

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Дальневосточный государственный технический университет
(ДВПИ имени В.В.Куйбышева)**



**ОТБОЙНЫЕ УСТРОЙСТВА ПРИЧАЛОВ
ДЛЯ УСЛОВИЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ ПОРТОВ**

**Учебное пособие по курсу
Производство гидротехнических работ**

Корнюшин П. С.

**Владивосток
2008 г.**

СОДЕРЖАНИЕ

Название раздела	Стр.
Введение	4
1. История развития ОУ в портах ДВ России	9
2. Современные конструкции ОУ	
2.1.Перспективные типы ОУ и их крепление	23
2.2.Рекомендации по применению различных типов ОУ на причалах ДВ портов	49
3. Расчет энергии навала судна при подходе к сооружению	
3.1.Расчет энергии швартовки по СНиП 2.06.04-82*	53
3.2.Расчет энергии швартовки по BS6349	64
4. Расчет и конструирование ОУ	
4.1.Общие вопросы проектирования ОУ	73
4.2.Определение шага и схемы навески ОУ	88
4.3.Определение параметров подвески ОУ	94
4.4.Элементы подвески ОУ	99
5. Требования к материалам и монтажу, обеспечивающие долговечность ОУ (приемка элементов ОУ в эксплуатацию)	
5.1.Методика испытаний и допуски при изготовлении и установке ОУ	108
5.2.Анализ напряженного состояния ОУ при сжатии на стенде	112
5.3.Требования к типовому ОУ с использованием Д400	119
6. Варианты ремонта дефектных ОУ и установки новых при реконструк- ции	125
7. Вопросы для самоконтроля	129
Список литературы	132
Приложения	
1. Характеристики судов	134
2. Характеристики зарубежных ОУ	137
3. Данные по элементам цепей и их характеристикам	149
4. Варианты конструктивных решений ОУ	156

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ОУ - отбойное устройство;

ДВ – Дальний Восток (России)

лк – линия кордона причала;

НРП - Находкинский рыбный порт;

Правила ТЭ - Правила технической эксплуатации портовых сооружений и акваторий;

НМТП - Находкинский морской торговый порт;

НСРЗ - Находкинский судоремонтный завод;

БАМР - База активного морского рыболовства (Находка);

ВМТП - Владивостокский морской торговый порт.

НЖБФ – Находкинская жестяно-баночная фабрика

ВВ – ЗАО Восточные Ворота (Приморский завод п.Находка)

Д400 – ОУ типа резиновый цилиндр с внешним диаметром 400 мм

Д1000 – то же 1000 мм

ВВЕДЕНИЕ

Побережьем Дальнего Востока считается береговая линия от Посыета до Тикси протяженностью более 10 тысяч километров. На этом побережье, согласно анализу, выполненному ДНИИМФом [1], расположены 32 морских порта, включая 22 торговых, 10 рыбных, а так же около 300 небольших портов, портовых пунктов и гаваней, имеющих локальное значение. Наибольшее значение из дальневосточных портов имеют лишь порты с круглогодичной навигацией и потенциальным грузооборотом не менее 1 млн. тонн. Это Владивосток, Находка, Восточный и Посыт – в Приморском крае, Ванино – в Хабаровском крае, Холмск и Корсаков на Сахалине, Магадан в Магаданской области и Петропавловск-Камчатский – на Камчатке. Через эти порты проходит более 95% всех грузопотоков Дальнего Востока. Перечисленные порты имеют протяженность причальной линии около 70 километров. Линия кордона данных портов в той или иной степени оборудована отбойными устройствами (далее – ОУ). Таким образом, на длине причальной линии на Дальнем Востоке имеется около 15 тысяч штук ОУ.

После 1994 года, в связи с передачей в собственность государства причальной линии всех крупных российских портов, изменилась схема взаимоотношений собственников, занимающихся эксплуатацией гидротехнических сооружений портов. Все акционерные общества, использующие причальную линию в своей деятельности, обязаны проходить государственную аккредитацию. Представительные функции собственника причальной линии – государства возложены на морские администрации портов (МАПы). Работники морских администраций портов осуществляют постоянный надзор за правильностью эксплуатации портовых гидротехнических сооружений. Во многих портах производится текущий ремонт причалов, призванный обеспечить поддержание их технического состояния и соответственно высокую производительность. Таким образом, передача причальной линии в собственность государства сыграла положительную роль в решении проблем эксплуатации причальных гидротехнических сооружений дальневосточных портов. В процессе проведения текущего ремонта причалов, как правило, производится ремонт дефектов стенки в переменном горизонте, восстановление поверхности и исправление дефектов бетонной надстройки и переустановка либо установка новых ОУ взамен оборванных или пришедших в негодность.

Вместе с тем обследования технического состояния причальных сооружений, проводимые в прошлом и настоящем в дальневосточных портах, выявляют большое количество дефектов ОУ. Прежде всего, анализ их состояния

показывает, что обрыв ОУ не является каким-то исключительным случаем. Зачастую они обрываются уже на новых причалах через год-два эксплуатации.

В связи с вышеизложенным, достаточно актуальным является вопрос улучшения технического состояния ОУ, применяющихся в портах Дальнего Востока, а так же правильный выбор вновь устанавливаемых ОУ. Это необходимо для того, что бы улучшить экономические показатели их использования, что особенно важно в связи с развитием процесса реконструкции дальневосточных портов.

Пик строительства дальневосточных портов приходится на период 1965 – 1975 годы (только в 1972 году было сдано 1200 м причальной линии). Отсюда, учитывая срок эксплуатации причалов в условиях названных портов, можно считать 2010 – 2020 годы периодом потребности в интенсивной реконструкции их причальной линии. Подобная реконструкция кроме всего прочего так же будет связана с установкой ОУ, которые должны обладать набором качеств, гарантирующих высокую эффективность и долговечность.

Из всех разновидностей ОУ, представленных в литературе широкое использование на причалах дальневосточных портов нашли следующие:

- ОУ на основе резинового цилиндра Д400 длиной 2 м и внешним диаметром в несжатом состоянии 400 мм, причем данный цилиндр используется как вместе с деревянной рамой из трех брусьев размером 24×24 мм каждый, так и без рамы;
- ОУ на основе резинового цилиндра Д1000 длиной 1 м и диаметром в несжатом состоянии 1000 мм, который подвешивается без деревянной рамы. Как показывает анализ ОУ Д400 и Д1000 могут использоваться до глубины у причала 9,75 м.

