2 + 4400{,}2^2}\right) = 5302{,}3\text{кН}\ (540{,}5\ \text{тс});$$

- у якоря

$$S_б^я = 1{,}1\left(\sqrt{1968{,}0^2 + 4219{,}8^2}\right) = 5121{,}8\text{кН}\ (522{,}1\text{тс}).$$

Коэффициент запаса прочности бриделя составляет $k_б$=16304,2/5302,3=3,07. Срок службы причала по данным таблицы 6.6 составляет – 25 лет. Нагрузки на якорь ОРПП в режиме выживания составляют:

$$V = 5121{,}8 \cdot \cos 30{,}2^0 = 4426{,}7\text{кН}\ (451{,}24\ \text{тс}),$$

$$H = 5121{,}1 \cdot \sin 30{,}2^0 = 2576{,}4\text{кН}\ (262{,}63\ \text{тс}).$$

Для удержания ОРПП требуется якорь весом в воде $G_ф$=2576,4/0,7+4426,7=8107,3 кН (масса якоря в воде – 826,4 т). Масса якоря в воздухе – 826,43/0,6=1377,4 т.

Для окончательной оценки усилий в бриделе ОРПП типа SALM целесообразно выполнить проверку устойчивости причала на действие резонансных волн. Наиболее неблагоприятные условия могут иметь место при действии волн, период которых соизмерим с определенным выше периодом свободных горизонтальных колебаний ОРПП - τ_x=10,47 с. Учитывая небольшой период свободных вертикаль-

ных колебаний ОРПП - $\tau_в$=0,8 с, проверку на резонанс по вертикальной качке допускается не проводить.

Параметры волн, вызывающих резонансную горизонтальную качку ОРПП ориентировочно составляют: высота 3% обеспеченности – h_w=10,0 м; средняя длина λ_w=170,0 м с периодом τ_w=10,47 с. Амплитуда максимальной горизонтальной нагрузки на ОРПП при действии указанных волн, определенная по рекомендациям СНиП 2.06.04-82*. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Госстрой СССР [29], составляет A_x^v=2060,1 кН (210 тс). Постоянная составляющая волнового давления ориентировочно равна $\overline{F}_x^v$=0,06·2060,1=123,6 кН (12,6 тс). Коэффициент динамичности горизонтальной волновой нагрузки, вычисленный по формуле (6.78) равен k_d^x=5,0. Квазистатическая волновая нагрузка на буй составляет

$$F_x^v = 2060{,}1 \cdot 5 + 123{,}6 = 10424{,}1\text{кН} \ (1062{,}6\ \text{тс}).$$

При действии полученной горизонтальной нагрузки F_x^v=10424,1 кН (1062,6 тс) максимальная вертикальная составляющая усилия в бриделе ОРПП также не превышает 3433,5 кН (350 тс), поскольку происходит полное погружение буя под воду. С учетом массы бриделя и колебаний уровня моря максимальная вертикальная составляющая в бриделе у буя причала составляет 3614,0 кН (368,4 тс), а у якоря – 3433,5 кН (350,тс). При действии резонансных волн происходит резкое увеличение перемещений буя причала. Угол отклонения бриделя причала относительно вертикали достигает $71{,}8^0$, а горизонтальное смещение точки крепления бриделя к бую – $x_б$=33,3 м. При таких перемещениях происходит значительное заглубление буя под воду, почти на 25 м. Соответственно конструкция корпуса буя и его оборудование должны быть рассчитаны на такие условия выживания.

Амплитуда вертикальной нагрузки на буй, вычисленная по формуле (6.79) составляет

$$A_z^б = 0{,}5\gamma A_б h = 0{,}5 \cdot 9{,}81 \cdot \frac{3{,}14 \cdot 5^2}{4} \cdot 10 = 962{,}66\text{кН} \ (98{,}13\ \text{тс}).$$

Полная величина вертикальной составляющей усилия в бриделе, определенная по формулам (6.80), (6.81) составляет

- у буя причала

$V_б$=3614,0+962,66·1,0=4576,66 кН (466,53 тс);

- у якоря

$V_я$=3433,5+962,66·1,0=4396,16 кН (448,13 тс).

Максимальное расчетное усилие в бриделе при действии резонансных волн составляет

$$S_б = 1{,}1\left(\sqrt{4576{,}66^2 + 10424{,}1^2}\right) = 12521\text{кН}\ (1276{,}4\ \text{тс}).$$

Данное усилие превышает пробную нагрузку для цепи. Коэффициент запаса прочности бриделя составляет $k_б$=16304,2/12521,5=1,3. Данное значение коэффициента запаса прочности меньше допускаемого, т.е. безопасная стоянка ОРПП при резонансных волнах не обеспечивается. Необходимо исключить возможность установки ОРПП на акваториях с такой волной. В то же время резонансные волны превышают расчетные параметры заданной повторяемости исходя из класса капитальности причала, т.е. возможность аварии ОРПП при случае превышения расчетных параметров волн в принципе предусмотрена, т.е. недостаток устойчивости может не учитываться.

Приложение У
(Справочное)

Основные характеристики подвесных массивов якорных цепей

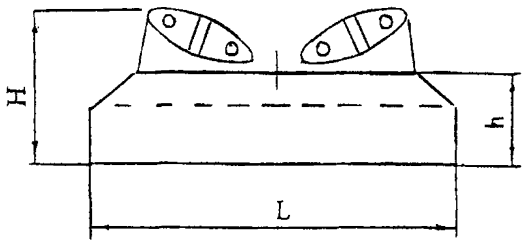


Таблица У.1

Марка	L, м	B, м	H, м	h, м	Чертеж №
1 МП-5-62	2,0	1,3	0,97	0,70	420876 (шифр 4Р-51-1-1, 1993г.)
2 МП-10-43	2,0	2,0	1,22	0,70	ГТ-70-18
3 МП-20-43	2,8	2,8	1,31	0,70	ГТ-70-20
4 МП-20-53	2,8	2,8	1,31	0,70	ГТ-70-34
5 МП-20-57	2,8	2,8	1,30	0,70	ГТ-70-35
6 МП-20-62	2,8	2,8	1,34	0,70	ГТ-70-19
7 МП-20-67	2,8	2,8	1,34	0,70	ГТ-70-24
8 МП-20-72	2,8	2,8	1,34	0,70	ГТ-70-36
9 МП-20-77	2,8	2,8	1,34	0,70	ГТ-70-21
10 МП-20-82	2,8	2,8	1,35	0,70	ГТ-70-22
11 МП-20-100	3,4	3,4	1,67	0,9	ГТ-70-20
12 МП-25-43	3,0	3,0	1,39	0,80	ГТ-70-45
					ГТ-70-28
13 МП-25-53	3,0	3,0	1,416	0,80	ГТ-70-46
			1,410		ГТ-70-17
14 МП-30-43	3,2	3,2	1,44	0,85	ГТ-70-41
15 МП-30-53	3,2	3,2	1,49	0,85	ГТ-70-38
16 МП-30-62	3,2	3,2	1,61	0,85	ГТ-70-43
	3,3	3,3	1,505	0,95	ГТ-70-30
17 МП-40-62	3,5	3,5	1,605	1,05	ГТ-70-25
			1,61	0,95	ГТ-70-42
18 МП-40-100	3,5	3,5	1,72	0,95	ГТ-70-27
					ГТ-70-44

Примечание - В марке - первые цифры означают массу массива в тоннах,
- вторые цифры означают калибр цепи в миллиметрах

Приложение Ф

(Справочное)

Общее описание программных средств по расчету многоточечных плавучих рейдовых причалов

Расчеты многоточечных рейдовых плавучих причалов рекомендуется выполнять в следующей постановке задачи (на примере программы VESSELN).

В зависимости от количества кораблей (плавучих объектов) необходимо обеспечивать возможность расчета совместной стоянки одного или нескольких пришвартованных плавучих объектов, судов при воздействии порывистого ветра, течения, нерегулярного волнения, колебаний уровня моря и различных импульсных нагрузок, возникающих при технологических операциях по обслуживанию судов у причалов (грузовых операциях, боевом дежурстве и т.п.).

В ходе расчетов, в зависимости от рассматриваемой задачи могут определяться:

- величины продольных, поперечных и вертикальных перемещений центров масс каждого отдельного плавучего объекта;
- углы крена, дифферента и рыскания каждого плавучего объекта;
- скорости указанных видов перемещений;
- усилия в каждом отдельном элементе системы раскрепления плавучих объектов (швартовных канатах, якорных цепях и т.п.).

Перечисленные величины рекомендуется определять как в детерминированной, так и в стохастической постановке задачи. В последнем случае определяются вероятностные характеристики перемещений объектов и усилий в системе раскрепления, в частности: математические ожидания, дисперсии и среднеквадратические отклонения, корреляционная и спектральная функции, плотности распределения вероятности вычисляемых величин.

Каждый плавучий объект (корабль) целесообразно рассматривать как твердое тело с шестью степенями свободы, совершающее взаимосвязанные колебания конечной амплитуды в трех взаимноперпендикулярных плоскостях. Следует учи-

тывать действие на каждый плавучий объект гидростатических и гидродинамических (инерционных и демпфирующих) давлений воды, восстанавливающих и демпфирующих сил, обусловленных реакциями якорных и швартовных связей, возмущающих сил от ветра, течения, волнения и периодических импульсов, сопровождающихся снятием грузов с объекта.

Гидродинамические (инерционные и демпфирующие) силы рекомендуется определять с учетом частоты колебаний объектов, соотношений ширины, осадки объектов и глубины воды. Взаимное влияние между отдельными видами качки плавучих объектов и между отдельными плавучими объектами на величину гидродинамических сил допускается не учитывать. Восстанавливающие гидростатические силы и моменты могут определяться в предположении малых колебаний объектов.

Схема соединения (швартовки) плавучих объектов между собой в общем случае должна приниматься соответствующей конкретной схеме рейдового причала.

Восстанавливающие силы якорных, швартовных и отбойных устройств в общем случае должны приниматься нелинейными, соответствующими фактическим характеристикам реальных устройств. Должны учитываться: тип, конструкция, характеристики, расположение, ориентация в пространстве, односторонний характер (для стандартных канатов и типовых отбойных устройств) и условия работы (предварительное натяжение, провис, начальные зазоры между корпусами отдельных объектов и отбойными устройствами с учетом формы корпусов объектов) каждого отдельного устройства, а также изменение ориентации, характеристик устройств, координат их реакций относительно центров масс объектов в процессе перемещений объектов, проползание судовых якорей и т.п.

Целесообразно предусматривать возможность учета сил сопротивления от внутреннего трения в связях, трения объектов между собой. Конструкционное демпфирование должно приниматься с учетом направления равнодействующих сил от ветра и течения (прижимных или отжимных).

В качестве внешних воздействий на причал с ошвартованным кораблем, в зависимости от постановки задачи, рекомендуется рассматривать воздействие устойчивого порывистого ветра, трехмерного нерегулярного волнения и течения с

постоянной скоростью, направленных под различными углами к объектам, а также импульсные нагрузки заданных параметров. Определение внешних нагрузок от ветра, течения и волн в общем случае должно производиться с учетом реального случайного характера порывистого ветра и нерегулярного волнения.

В детерминированной постановке задачи равнодействующие нагрузок от ветра и течения на каждый отдельный плавучий объект в расчетном отношении допускается принимать квазистатическими, а нагрузки и моменты от волнения - рассматривать как гармонические функции времени.

Нагрузки и моменты от ветра должны определяться как суммы статических и динамических составляющих, обусловленных осредненной скоростью и пульсациями скорости турбулентного ветрового потока, с учетом взаимного экранирования объектов друг другом при совместной стоянке нескольких объектов. Следует учитывать продольную, поперечную ветровые нагрузки, кренящий и разворачивающий ветровые моменты.

При определении волновых нагрузок должны учитываться: форма корпуса объектов, глубина воды, шесть составляющих нагрузок и моментов (продольная, поперечная, вертикальная нагрузки, кренящий, дифферентующий и разворачивающий моменты), фазы нагрузок, трехмерность волн и т.п. Целесообразно предусматривать возможность одновременного учета двух групп волн с разными частотами (ветровых и длиннопериодных). При вычислении волновых нагрузок взаимное влияние отдельных плавучих объектов допускается учитывать за счет определения дифракции волн на каждом объекте с помощью коэффициентов отражения и прохождения волн, а также учета фаз волновых нагрузок и моментов в зависимости от длины волн и расстояния между объектами. Направления действия ветра, течения и волн в общем случае принимаются произвольными.

При стохастическом описании внешних воздействий моделирование ветроволновых воздействий рекомендуется производить в соответствии с известными методами цифрового статистического моделирования, которые позволяют по заданным математическому ожиданию, корреляционной или спектральной функции моделируемого случайного процесса получить его реализацию во времени. Ветро-

вые и волновые нагрузки допускается рассматривать как нормальные стационарные эргодические случайные процессы.

Моделирование ветровых нагрузок целесообразно проводить в предположении, что пульсационное поле скоростей ветра является пространственно-временным однородным случайным полем. Для описания частотного спектра скорости ветра рекомендуется использовать формулу Фихтля, Кауфмана, Вогана, а пространственную корреляцию пульсаций скорости ветра принимать по формуле Давенпорта.

Спектр трехмерного нерегулярного волнения рекомендуется описывать по формуле Артура, в которой частотный спектр принимать по формуле Стрекалова-Масселя. Целесообразно предусматривать учет трансформации трехмерного и двумерного частотного спектров волн открытого моря за счет конкретных условий волнообразования (естественных условий) рассматриваемых акваторий.

Передаточные функции ветро-волновых нагрузок рекомендуется определять в соответствии с методами, принятыми для вычисления нагрузок при детерминированном описании внешних воздействий.

Импульсную нагрузку, при необходимости, рекомендуется рассматривать в виде периодической последовательности треугольных импульсов заданных параметров (количества, величины, продолжительности и направления), приложенных в различных точках корпуса объекта, сопровождающихся изменением массы объекта и действием кренящих и дифферентующих моментов, возникающих при снятии грузов с судна и пропорциональных массе груза и координатам приложения отдельных импульсов. Для большинства практических задач достаточно предусмотреть возможность действия импульсных нагрузок только на один объект из рассматриваемой группы.

Общая схема статистического моделирования поведения плавучих объектов состоит в следующем:

- по заданным математическим ожиданиям и спектральным функциям вычисляются реализации случайных ветро-волновых нагрузок;

- производится численное интегрирование на ПЭВМ, например методом Рунге-Кутта, системы нелинейных уравнений движения одного или группы плавучих объектов с учетом полученных случайных реализаций ветро-волновых нагрузок и действия других нагрузок, в результате которого определяются реализации случайных нелинейных колебаний отдельных объектов и усилий в элементах системы раскрепления (якорных, швартовных и отбойных устройствах);

- на основе статистической обработки полученных случайных реализаций перемещений и усилий находятся необходимые характеристики определяемых величин (средние значения, дисперсии, корреляционные и спектральные функции, плотности вероятности) и расчетные значения заданной обеспеченности, используемые как для определения рациональных параметров причала, так и для оценки его надежности.

Приложение Ц
(Справочное)
Основные положения оценки надежности многоточечных плавучих рейдовых причалов

Ц.1 Настоящие положения разработаны в соответствии с результатами исследований и рекомендуются для опытного использования при разработке проектов:

- швартовки кораблей у стационарных, плавучих и рейдовых причалов;
- якорного раскрепления различных плавучих объектов (платформ, доков, причалов и т.п.)

Ц.2 В качестве основного показателя надежности следует принимать вероятность безотказной работы системы раскрепления (швартовки) в течение заданного срока эксплуатации (суммарной непрерывной продолжительности стоянки корабля (плавучего объекта) в конкретных гидрометеоусловиях рассматриваемого пункта базирования с учетом проектных требований по обеспечению нормальных условий стоянки и проведения технологических операций по обслуживанию корабля (объекта) в базе.

Под отказом системы раскрепления (швартовки) понимается превышение допускаемого усилия в любом отдельном элементе системы (швартовном канате, якорной связи, отбойном устройстве, соединительной штанге, шарнире и т.п.) или любого допускаемого перемещения корабля (объекта).

При оценке надежности рассматриваются только основные несущие элементы систем раскрепления (швартовки).

Ц.3 Величины допускаемых усилий в отдельных элементах систем раскрепления (швартовки) рекомендуется принимать в соответствии с известными, апробированными на практике коэффициентами запаса прочности цепей и канатов, приведенными в таблицах Н.1, Н.2 Приложения Н, паспортными характеристиками отбойных устройств, требованиями проектов конкретных кораблей и плавучих объектов.

Величины допускаемых перемещений кораблей и плавучих объектов рекомендуется принимать в соответствии с проектными требованиями к технологии выполне-

ния конкретных операций по межпоходовой подготовке, ремонту и боевому дежурству кораблей в пунктах базирования.

В дальнейших расчетах допускаемые усилия и перемещения рассматриваются как детерминированные величины.

Ц.4 Вероятность безотказной работы системы раскрепления (швартовки) рекомендуется определять исходя только из случайного характера внешних воздействий на ошвартованный корабль или заякоренное плавучее сооружение (режимных характеристик и краткосрочных распределений нагрузок в расчетном шторме) и характеристик конкретной системы раскрепления (швартовки), которые учитываются как детерминированные величины.

Вероятность безотказной работы системы раскрепления (швартовки) вычисляется для различных направлений действия расчетного шторма как для независимых случайных событий по формуле

$$P(R/T) = \prod_{\alpha=1}^{m_ш} P_\alpha(R/T) \geq [P], \qquad (Ц.1)$$

где $P(R/T)$ - искомая вероятность безотказной работы системы раскрепления, соответствующая вероятности непревышения допускаемого уровня рассматриваемой реакции R (усилия или перемещения) в течение периода эксплуатации T;

$P_\alpha(R/T)$ - вероятность безотказной работы системы раскрепления для отдельного опасного направления α расчетного шторма;

$m_ш$ - количество учитываемых направлений расчетного шторма;

$[P]$ - нормативная вероятность безотказной работы.

Ц.5 Учитывая несимметричность большинства реальных систем раскрепления, при оценке их надежности рекомендуется рассматривать круговое действие расчетных штормов на заякоренный (ошвартованный) корабль (объект). В качестве расчетных рекомендуется принимать направления действия ветра под углами 0, 65, 115, 180, 245, 295 град. к продольной оси корабля (объекта). Направление действия волн, в общем случае (для открытой акватории), должно совпадать с направлением ветра, а при

расположении корабля (объекта) на защищенной акватории приниматься с учетом дифракции волн оградительными сооружениями, рефракции волн в зависимости от конфигурации акватории и т.п.

Ц.6 Вероятность безотказной работы системы раскрепления $P_\alpha(R/T)$ для отдельных направлений расчетного шторма определяется по формуле

$$P_\alpha(R/T) = [1 - Q_\alpha(R/T)]^n, \qquad (Ц.2)$$

где $Q_\alpha(R/T)$ - вероятность превышения допускаемого уровня рассматриваемых реакций системы раскрепления (усилий, перемещений) в течение заданного срока эксплуатации T, для отдельного направления расчетного шторма;

n - количество расчетных штормов, возможных в течение заданного срока эксплуатации сооружения.

Ц.7 Вероятность превышения допускаемого уровня усилий или перемещений $Q_\alpha(R/T)$ для отдельного направления расчетного шторма вычисляется по формуле полной вероятности

$$Q_\alpha(R/T) = Q_\alpha(U/T)Q_\alpha(R/U), \qquad (Ц.3)$$

где $Q_\alpha(U/T)$ - вероятность возникновения расчетного шторма U с направлением α в течение рассматриваемого периода эксплуатации T;

$Q_\alpha(R/U)$ - вероятность (условная) превышения допускаемого уровня реакций системы раскрепления (усилий или перемещений) в течение расчетного шторма U.

Ц.8 Вероятность превышения допускаемого уровня реакций системы раскрепления в расчетном шторме $Q_\alpha(R/U)$ определяется по специальным вероятностным методам расчета для конкретных систем раскрепления (швартовки). Для определения величины $Q_\alpha(R/U)$ могут использоваться известные или разрабатываться новые методы расчета. Предпосылки и расчетные схемы вероятностных расчетов должны приниматься в соответствии с предпосылками и расчетными схемами детерминированных расчетов, используемыми при проектировании систем раскрепления. Используе-

мые методы расчета должны обеспечивать возможность вычислений вероятностных характеристик случайных пространственных нелинейных перемещений ошвартованных кораблей и заякоренных плавучих объектов с определением усилий в отдельных элементах системы раскрепления. Одной из методик, позволяющих решать такие задачи, является методика VESSELN (Приложение Ф). Она рекомендуется в предлагаемом методе оценки надежности для выполнения расчетов вероятности $Q_\alpha(R/U)$ в формуле (Ц.3). Подробное описание методики VESSELN в настоящей Инструкции не приводится.

Ц.9 Параметры расчетного шторма (скорость ветра, высота и длина волн, скорость течения и т.п.) задаются либо в качестве исходных требований к проектируемой системе раскрепления (швартовки), либо определяются в ходе ее проектирования, исходя из фактической держащей способности рассматриваемой системы раскрепления. В первом случае параметры расчетного шторма принимаются, обычно, одинаковыми для всех направлений действия внешних нагрузок. При определении параметров расчетного шторма, исходя из фактической держащей способности системы раскрепления, они могут приниматься различными для разных направлений внешних воздействий.

Ц.10 Обеспеченность (повторяемость) расчетных штормов различных направлений для конкретного пункта базирования (места стоянки корабля (плавучего объекта) принимается в соответствии с известными данными наблюдений на гидрометеостанциях, по материалам справочной литературы и т.п. При отсутствии данных для конкретного места стоянки допускается определять их расчетом по существующим методам, исходя из данных наблюдений на близлежащих ГМС, в соответствии с рекомендациями П 58-76/ВНИИГ. Руководство по определению нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения (волновых, ледовых и от судов). ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева [22].

Для оценки вероятности возникновения расчетного шторма заданного направления определяется продолжительность периода N, лет, соответствующего повторяемости расчетного шторма 1 раз в N лет. Для этого могут использоваться обычные методы, например, П 58-76/ВНИИГ. Руководство по определению нагрузок и воздейст-

вий на гидротехнические сооружения (волновых, ледовых и от судов). ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева [22]. Дальнейшие расчеты рекомендуется проводить в предположении равномерного закона распределения расчетных штормов в период стоянки корабля (объекта). Тогда вероятность $Q_\alpha(U/T)$ определяется по формуле

$$Q_\alpha(U/T) = \frac{T}{N}, \qquad (Ц.4)$$

В случае если T>N, вероятность $Q_\alpha(U/T)$ принимается равной 1. В этом случае, исходя из повторяемости расчетного шторма для конкретного места стоянки корабля (объекта) находится количество расчетных штормов n (см. формулу (Ц.2), которые могут возникнуть во время стоянки корабля (объекта).

Ц.11 Продолжительность эксплуатации (стоянки) корабля или плавучего объекта T должна приниматься исходя из суммарного времени непрерывной стоянки корабля (объекта) в рассматриваемом месте. Для плавучих сооружений типа платформ, доков, причалов и т.п., раскрепляемых, как правило, на длительное время без перестановок, время T принимается соответствующим фактическому календарному времени эксплуатации сооружения в данном месте. Для кораблей, ошвартованных у причалов, рекомендуется учитывать только суммарное время непосредственной стоянки корабля у причала в течение заданного периода.

Ц.12 Основными этапами вероятностных расчетов для оценки надежности систем раскрепления (швартовки) по предлагаемой методике являются:

- выполнение детерминированных расчетов рассматриваемой системы раскрепления (например, по методике VESSELN), в результате которых подбираются рациональные характеристики системы раскрепления, обеспечивающие удержание корабля (объекта) при заданном расчетном шторме, или определяются параметры расчетных штормов различного направления, исходя из фактической держащей способности проектируемой системы раскрепления в соответствии с обычными требованиями, принятыми в существующей проектной практике;

- выполнение вероятностных расчетов рассматриваемой системы раскрепления (также по методике VESSELN), в результате которых определяются вероятностные характеристики усилий в каждом отдельном элементе системы раскрепления и пере-

мещений корабля (объекта) и находятся вероятности $Q_\alpha(R/U)$ превышения допускаемых значений усилий или перемещений в расчетных штормах различных направлений;

- определяются вероятности $Q_\alpha(U/T)$ возникновения расчетных штормов U различного направления в течение заданного времени T эксплуатации системы раскрепления (стоянки корабля или плавучего объекта);

- вычисление искомых вероятностей безотказной работы системы раскрепления $P_\alpha(R/T)$ для отдельных опасных направлений расчетных штормов и полной вероятности безотказной работы системы раскрепления P(R/T) в конкретных гидрометеоусловиях заданного пункта базирования;

- сопоставление полученной вероятности безотказной работы системы раскрепления P(R/T) с нормативным значением данного показателям [P], позволяющее сделать заключение о надежности проектируемой системы раскрепления.

В качестве нормативных показателей вероятности безотказной работы системы раскрепления (швартовки) кораблей и плавучих объектов ВМФ рекомендуется принимать:

- для обычных систем раскрепления (швартовки) - общая вероятность безотказной работы по всем рассмотренным направлениям расчетных штормов не ниже 0,8;

- для систем раскрепления (швартовки) повышенной ответственности (для кораблей с АЭУ и ядерным оружием) - общая вероятность безотказной работы по всем направлениям расчетных штормов не ниже 0,9.

Для получения указанной общей вероятности, вероятности безотказной работы систем раскрепления для отдельных наиболее опасных направлений расчетных штормов рекомендуется принимать не ниже 0,92-0,96.

Приложение Ш

(Справочное)

Примеры решения задач по определению основных характеристик многоточечных плавучих рейдовых причалов

Ш.1 Задача №1

Определение параметров рейдового оборудования для рейдового причала из четырех бочек и оценка допускаемых гидрометеоусловий для безопасной стоянки расчетного судна при использовании только табельных швартовных устройств с дополнительным удержанием судна собственными якорями.

Ш.1.1 Исходные данные

Ш.1.1.1 Характеристики расчетного судна

В качестве расчетного принято судно традиционной архитектуры, водоизмещением 36000 т. Основные расчетные характеристики судна приведены в таблице Ш.1.

Таблица Ш.1 - Характеристики расчетного судна

Наименование характеристик	Ед. изм.	Загрузка судна	
		в грузу	порожнем
1 Водоизмещение	т	36000	9000
2 Дедвейт	т	27000	-
3 Длина наибольшая	м	178,8	178,8
4 Ширина наибольшая	м	25,3	25,3
5 Осадка средняя	м	10,4	2,8
6 Площадь надводной парусности			
бортовая	$м^2$	1540,0	2800,0
лобовая	$м^2$	490,0	750,0
7 Площадь подводной парусности			
бортовая	$м^2$	1750,0	490,0
лобовая	$м^2$	260,0	150,0

Ш.1.1.2 Естественные условия

Рейдовый причал расположен в условиях открытого моря на удалении порядка 5 км от берега. Ситуационный план расположения рейдового причала показан на рисунке Ш.1.

Расчетная глубина акватории 15,5 м относительно НТУ. Величина суммарных колебаний уровня моря с учетом приливных, сгонно-нагонных и других явлений составляет 5,0 м. Наинизший уровень моря 98% обеспеченности - минус 0,2 м относительно НТУ. Грунты дна - илистые.

Рейдовый причал расположен в районе с умеренно холодным климатом и тяжелыми гидрометеоусловиями. Скорость ветра повторяемостью 1 раз в 50 лет достигает 40 м/с.

Наиболее волноопасными являются С и СВ румбы. Интенсивность волнения моря С и СВ румбов при скорости ветра порядка 20 м/с достигает 5 баллов (высота волн 3% обеспеченности до 3,5 м, средняя длина волн - до 50 м).

В месте расположения причала в основном действует вдольбереговое течение СЗ направления. Максимальная суммарная скорость течения составляет 0,6 м/с.

Ш.1.1.3 Условия эксплуатации

Рейдовый причал предназначен для загрузки судов сырой нефтью, подаваемой с берега по подводному магистральному трубопроводу и гибкому шлангу с топливным буем. Эксплуатация причала предусмотрена только в навигационный период при отсутствии льда.

Учитывая относительно небольшую продолжительность стоянки судна у рейдового причала под погрузкой (менее 3 суток), в соответствии с 5.2.12-5.2.14, расчет допускаемых гидрометеоусловий стоянки судна у причала определяем в ходе расчетов, исходя из технических возможностей судна и рейдового оборудования. При превышении допускаемых гидрометеоусловий судно должно быть отведено от причала и выведено на штормовку в открытое море. Условия расположения рейдового причала позволяют обеспечить своевременный отвод судна и не требуют оборудования дополнительных пунктов укрытия.

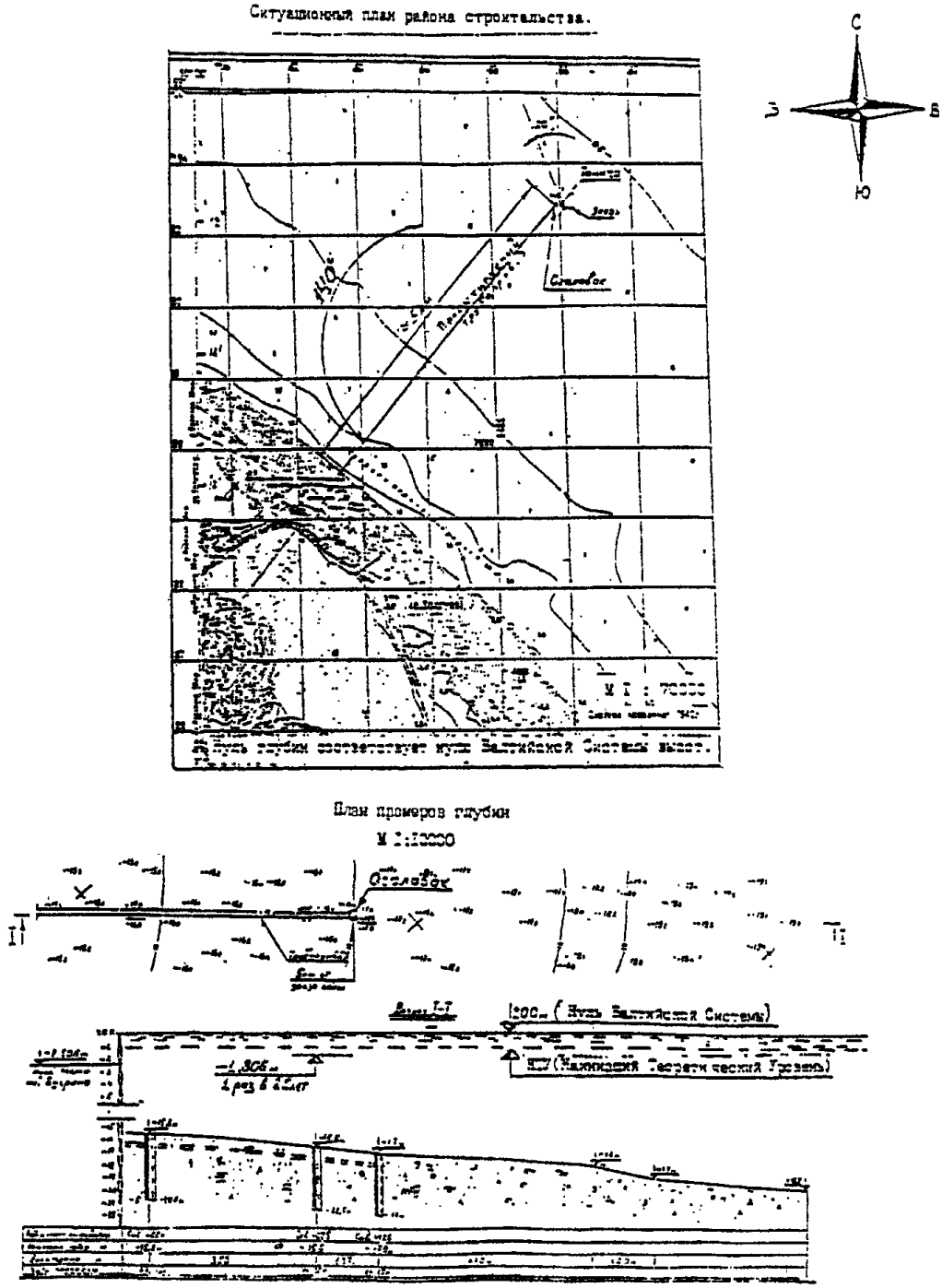


Рисунок Ш.1 - Ситуационный план района строительства

Ш.1.2 Определение предварительной конструктивной схемы рейдового причала

Ш.1.2.1 Рассматриваемый район расположения рейдового причала характеризуется наличием господствующего направления распространения течения СЗ румба и волнения северных румбов. В связи с этим рациональной является ориентация продольной оси рейдового причала (судна) по направлению ССЗ-ЮЮЗ, носом на ССЗ (навстречу господствующему волнению) (рисунок Ш.1).

Ш.1.2.2 В соответствии с заданием рассматривается рейдовый причал, состоящий из четырех бочек с дополнительным удержанием судна собственными якорями.

Направление якорно-швартовных связей (ЯШС) рейдового причала принято под углами $\pm 60^0$ относительно ДП в нос и корму судна. Такое расположение обеспечивает рациональную работу ЯШС при действии как продольных, так и поперечных внешних нагрузок от ветра, течения и волн.

Ш.1.2.3 Табельные якорные цепи рационально использовать, в основном, для восприятия продольных нагрузок на судно. Ориентацию табельных якорных цепей судна целесообразно принять под углами $\pm 20^0$ к ДП судна. Длину якорных цепей рекомендуется принимать равной 4-5 D (D - глубина воды в месте рейдовой стоянки) из условия обеспечения горизонтального участка цепи перед якорем. В настоящем расчете длина каждой якорной цепи принята равной порядка 100 м.

Ш.1.2.4 Предварительные характеристики рейдового оборудования, учитывая требование об использовании только табельных швартовных устройств судна, определяются исходя из характеристик его швартовных устройств. При отсутствии конкретных данных по характеристикам швартовных устройств расчетного судна они определяются приближенно, в соответствии с рекомендациями 6.1.2.9 настоящей Инструкции.