По сравнению с таким однообразием отечественных ОУ продукция ведущих зарубежных фирм выглядит весьма внушительно. Так фирмой Sumitomo Rubber (Япония) могут изготавливаться около 10 разных типов ОУ - для разных условий эксплуатации и финансовых возможностей (см. приложение 2). Согласно каталогам данной фирмы по основным типам ОУ предусмотрены около 20 типоразмеров (обычно от 150 мм до 2500 мм) при этом каждый отбойник может изготавливаться из 6 типов резины, которая отличается разной жесткостью (от 60 до 150% от нормальной). Кроме выпуска непосредственно отбойников зарубежные фирмы занимаются разработкой и изготовлением элементов крепления, которые предназначены для установки ОУ при бетонировании надстройки и на существующей надстройке, в том числе и под водой. Так же зарубежными фирмами изготавливаются высокопрочные гальванизированные цепи для подвески ОУ и скобы, которые соединяются с цепью в любом месте.

В настоящее время в некоторых дальневосточных портах осуществляется замена старых ОУ из цилиндров Д400 и Д1000 на новые трапецидального профиля импортного производства. Трапецидальные устройства устанавливаются при помощи анкерных закладных болтов с фасадной грани надстройки. По зарубежным данным трапецидальные отбойники обладают улучшенными эксплуатационными характеристиками по сравнению с цилиндрическими. По данным рекламной информации зарубежных фирм, являющихся основными производителями резиновых элементов отбойных устройств в мире, выпуск трапецидальных и комбинированных устройств не отменяет потребности в обычных полых цилиндрах, подвешиваемых на цепях. Однако, опыт долговременной эксплуатации трапецидальных амортизаторов в условиях Дальнего Востока России отсутствует. В настоящее время в Дальневосточном регионе освоен выпуск резиновых трапецидальных ОУ типа V 600Н 2000L.

В связи с развитием процесса реконструкции и ремонта дальневосточных портов, которые обязательно предполагают обновление причальной линии, становится актуальным вопрос о сравнительных характеристиках ОУ различных типов и том числе таких, которые являются перспективными для развития ДВ портов. При выборе и обосновании размеров ОУ для наших портов необходимо учитывать природные и принятые в практике особенности работы данных устройств, такие как – малая высота прилива, горизонтальное однорядное расположение, особенности швартовки.

Отбойные устройства (ОУ) предназначены для защиты корпуса судна и причала от повреждений при подходе и стоянке судна у причала. При помощи ОУ обеспечивается минимальное расстояние между судном и конструктивными элементами сооружения. Однако при использовании ОУ невозможно предотвратить повреждения сооружений и судов при нарушении правил эксплуатации и, в частности, при превышении допустимой скорости судна при швартовке.

По данным мировой и отечественной статистики, более 30 % всех навигационных аварий морских судов происходит на акватории портов [2] (рис.В.1) т.е. значительно больше, чем на других судоходных участках. Преобладающими среди них являются аварийные навалы (рис.В.2), абсолютное большинство которых происходит в процессе швартовных операций. Еще более распространены навалы, по различным причинам не отнесенные к категории аварийных, но часто влекущие за собой значительные материальные потери. Поэтому, безотказность устройств обеспечивающих безопасность судна в порту играет значительную роль для снижения аварийности флота.

Основная причина аварийного навала – просчет судоводителя в определении допустимой силы соударения судна с объектом, к которому оно швартуется. Выражается это в завышении скорости движения в момент контакта, т.е. в неверной оценке маневренных качеств, прочности корпуса судна, прочности ОУ причала, воздействия ветра, течения и волнения, возможностей буксиров, ошибках в руководстве их работой и ходом швартовной операции в целом.

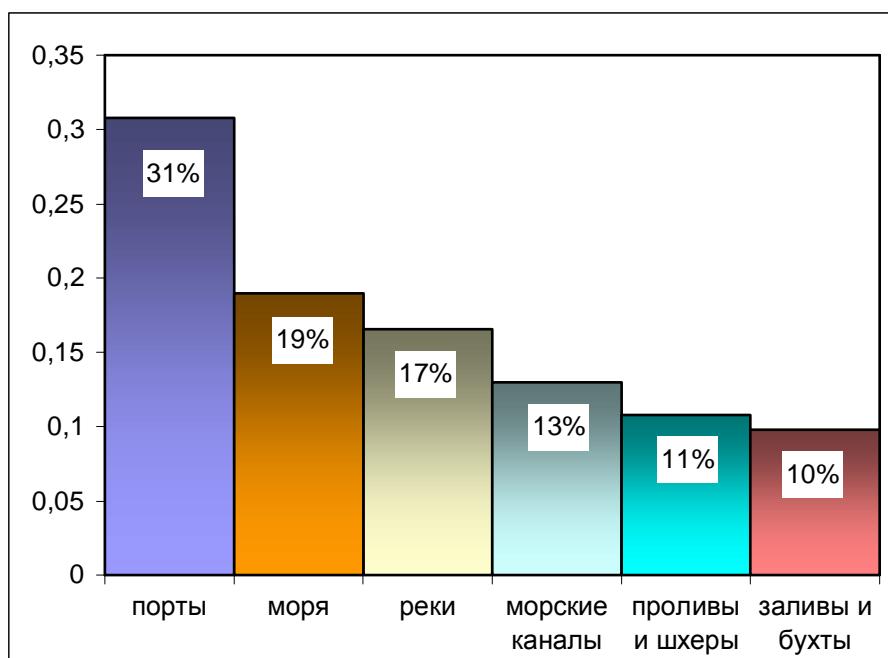


Рис.В.1 Распределение аварийности по различным районам плавания судов

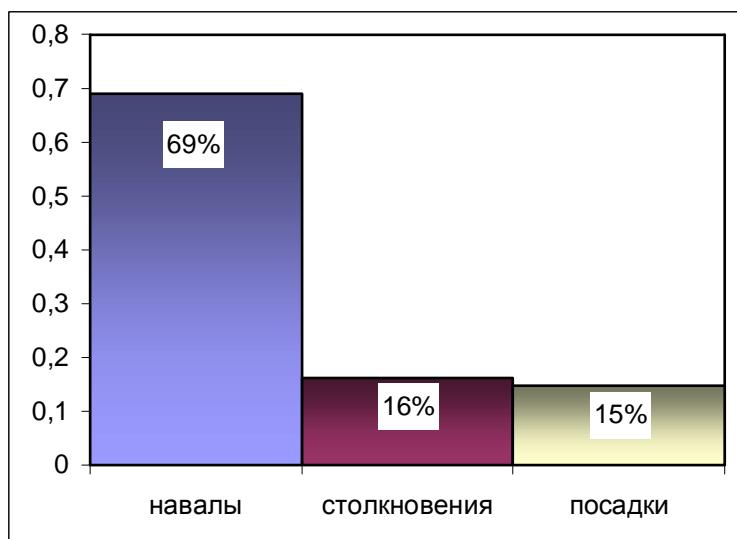


Рис.В.2 Распределение аварийности судов в портах по видам аварий

Общей тенденцией развития флота в области грузовых судов является стремление к повышению их провозной способности, достигаемой путем увеличения грузоподъемности, роста скорости и ускорения грузообработки в порту. Эти факторы влияют на выбор оборудования причальных сооружений. От величин грузоподъемности и скорости движения зависит сила навала причаливающего судна, передаваемая через ОУ на причал. Усилия навала зависят от ветровых и волновых нагрузок, воспринимаемых ошвартованным у причала судном, тем больших, чем больше его размерения, увеличивающиеся с увеличением грузоподъемности. И, кроме того, ускорение грузообработки судна увеличивает число подходов и отходов судов к причалу, а соответственно и количество случаев приложения нагрузок к ОУ причалов.

Для обеспечения сохранности причальных сооружений и предохранения борта судна от повреждений необходима правильная оценка явлений взаимодействия между ними. В частности, необходимы анализ работы тех приспособлений и устройств на причале, назначением которых является обеспечение нормального взаимодействия судна с причалом. Такими приспособлениями являются ОУ, через которые непосредственно передаются усилия при подходе судов и их стоянке у причалов, предохраняющие судно и причал от навалов, повреждений и истирания, а также швартовные приспособления, обеспечивающие безопасность стоящих у причалов судов, удобство и правильность грузовых и других операций. Для правильной оценки возможностей перспективных ОУ необходимо сравнение их качеств, таких как рабочие характеристики.

В дальневосточном регионе эксплуатация ОУ имеет свою специфику, которая определяет частоту выхода их из строя и, следовательно, затраты на их восстановление.

1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ОУ В ПОРТАХ ДВ РОССИИ

Отбойные приспособления могут быть двух типов: в виде жестких конструкций и типа амортизаторов. Жесткие отбойные приспособления только защищают от повреждений элементы причала, которые непосредственно соприкасаются с судном. В этом случае нагрузки от судов полностью воспринимаются конструкцией причальных сооружений. Отбойные приспособления типа амортизаторов кроме непосредственной защиты конструкций поглощают часть энергии швартующегося судна, в результате чего удается уменьшить усилия, которые передаются на сооружения от судов, облегчить конструкцию (в случае конструкции типа пирса) и уменьшить стоимость самого сооружения. Таким образом, при использовании даже относительно дорогого отбойного приспособления, в конечном счете, достигается экономия средств.

Деревянные отбойные приспособления.

Жесткие отбойные приспособления выполняются обычно из дерева и из металла. Наиболее простым видом отбойного приспособления из дерева являются рамы, лицевые брусья которых делаются вертикальными при значительных колебаниях уровня (которые характерны для некоторых районов севера Дальнего Востока) и горизонтальными при небольших колебаниях.

В портах юга Дальнего Востока в 50-е 60-е годы повсеместно использовались деревянные рамы с горизонтальным расположением брусьев (приложение 4.1), которые крепились при помощи закладных болтов к фасадной поверхности как на бетонных оголовках массивовых стенок, так и на стальной шпунт бульверков. В настоящее время сохранились остатки креплений этих рам на некоторых причалах постройки до 1970 года.

Главный недостаток ОУ из деревянных рам – жесткое крепление, которое выполнялось из стальных болтов и уголков. Суда, находящиеся в контакте с ОУ, испытывают постоянные динамические перемещения. Эти перемещения существуют даже в совершенно закрытой бухте и вызываются движением буксиров и многочисленными отражениями волн. Это обстоятельство со временем приводит к расшатыванию ОУ. Отверстия в деревянных брусьях увеличиваются, затем брусья раскалываются и ОУ приходят в негодность. Кроме этого дерево для изготовления брусьев (в основном – сосна) обладает низкой стойкостью к истиранию. Все это приводит к невысокой долговечности ОУ в виде деревянных рам.

Для уменьшения жесткости отбойные приспособления изготавливают из дерева и автопокрышек, бывших в употреблении. Деревянный пакет или щит из нескольких горизонтальных брусьев, сболченных между собой, подвешивают к стенкам причалов. Между пакетом и стенкой укрепляют несколько автопокрышек, подвешенных на тросах или цепях либо жестко прикрепленных к деревянному пакету с внутренней его стороны.

Отбойные приспособления этого типа обеспечивают удовлетворительную защиту сооружения на значительном участке и позволяют распределить на большую площадь ударную судовую нагрузку благодаря включению в работу одновременно нескольких амортизаторов – покрышек. Деревянные пакеты с покрышками устанавливают по всей длине причала с небольшими разрывами.

Подобные отбойные устройства в дальневосточных портах, за исключением речных причалов, большого использования не нашли, очевидно, из-за большой многодельности при изготовлении, малой долговечности и небольшой энергоемкости недостаточной для морских судов.

Эффективность применения отбойных приспособлений из пустых автопокрышек невелика. Целесообразнее применять автопокрышки, тугу набитые обрезками резины [34]. Покрышку-оболочку при помощи крестообразного держателя из листовой рессорной стали и болта крепят к бетонному фундаменту. Затем закрепленными за подъемную балку цепями с крючьями на концах разводят верхний борт покрышки-оболочки и заполняют ее раскроенными частями покрышек.

Металлические отбойные приспособления.

Данный вид отбойных приспособлений выполняют из стальных труб диаметром 15-20 см, сваренных в плоские рамы, которые подвешивают на цепях к причальным сооружениям [19]. В отечественной практике металлические отбойные приспособления применяют в речных портах. Жесткость таких отбойных приспособлений можно уменьшить, помещая между рамой и стенкой причала в качестве амортизаторов старые автопокрышки или специальные резиновые элементы. Кроме того, иногда предусматривают возможность смещения рамы при навале судна. При этом совершается работа, на которую расходуется энергия судна.

Так же нашли применение гибкие металлические конструкции в виде одиночных свай, палов и отбойных стенок. Их располагают перед фронтом причального сооружения, конструкция которого, будучи защищенной от воздействия судовых нагрузок, может быть значительно облегчена. Это особенно существенно при строительстве глубоководных причалов.

Упругие металлические отбойные приспособления, как правило, выполняют из вертикальных свай, которые свободно изгибаются при действии горизонтальных нагрузок, поглощая энергию навала судна. Обычно для их изготовления применяются стальные сварные и бесшовные трубы диаметром до 250 см, а так же сваи разнообразных прокатных профилей. Простейшим типом металлического отбойного пала является одиночная свая, снабженная защитным оголовком в зоне контакта с бортом судна. При работе в области упругих деформаций зависимость между горизонтальной нагрузкой и отклонением сваи линейна и определяется длиной, диаметром и толщиной стенок трубчатой сваи.

В морских портах Дальнего Востока отбойные устройства из стальных свай и подвесных стальных рам существенного применения не нашли.

Отбойные приспособления гравитационного типа.