По формуле (6.9) вычисляется "характеристика снабжения" судна

$$N_c = \Delta^{2/3} + 2A_{нл} + 0{,}1A_{нб} = 36000^{2/3} + 2 \cdot 750 + 0{,}1 \cdot 2800 =$$
$$= 1090{,}3 + 1500 + 280 = 2870{,}3,$$

где Δ - полное водоизмещение судна Δ=36000 т;

$A_{нл}$ - площадь надводной лобовой парусности судна $A_{нл}$=750 м^2;

$A_{нб}$ - площадь надводной бортовой парусности судна $A_{нб}$=2800 м^2.

В соответствии с данными таблицы Ж.2 Приложения Ж и увеличения числа швартовов согласно 6.1.2.9 швартовные устройства рассматриваемого расчетного судна для полученного значения "характеристики снабжения" имеют следующие параметры:

- количество швартовных канатов - 7 шт.;

- длина каждого швартовного каната - 200 м;

- разрывное усилие каната - не менее 500 кН.

В дальнейшем, по уточненным данным приняты полиамидные плетеные 8-прядные канаты окружностью 175 мм с разрывным усилием 580,7 кН (59,2 тс) по ГОСТ 30055 [31].

Ш.1.2.5 Исходя из определенного количества швартовных канатов, принятой в Ч.1.2.1 ориентации танкера и направлений господствующих ветров и волнения (С и СВ румбы) в расчете принято следующее распределение швартовных канатов. На обе носовые рейдовые бочки и кормовую бочку, расположенную с мористого борта танкера, рекомендуется заведение по два сдвоенных швартовных каната (дуплинем), а на кормовую бочку, расположенную со стороны берега - один сдвоенный швартовный канат (также дуплинем). Средняя длина отдельных ветвей швартовов, в соответствии с 6.1.3.1, принимается равной 50 м.

Ш.1.2.6 Определение предварительных параметров бриделя рейдовых бочек, объема бочек и массы якорей в соответствии с 6.1.2.5 настоящей Инструкции производится исходя из прочностных характеристик швартовных устройств расчетного судна.

Ш.1.2.7 Согласно рекомендациям 6.1.3.6 разрывное усилие бриделя определяется по формуле (6.12)

$$P_б \geq k_з n_ш P_ш = 1{,}08 \cdot 4 \cdot 580{,}7 = 2508{,}6 кН \ (255{,}7 тс).$$

С учетом обеспечения возможности заведения на бочку в качестве швартова табельной якорной цепи судна, в соответствии с данными таблицы Д.3 для бриделя принимаем цепь калибром 78 мм категории 2 с разрывным усилием 3160 кН (322,1 тс) по ГОСТ 228 [9].

Длина бриделя рейдовых бочек определяется в соответствии с 6.1.3.10, 7.1.7 по формуле (6.13)

$$l_б = k_з D + \Delta A = 2 \cdot 15{,}5 + 5 = 36 \text{ м}.$$

Ш.1.2.8 Объем рейдовой бочки определяется в соответствии с 7.1.7, 6.1.3.11, 6.1.3.12. Для рассматриваемых условий принимаем рейдовую бочку РБ20, объемом 20 м^3. Избыточная плавучесть бочки вычисляется по формуле (6.14)

$$\Delta V_б = V_б - \frac{1}{\rho_в}\left(G_б + l_б \cdot q_б + 0{,}5 l_ш q_ш\right) =$$

$$= 20 - \frac{1}{1}\left(7{,}06 + 36 \cdot 0{,}113 + 0{,}5 \cdot 50 \cdot 0{,}01\right) = 20 - 11{,}38 = 8{,}62 м^3,$$

где $V_б$ - объем рейдовой бочки $V_б$=20 м^3;

$\rho_в$ - плотность воды, равная γ=1 т/м^3;

$G_б$ - масса рейдовой бочки, принятая в соответствии с таблицей В.1 Приложения В равной $G_б$=7,06 т;

$l_б$ - длина бриделя $l_б$=36 м;

$q_б$ - погонная масса бриделя в воде, принятая в соответствии с данными таблицы Д.3 Приложения Д равная $q_б$=0,130/1,15= 0,113 т/пог.м;

$l_ш$ - длина отдельных ветвей швартовного каната $l_ш$=50 м;

$q_ш$ - суммарная погонная масса всех ветвей швартовного каната равная в соответствии с ГОСТ 30055 [31] $q_ш$=0,01 т/пог.м.

Запас плавучести, в соответствии с 6.1.3.12 равен

$$K_п = \frac{\Delta V_б}{V_б} = \frac{8,62}{20} = 0,431.$$

В соответствии с полученными данными принятая рейдовая бочка удовлетворяет необходимым требованиям.

Ш.1.2.9 Масса якоря предварительно принимается в соответствии с рекомендациями 6.1.3.23 из условия

$$P_б = (3 \div 4) G_я^в,$$

где $G_я^в$ - масса якоря в воде.

Исходя из данного условия в настоящем расчете предварительно принимается вес якоря в воздухе равный $G_я = \frac{P_б}{4 \cdot 0,6} = 1157,6$кН (масса якоря 118 т). Согласно таблице Е.1 Приложения Е принимаем ближайший по массе якорь ЯП-125 массой 125 т.

Ш.1.2.10 Координаты установки якорей рейдовых бочек определяются в соответствии с рекомендациями 6.1.3.20. Для этого вычисляется суммарная горизонтальная проекция начальных свободных провесов бриделя и швартова η по формуле (6.34)

$$\eta = \eta_б + \eta_ш,$$

где $\eta_б$ - горизонтальная проекция свободного провеса бриделя;

$\eta_ш$ - горизонтальная проекция свободного провеса швартова.

Для выполнения расчетов задается величина начальной обтяжки швартовов, которая принимается в соответствии с номинальным тяговым усилием швартовных

шпилей (лебедок) судна с учетом потерь на трение в клюзах, при переносе каната со шпиля на кнехт и т.п. В настоящем расчете величина начального суммарного усилия обтяжки всех ветвей швартовного каната принимается равной $H_{об} = 78,5$ кН (8,0 тс).

В расчетах требуется учитывать возвышение клюзов судна над водой. В рассматриваемом примере расчета предусматривается, что рейдовый причал предназначен для загрузки судна сырой нефтью, т.е. судно швартуется к причалу в балласте. Для данного состояния загрузки возвышение швартовных клюзов судна над водой в носу и корме находится по силуэту судна. В рассматриваемом примере расчета возвышение швартовных клюзов в носу и корме судна соответственно равны: $\xi_{шо}$=19,0 м и $\xi_{шо}$=9,0 м.

Горизонтальная проекция свободного провеса швартова в носу судна вычисляется по формулам (6.21), (6.36)

$$a_{шо} = \frac{H_{об}}{q_ш \cdot g} = \frac{78,5}{0,01 \cdot 9,81} = 800,2,$$

$$\eta_ш^н = a_{шо} \operatorname{Arch}\left(1 + \frac{l_ш^2 - \xi_{шо}^2}{2a_{шо}^2}\right) = 800,2 \operatorname{Arch}\left(1 + \frac{50^2 - 19^2}{2 \cdot 800,2^2}\right) = 46,24 \text{ м}.$$

Аналогично вычисляется горизонтальная проекция свободного провеса швартова в корме судна

$$\eta_ш^к = 800,2 \operatorname{Arch}\left(1 + \frac{50^2 - 9^2}{2 \cdot 800,2^2}\right) = 49,17 \text{ м}.$$

Горизонтальная проекция свободного провеса бриделя вычисляется по формулам (6.21), (6.35)

$$a_б = \frac{H_{об}}{q_б \cdot g} = \frac{78,5}{0,113 \cdot 9,81} = 70,8,$$

$$\eta_б = 2a_{бо} \operatorname{Arsh}\frac{\sqrt{l_б^2 - \xi_{бо}^2}}{2a_{бо}} = 2 \cdot 70,8 \cdot \operatorname{Arsh}\frac{\sqrt{36^2 - 18^2}}{2 \cdot 70,8} = 30,93 \text{ м},$$

где $q_б$ - погонная масса бриделя в воде, равная $q_б$=0,113 т/пог.м;

$\xi_{бо}$ - вертикальная проекция свободного провеса бриделя, принятая равной глубине воды при среднем уровне моря $\xi_{бо}$=18,0 м.

Суммарная горизонтальная проекция провесов швартова и бриделя составляет:

в носу судна $\eta_н = \eta_б + \eta_ш^н = 30,93 + 46,24 = 77,17$ м,

в корме $\eta_к = \eta_б + \eta_ш^к = 30,93 + 49,17 = 80,1$ м.

Откладывая полученные значения $\eta_к$ и $\eta_н$ по принятым направлениям ориентации ЯШС под углами $\pm 60^0$ относительно ДП в нос и корму судна, находим положения якорей рейдовых бочек. Принятые координаты установки якорей показаны на рисунке Ш.2.

Ш.1.3 В качестве основных видов внешних нагрузок на рейдовый причал с ошвартованным судном в соответствии с 7.2.4 рассматриваются: ветер, волнение и течение

Ш.1.3.1 Ветровые нагрузки на ошвартованное судно вычисляются в соответствии с рекомендациями 7.2.6. Согласно 7.2.9 рассматриваются шесть направлений ветра под углами 0^0, 65^0, 115^0, 180^0, 245^0 и 295^0 к продольной оси судна. Для оценки допускаемых гидрометеоусловий стоянки судна расчеты производятся для различных осредненных (анемометрических) скоростей ветра 10, 15 и 20 м/с и различной загрузки судна: в грузу и порожнем.

Осредненные (статические) ветровые нагрузки и разворачивающий момент вычисляются по формулам (7.2)-(7.5). В частности для случая действия ветра со скоростью 20 м/с под углом 245^0 к ДП судна в грузу они равны:

$$\overline{Q}_x = c_x p_в A_{нл} \cos\alpha_w = 1,2 \cdot 0,1845 \cdot 490 \cdot (-0,4226) = -45,7 \text{кН (-4,66 тс)},$$

$$\overline{Q}_y = c_y p_в A_{нб} \sin\alpha_w = 1,2 \cdot 0,1845 \cdot 1540 \cdot (-0,9063) = -308,0 \text{кН (-31,4 тс)},$$

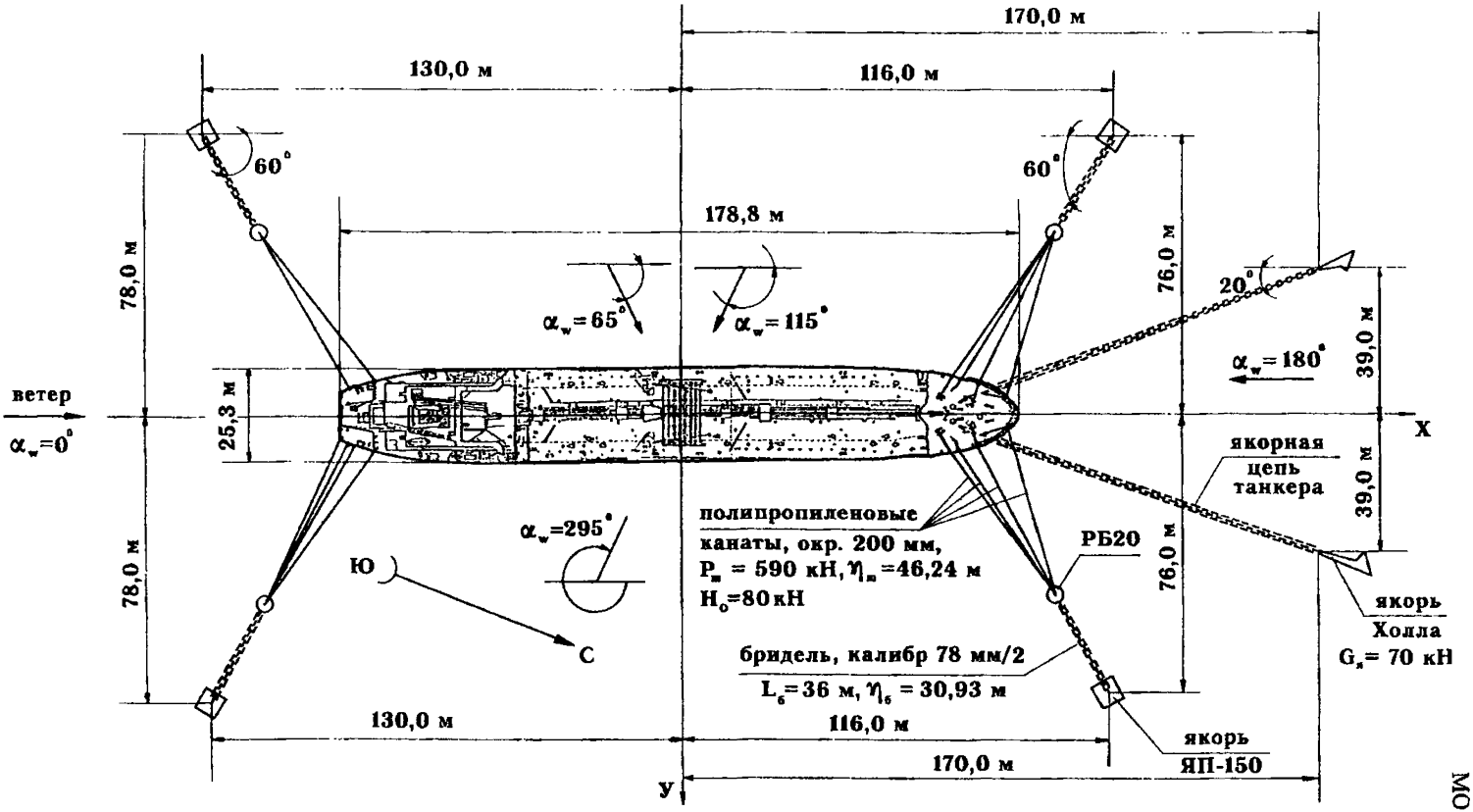


Рисунок Ш.2 – Расчетная схема многоточечного причала с 4-мя рейдовыми бочками

$$\overline{Q}_{\varphi} = -c_0 p_a L_k A_{нб}\left[b_0 - b_n - \left|\frac{\alpha_{w1}}{2\pi}\right|\right]\sin\alpha_{w1} = -0{,}95 \cdot 0{,}1845 \cdot 178{,}8 \cdot 1540 \times$$

$$\times\left[0{,}26 - (-0{,}0962) - \left|\frac{115}{360}\right|\right] \cdot (-0{,}9063) = 1606{,}9\text{кН} \cdot \text{м}\,(163{,}8\ \text{тс} \cdot \text{м}),$$

$$p_a = \frac{k_b \rho_a \overline{U}^2}{2} = \frac{0{,}75 \cdot 0{,}00123 \cdot 20^2}{2} = 0{,}1845\ \text{кН/м}^2\,(0{,}01875\ \text{тс/м}^2),$$

где k_b - коэффициент изменения скоростного напора ветра по высоте, принимаемый по таблице 7.5 в зависимости от возвышения центра надводной парусности судна над уровнем моря.

Для рассматриваемого случая положение центра надводной парусности вычислено по силуэту судна. Возвышение центра парусности судна над ОП составляет 15,6 м. Соответственно: возвышение центра парусности над уровнем моря (за вычетом осадки судна) равно: в грузу - 5,2 м; порожнем -12,8 м. Абсцисса центра парусности судна относительно миделя составляет: в грузу - минус 17,2 м, порожнем - минус 1,0 м, а абсцисса центра массы: в грузу - 0,0 м, порожнем минус 34,0 м.

Угол $\alpha_{w1} = \alpha_w$ при $\alpha_w = 65^0 < \pi$.

Коэффициент $b_n = \dfrac{x_n - x_G}{L_k} = \dfrac{-17{,}2 - 0{,}0}{178{,}8} = -0{,}0962$.

Значения коэффициентов c_0 и b_0 определяются по таблице 7.6 c_0=0,95, b_0=0,26.

Для остальных направлений ветра результаты расчетов осредненных (статических) ветровых нагрузок сведены в таблицу Ш.2.