Работа данных приспособлений основана на принципе превращения кинетической энергии подходящего к причалу судна в потенциальную энергию массивного тела, смещающегося одновременно в горизонтальном и вертикальном направлении, что обеспечивается специальной системой их крепления к причалу. Чаще всего это выполняется в виде массивной железобетонной рамы подвешенной на цепях к надстройке причала. Гравитационные отбойные устройства более дорогие по сравнению с деревянными или резиновыми, поэтому используются на причалах, обслуживающих крупнотоннажные суда.

Для смягчения удара при подходе судов малого водоизмещения лицевую грань гравитационных отбойных устройств целесообразно снабжать более податливыми резиновыми амортизаторами.

Единственным примером использования гравитационных отбойных устройств на причалах портов Дальнего Востока является отбойная рама бункеровочного причала, установленная в Находкинском торговом порту в 50-е годы. Какие либо данные об особенностях ее работы отсутствуют.

Кроме перечисленных, из литературы известны приспособления, работающие как гидравлические, гидродинамические струйные амортизаторы, отбойные приспособления с резиновыми элементами, работающими на растяжение, амортизаторы на основе резинометаллических пружин и т. д. Какого либо использования в отечественной практике данные виды отбойных устройств не нашли.

Отбойные приспособления из резиновых элементов

Наибольшее распространение в портах Дальнего Востока, как и портах мира, получили амортизирующие приспособления, основанные на принципе использования деформаций резиновых элементов. Широкое применение резины для этой цели обусловлено ее физико-механическими свойствами: большой упругостью, энергоемкостью, способностью сохранять свои характеристики в большом диапазоне температурных колебаний (достаточной для прибрежной зоны), атмосферостойкостью, устойчивостью к воздействию солнечного излучения, стойкостью в отношении химических и бактериальных воздействий. Необходимо отметить, что подобному набору свойств соответствует не всякая резина. Резина для отбойников должна иметь тщательно подобранный состав с введением модифицирующих добавок и так же точное соблюдение режима вулканизации. В конечном итоге свойства резины для отбойников подтверждаются при помощи испытаний. Резиновые элементы ОУ одинаково хорошо работают при деформациях на растяжение, сжатие, сдвиг, изгиб и скручивание. Способность резины поглощать энергию навала судна в процессе собственной деформации, в зависимости от плотности и формы образца, характеризуется величиной $100\text{-}200 \text{ тс}\times\text{м}/\text{м}^3$. Резиновые элементы в качестве ОУ по средне статистическим данным служат около 15 лет [5].

Характеристики резиновых амортизаторов в определенной мере зависят от изменения температуры. Понижение последней вызывает увеличение силы реак-

ции при прочих равных условиях. Так сила реакции при изменении температуры от +15°C до минус 30°C повышается на 40-60%. Необходимо отметить, что снижение температуры в приурезовой зоне моря на юге ДВ до минус 30°C является достаточно редким явлением.

Основной характеристикой ОУ, определяющей его эксплуатационные воз-



Рис.1.1 Плавучий пневматический кранец

можности, является зависимость между величиной приложенной нагрузки и деформацией амортизатора. Для резинового элемента эта зависимость, как правило, не линейна вследствие возрастания жесткости материала по мере увеличения его сжатия. Если характеристику ОУ изобразить графически в прямоугольных координатах, то площадь, ограниченная кривой нагрузка-деформация и осью деформаций, будет определять энергоемкость амортизатора. Величина энергоемкости ОУ и конфигурация кривой нагрузка-деформация определяются как упругими свойствами материала, так и преобладающим видом его деформации.

Применение полых цилиндрических амортизаторов позволило совместить деформацию изгиба стенок элемента до момента закрытия его внутренней полости с последующей деформацией сжатия материала. Это улучшило характеристику ОУ в результате увеличения диапазона их эксплуатационных деформаций и снижения реактивных нагрузок. Хотя рабочим диапазоном полого резинового амортизатора считается деформация, незначительно превосходящая момент закрытия его внутренней полости. Резиновые элементы круглого сечения являются достаточно простыми в изготовлении, предполагают простую по конструкции подвеску, легко отрабатывают воздействие вертикальной нагрузки, легко заменяются на новые и т. д.

Может осуществляться разнообразная подвеска цилиндров по типу кранцев: горизонтальная в один или два ряда, вертикальная, наклонная, смешанная и др. Цилиндры подвешиваются к надстройке цепями (калибра 15-31 мм) с помощью стальных штанг, вставляемых во внутреннюю полость. Подвеска с помощью тросов не рекомендуется, так как они быстро коррозируют и повреждают торцы элементов, после того как морская воздушно-капельная среда разрушает изоляционную набивку между проволоками, из которых состоит трос.

В соответствии с данными литературы [19] обычные амортизаторы трапецидального поперечного сечения могут быть использованы только для судов определенного тоннажа – до 30-50 тыс. тонн. Для судов большего тоннажа их амортизирующая способность не достаточна, а для судов малого тоннажа они являются слишком жесткими. В связи с этим предложены трапецидальные амортизаторы особой формы, имеющие на лицевой поверхности утолщение с канавкой. При

воздействии судов малого тоннажа этот амортизатор обладает высокой податливостью. Когда зазор между лицевой поверхностью причала и амортизатором будет выбран, жесткость амортизатора возрастает, и он может поглощать большую энергию, но при возросшем усилии. Зависимость деформации от усилия для амортизатора этого типа характеризуется наличием двух ступеней, что свидетельствует о возможности ограничения усилий при судах малого тоннажа и обеспечения достаточной способности поглощать энергию.

В практике эксплуатации морского флота при швартовных операциях в открытом море нашли широкое применение плавучие пневматические кранцы, размеры которых и поглощаемая энергия варьируются в широких пределах (рис.1.1). Эти амортизаторы могут быть использованы на причалах для самых крупных судов и при стоянке у стенки в условиях волнения (как это выполняется во Владивостоке на м. Абросимова на причалах Дальморепродукта).

Наружный и внутренний слои оболочки амортизатора изготавливают из натуральной резины, внутренний армирующий слой – из нейлона. Для предотвращения прямого удара судна о сооружение при разрыве оболочки в баллон помещают синтетическую губчатую массу. На конце амортизатора устанавливают предохранительный клапан, служащий для выпуска воздуха из амортизатора при нагрузках, превышающих допустимые для данного амортизатора.

Энергоемкость описанных резиновых амортизаторов повышается (в случае необходимости воспринять энергию навала более крупнотоннажных судов) путем увеличения размеров амортизаторов. Однако при увеличении размеров возрастает масса ОУ, что усложняет систему их закрепления, на поверхности причала; возрастает зазор между бортом судна и причалом, что затрудняет работу портовых механизмов и производство грузовых операций, осложняются изготовление и монтаж ОУ.

Эксплуатационные характеристики некоторых резиновых амортизаторов, используемых в портах Дальнего Востока, приведены в таблице (табл. 1.1).



Рис. 1.2 Отбойники
Д1000×1500 с сердечником из Д400

Сравнительно небольшая энергоемкость резиновых амортизаторов Д400 не позволяет применять их для оборудования глубоководных причалов, если диапазон их эксплуатационных деформаций ограничить принятым значением – 50% начального диаметра. Величина поглощаемой энергии для Д400 составит 2,4 тс м, что соответствует нормативной энергии навала судна водоизмещением не более 1500-3000 т. Выполненные исследования и практика эксплуатации этих отбойных устройств [5] показали, что конструкция амортизаторов при усилении системы крепления позволяет допустить сжатие элемента до 65% начального диаметра. Это позволяет применять их на причалах

с глубинами до 11,5 м и для судов с водоизмещением до 30 тыс. т. при этом величина реактивных усилий достигает 250-300 тс. на один амортизатор и становится опасной для многих типов судов, а срок службы амортизаторов под влиянием постоянных перегрузок сокращается.

Таблица 1.1 Характеристики амортизаторов ОУ, используемых в дальневосточных портах и перспективных

Тип амортизатора, материал и форма	Стандартная длина, м	Высота или диаметр, мм	Масса, тс	Предельная деформация, мм	Энергия деформации, тс м	Реакция при сжатии, тс	Удельное давление на борт, тс/м ²
Резиновый цилиндр Д400 Курский з-д РТИ (используется)	2,0	400	0,22	240	5,6	155	138
Резиновый цилиндр Д800 (проект – для сравнения)	1,0	800	0,46	400	4,3	24,5	30
Резиновый цилиндр Д1000 (используется)	1,0	1000	0,71	500	6,5	30,5	30
Резиновый цилиндр Д1200 (проект - для сравнения)	1,0	1200	1,03	600	9,5	36,5	30
Резиновая полая трапеция DOV(DCV) 600Н Корея (используется)	2,0	600	-	270	9,1	45	82
Резиновая полая трапеция DOV(DCV) 500Н Корея (используется)	2,0	500	-	240	6,3	37,5	79
Резиновая полая трапеция DOV(DCV) 400Н Корея	2,0	400	-	180	4,1	30,0	65
Закрытая резиновая трапеция с переборками ВР 600Н Корея	2,0	600	-	270	11,7	52,5	102
Закрытая резиновая трапеция с переборками ВР 500Н Корея	2,0	500	-	240	8,07	43,8	84
Закрытая резиновая трапеция с переборками ВР 400Н Корея	2,0	400	-	180	5,21	35,0	75
Резиновая полая трапеция Bridgestone Super Arca SA 600Н Япония (используется)	2,0	600	1,0	270	18	90	-
Резиновая полая трапеция Bridgestone Super Arca SA 800Н Япония	2,0	800	1,8	360	32	120	-
Плавучий пневматический цилиндр Iokohama I 1500×3000 Япония	3,0	1500	0,79	750	12	50	-
Плавучий пневматический цилиндр Iokohama I 3300×6500 Япония	6,5	3300	2,94	1650	125	204	-

По данным отечественных авторов [5] исследования свойств различных типов амортизаторов показывают, что для обеспечения приема и стоянки крупнотоннажных судов современного флота наиболее перспективно применение ОУ с резиновыми цилиндрами большого диаметра - 800, 1000, 1200 мм (рис. 1.2, приложение 4.13, 4.15, 4.16). По сравнению с другими типами приспособлений они обладают рядом существенных преимуществ: технологичны в изготовлении, просты в эксплуатации, применимы для причалов любой конструкции, при сжатии до

50% обладают значением давления на борт судна и на причал не более $30 \text{ тс}/\text{м}^2$, в связи с чем не требуют применения щитов для распределения нагрузки. Указанное свойство обусловлено особенностями процесса деформации резиновых цилиндров под действием нагрузки, при котором сжатие элемента сопровождается одновременным увеличением его поперечного размера и ширины площади контакта с бортом судна и причалом.

Цилиндры больших диаметров могут успешно заменить применяемую сейчас однорядную и двухрядную системы размещения ОУ Д400 на причалах с глубинами 9,75 и 11,5 м. Это приведет к значительному снижению нагрузок на сооружения от навала судов, повысит безопасность эксплуатации флота и позволит уменьшить затраты на оборудование причалов амортизаторами в результате сокращения их количества и повышения срока службы. ОУ с цилиндрами больших диаметров смогут работать на причалах с глубинами 13,0 и 15,0 м, предназначенных для швартовки судов водоизмещением 45-100 тыс. т.

В современных экономических условиях происходит некоторая переоценка возможностей развития дальневосточных портов, их реконструкции и переоборудования. В рыночных условиях, очевидно, проведение единой технической политики на всех предприятиях, эксплуатирующих портовые гидротехнические сооружения, затрудняется финансовыми возможностями этих предприятий. Обеспечить качественное перспективное развитие портов, как части инфраструктуры транспорта, призваны недавно образованные администрации морских портов.

В процессе строительства портов дальневосточного побережья России, оборудование возводимых сооружений проходило развитие, соответствующее общему развитию техники и технологии страны.



Рис. 1.3 Процесс монтажа деревянной рамы (60-е годы)

В 50-е, 60-е годы конструкцией ОУ являлась деревянная рама (рис. 1.3, приложение 4.1). Эта конструкция использовалась на строящихся в то время причалах Владивостока, Находки, Ванино, Петropavловска-Камчатского и т.д.

В портах юга Дальнего Востока повсеместно использовались деревянные рамы с горизонтальным расположением брусьев, которые крепились при помощи закладных болтов к фасадной поверхности как на бетонных оголовках массивовых стенок, так и на стальной шпунт бульверков. В настоящее время сохранились остатки креплений этих рам на некоторых причалах постройки до 1970 года. Большие неудобства при реконструкции таких причалов приносят

крепления рам на стальном шпунте, которые можно удалить только при помощи газорезки (рис. 1.4).

Деревянная рама (см. приложение 4.1) представляла собой три горизонтальных ряда брусьев размером 26×26 см, соединенных вплотную участками по 5,6 м,



Рис. 1.4 Крепление ОУ из Д400 на место деревянной рамы (видны остатки уголков)

которые располагались на фасадной поверхности надстройки сплошной линией. Три ряда брусьев опирались на вертикальные стойки из бруса такого же сечения. Соединение горизонтальных брусьев и стоек выполнялось при помощи стяжных болтов Ø22 мм и выемки 2,5 см в сечении стойки и бруса (причалы БАМР и Рыбного порта, Находка 1965 г.).

Стойки при помощи болтов Ø30 мм соединялись с обрезками уголков 200×200 мм, которые соединялись с болтами Ø36 мм, замоноличенными в надстройке. Таким образом, на секцию отбойной рамы приходилось 16 болтов крепления к надстройке Ø36 мм.