Полная (расчетная) величина ветровых нагрузок, включающая осредненную (статическую) и пульсационную (динамическую) составляющие вычисляются по формуле (7.1). Для предыдущего случая действия ветра с осредненной скоростью 20 м/с на судно в грузу под углом 65^0 они равны:

$$Q_x = \overline{Q}_x\left(1 + nm\zeta\nu\right) = -45{,}7 \cdot \left(1 + 2{,}5 \cdot 0{,}2 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}92\right) = -66{,}7\text{кН}\ (-6{,}8\ \text{тс}),$$

Таблица III.2 - Осредненные (статические) ветровые нагрузки и моменты

Направление ветра, град.	Скорость ветра, м/с	Загрузка судна	Наименование нагрузок		
			Продольная, кН (тс)	Поперечная, кН (тс)	Разворачивающий момент, кН·м (тс·м)
0	10	В грузу	27,1 (2,76)	0,0	0,0
	15		60,8 (6,2)	0,0	0,0
	20		108,2 (11,03)	0,0	0,0
65	10		11,5 (1,17)	77,0 (7,85)	-1920,8 (-195,8)
	15		25,7 (2,62)	173,6 (17,7)	-4322,3 (-440,6)
	20		45,7 (4,66)	308,0 (31,4)	-7684,2 (-783,3)
115	10		-11,5 (-1,17)	77,0 (7,85)	-402,2 (-41,0)
	15		-25,7 (-2,62)	173,6 (17,7)	-903,9 (-92,14)
	20		-45,7 (-4,66)	308,0 (31,4)	-1606,9 (-163,8)
180	10		-27,1 (-2,76)	0,0	0,0
	15		-60,8 (-6,2)	0,0	0,0
	20		-108,2 (-11,03)	0,0	0,0
245	10		-11,5 (-1,17)	-77,0 (-7,85)	402,2 (41,0)
	15		-25,7 (-2,62)	-173,6 (-17,7)	903,9 (92,14)
	20		-45,7 (-4,66)	-308,0 (-31,4)	1606,9 (163,8)
295	10		11,5 (1,17)	-77,0 (-7,85)	1920,8 (195,8)
	15		25,7 (2,62)	-173,6 (-17,7)	4322,3 (440,6)
	20		45,7 (4,66)	-308,0 (-31,4)	7684,2 (783,3)
0	10	Порожнем	59,06 (6,02)	0,0	0,0
	15		132,9 (13,55)	0,0	0,0
	20		236,2 (24,08)	0,0	0,0
65	10		25,0 (2,55)	200,1 (20,4)	2957,7 (301,5)
	15		56,3 (5,74)	449,7 (45,84)	6655,1 (678,4)
	20		100,1 (10,2)	799,5 (81,5)	11831,8 (1206,1)
115	10		-25,0 (-2,55)	200,1 (20,4)	6895,4 (702,9)
	15		-56,3 (-5,74)	449,7 (45,84)	15515,5 (1581,6)
	20		-100,1 (-10,2)	799,5 (81,5)	27582,8 (2811,7)
180	10		-59,06 (-6,02)	0,0	0,0
	15		-132,9 (-13,55)	0,0	0,0
	20		-236,2 (-24,08)	0,0	0,0
245	10		-25,0 (-2,55)	-200,1 (-20,4)	-6895,4 (-702,9)
	15		-56,3 (-5,74)	-449,7 (-45,84)	-15515,5(-1581,6)
	20		-100,1 (-10,2)	-799,5 (-81,5)	-27582,8(-2811,7)
295	10		25,0 (2,55)	-200,1 (-20,4)	-2957,7 (-301,5)
	15		56,3 (5,74)	-449,7 (-45,84)	-6655,1 (-678,4)
	20		100,1 (10,2)	-799,5 (-81,5)	-11831,8(-1206,1)

$$Q_y = \overline{Q}_y(1 + nm\zeta\nu) = -308{,}0 \cdot (1 + 2{,}5 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}92) = -428{,}4\text{кН}\ (-43{,}7\ \text{тс}),$$

$$Q_\varphi = \overline{Q}_\varphi(1 + nm\zeta\nu) = 1606{,}9(1 + 2{,}5 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}35 \cdot 0{,}92) = 1865{,}6\text{кН}\ (190{,}2\ \text{тс}).$$

где m - коэффициент пульсаций скоростного напора ветра, принятый равным по таблице 7.2 для морской поверхности m=0,2;

ζ - обобщенные коэффициенты динамичности, принятые по данным таблице 7.3 для расчетного судна, равными:

для продольной нагрузки - ζ=1,0;

для поперечной нагрузки - ζ=0,85;

для разворачивающего момента - ζ=0,35;

ν - коэффициент пространственной корреляции пульсаций скорости ветра, принятый равным по данным таблицы 7.4 ν=0,92.

Результаты вычислений расчетных ветровых нагрузок и моментов для различных направлений и скоростей ветра сведены в таблице Ш.3. В соответствии с 7.2.5 при вычислении ветровых нагрузок по формуле (7.1) настоящей Инструкции "коэффициент надежности" по нагрузке 1,4 не учитывается, т.е. величины ветровых нагрузок, приведенные в таблице Ш.3 рассматриваются как расчетные. Коэффициент сочетаний нагрузок для ветровых нагрузок в соответствии с 7.2.9 равен 1,0.

Ш.1.3.2 Волновые нагрузки вычисляются по рекомендациям 7.2.7. Согласно 7.2.5 целесообразно, чтобы расчетные параметры ветра и волнения соответствовали друг другу с учетом особенностей волнового режима на рассматриваемой акватории. В задании на проектирование дано соответствие между скоростью ветра и параметрами волн только для скорости ветра 20 м/с (высота волн 3% обеспеченности $h_{3\%}$=3,5 м, средняя длина - $\overline{\lambda}$=50 м). Для скоростей ветра 10 м/с и 15 м/с параметры волн составляют:

- для скорости ветра 10 м/с – высота волн 3% обеспеченности $h_{3\%}$=2,4 м, средняя длина - $\overline{\lambda}$=35 м;

Таблица Ш.3 - Расчетные ветровые нагрузки и моменты

Направление ветра, град.	Скорость ветра, м/с	Загрузка судна	Наименование нагрузок		
			Продольная, кН (тс)	Поперечная, кН (тс)	Разворачивающий момент, кН·м (тс·м)
0	10	В грузу	39,5 (4,03)	0,0	0,0
	15		88,8 (9,05)	0,0	0,0
	20		157,9 (16,1)	0,0	0,0
65	10		16,8 (1,71)	106,9 (10,9)	-2229,8 (-227,3)
	15		37,6 (3,83)	241,5 (24,62)	-5017,8 (-511,5)
	20		66,7 (6,8)	428,7 (43,7)	-8921,2 (-909,4)
115	10		16,8 (1,71)	106,9 (10,9)	-466,9 (-47,6)
	15		-37,6 (-3,83)	241,5 (24,62)	-1049,7 (-107,0)
	20		-66,7 (-6,8)	428,7 (43,7)	-1865,8 (-190,2)
180	10		-39,5 (-4,03)	0,0	0,0
	15		-88,8 (-9,05)	0,0	0,0
	20		-157,9 (-16,1)	0,0	0,0
245	10		-16,8 (-1,71)	-106,9 (-10,9)	466,9 (47,6)
	15		-37,6 (-3,83)	-241,5 (-24,62)	1049,7 (107,0)
	20		-66,7 (-6,8)	-428,7 (-43,7)	1865,8 (190,2)
295	10		16,8 (1,71)	-106,9 (-10,9)	2229,8 (227,3)
	15		37,6 (3,83)	-241,5 (-24,62)	5017,8 (511,5)
	20		66,7 (6,8)	-428,7 (-43,7)	8921,2 (909,4)
0	10	Порожнем	86,3 (8,8)	0,0	0,0
	15		194,2 (19,8)	0,0	0,0
	20		344,9 (35,16)	0,0	0,0
65	10		36,5 (3,72)	278,6 (28,4)	3433,5 (350,0)
	15		82,2 (8,38)	625,8 (63,8)	7726,4 (787,6)
	20		146,2 (14,9)	1112,5 (113,4)	13736,9 (1400,3)
115	10		-36,5 (-3,72)	278,6 (28,4)	8005,9 (816,1)
	15		-194,2 (-19,8)	625,8 (63,8)	18013,1 (1836,2)
	20		-344,9 (-35,16)	1112,5 (113,4)	32023,7 (3264,4)
180	10		-86,3(-8,8)	0,0	0,0
	15		-194,2 (-19,8)	0,0	0,0
	20		-344,9-35,16	0,0	0,0
245	10		-36,5 (-3,72)	-278,6 (-28,4)	-8005,9 (-816,1)
	15		-82,2 (-8,38)	-625,8 (-63,8)	-18013,1(-1836,2)
	20		-146,2 (-14,9)	-1112,5 (-113,4)	-32023,7(-3264,4)
295	10		36,5 (3,72)	-278,6 (-28,4)	-3433,5 (-350,0)
	15		82,2 (8,38)	-625,8 (-63,8)	-7726,4 (-787,6)
	20		146,2 (14,9)	-112,5 (-113,4)	-13736,9(-1400,3)

- для скорости ветра 15 м/с – высота волн 3% обеспеченности $h_{3\%}$=2,7 м, средняя длина - $\overline{\lambda}$=42 м.

При пересчете на высоты волн 5% обеспеченности расчетные значения высот волн составляют:

- при скорости ветра 10 м/с – $h_{5\%}$=2,2 м;
- при скорости ветра 15 м/с – $h_{5\%}$=2,46 м;
- при скорости ветра 20 м/с – $h_{5\%}$=3,2 м.

Расчеты выполняются в основном для наиболее волноопасных С и СВ румбов со стороны моря. Амплитуды продольной и поперечной волновых нагрузок определяются по рекомендациям СНиП 2.06.04-82*. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Госстрой СССР [29].

Для случая стоянки танкера в грузу при действии волн высотой $h_{5\%}$=3,2 м и длиной $\overline{\lambda}$=50 м амплитуды нагрузок равны:

$$Q_w^{ax} = \kappa \cdot \gamma_1 \cdot \rho_c \cdot g \cdot h_{5\%} \cdot F_{пл} = 0{,}38 \cdot 0{,}41 \cdot 1{,}0 \cdot 9{,}81 \cdot 3{,}2 \cdot 260 = 1271{,}6 кН \ (129{,}7 тс),$$

$$Q_w^{ay} = \kappa \cdot \gamma_1 \cdot \rho_c \cdot g \cdot h_{5\%} \cdot F_{пб} = 0{,}38 \cdot 0{,}41 \cdot 1{,}0 \cdot 9{,}81 \cdot 3{,}2 \cdot 1750 = 8559{,}0 кН \ (873{,}0 тс),$$

где κ=0,38 - редукционный коэффициент волновой нагрузки, принимаемый по СНиП 2.06.04-82*. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Госстрой СССР [29] в зависимости от осадки судна и длины волн;

γ_1 - коэффициент, учитывающий трехмерность волн, принимаемый по СНиП 2.06.04-82*. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Госстрой СССР [29] в зависимости от длины танкера и длины волн;

g - ускорение силы тяжести g=9,81 м/с^2;

ρ_w - плотность воды ρ_w=1,0 т/м^3.

Величины квазистатических волновых нагрузок вычисляются по формуле (7.6)

$$Q_w^x = k_w Q_w^{ax} = 0{,}1 \cdot 1271{,}6 = 127{,}2\text{кН} \ (13{,}0\ \text{тс}),$$

$$Q_w^y = k_w Q_w^{ay} = 0{,}1 \cdot 8559{,}0 = 855{,}9\text{кН} \ (87{,}3\ \text{тс}),$$

где k_w - коэффициент, принимаемый по формулам (7.7) для среднего периода волн более 5 с равным k_w=0,1.

В соответствии с 7.2.9 при одновременном учете действия ветра, волнения и течения коэффициент сочетаний для волновых нагрузок допускается принимать равным 0,8. Соответственно окончательные величины расчетных продольных и поперечных волновых нагрузок для рассматриваемого случая действия волн высотой $h_{5\%}$=3,2 м и длиной $\bar{\lambda}$=50 м на танкер в грузу равны

$$Q_w^x = 0{,}8 \cdot 1276{,}2 = 101{,}8\text{кН} \ (10{,}4\ \text{тс}),$$

$$Q_w^y = 0{,}8 \cdot 855{,}9 = 684{,}7\text{кН} \ (69{,}8\ \text{тс}).$$

Разворачивающий волновой момент вычисляется по формуле (7.8)

$$Q_w^\varphi = Q_w^y \frac{L_k}{2} \frac{\gamma_2}{\gamma_1} = 0{,}8 \cdot 855{,}9 \cdot \frac{178{,}8}{2} \cdot \frac{0{,}175}{0{,}41} = 26143{,}6\text{кН} \cdot \text{м} \ (2665{,}0\ \text{тс} \cdot \text{м}).$$

Расчетные величины волновых нагрузок для других параметров волн и состояния загрузки танкера приведены в таблице Ш.4.

Таблица Ш.4 - Расчетные величины волновых нагрузок

Параметры волн		Судно в грузу			Судно порожнем		
Высота $h_{5\%}$, м	Длина $\bar{\lambda}$, м	Продольная, кН (тс)	Поперечная, кН (тс)	Разворачивающий момент, кНм (тсм)	Продольная, кН (тс)	Поперечная, кН (тс)	Разворачивающий момент, кНм (тсм)
2,2	35	54,0 (5,5)	363,0 (37,0)	12156,5 (1239,2)	31,4 (3,2)	102,0 (10,4)	3423,7 (349,0)
2,46	42	75,5 (7,7)	505,2 (51,5)	19257,0 (1963,0)	43,2 (4,4)	141,2 (14,4)	5390,6 (549,5)
3,2	50	102,0 (10,4)	686,7 (70,0)	26143,6 (2665,0)	58,8 (6,0)	196,2 (20,0)	7487,0 (763,2)

Ш.1.3.3 Нагрузки от течения в соответствии с 7.2.8 вычисляются аналогично ветровым нагрузкам по формулам (7.9)-(7.12). С учетом принятой ориентации судна направление действия течения принято под углами в секторе $\pm 30^0$ к ДП судна. В рассматриваемой расчетной схеме действие течения учитывается под углами 150^0 и 210^0.

Для случая стоянки судна в грузу нагрузки от течения составляют

$$\overline{Q}_x^T = c_x p_T A_{пл} \cos\alpha_T = 1{,}2 \cdot 0{,}18 \cdot 260 \cdot (-0{,}866) = -48{,}6\text{кН (-4,96 тс)},$$

$$\overline{Q}_y^T = c_y p_T A_{пб} \sin\alpha_T = 1{,}2 \cdot 0{,}18 \cdot 1750 \cdot (\pm 0{,}5) = \pm 189{,}0\text{кН (±19,2 тс)},$$

$$\overline{Q}_\varphi^T = -c_0 p_T L_k A_{пб} \left[b_0 - b_n - \left| \frac{\alpha_{T1}}{2\pi} \right| \right] \sin\alpha_{T1} = -0{,}95 \cdot 0{,}18 \cdot 178{,}8 \times$$

$$\times 1750 \left[0{,}26 - 0{,}031 - \left| \frac{30}{360} \right| \right] \cdot (\pm 0{,}5) = \pm 3906\text{кНм(398,2тсм)},$$

$$p_T = \frac{\rho U_T^2}{2} = \frac{1{,}0 \cdot 0{,}6^2}{2} = 0{,}18\text{кН/м}^2,$$

$$b_n = \frac{5{,}5 - 0{,}0}{178{,}8} = 0{,}031, \quad c_0 = 0{,}95, \quad b_0 = 0{,}26,$$

$$\alpha_{T1} = \alpha_T = 30^0.$$

В соответствии с 7.2.9 коэффициент сочетаний для нагрузки от течения (при одновременном действии ветра, волнения и течения) составляет 0,6. Окончательно расчетные нагрузки от течения для рассматриваемого случая стоянки судна в грузу равны:

$$Q_x^T = 0{,}6 \cdot (-48{,}6) = -29{,}16\text{кН}(-3{,}0\text{тс}),$$
$$Q_y^T = 0{,}6 \cdot (\pm 189{,}0) = \pm 113{,}4\text{кН}(\pm 11{,}5\text{ тс}),$$
$$Q_\varphi^T = \pm 0{,}6 \cdot 3906{,}0 = \pm 2343{,}6\text{кНм}(\pm 238{,}9\text{ тсм}),$$

а для случая стоянки судна порожнем:

$$Q_x^T = -19{,}6\text{кН}(2{,}0\text{ тс}), \quad Q_y^T = \pm 31{,}4\text{кН}(\pm 3{,}2\text{ тс}), \quad Q_\varphi^T = \pm 784{,}8\text{кНм}(\pm 80{,}0\text{ тсм}).$$

Равнодействующие нагрузок от ветра, течения и волн на ошвартованное судно определяются как сумма перечисленных нагрузок. Для рассмотренного выше случая действия ветра со скоростью 20 м/с, волнения и течения на судно в грузу равнодействующие нагрузки равны

$$Q_x = -66{,}7 + (-102{,}0) + (-29{,}16) = -197{,}86\text{кН}(-20{,}2\text{тс}),$$
$$Q_y = -428{,}7 + (-686{,}7) + (-113{,}4) = -1228{,}8\text{кН}(-125{,}2\text{ тс}),$$
$$Q_\varphi = 1865{,}8 + 26143{,}6 + 2343{,}6 = 30353{,}0\text{кНм}(3094{,}1\text{ тсм}).$$

Учитывая знакопеременность волновых нагрузок, для получения максимальных величин равнодействующих, знаки волновых нагрузок приняты равными знакам (направлению) ветровых нагрузок.

Результаты расчетов равнодействующих нагрузок от ветра, волнения и течения на танкер приведены в таблице Ш.5. Приведенные нагрузки соответствуют действию ветра и волнения наиболее волноопасных румбов со стороны моря. При действии ветров с берега параметры волн существенно меньше. При длине разгона волн до 5 км при скоростях ветра до 20 м/с средний период волн составляет менее 3 с. Согласно 7.2.7 в этом случае действие волн может не учитываться. Величины равнодействующих нагрузок на ошвартованный танкер только от действия ветра (с берега) и течения приведены в таблице Ш.6.

Ш.1.4 При определении усилий в якорно-швартовных связях в первую очередь необходимо выделить различные группы связей: продольные и поперечные. Рассматриваемая система раскрепления включает шесть связей: две табельные якорные цепи судна и четыре якорно-швартовные связи рейдового причала.

Табельные якорные цепи судна направлены под углами $\pm 20^0$ относительно ДП, т.е. они относятся к продольным связям и воспринимают только продольные нагрузки со стороны носа судна. ЯШС направлены под углами $\pm 60^0$ к ДП судна и относятся к поперечным связям.

Т а б л и ц а III.5 - Равнодействующие нагрузок на судно от ветра, волнения и течения при действии ветра со стороны моря

Загрузка судна	Ветер		Течение		Волнение			Нагрузка		
	Направление, град.	Скорость, м/с	Направление, град.	Скорость, м/с	Направление, град.	Высота, м	Длина, м	Продольная, тс	Поперечная, тс	Разворачивающий момент, тсм
В грузу	0	10	180	0,6	0	2,20	35,0	6,53	0,0	0,0
		15				2,46	42,0	13,8	0,0	0,0
		20				3,20	50,0	23,5	0,0	0,0
	180	10	180	0,6	180	2,20	35,0	-12,53	0,0	0,0
		15				2,46	42,0	-19,8	0,0	0,0
		20				3,20	50,0	-29,5	0,0	0,0
	245	10	210	0,6	245	2,20	35,0	-10,2	-59,3	1521,2
		15				2,46	42,0	-14,5	-87,5	2304,4
		20				3,20	50,0	-20,2	-125,1	3089,6
	295	10	210	0,6	295	2,20	35,0	7,2	-59,3	1700,9
		15				2,46	42,0	11,53	-87,5	2708,9
		20				3,20	50,0	14,2	-125,1	3808,8
Порожнем	0	10	180	0,6	0	2,20	35,0	10,0	0,0	0,0
		15				2,46	42,0	22,2	0,0	0,0
		20				3,20	50,0	39,2	0,0	0,0
	180	10	180	0,6	180	2,20	35,0	-14,0	0,0	0,0
		15				2,46	42,0	-26,2	0,0	0,0
		20				3,20	50,0	-43,2	0,0	0,0
	245	10	210	0,6	245	2,20	35,0	-8,92	-42,0	-1245,1
		15				2,46	42,0	-14,8	-81,4	-2385,7
		20				3,20	50,0	-22,9	-136,6	-4107,6
	295	10	210	0,6	295	2,20	35,0	4,92	-42,0	-779,0
		15				2,46	42,0	10,8	-81,4	-1417,1
		20				3,20	50,0	18,9	-136,6	-2243,5

Т а б л и ц а Ш.6 - Равнодействующие нагрузок на судно от ветра, волнения и течения при действии ветра со стороны берега

Загрузка судна	Ветер		Течение		Волнение		Нагрузка		
	Направление, град.	Скорость, м/с	Направление, град.	Скорость, м/с	Высота, м	Длина, м	Продольная, тс	Поперечная, тс	Разворачивающий момент, тсм
В грузу	65	10	150	0,6	-	-	-1,3	22,3	-461,7
		15					0,83	36,0	-745,9
		20					3,8	55,1	-1143,8
	115	10	150	0,6	-	-	-4,71	22,3	-282,0
		15					-6,83	36,0	-341,4
		20					-9,8	55,1	-424,6
Порожнем	65	10	150	0,6	-	-	1,72	31,6	430,0
		15					6,38	67,0	867,6
		20					12,9	116,6	1480,3
	115	10	150	0,6	-	-	-5,72	31,6	896,1
		15					-10,38	67,0	1916,2
		20					-16,9	116,6	3344,4

Особенностью работы судовых якорей является их ограниченная держащая способность и проползание при превышении держащей способности. Поэтому при определенных внешних нагрузках, при превышении держащей способности судовых якорей, часть продольных нагрузок будет передаваться на ЯШС причала. Аналогично при действии внешних нагрузок от ветра, волнения и течения в корму судна ЯШС причала также воспринимают продольные нагрузки и должны рассчитываться и как продольные и как поперечные.

Ш.1.4.1 Для рассматриваемого рейдового причала определение усилий, приходящихся на отдельные ЯШС, целесообразно производить для различных, рассмотренных выше направлений внешних воздействий. Рассмотрим вычисление усилий для случая стоянки судна порожнем при действии ветра со скоростью 20 м/с, волнения высотой $h_{5\%}$=3,2 м и скоростью течения 0,6 м/с.

Ш.1.4.2 Действие ветра, волнения и течения в нос судна под углом 180^0 к ДП.

Продольная равнодействующая нагрузок воспринимается, в основном, табельными якорными цепями судна. Расчетная горизонтальная нагрузка, приходящаяся на одну якорную цепь вычисляется по формуле (7.14)

$$H_s^x = \frac{0,7\left|Q_s^x\right|}{\cos\overline{\alpha}} = \frac{0,7 \cdot 423,8}{\cos 20^0} = 315,7\text{кН (32,2 тс).}$$

Как отмечалось выше, судовые якоря имеют ограниченную держащую способность. В соответствии с определенной выше характеристикой снабжения N_c=2870,3 танкер оборудован якорями Холла массой по 7 т. В илистых грунтах коэффициент держащей силы таких якорей при срыве составляет 3,1, а при устойчивом протаскивании - 2,2 . Соответственно держащая сила судовых якорей составляет:

- при срыве – 212,8 кН (21,7 тс);

- при проползании – 151,1 кН (15,4 тс).

В рассматриваемом случае нагрузка, действующая на одну якорную цепь судна 315,7 кН превышает держащую силу якоря при срыве – 212,8 кН, т.е. в дан-

ных условиях начнется проползание судовых якорей и одна якорная цепь будет воспринимать нагрузку не более 151,1 кН. Остальная нагрузка будет передаваться на ЯШС рейдового причала.

Для определения нагрузки, передаваемой на ЯШС рейдового причала, вычисляется разность ΔН между полной величиной усилия, действующего на якорную цепь судна 315,7 кН, и усилием, соответствующим держащей силе судового якоря 151,1 кН

$$\Delta H = 315,7 - 151,1 = 164,6 \text{ кН}.$$

Находится горизонтальная составляющая данного усилия вдоль ДП судна

$$\Delta H_x = \Delta H \cos\bar{\alpha} = 164,6 \cdot \cos 20^0 = 154,7 \text{кН (15,8 тс)},$$

а затем величина горизонтальной нагрузки, передаваемой на одну носовую ЯШС причала

$$H_я = \frac{\Delta H_x}{\cos\bar{\alpha}} = \frac{154,7}{\cos 60^0} = 309,4 \text{кН (31,5 тс)}.$$

Таким образом, для рассмотренного случая действия ветра со скоростью 20 м/с и волнения высотой $h_{5\%}$=3,2 м под углом 180^0 к ДП (в нос судна) расчетные горизонтальные составляющие усилий в системе раскрепления судна составляют:

- в отдельных табельных якорных цепях судна - до 151,1 кН (15,4 тс);

- в отдельных носовых якорно-швартовных связях рейдового причала - до 309,4 кН (31,5 тс).

В соответствии с 7.2.5 полученные выше усилия могут рассматриваться как расчетные. Учет коэффициента перегрузки 1,2 в соответствии с рекомендациями СНиП 2.06.04-82*. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Госстрой СССР [29] не требуется.

Ш.1.4.3 Действие ветра и волнения в корму судна под углом 0^0 к ДП судна.

В данном случае равнодействующая продольных нагрузок на судно воспринимается только кормовыми ЯШС рейдового причала.

Рассмотрим как и в предыдущем случае действие на судно порожнем ветра со скоростью 20 м/с и волнения интенсивностью 5 баллов (течение не учитывается).

Величина равнодействующей продольных нагрузок в соответствии с данными таблицы Ш.5 составляет – 384,5 кН (39,2 тс). Горизонтальная нагрузка, передаваемая на одну кормовую ЯШС причала вычисляется по формуле (7.14)

$$H_s^x = \frac{0,7 \cdot |Q_s^x|}{\cos\alpha} = \frac{0,7 \cdot 384,5}{\cos 60^0} = 538,3\text{кН} \ (54,9 \text{ тс}).$$

Ш.1.4.4 Действие ветра и волнения в борт танкера под углом 245^0 к ДП танкера. В рассматриваемом случае, в соответствии с разделением различных связей на продольные (табельные якорные цепи судна) и поперечные (якорно-швартовные связи рейдового причала), внешние продольные и поперечные нагрузки также распределяются между различными связями:

- равнодействующие продольных нагрузок воспринимаются табельными якорными цепями судна;

- равнодействующие поперечных нагрузок и разворачивающего момента - якорно-швартовными связями рейдового причала.

Аналогично предыдущим случаям рассмотрим действие на судно порожнем ветра со скоростью 20 м/с и волнения интенсивностью 5 баллов. В соответствии с данными таблицы Ш.5 равнодействующие внешних нагрузок и моментов составляют: продольная - минус 224,6 кН (22,9 тс), поперечная - минус 1340,0 кН (136,6 тс), разворачивающий момент - минус 40295,5 кНм (4107,6 тсм).

Расчетная горизонтальная нагрузка, приходящаяся на одну табельную якорную цепь судна вычисляется по формуле (7.14)

$$H_s^x = \frac{0,7 \cdot |Q_s^x|}{\cos\alpha} = \frac{0,7 \cdot 224,6}{\cos 20^0} = 167,3\text{кН} \ (17,1 \text{ тс}).$$

Полученное значение горизонтального усилия в якорной цепи меньше держащей силы судового якоря при срыве 212,8 кН (21,7 тс), т.е. можно считать, что проползание судового якоря не возникает и вся продольная нагрузка на судно воспринимается его табельными якорными цепями и якорями.

Максимальная горизонтальная нагрузка, приходящаяся на одну ЯШС рейдового причала, на примере кормовых ЯШС вычисляется по формуле (7.15)

$$H_s^y = \frac{\sqrt{\left(\frac{|Q_s^y|}{2} + \frac{|M_s|}{L_k}\right)^2 + \left(0{,}7|Q_s^x|\right)^2}}{\cos\left[\frac{180}{\pi}\operatorname{arctg}\frac{\left(\frac{|Q_s^y|}{2} + \frac{|M_s|}{L_k}\right)}{0{,}7Q_s^x} - \alpha\right]} =$$

$$= \frac{\sqrt{\left(\frac{1340{,}0}{2} + \frac{40295{,}5}{178{,}8}\right)^2 + (0{,}7 \cdot 224{,}6)^2}}{\cos\left[\frac{180}{3{,}14}\operatorname{arctg}\frac{\left(\frac{1340{,}0}{2} + \frac{40295{,}5}{178{,}8}\right)}{0{,}7 \cdot 224{,}6} - 60\right]} = 967{,}3\text{кН (98,6 тс).}$$

Полученная величина нагрузки превышает значение

$$H_s^y = 0{,}7|Q_s^y| = 0{,}7 \cdot 1340{,}0 = 937{,}8\text{кН (95,6 тс).}$$

Таким образом, окончательно в качестве расчетной горизонтальной нагрузки для рассмотренного случая принимаем H_s^y=967,3 кН (98,6 тс).

Аналогично вычисляются нагрузки на отдельные ЯШС с другого борта судна (со стороны берега) при действии ветра под углами 65^0 и 115^0 к ДП танкера. Отличие данных расчетов заключается в том, что равнодействующие внешних нагрузок принимаются по данным таблицы Ш.6 без учета действия волн.

Результаты расчетов горизонтальной составляющей нагрузок на отдельные ЯШС рейдового причала и якорные цепи судна при других параметрах внешних воздействий сведены в таблицу Ш.7. Как отмечалось выше, полученные значения горизонтальных составляющих нагрузок рассматриваются как расчетные.

Ш.1.5 Определение полных величин усилий в ЯШС рейдового причала (швартовных канатах, бриделе рейдовой бочки, горизонтальной и вертикальной составляющих усилий на якорь рейдовой бочки) производится аналогично рейдовым стоянкам на одиночных бочках в соответствии с рекомендациями 6.1.3.19-6.1.3.22.

Ш.1.5.1 В первую очередь определяются условия затопления рейдовых бочек по формулам (6.18)-(6.20). Например, для случая стоянки судна порожнем горизонтальная составляющая усилия при погружении бочки для носовых ЯШС составляет:

$$H_{пб} = \frac{l_б l_ш \left[\frac{(l_б q_ш + l_ш q_ш)}{2} + (G_б - V_б) \right]}{\left[l_б \left(\xi_{шо} + \frac{1}{2} d \right) - l_ш \left(D_ф - \frac{1}{2} d \right) \right]} g =$$

$$= \frac{36 \cdot 50 \left[\frac{(36 \cdot 0{,}113 + 50 \cdot 0{,}01)}{2} + (7{,}06 - 20) \right]}{\left[36 \left(19 + \frac{1}{2} 3{,}35 \right) - 50 \left(18 - \frac{1}{2} 3{,}35 \right) \right]} \cdot 9{,}81 = 2615{,}3 \text{кН} (266{,}6 \text{ тс}).$$

Аналогично вычисляются горизонтальные усилия при погружении бочек для кормовых ЯШС и других состояний загрузки судна. Результаты расчетов сведены в таблице Ш.8.

Т а б л и ц а Ш.7 - Горизонтальная составляющая нагрузок на отдельные ЯШС рейдового причала и якорные цепи судна

Загрузка судна	Ветер		Горизонтальная составляющая нагрузок с учетом равнодействующей от ветра, течения и волнения (таблицы Ш.5, Ш.6)			
	Направление, град.	Скорость, м/с	Якорная цепь судна	ЯШС рейдового причала		
				Усилие, определенное по формуле (7.15)	Проверочное значение $H_s = 0{,}7Q_s^Y$	Расчетная нагрузка
В грузу	0	10	-	9,2	-	9,2
		15	-	19,4	-	19,4
		20	-	32,9	-	32,9
	65	10	0,97	15,4	15,6	15,6
		15	-	25,3	25,2	25,3
		20	-	37,8	38,6	38,6
	115	10	3,5	13,7	15,6	15,6
		15	5,1	21,4	25,2	25,2
		20	7,3	32,2	38,6	38,6
	180	10	9,4	-	-	-
		15	14,8	-	-	-
		20	15,4	12,4	-	12,4
	245	10	7,6	41,2	41,5	41,5
		15	10,8	61,2	61,3	61,3
		20	15,1	86,3	87,6	87,6
	295	10	-	42,9	41,5	42,9
		15	-	64,2	61,3	64,2
		20	-	92,0	87,6	92,0

Окончание таблицы Ш.7

Загрузка судна	Ветер		Горизонтальная составляющая нагрузок с учетом равнодействующей от ветра, течения и волнения (таблицы Ш.5, Ш.6)			
	Направление, град.	Скорость, м/с	Якорная цепь судна	ЯШС рейдового причала		
				Усилие, определенное по формуле (7.15)	Проверочное значение $H_s = 0{,}7Q_s^y$	Расчетная нагрузка
Порожнем	0	10	-	14,0	-	14,0
		15	-	31,1	-	31,1
		20	-	54,9	-	54,9
	65		-	20,4	22,1	22,1
		15	-	42,1	46,9	46,9
		20	-	72,6	81,6	81,6
	115	10	4,3	22,5	22,1	22,5
		15	7,8	47,9	46,9	47,9
		20	12,6	83,6	81,6	83,6
	180	10	10,4	-	-	-
		15	19,5	-	-	-
		20	15,4	31,6	-	31,6
	245	10	6,7	30,0	29,4	30,0
		15	11,0	58,0	57,0	58,0
		20	17,1	98,6	95,6	98,6
	295	10	-	27,7	29,4	29,4
		15	-	52,8	57,0	57,0
		20	-	87,6	95,6	95,6

Т а б л и ц а Ш.8 - Горизонтальные усилия, кН (тс), при погружении рейдовых бочек под воду

Расположение ЯШС рейдового причала	Загрузка танкера	
	порожнем	в грузу
Носовые	2615,3 (266,6)	435,5 (44,4)
Кормовые	435,5 (44,4)	326,6 (33,3)

Ш.1.5.2 Дальнейшие вычисления усилий в отдельных элементах ЯШС производятся в соответствии с рекомендациями 6.1.3.20-6.1.3.22. В качестве расчетных значений распора принимаются величины горизонтальных нагрузок на ЯШС причала, приведенные в таблице Ш.7. Могут задаваться также произвольные значения распора, охватывающие диапазоны изменения нагрузок на ЯШС, приведенных в таблице Ш.7.

Ш.1.5.3 Вычисление усилий в отдельных элементах ЯШС производится в зависимости от соотношения расчетной горизонтальной нагрузки на ЯШС (таблица Ш.7) и усилия при погружении бочки. В качестве примера рассмотрим вычисление усилий в носовой ЯШС при стоянке судна порожнем и действии ветра со скоростью 15 м/с и волнения высотой $h_{5\%}$=2,46 м под углом 245^0 к ДП танкера. Расчетное горизонтальное усилие на ЯШС составляет 569,0 кН (58 тс). Оно меньше, чем усилие при погружении бочки, т.е. дальнейшие расчеты выполняются для случая неполного использования плавучести бочки.