Общий объем материалов, необходимый для монтажа такой рамы (на секцию причала – 25,4 м) – 7,5 м³ лесоматериалов (сосна 1 с.), и 1711 кг металлоизделий (в основном прокатный профиль – уголок).

Жесткое крепление деревянных рам, выполняемое из набора стальных болтов и уголков, является основным недостатком данных ОУ. Опыт эксплуатации ОУ из деревянных рам показал их быструю изнашиваемость и за счет этого небольшую долговечность (2-4 года при интенсивной эксплуатации). Динамическое воздействие моря, которое существует даже в абсолютно закрытой акватории и которое в современных портах определяется волнением, создаваемым портофлотом, со временем приводит к расшатыванию креплений, увеличению отверстий и соответственно к выходу из строя ОУ. Болтовое соединение дерева с металлом при постоянном динамическом воздействии из-за ослабления затяжки и раскатывания отверстий в дереве ослабевало. Кроме того отверстия в уголках при изготовлении выполнялись с люфтом около 3 см для компенсации возможных отклонений замоноличенных болтов. Деревянные элементы раскалывались и отпадали, оставшиеся закладные болты загибались воздействием борта, и использование их при навеске новых рам становилось не возможным.

Кроме того, существенным недостатком деревянных рам является низкая стойкость к истиранию дерева, в основном сосны, из которой они изготавливались. Ремонт данных устройств состоит из замены вышедших из строя брусьев и болтов крепления и требует хотя бы кратковременного вывода участка причала из эксплуатации.

Частично проблему сохранности крепления рамы решала установка вместо замоноличенных болтов специальных стаканов для закрепления съемных болтов, выполненных по принципу ключа (см. приложение 4.2). Предполагалось, что при деформации такого крепления болты можно было быстро заменить. Но такой вариант приводил к значительному (в 1,5 раза) увеличению расхода металла на крепление рамы, и при небольшом ослаблении затяжки, внешняя заглушка стакана выходила из зацепления со стенкой, что очень быстро приводило к разрушению рамы. Опыт установки ОУ на таких креплениях показал, что конструкция закладного стакана для ключевого соединения с болтом в принципе ущербна т.к. не возможно гарантировать надежный контакт болта со стенками отверстия. Более удачна в этом смысле конструкция саморасклинивающегося болта или с заполнением отверстия эпоксидным клеем.

Таким образом, деревянная рама на закладных болтах при большой многодельности установки и большом расходе материалов требовала к себе постоянно го внимания и больших эксплуатационных расходов. Кроме того, энергопоглощающая способность деревянной рамы явно недостаточна для использования на причалах с глубиной более 6-7 м.

Несколько лишены указанных недостатков подвесные деревянные рамы с автопокрышками, которые использовались в 70-х годах в Находке и Владивостоке, для того, что бы компенсировать постоянное разрушение старых ОУ.

Подвесная деревянная рама изготавливалаась, в основном силами механической службы портов и состояла из 3-4 брусьев, соединенных на болтах и подвешенных на тросах за согнутые петлёй болты. Между пакетом из брусьев и стенкой укрепляют несколько (в зависимости от длины пакета) автопокрышек, подвешенных на тросах или цепях либо жестко прикрепленных к деревянному пакету с внутренней его стороны. Такая конструкция рамы, не смотря на свою низкую энергоемкость, обладала удобством демонтажа для ремонта.

Подобные ОУ в дальневосточных портах, за исключением речных причалов, большого использования не нашли, очевидно, из-за большой многодельности при изготовлении, малой долговечности и небольшой энергоемкости (за счет относительно малой жесткости автопокрышек) явно недостаточной для морских судов.

К комбинированным ОУ с применением покрышек следует отнести так же подвесные кранцы, имеющие сердечник, состоящий из бревен, на которые насаживаются несколько автопокрышек. Концы сердечника скреплены полосовой сталью и подвешены на тросах или цепях. Кранцы свободно подвешиваются к стенкам причалов с помощью двух и более подвесок и находятся либо на весу, либо в плавучем состоянии. Подобные ОУ находят некоторое применение в небольших портах и на временных причалах, там, где содержание больших эксплуатационных служб нецелесообразно.

Появление в портах Дальнего Востока (как и всего СССР) подвесных конструкций ОУ, скорее всего, было вызвано проблемами эксплуатации деревянных рам на закладных болтах. Одновременно в 70-е годы встал вопрос об оборудовании ОУ строящихся глубоководных (9,75 и более) причалов.

Первое появление подвесных ОУ с резиновыми цилиндрами приходится на начало 70-х годов и связано с началом производства резиновых цилиндров Д400 в СССР на Курском заводе резино - технических изделий.

Первые образцы таких ОУ состояли из резинового цилиндра, подвешенного отдельно на штанге Ø50 мм (приложение 4.3). Цилиндр для улучшения работы опирался на деревянные рамы из трех брусьев 24×24 см, соединенных поперечными болтами Ø36 мм. Рама с помощью этих болтов закреплялась либо неподвижно на фасадной поверхности надстройки, либо подвешивалась на отдельных рымах на цепях.

Деревянная рама могла либо располагаться по всей длине надстройки либо отдельно под каждым цилиндром, тогда длина брусьев составляла всего 3,0 м. При этом в верхней части стяжных болтов устраивалась петля, за которую и подвешивалась деревянная рама. Расходы материалов на данную конструкцию, на секцию причала, состояли из деревянного бруса – 4,3/2,2 м³ (в зависимости от



Рис. 1.5 Жесткое крепление цилиндров Д400
(70-е годы)

длины деревянной рамы). Расход металлоизделий около 2600 кг. Данная величина мало зависела от того, как закреплена деревянная рама – неподвижно, либо подвешена на цепях в связи с большими расходами металла на закладные стаканы.

Одновременно с внедрением подвесной конструкции ОУ из резиновых цилиндров появлялись

варианты жесткого крепления цилиндров. По одному из них (приложение 4.2) цилиндр находился на штанге, соединенной через приваренную косынку на болтах с двумя деталями крепления из уголков (рис. 1.5). Каждая деталь соединялась с надстройкой при помощи двух закладных болтов Ø36 мм. Таким образом, одно ОУ из цилиндра закреплялось с помощью 4 ключевых закладных болтов. Расход металла на такую конструкцию подвески – 720 кг на секцию причала, что значительно меньше расхода на подвесную конструкцию. Очевидно, малый расход металла был основной причиной внедрения данной конструкции ОУ. В случае применения закладных стаканов с ключевыми болтами (показано на рис. приложения 4.2) происходило быстрое разбалтывание крепления с обрывом цилиндра и с выходом ОУ из строя.