Ш.1.5.4 Параметры цепных линий для бриделя и швартова определяются по формулам (6.21)

$$a_б = \frac{H_б}{q_б \zeta_б} = \frac{569,0}{0,113 \cdot 9,81} = 513,27\,м,\ a_ш = \frac{H}{q_ш \zeta_ш} = \frac{569,0}{0,01 \cdot 9,81} = 5800,0\,м.$$

Ш.1.5.5 Вертикальные проекции свободных провесов бриделя $\zeta_б$ и швартова $\zeta_ш$ вычисляются по формулам (6.40)

$$\Omega = \frac{H_б l_б l_ш d}{H_б d(l_б + l_ш) + V_б l_б l_ш g} = \frac{569,0 \cdot 36,0 \cdot 50,0 \cdot 3,35}{569,0 \cdot 3,35(36,0 + 50,0) + 20,0 \cdot 36,0 \cdot 50,0 \cdot 9,81} = 6,6352\,м,$$

$$\zeta_б = \Omega\left[\frac{\zeta}{l_б} + \frac{l_б}{2a_б} + \frac{l_ш}{2a_ш} + \frac{G_б g}{H_б} + \frac{V_б(2\zeta - 2D_ф - d)g}{2H_б d}\right] =$$

$$= 6{,}6352\left[\frac{37}{50} + \frac{36}{2\cdot 513{,}27} + \frac{50}{2\cdot 5800} + \frac{7{,}06\cdot 9{,}81}{569{,}0} + \frac{20(2\cdot 37 - 2\cdot 18 - 3{,}35)9{,}81}{2\cdot 569{,}0\cdot 3{,}35}\right] =$$

$$= 17{,}28 \text{ м.}$$

$$\zeta_ш = \Omega\left[\frac{\zeta}{l_б} + \frac{l_б}{2a_б} + \frac{l_ш}{2a_ш} + \frac{G_б g}{H_б} + \frac{V_б(2\zeta - 2D_ф - d)g}{2H_б d}\right] =$$

$$= 6{,}6352\left[\frac{37}{36} + \frac{36}{2\cdot 513{,}27} + \frac{50}{2\cdot 5800} + \frac{7{,}06\cdot 9{,}81}{569{,}0} + \frac{20(2\cdot 37 - 2\cdot 18 - 3{,}35)9{,}81}{2\cdot 569{,}0\cdot 3{,}35}\right] =$$

$$= 19{,}72 \text{ м.}$$

Условие $\zeta = \zeta_б + \zeta_ш = 17{,}28 + 19{,}72 = 37{,}0$ м выполняется.

Ш.1.5.6 Тангенсы углов наклона швартова и бриделя при креплении к судну, бочке и якорю вычисляются по формулам (6.22)-(6.26):

$$tg\alpha_1 = \left(\frac{\zeta_б}{l_б} - \frac{l_б}{2a_б}\right) = \left(\frac{17{,}28}{36} - \frac{36}{2\cdot 513{,}27}\right) = 0{,}44493,$$

$$tg\alpha_2 = \left(\frac{\zeta_б}{l_б} + \frac{l_б}{2a_б}\right) = \left(\frac{17{,}28}{36} + \frac{36}{2\cdot 513{,}27}\right) = 0{,}51507,$$

$$tg\alpha_3 = \left(\frac{\zeta_ш}{l_ш} - \frac{l_ш}{2a_ш}\right) = \left(\frac{19{,}72}{50} - \frac{50}{2\cdot 5800}\right) = 0{,}3901,$$

$$tg\alpha_4 = \left(\frac{\zeta_ш}{l_ш} + \frac{l_ш}{2a_ш}\right) = \left(\frac{19{,}72}{50} + \frac{50}{2\cdot 5800}\right) = 0{,}3987.$$

Величины соответствующих косинусов углов $\alpha_1 - \alpha_4$ составляют: $\cos\alpha_1 = 0{,}9136$, $\cos\alpha_2 = 0{,}889$, $\cos\alpha_3 = 0{,}9316$, $\cos\alpha_4 = 0{,}929$.

Ш.1.5.7 Полное усилие натяжения бриделя у якоря $S_{бк}$ и бочки $S_{бб}$, а также суммарное усилие натяжения швартовов у бочки $S_{шб}$ и клюза судна $S_{шк}$ находятся по формулам (6.18), (6.28), (6.29):

$$S_{бя} = \frac{H_б}{\cos\alpha_1} = \frac{569,0}{0,9136} = 622,9кН(63,5тс),$$

$$S_{бб} = \frac{H_б}{\cos\alpha_2} = \frac{569,0}{0,889} = 640,6кН(65,3тс),$$

$$S_{шк} = \frac{H_{бt}}{\cos\alpha_4} = \frac{569,0}{0,929} = 612,1кН(62,4тс).$$

Ш.1.5.8 Вертикальная составляющая натяжения бриделя у якоря вычисляется по формуле (6.30):

$$V_{бя} = н_б tg\alpha_1 = 569,0 \cdot 0,44493 = 253,1кН \ (25,8 тс).$$

Для кормовых ЯШС аналогичная нагрузка $H_б$=569,0 кН (58,0 тс) превышает усилие затопления бочки 435,5 кН (44,4 тс). В этом случае расчеты выполняются для расчетной схемы полного использования плавучести бочки.

Ш.1.5.9 Параметры цепных линий для швартова и бриделя $a_ш$ и $a_б$ аналогичны предыдущему расчету.

Ш.1.5.10 Вертикальные проекции свободных провесов бриделя и швартова вычисляются по формулам (6.37):

$$\zeta_б = \frac{l_б l_ш}{l_б + l_ш}\left[\frac{\zeta}{l_ш} - \frac{l_б}{2a_б} - \frac{l_ш}{2a_ш} - \frac{(G_б - V_б)g}{H_б}\right] =$$

$$= \frac{36 \cdot 50}{36+50}\left[\frac{27}{50} - \frac{36}{2 \cdot 513,27} - \frac{50}{2 \cdot 5800} - \frac{(7,06-20)9,81}{569,0}\right] = 15,15 м.$$

$$\zeta_ш = \frac{l_б l_ш}{l_б + l_ш}\left[\frac{\zeta}{l_б} + \frac{l_б}{2a_б} + \frac{l_ш}{2a_ш} + \frac{(G_б - V_б)g}{H_б}\right] =$$

$$= \frac{36 \cdot 50}{36+50}\left[\frac{27}{36} + \frac{36}{2 \cdot 513,27} + \frac{50}{2 \cdot 5800} + \frac{(7,06-20)9,81}{569,0}\right] = 11,85 м.$$

Условие $\zeta = D_ф + \zeta_{шо}$=18,0+9,0=27 м = $\zeta_б + \zeta_ш$=15,15+11,85=27 м выполняется.

Ш.1.5.11 Тангенсы углов наклона бриделя и швартова у якоря, бочки и судна вычисляются по формулам (6.22)-(6.26)

$$tg\alpha_1 = \left(\frac{\zeta_б}{l_б} - \frac{l_б}{2a_б}\right) = \left(\frac{15{,}15}{36} - \frac{36}{2\cdot 513{,}27}\right) = 0{,}38576,$$

$$tg\alpha_2 = \left(\frac{\zeta_б}{l_б} + \frac{l_б}{2a_б}\right) = \left(\frac{15{,}15}{36} + \frac{36}{2\cdot 513{,}27}\right) = 0{,}4559,$$

$$tg\alpha_3 = \left(\frac{\zeta_ш}{l_ш} - \frac{l_ш}{2a_ш}\right) = \left(\frac{11{,}85}{50} - \frac{50}{2\cdot 5800}\right) = 0{,}2327,$$

$$tg\alpha_4 = \left(\frac{\zeta_ш}{l_ш} + \frac{l_ш}{2a_ш}\right) = \left(\frac{11{,}85}{50} + \frac{50}{2\cdot 5800}\right) = 0{,}2413.$$

Соответствующие косинусы бриделя и швартова составляют: $\cos\alpha_1$=0,933, $\cos\alpha_2$=0,91, $\cos\alpha_3$=0,974, $\cos\alpha_4$=0,972.

Ш.1.5.12 Полные величины усилий в бриделе и швартове вычисляются по формулам (6.18), (6.28), (6.29):

$$S_{бя} = \frac{H_б}{\cos\alpha_1} = \frac{569{,}0}{0{,}933} = 610{,}2кН(62{,}2\ тс),$$

$$S_{бб} = \frac{H_б}{\cos\alpha_2} = \frac{569{,}0}{0{,}91} = 624{,}9кН(63{,}7\ тс),$$

$$S_{шк} = \frac{H_б}{\cos\alpha_4} = \frac{569{,}0}{0{,}972} = 585{,}6кн(59{,}7\ \ тс).$$

Ш.1.5.13 Вертикальная составляющая усилий в бриделе у якоря вычисляется по формуле (6.30):

$$V_{бя} = H_б tg\alpha_1 = 569{,}0 \cdot 0{,}38576 = 219{,}7кН\ \ (22{,}4\ тс).$$

Ш.1.5.14 Аналогично выполняются расчеты усилий в отдельных элементах ЯШС для других величин горизонтальной нагрузки при различных параметрах гидрометеоусловий и состояний загрузки судна.

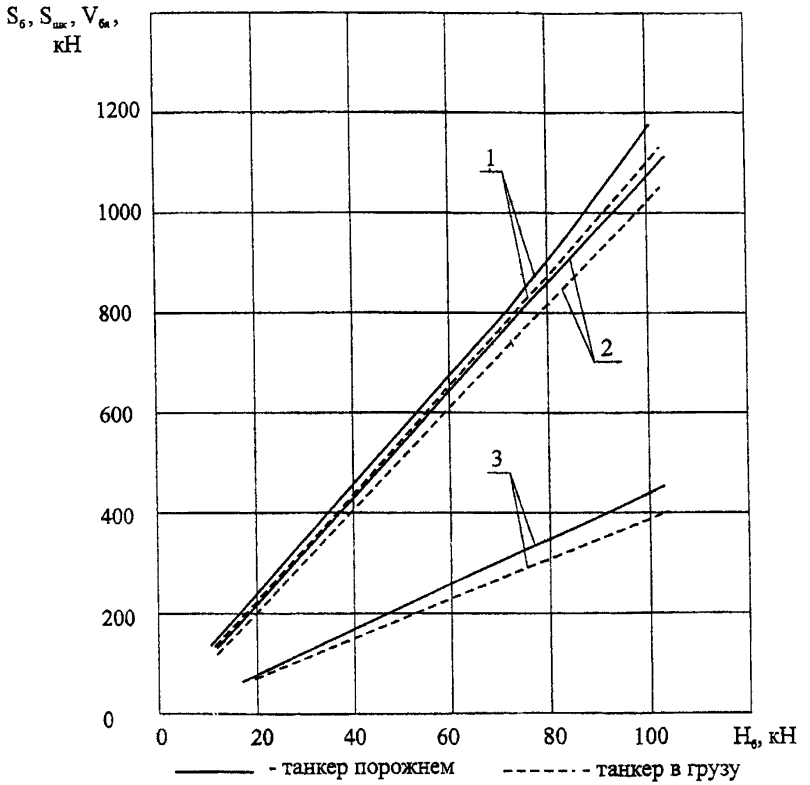
На основании полученных данных для различных ЯШС строятся графики зависимости полных усилий в бриделе и швартовах, а также величины вертикальной нагрузки на якорь от величины распора H_6. Графики перечисленных усилий приведены на рисунках Ш.3, Ш.4.

Ш.1.5.15 Зависимости полных величин усилий в элементах ЯШС от скоростей ветра (с учетом волнения и течения) определяются по данным таблицы Ш.7 с учетом графиков на рисунках Ш.3, Ш.4. Для этого по величине распора, соответствующего рассмотренным гидрометеоусловиями и загрузке судна, по графикам на рисунках Ш.3, Ш.4 находятся соответствующие усилия в элементах ЯШС. Например, для распора Н=569,0 кН (58,0 тс), соответствующего действию ветра со скоростью 15 м/с и волнения высотой 2,46 м полные усилия в швартовах кормовой ЯШС при стоянке судна порожнем составляет 585,6 кН (59,7 тс).

По указанным данным строятся графики зависимости полных величин усилий в швартовах, бриделе и вертикальных нагрузок на якорь от скорости ветра, которые используются в дальнейшем для определения допускаемых гидрометеоусловий стоянки судна. Для рассмотренного примера расчета графики зависимости усилий в элементах ЯШС приведены на графиках рисунков Ш.5-Ш.8.

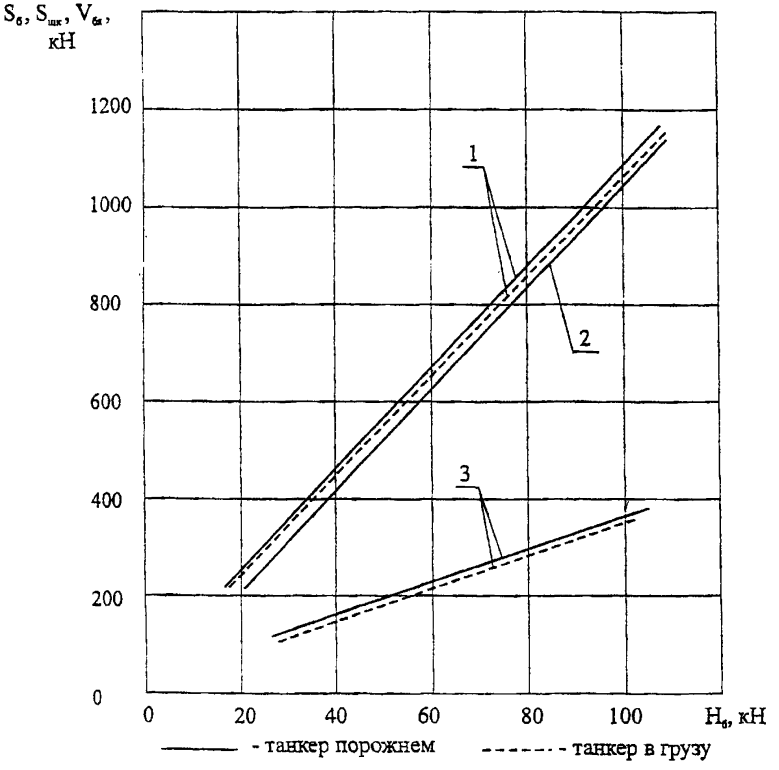
Ш.1.6 Допускаемые гидрометеоусловия стоянки судна определяются исходя из условий не превышения допускаемых усилий в отдельных элементах ЯШС (швартовных канатах, бриделе) и держащей способности якорей рейдовых бочек.

Ш.1.6.1 Допускаемые усилия в швартовных канатах и бриделе определяются аналогично рейдовым стоянкам на одиночных бочках согласно 6.1.3.20. Коэффициенты запаса прочности в швартовах и бриделе принимаются в соответствии с таблицей Н.1 Приложения Н. При заведении на швартовную бочку нескольких швартовных канатов допускается принимать равномерное распределение усилий между отдельными канатами.



1 - усилие в бриделе; 2 - усилие в швартове; 3 - вертикальная нагрузка на якорь

Рисунок Ш.3 - Графики зависимостей полных усилий в бриделе $S_б$,кН, швартове $S_{шк}$, кН, и вертикальных нагрузок на якорь $V_{бя}$, кН, для носовых ЯШС от величины распора $H_б$, кН



1 - усилие в бриделе; 2 - усилие в швартове; 3 - вертикальная нагрузка на якорь

Рисунок Ш.4 - Графики зависимости полных усилий в бриделе $S_б$,кН, швартове $S_{шк}$, кН, и вертикальных нагрузок на якорь $V_{бя}$, кН, для кормовых ЯШС от величины распора $H_б$, кН

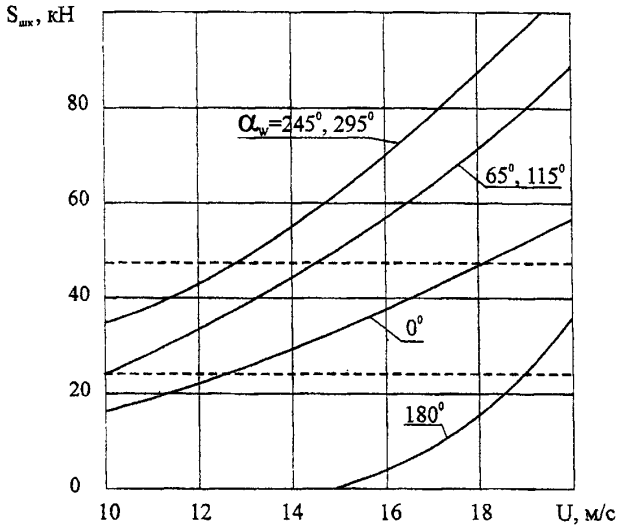
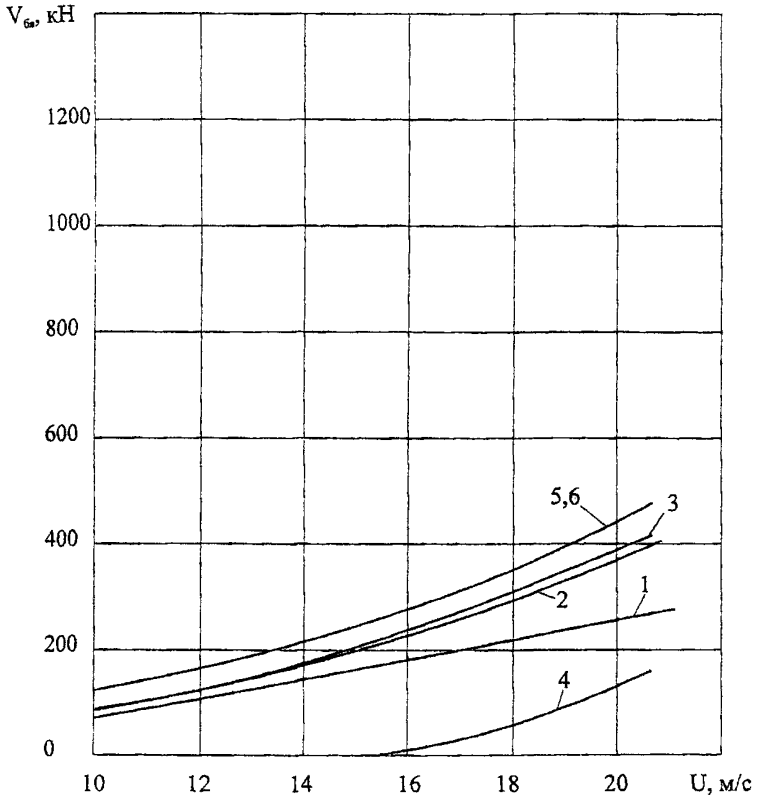


Рисунок Ш.5 - Графики зависимости полных усилий в швартовных канатах $S_{шк}$, кН для судна порожнем от осредненной скорости ветра U, м/с



1 – угол подхода ветра $\alpha_w=0^0$; 2- $\alpha_w=65^0$; 3 - $\alpha_w=115^0$; 4 - $\alpha_w=180^0$; 5 - $\alpha_w=245^0$; 6 - $\alpha_w=295^0$

Рисунок Ш.6 – Графики зависимости вертикальных нагрузок на якоря, $V_{бя}$, кН, носовых ЯШС от осреднённой скорости ветра U, м/с

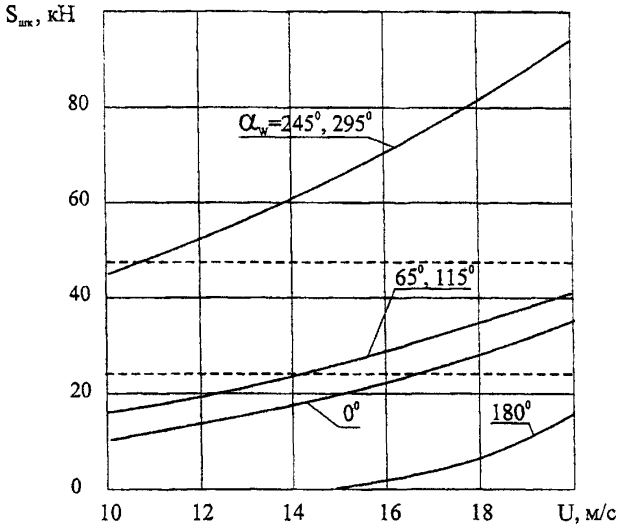
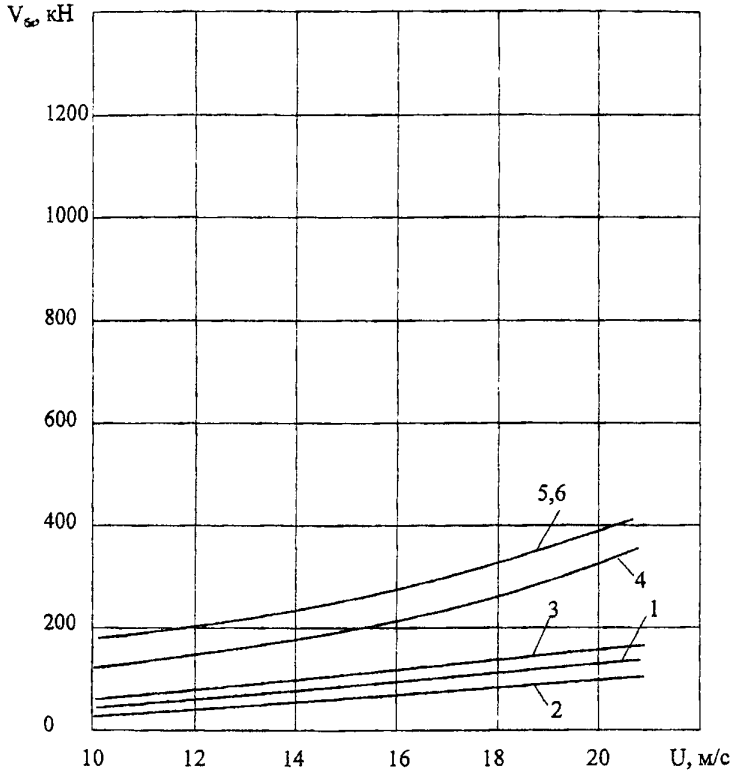


Рисунок Ш.7 - Графики зависимости полных усилий в швартовных канатах $S_{шк}$, кН для судна в грузу от осредненной скорости ветра U, м/с



1 – угол подхода ветра $\alpha_w=0^0$; 2- $\alpha_w=65^0$; 3 - $\alpha_w=115^0$; 4 - $\alpha_w=180^0$; 5 - $\alpha_w=245^0$; 6 - $\alpha_w=295^0$

Рисунок Ш.8 – Графики зависимости вертикальных нагрузок на якоря, $V_{бш}$, кН, кормовых ЯШС от осредненной скорости ветра U, м/с

В рассматриваемом примере расчета для швартовки судна используются синтетические канаты окружностью 175 мм с разрывным усилием 556,4 кН (56,72 тс).

Коэффициент запаса прочности синтетических канатов согласно таблице Н.1 Приложения Н равен $k_{ш}$=5,0. Соответственно допускаемое усилие в одном канате составляет – 117,7 кН (12,0 тс).

В рассматриваемой схеме рейдового причала на носовые бочки и кормовую бочку, установленную с правого борта судна (со стороны моря) заведено по четыре ветви швартовного каната, а на кормовую бочку, установленную с левого борта (со стороны берега) - две ветви швартовного каната. Соответственно, суммарная допускаемая нагрузка на носовые ЯШС и кормовую ЯШС правого борта составляет – 470,9 кН (48,0 тс), а на кормовую ЯШС левого борта –235,4 кН (24,0 тс). В случае наличия на судне дополнительных швартовов и возможности заведения на кормовую ЯШС левого борта также четырех ветвей каната, допускаемая нагрузка на нее также будет составлять 470,9 кН (48,0 тс).

Коэффициент запаса прочности бриделя в рассматриваемом случае, согласно таблице Н.1 Приложения Н, равен 3,0. Допускаемое усилие для принятого бриделя из цепи калибром 78 мм категории 2 с разрывным усилием 3159,8 кН (322,1 тс) составляет 1053,6 кН (107,4 тс). Сопоставление допускаемых усилий в швартове и бриделе показывает, что наиболее слабым элементом ЯШС, определяющим условия стоянки судна, являются его табельные швартовные канаты, заведенные на рейдовые бочки.

Непревышение допускаемых усилий в швартовах (с коэффициентом запаса 5,0) обеспечивает безопасную стоянку судна. Однако их превышение не означает немедленного обрыва швартовов, а свидетельствует о возрастании риска стоянки судна и целесообразности его отвода от причала. Для оценки предельно допускаемых условий, при которых отвод судна необходим, допускается использовать меньшие коэффициенты запаса прочности швартовов, не менее 3,5.

При коэффициенте запаса 3,5 допускаемое усилие в швартовах составляет:

- для носовых и кормовой ЯШС правового борта с четырьмя швартовами – 627,8 кН (64,0 тс);

- для кормовой ЯШС левого борта с двумя швартовами – 313,9 кН (32,0 тс).

Ш.1.6.2 Для удержания танкера с учетом не превышения допускаемых усилий в ЯШС целесообразно принимать массу якорей рейдовых бочек, обеспечивающую проползание якорей при превышении допускаемых усилий в швартовах.

Для величины допускаемого усилия в швартовах 627,8 кН (64 тс) в соответствии с графиками на рисунках Ш.3, Ш.4 для наиболее нагруженных носовых ЯШС горизонтальная нагрузка составляет H=725,9 кН (74,0 тс), а вертикальная нагрузка на якорь - $V_я$=313,9 кН (32,0 тс).

Масса якоря в воздухе предварительно принимается согласно 6.1.3.27 по формуле (6.41)

$$G_я = \frac{H_я}{k_я} + V_я = \frac{725,9}{0,75} + 313,9 = 1282,2 кН \text{ (масса якоря – 130,7 т)},$$

где $k_я$ - коэффициент держащей силы призматического якоря, принимаемый по таблице 6.3 для илистых грунтов равным $k_я$=0,75.

Масса якоря принимается по данным таблицы Е.1 Приложения Е. В рассматриваемом случае ближайшим (большим по массе) якорем является якорь ЯП-150 массой 150 т. Данный якорь превышает по массе принятый ранее на предварительной стадии определения элементов рейдового оборудования якорь ЯП-125.

Масса якоря уточняется, исходя из условий устойчивости на сдвиг и опрокидывание по формулам (6.42), (6.43)

$$K_{сд} = \frac{G_я^в\left(f + k_{прис}\right)g - S_{бк} f \sin\alpha + F_x c}{S_{бк}\cos\alpha} =$$

$$= \frac{G_я^в\left(f + k_{прис}\right) - V_x f + F_x c}{H_б} = \frac{90(0,132 + 0,2)9,81 - 313,9 \cdot 0,132 + 36,0 \cdot 15,7}{725,9} = 1,125,$$

$$k_0 = \frac{0{,}5G_я^в(1+k_{прис})b \cdot g}{S_{бя}(H\cos\alpha + 0{,}5b\sin\alpha)} = \frac{0{,}5 \cdot 90(1+0{,}2)6 \cdot 9{,}81}{725{,}9(2 \cdot 0{,}925 + 0{,}5 \cdot 6 \cdot 0{,}38)} = 1{,}35.$$

Рассматриваемый рейдовый причал, учитывая временный характер его эксплуатации, может быть отнесен к IV классу капитальности.

Нормативные значения коэффициентов запаса устойчивости якорей для такого причала согласно 6.1.3.28 составляют $[k_{сд}]$=1,1, $[k_0]$=1,2, т.е. якорь ЯП-150 удовлетворяет требованиям удержания танкера при заданных усилиях. Причем использование таких якорей исключает возможность перегрузки швартовов, за счет проползания якорей при превышении предельно допускаемого усилия 784,8 кН (80 тс).

При ограничении гидрометеоусловий стоянки судна, исходя из непревышения допускаемых усилий в швартовах с коэффициентом запаса прочности 5,0 (суммарное допускаемое усилие в ЯШС – 470,9 кН (48 тс) массу якорей целесообразно снизить до 75 т и использовать якоря ЯП-75. Применение якорей более тяжелых, чем якоря ЯП-150 нецелесообразно, т.к. при большей держащей силе якорей возможна перегрузка швартовных канатов танкера.

Ш.1.6.3 Допускаемые гидрометеоусловия стоянки танкера у рейдового причала определяются по графикам зависимости усилий в швартовных канатах от скорости ветра (с учетом волнения и течения), приведенным на рисунках Ш.5-Ш.8, с учетом величины допускаемых усилий в швартовных канатах и держащей силы якорей ЯП-150, определенных выше в Ш.1.6.1 и Ш1.6.2. В соответствии с Ш.1.6.1 определяются два значения допускаемых скоростей ветра:

- для безопасной стоянки танкера у причала (соответствующих допускаемым усилиям в швартовных канатах с коэффициентом запаса прочности 5,0);

- предельно допускаемые скорости ветра, при достижении или превышении которых необходим отвод танкера от причала (соответствующие держащей силе якорей рейдовых бочек и усилиям в швартовах с минимально допустимым коэффициентом запаса прочности в швартовах - 3,5).

Допускаемые гидрометеоусловия определяются для различных направлений действия ветра, волнения и течения и загрузки судна. Для определения допускаемых скоростей ветра на графиках на рисунках Ш.5-Ш.8 по оси ординат откладывается величина допускаемых усилий в канате или держащей силы якоря и находятся соответствующие значения допускаемых скоростей ветра на оси абсцисс. Для рассмотренного примера расчета определение допускаемых скоростей ветра сведено в таблицу Ш.9.

Для действия ветра вдоль ДП в корму танкера под углом 0^0, а также для ветра с берега под углом 65^0 допускаемые скорости ветра определялись, в основном, по наименее прочной кормовой ЯШС левого борта с двумя ветвями швартовного каната. В скобках приведены величины допускаемых скоростей ветра в случае заведения на кормовую ЯШС левого борта дополнительных канатов (одного сдвоенного каната).

В таблице Ш.9 приведены величины осредненных (анемометрических) скоростей ветра. Допускаемые скорости ветра в порывах определяются умножением осредненных скоростей ветра на средний коэффициент порывистости 1,3.

Т а б л и ц а Ш.9 - Допускаемые осредненные (анемометрические) скорости ветра, м/с, для стоянки танкера у рейдового причала

Направление ветра, течения и волн	Судно порожнем		Судно в грузу	
	стоянка судна	отход судна	стоянка судна	отход судна
0	12,5 (18,0)*	14,5 (21,0)	17,0(22,0)	19,5
65	10,0 (14,5)	11,5 (17,0)	14,5(21,0)	17,5(23,5)
115	14,5	17,0	21,0	23,5
180	20,5	21,5	22,5	24,0
245	13,0	15,0	11,0	15,0
295	13,0	15,0	11,0	15,0
Примечание - * в скобках приведены допускаемые скорости ветра при заведении на кормовую рейдовую бочку левого борта дополнительных швартовов				

В реальных условиях, учитывая изменчивость ветра по величине и направлению, сложно контролировать скорость ветра с точностью, указанной в таблице Ш.9. На практике целесообразно использовать более простую градацию допускаемых

скоростей ветра, например, в соответствии с обычной градацией штормовой готовности, принятой на флоте:

- "ветер-1" (скорость ветра более 25 м/с);

- "ветер-2" (скорость ветра 17-25 м/с);

- "ветер-3" (скорость ветра 12-17 м/с).

В соответствии с указанной градацией и данными таблицы Ш.9 при рассмотренной основной схеме швартовки (с заведением на кормовую бочку левого борта танкера одного сдвоенного швартова) безопасная стоянка танкера независимо от состояния загрузки допустима при осредненных скоростях ветра до 12 м/с. При объявлении штормовой готовности "ветер-3", действии ветра с берега (в борт) и стоянке судна порожнем, или при действии ветра с моря (в борт) и стоянке судна в грузу, судно должно быть отведено от причала. Для остальных направлений ветра и загрузки танкера при объявлении штормовой готовности "ветер-3" судно может не отходить от причала, но команда судна должна принимать меры по обеспечению возможности своевременного отвода судна от причала при усилении ветра. При объявлении штормовой готовности "ветер-2" судно в любом случае должно быть отведено от рейдового причала. В случае заведения на кормовую рейдовую бочку левого борта дополнительных швартовов стоянка судна порожнем при ветре с берега или в грузу при ветре с моря также может быть обеспечена при штормовой готовности "ветер-3", а отвод судна от причала - при штормовой готовности "ветер-2".

Ш.2 Задача №2

Ш.2.1 Определить параметры рейдового причала, обеспечивающие длительную (до 2-3 месяцев) стоянку рассмотренного выше судна водоизмещением 36000 т в заданном районе.

В соответствии с 5.4.13 при заданной продолжительности стоянки судна расчетные параметры гидрометеоусловий должны приниматься в соответствии с классом капитальности причала. Как отмечалось выше рассматриваемый рейдовый причал, учитывая временный характер его эксплуатации, может быть отнесен к IV

классу капитальности. В соответствии со СНиП 2.06.04-82*. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Госстрой СССР [29] в качестве расчетных целесообразно принимать внешние воздействия повторяемостью 1 раз в 25 лет. Для рассматриваемого района установки рейдового причала осредненная скорость ветра повторяемостью 1 раз в 25 лет в борт судна составляет 20 м/с.

Ш.2.2 В соответствии с результатами расчетов предыдущего примера, максимальная горизонтальная нагрузка на одну (носовую или кормовую) группу ЯШС при средней скорости ветра 20 м/с с учетом волнения интенсивностью 5 баллов (высота волн $h_{5\%}$=3,2 м, средняя длина - 50 м) и течения со скоростью 0,6 м/с при различной загрузке танкера составляет 961,4 кН (98,0 тс). Допускаемая нагрузка на одну ЯШС при заведении на бочку четырех ветвей табельных швартовных канатов танкера не превышает 470,9 кН (48,0 тс). Заведение на одну бочку большего количества канатов нецелесообразно. Требуется установка дополнительных рейдовых бочек. Расчетная схема рейдовой стоянки показана на рисунке Ш.9.

Ш.2.3 В предыдущем примере расчета рейдового причала с четырьмя рейдовыми бочками для крепления швартовных канатов на танкере задействованы практически все имеющиеся швартовные устройства (кнехты). В связи с этим для крепления швартовных канатов дополнительных рейдовых бочек могут использоваться либо буксирные устройства танкера, либо специальные схемы швартовки, при которых на одном кнехте танкера крепятся по две ветви швартовов. При этом необходимо исключить возможность перегрузки кнехтов за счет крепления на них швартовов различных ЯШС, направленных в разные стороны и т.п.

Учитывая ограниченное количество табельных швартовных канатов на танкере, дополнительные рейдовые бочки могут быть оборудованы собственными швартовами.