В середине 80-х годов на глубоководных причалах дальневосточных портов появились ОУ на основе резиновых цилиндров Д1000. Подвеска их осуществлялась без деревянной рамы с шагом 8 м. Ветви подвески состояли из якорных цепей калибром 24 мм и штанги из круглой стали Ø80 мм или из швеллера №20 (рис. 1.2). Из-за несовершенства подвески, данные ОУ так же обрывались достаточно часто.

В начале 80-х годов с целью экономии затрат труда и материалов отдельные подвески цилиндра и деревянной рамы были заменены на одну подвеску. За рымы на надстройке закреплялась только рама, а цилиндр закреплялся короткими отрезками цепей за стяжные болты рамы либо за специально укрепленные в раме рымы (приложение 4.4). Такая конструкция просуществовала наиболее долго, и в настоящее время, подавляющее большинство установленных ОУ дальневосточных портов представляют собой именно такую конструкцию (см. приложение 4.11, 4.12).

В соответствии с наиболее распространенным вариантом этой конструкции (рис. 1.6) деревянная рама соединялась при помощи 3-4 болтов Ø36-42 мм. Крайние болты в раме выполнялись либо загнутыми петлей на сварке, либо с проушиной, так же приваренной. Подвесные цепи рамы состояли (согласно проектным данным) из двух скоб и обрезка цепи из 2-4 звеньев. Цепи, соединяющие раму и штангу, на которой висел цилиндр, так же состояли из 4 звеньев и 2 скоб. Таким

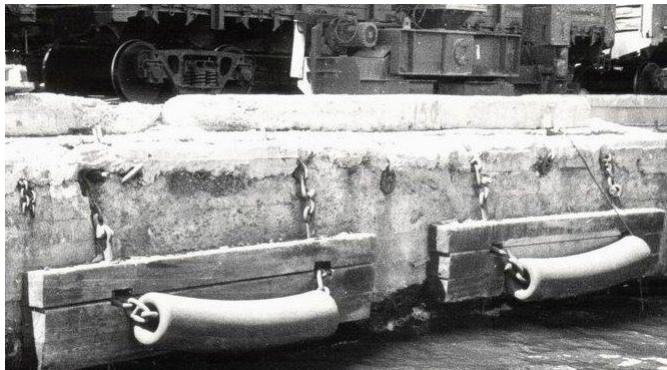


Рис. 1.6 Типовое ОУ из Д400 на деревянной раме

образом, на одно ОУ в общем случае расходовалось 8 скоб. Уменьшить их количество можно было, соединяя при сборке рамы стяжные болты со звеньями цепи подвески цилиндра, и подвесные стержни с проушинами при сварке соединять со звеньями цепи подвески рамы (что довольно сложно выполнить вручную, учитывая большой вес элементов).

Расход металла на такое ОУ составляет 1240 кг, расход дерева 2,6 м³ на секцию причала – 25 м длиной.

С целью экономии металла предлагались варианты подвески двух цепей от расположенных рядом ОУ на один рым. Так же как в некоторых случаях предлагалось использовать резиновый цилиндр без деревянной рамы (приложение 4.5, 4.6 - в северных портах Дальнего Востока). При этом уменьшался расход металла на рымы, но появлялись некоторые неудобства с расположением цилиндра, необходимо было либо сокращать шаг установки цилиндров либо удлинять цепи для соблюдения предельных углов наклона подвески, при этом цилиндр оказывался достаточно низко. Расход металла на такое ОУ был равен 1450 кг/секцию.

Многолетний опыт эксплуатации описанного ОУ из деревянной рамы и резинового цилиндра, подвешенных на одну пару рымов, привел к необходимости совершенствования его конструкции, которая, в основном, выражалась в усилении слабых мест конструкции с целью увеличения долговечности и придания конструкции большей технологичности для облегчения процесса ремонта. Самым слабым местом данной конструкции ОУ являлась верхняя часть стяжного болта и примыкающая часть деревянной рамы.

В начале 90-х годов (для причалов Находкинского рыбного порта) была предложена конструкция ОУ с цилиндром Д400 (рис. 1.7), имеющая усиленную схему и предназначенная для установки на причалах с глубиной 11,5 м (см. приложение 4.7, 4.8, 4.9). Согласно проекту данного устройства, вместо обычно используемого соединительного болта на торцах рамы из брусьев применены U-образные болты с утолщением в верхней части в виде приваренного стержня и фиксирующими пластинами сверху и снизу рамы из брусьев. Кроме того, для усиления узла подвески металлической штанги с резиновым цилиндром, применена соединительная деталь, представляющая собой толстую (40 мм) металлическую пластину с двумя отверстиями, одно из которых соединяется со штангой, другое с U-образным болтом.



Рис. 1.7 ОУ из Д400 с U-образным соединительным болтом

Наличие U-образного болта, в отличие от болтов, загнутых петлей и болтов с проушиной, дает возможность соединять его с цепью подвески деревянной рамы через штырь скобы, учитывая то, что U-образный болт благодаря своим размерам соединяется со скобой через утолщение ветви данной скобы, обеспечивается приблизительная равнопрочность данного соединения

Расход материалов на оборудование секции причала длиной 25 м данными ОУ (с учетом шага – 3,9 м для глубины 11,5 м) составляет: металлоизделия – 1800 кг, лесоматериалы – 4,2 м³.

При проектировании элементов подвески навесного ОУ возникает вопрос расположения рымов, за которые зацепляются цепи подвески рамы. До 1980 г рымы располагались ниже поверхности территории на 0,5-1 м выступающими за фасадную плоскость надстройки на 10 – 15 см. Такое расположение рымов вместе с положительными свойствами, такими как – прямое вертикальное расположение цепи и сравнительно небольшой размер цепи, имело и отрицательные свойства - рано или поздно приводило к их загибанию бортом судна с потерей прочности и невозможностью восстановления для навески новых ОУ.

После 1980 г нормами [6] было установлено требование, согласно которому закладные детали для крепления ОУ следует располагать заподлицо с лицевой гранью сооружения. На всех построенных после этого причалах рымы располагались в специальных нишах, образованных в поверхности надстройки специальными стальными коробами с размером вглубь надстройки 12 - 18 см. Такие короба требуют при своей установке усложнения опалубки и дополнительного расхода металла.

В 90-е годы рымы для подвески ОУ стали располагать либо в нише в районе угла 90° , образующего линию кордона, либо выступающими из верхней грани надстройки. Такое расположение рыма при некотором увеличении длины цепей подвески дает возможность поднять ОУ для ремонта на территорию причала, не отсоединяя его от рыма.

Опыт эксплуатации ОУ показал, что такая возможность имеет значение для ремонта т.к. через несколько лет работы устройство, висящее на фасадных рымах, отсоединить от подвески невозможно из-за коррозии, и для ремонта приходится

обрезать подвеску. Рым, расположенный на верхней грани надстройки, частично заменяет собой колесоотбойный брус, благодаря чему достигается экономия бетона. Цепи подвески ОУ, расположенные при такой подвеске в районе кордонного уголка, выполняют функцию защиты этого уголка и угла надстройки 90° от разрушения.