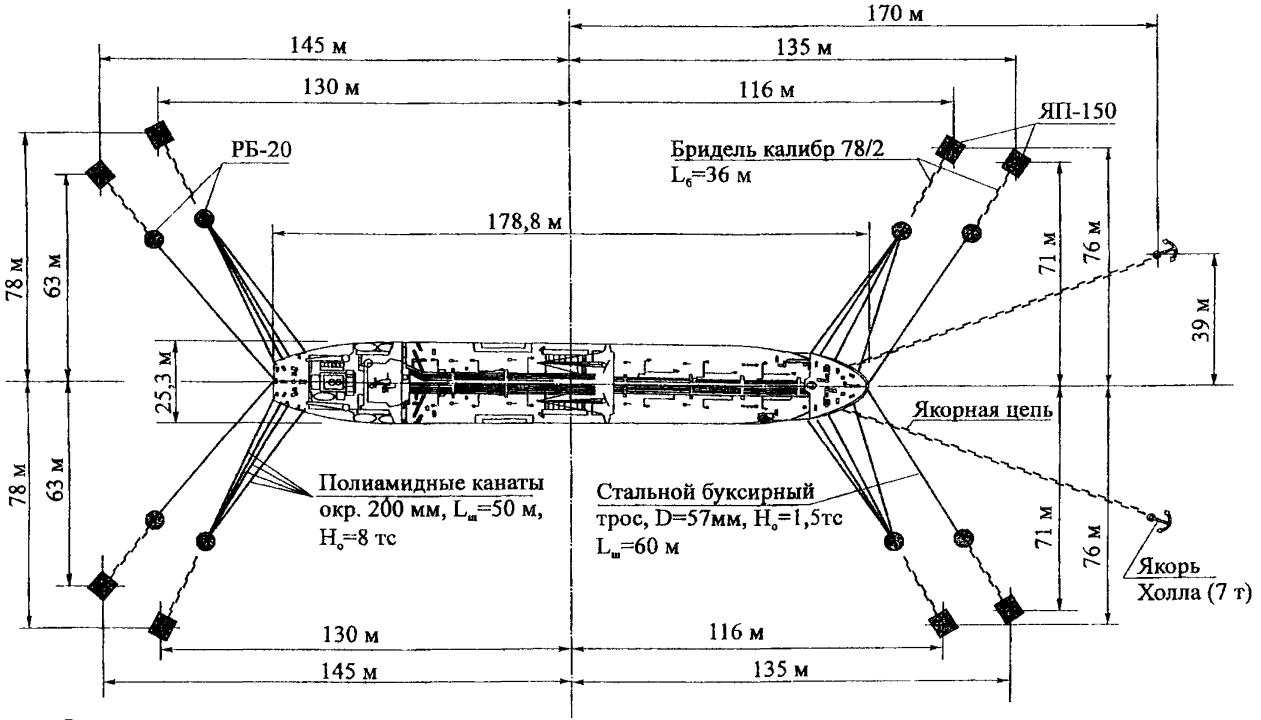


Рисунок Ш.9 – Расчетная схема многоточечного причала с 8 рейдовыми бочками

Ш.2.4 Одним из основных вопросов является обеспечение совместной работы всех ЯШС и равномерного распределения усилий между ними. Наиболее просто данный вопрос решается при швартовке танкера ко всем бочкам одинаковыми синтетическими канатами. В этом случае за счет большой податливости канатов, при их примерно одинаковой длине и углах наклона, обеспечивается относительно равномерное распределение усилий между отдельными ЯШС, даже с учетом неточности постановки якорей рейдовых бочек.

Существенно более сложным является вопрос равномерного распределения усилий при использовании более жестких стальных или цепных швартовов рейдовых бочек или использовании разнородных по конструкции швартовов.

Рассмотрим случай оборудования дополнительных рейдовых бочек в схеме на рисунке Ш.9 собственными одиночными швартовами из стального троса диаметром 57 мм с разрывным усилием порядка 1471,5 кН (150 тс), соответствующим табельным буксирным канатам расчетного танкера. Коэффициент запаса прочности для буксирных тросов принимается равным 3,0, т.е. допускаемое усилие в швартове для дополнительных бочек составляет 490,5 кН (50 тс). Схема швартовки танкера синтетическими канатами к основным бочкам и характеристики бочек, бриделей и якорей приняты аналогично предыдущему примеру расчета.

Ш.2.4.1 Вследствие различной жесткости синтетических и стальных канатов, заведенных на основные и дополнительные рейдовые бочки, обеспечение их совместной работы связано с определенными трудностями. Требуется подбор параметров дополнительных ЯШС (со стальными швартовами), при которых они включаются в работу тогда, когда в основных ЯШС (с синтетическими швартовами) возникают усилия, близкие к допускаемым 470,9 кН (48,0 тс). Причем целесообразно, чтобы допускаемые усилия в основных и дополнительных ЯШС 490,5 кН (50,0 тс) возникали примерно одновременно. В этом случае обеспечивается заданное требование обеспечения безопасной стоянки танкера при скоростях ветра до 20 м/с в борт танкера.

Ш.2.4.2 Допускаемые удлинения синтетических канатов обычно принимаются в пределах 20-25% начальной длины. Соответственно длину стальных швартовов дополнительных ЯШС целесообразно принимать больше начальной длины синтетических канатов (между клюзом танкера и бочкой) на указанную величину. При принятой ранее длине отдельных ветвей синтетических канатов порядка 50 м, длину стальных швартовов дополнительных бочек целесообразно принимать равной 60 м.

Ш.2.4.3 В случае сильной обтяжки стальных тросов, они будут сразу включаться в работу и совместная работа основных и вспомогательных ЯШС не будет обеспечена. Поэтому в начальном положении стальные швартовы дополнительных бочек должны быть обтянуты с минимальным усилием, например, порядка 10-20 кН (1-2 тс). Указанная величина обтяжки обеспечивается соответствующим удалением якорей дополнительных рейдовых бочек и фиксированной длиной стального швартова бочки.

Ш.2.4.4 Координаты установки якорей дополнительных бочек определяются аналогично координатам установки основных бочек в предыдущем примере расчета. В качестве исходных данных используются:

- длина стального швартова - $l_ш$=60 м;

- погонная масса стального швартова $q_ш$=0,013 т/пог.м;

- усилие начальной обтяжки стального швартова - H_0=15,0 кН (1,5 тс).

Параметры рейдовых бочек и бриделей приняты аналогичными предыдущему примеру расчета.

В результате вычисления по формулам (6.34)-(6.36) суммарная проекция свободных провесов бриделя и швартова для дополнительных ЯШС составляет:

- для носовой ЯШС при стоянке судна в балласте - 82,9 м;

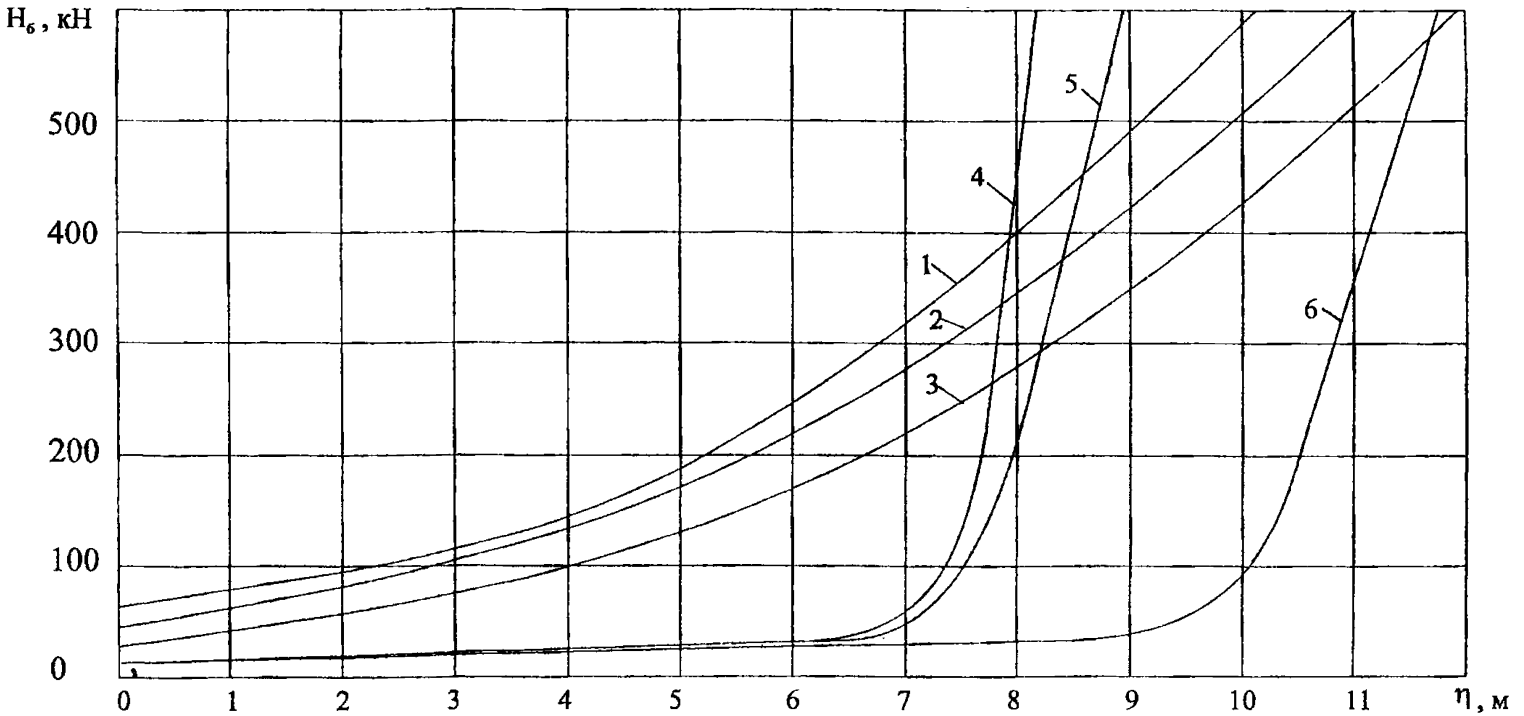
- для кормовой ЯШС при стоянке судна в балласте - 85,2 м.

Откладывая полученные расстояния от буксирных кипов в носу и корме под углом $\pm 60^0$, находим требуемые положения якорей дополнительных рейдовых бочек.

Ш.2.4.5 Для проверки обеспечения требуемого распределения усилий между основными и дополнительными ЯШС необходимо построение их жесткостных характеристик, т.е. зависимости величины усилия в связи от горизонтальных смещений клюза танкера. Расчеты жесткостных характеристик производятся по формулам (6.31)-(6.33).

Для этого задаются несколько значений распора $H_б$, превышающих значение распора $H_{об}$ при начальной обтяжке ЯШС. В рассматриваемом примере расчета $H_{об}$ = 78,5 кН (8 тс) для основных и $H_{об}$=15,0 кН (1,5 тс) для дополнительных ЯШС. Затем по формулам (6.37)-(6.40) для соответствующих распоров $H_б$ находятся вертикальные проекции провесов бриделей $\zeta_б$ и швартовов $\zeta_ш$, с учетом соответствия распора $H_б$ усилию при погружении бочки. С учетом полученных величин $\zeta_б$ и $\zeta_ш$ для каждого заданного значения распора $H_б$ по формулам (6.32), (6.33) находятся перемещения верхних концов бриделя $U_б$ и швартова $U_ш$, обусловленные изменением формы их провесов. К определенным значениям $U_б$ и $U_ш$ добавляется величина упругих удлинений синтетических или стальных канатов, соответствующие заданным распорам $H_б$, в результате сложения которых вычисляется окончательное значение перемещений клюза судна U. На основании полученных данных строятся зависимости $H_б = f(U)$. Для более точных расчетов возможно определение для каждого значения $H_б$ соответствующих величин полных натяжении швартова $S_{шк}$ и бриделя $S_{бб}$ и построение зависимостей $S_{шк}$=f(U), $S_{бб} = f(U)$.

Результаты расчетов жесткостных характеристик для рассмотренного примера расчета приведены на графиках на рисунке Ш.10. Полученные данные показывают, что принятые параметры рейдового причала с 8 бочками в целом



1 – носовые ЯШС с синтетическими канатами при стоянке танкера порожнем; 2 – кормовые ЯШС с синтетическими канатами; 3 – носовые ЯШС с синтетическими канатами при стоянке танкера в грузу; 4 – носовые ЯШС со стальным (буксирным) тросом при стоянке танкера порожнем; 5 – кормовые ЯШС со стальным тросом; 6 – носовые ЯШС со стальным тросом при стоянке танкера в грузу

Рисунок Ш.10 – Жесткостные характеристики якорно-швартовных связей рейдового причала с 8 бочками

удовлетворяют заданному требованию обеспечения стоянки танкера при скоростях ветра до 20 м/с в борт. Суммарные усилия в основных и дополнительных ЯШС (при достижении в каком-нибудь из них допускаемого усилия 490,5 кН (50 тс) составляют порядка 883,0-981,0 кН (90-100 тс).

Библиография

[1]	ВСП-33-01-00/МО РФ.- М., 2001 г.	Инструкция по расчету и проектированию якорных систем плавучих объектов ВМФ
[2]	ВНТП 01-78/ Минморфлота. - М.:ЦРИА "Морфлот", 1980 г.	Нормы технологического проектирования морских портов
[3]	СНиП 33-01-2002. Введен в действие постановлением Госстроя России от 30.06.2003г., №137	Строительные нормы и правила. Гидротехнические сооружения. Основные положения
[4]	РД 31.3.01.01-93. - М.: Союзморниипроект, 1993 г.	Руководство по технологическому проектированию морских портов

[5] Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. - Российский Морской Регистр Судоходства, СПб, 2000 г.

[6]	РБ.0001 ТУ 1985г. 1985г. В/часть 54034	Рейдовые бочки. Проект РБ.001. Технические условия
[7]	РБ.000 ТУ 1974г. 1974г. В/часть 54034	Рейдовые бочки. Проект РБ.000. Технические условия
[8]	ГОСТ 15150-69*	Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнение для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части взаимодействия климатических факторов внешней среды
[9]	ГОСТ 228-79*	Цепи якорные с распорками. Общие технические условия (группа Г-15)

[10] ТУ 5.211-0212-77 Цепи якорные повышенной прочности (категория 2) литые. 1977г. (группа Д-47). ОКП 64 1113

[11] ТУ 5.211-0334-80 Цепи якорные особой прочности (категория 3) литые

[12] ТУ 5.211-15406-76 Цепи якорные повышенной прочности (категория 2) электросварные. Сборочные единицы. 1977г. (группа Д-47)

[13] ТУ 5.211-15411-77 Цепи якорные особой прочности (категория 3) электросварные

[14] ГОСТ 1709-75* Лаки каменноугольные. Технические условия

[15] ГОСТ 3083-80* Канат двойной свивки конструкции 6×3((0+15+15)+7 о.с. Сортамент (группа В-75)

[16] ГОСТ 15037-69* Смазка для пропитки органических сердечников стальных канатов. Технические условия

[17] ГОСТ 20458-89 Смазка. Торсиол-55. Технические условия

[18] ГОСТ 3071-88* Канат стальной двойной свивки типа ТК конструкции 6×37 (1+6+12+18)+1 о.с. Сортамент (группа В-75)

[19] ГОСТ 7668-80 Канат двойной свивки типа ЛК-РО конструкции 6×36 (1+7+7/7+14)+1 о.с. Сортамент

[20] Правила эксплуатации и содержания рейдового оборудования Военно-Морского Флота. Введены в действие приказом Главнокомандующего ВМФ от 2000г. №301

[21] Морской Регистр Судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Том 1. - Морской Регистр Судоходства, Санкт-Петербург, 1995 г.

[22] П 58-76/ВНИИГ- Л.: ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева, 1977 г. Руководство по определению нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения (волновых, ледовых и от судов)

[23] РД 31.33.03-88.. - Минморфлот, М., В/О "Мортехинформреклама", 1989 г. Рекомендации по определению допустимых ветро-волновых условий при проектировании морских портов

[24] Инструкция по расчету держащей силы железобетонных якорей и якорных систем рейдовых стоянок. - М.: Минобороны, 1963 г.

[25] Рекомендации по выбору рациональных типов и определению держащей способности якорей для плавучих сооружений ВМФ.- М., Минобороны, 1971 г.

[26] Rules for Building and Classing Single Point Moorings. American Burean of Shipping, 1996

[27] Mooring Equipment Guidelines (second Edition – 1977) OCIMF

[28] ВСН 117-84 /Минобороны.– М.: Минобороны, 1985 г. Инструкция по проектированию одноточечных рейдовых плавучих причалов доля крупных кораблей ВМФ

[29] СНиП 2.06.04-86*– М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986 г. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)

[30] СНиП 2.01.07-85 - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987 г. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия. Госстрой СССР

[31] ГОСТ 30055-93 г.Минск. Издательство стандартов, 1994 г. Канаты из полимерных материалов и комбинированные. Технические условия. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации

УДК 627.211

Ключевые слова: рейдовый причал, рейдовая бочка, бридель, якорь, швартов, корабль, ветер, волны, течение, усилия, перемещения.

Начальник научно-исследовательского центра
26 Центрального научно-исследовательского института
Министерства обороны Российской Федерации Ю.В.Добрица

Руководитель разработки - ведущий научный сотрудник П.М.Кожевников

gost.e-ecolog.ru

Подписано к печати 10 октября 2005 г. Объем 17,25 п.л.
Формат 60x84/16 Заказ № 14/05