В настоящее время на некоторых причалах Нахodkaнского торгового порта осуществляется установка импортных ОУ трапецеидального профиля, которые устанавливаются на закладных сменяемых болтах в процессе полного ремонта железобетонной надстройки. Такие же устройства устанавливаются на причалах Владивостокского торгового порта (рис. 1.8). На Угловском шиноремонтном заводе под Владивостоком освоено изготовление трапецеидальных отбойников типа V 600H 1500L.

С целью усовершенствования конструкций ОУ (в основном снижения нагрузки на подвеску), а так же изменения их энергетических характеристик, предлагались принципиально отличающиеся от типового варианты. Так на причалах 15-16 (с глубиной 13,0 м) Владивостокского МТП применяется подвеска цилиндра Д1000 по авторскому свидетельству № 1361234 (авторы Штанько Л.Ф, Кузьмин Г.М). В данной подвеске используются тяги, заведенные в просверленные в цилиндрах отверстия, что является достаточно рациональной идеей, и, как пока-



Рис. 1.8 Трапецеидальные ОУ V600×1500 на строящемся причале (Владивостокский МТП)

зато опыт использования, не влияет на долговечность цилиндров (приложение 4.15).

Кроме того, на тягах расположены фиксаторы в виде отрезков швеллеров, наличие этих фиксаторов (согласно идеи авторского свидетельства) приводит к изменению обычной формы сжатия цилиндра и при этом увеличивает энергоемкость ОУ.

Для снижения нагрузки на подвеску и уменьшения пиков динамических нагрузок на нее предлагался вариант (по авторскому свидетельству №1278384) выведения цепи подвески в специальный контейнер с амортизаторами (см. приложение 4.18). Данный вариант достаточно простой и вполне может применяться на участках причалов с повышенными нагрузками то навала.

Так же на причалах 15 – 16 Владивостокского МТП установлены ОУ представляющие цилиндр Д400, вставленный в отверстие цилиндра Д1000 и закрепленные на одной штанге, либо на двух стержнях, пропущенных в просверленные отверстия (приложение 4.16). Такое устройство позволяет значительно увеличить энергоемкость ОУ при этом, однако, так же значительно увеличивается нагрузка на борт. Так же оно позволяет удалить борт судна от поверхности причала, что уменьшает вероятность их контакта. Данный тип ОУ используется достаточно долго на названных причалах, при этом большого количества обрывов не наблюдалось.

2. СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ОУ

2.1 Перспективные типы ОУ и их крепление

В настоящее время фирмами, занимающимися производством и продажей выпускаются следующие типы ОУ (по данным фирмы Fentek-Trelleborg) [8].

1. Работающий на торцевое сжатие резиновый усеченный конус, имеющий толщину стенок 5 – 30 см и высоту до 3 м (Super Cone, Hyper Omega).
2. Блок из 2 или более наклонных резиновых панелей, прикрепленных на болтах к бетону оголовка и к фронтальной раме, контактирующей с бортом судна (Unit Element).
3. Арочные отбойники, представляющие собой цельнолитую резиновую арку, имеющие резиновую фасадную плоскость либо покрытую пластиковыми плитками (Arch Fender).
4. Цилиндрические отбойники, представляющие собой резиновые трубы диаметром до 2,4 м и соотношение внутреннего и наружного диаметра 1:2 или 1:1,75

Известны узкоспециальные типы отбойников такие как:

- пневматические и пенонаполненные плавающие отбойники (Pneumatic, Foam)
- кольцевой формы для защиты отдельных свай (Donut);
- сдвиговые отбойники, состоящие из резиновой пластины толщиной 20 – 30 см, склеенной с двумя стальными листами (Shear Fender)
- вращающиеся отбойники в виде горизонтально расположенных резиновых колес, устанавливаемые на судоремонтных предприятиях и в шлюзах (Wheel, Roller);
- отбойники скольжения, представляющие резиновый бруск толщиной до 30 см, предназначенные для защиты от движущихся небольших судов и имеющие резиновую фасадную поверхность, либо покрытые пластиком (Sliding, Composite);
- D-образные отбойники, закрепляемые болтами через отверстия, имеющие высоту профиля до 50 см и предназначенные для стоянки небольших судов, буксиров, технического флота и т.д. (D, Square Fender).

Резиновый усеченный конус Super Cone при сжатии сворачивается во внутрь самого себя с наибольшей из известных длиной рабочей деформации (72,5% от высоты отбойника) [8,9].

За счет изменения толщины резины по высоте конуса и применения стальных закладных листов удалось увеличить процент рабочей зоны деформации данного устройства, при этом предельная деформация может достигать 75%.

В верхней части конуса установлена стальная рама, которая не препятствует изгибу стенок при сжатии. Она предназначена для распределения нагрузки на весь резиновый конус, что повышает объем поглощения энергии.

В качестве основных особенностей ОУ по схеме усеченного конуса называются следующие: форма отбойника хорошо работает для больших углов швартовки и сдвигающих усилий; исполнение устойчивое под всеми нагрузочными комбинациями; простой и быстрый в установке; имеется необязательный ограничитель перегрузки.

Коническая форма держит тело устойчивым подо всеми комбинациями осевых, сдвигающих и угловых нагрузок, форма эта идеальна для мест, где большие углы прикашивания и тяжелые воздействия. Дополнительное устройство внутри конуса предназначено для остановки перегрузки, чтобы предотвратить увеличенное сжатие, делая данный ОУ чрезвычайно надежным и стойким к повреждениям от аварийного навала. В качестве защитной плиты может использоваться рама, покрытая полиэтиленом с низким коэффициентом трения (UHMW-PE).

ОУ типа усеченный конус предназначены для восприятия осевых нагрузок, незначительно отклоняющихся от оси конуса перпендикулярной плоскости установки. Растворяющая сила, действующая на стенки конуса не должна превысить номинальную реакцию на сжатие данного ОУ. Если это вероятно, тогда должны использоваться цепи против сдвигающих напряжений, аналогичные подвесным цепям для цилиндров.

На рисунке 2.1 показана конструкция и вид деформации отбойника типа усеченный конус. Нижняя часть отбойника крепится к поверхности надстройки с помощью болтов проходящих через стальной лист кольцевого сечения, заложенный в резину при вулканизации. Это придает большую устойчивость и долговечность креплению и так же уменьшает размер стальных частей крепления выходящих из резины в зону коррозионного воздействия. Болты закручиваются в специальные втулки с внутренней резьбой, которые приварены к замоноличенной в надстройке изогнутой арматуре. Верхняя часть конуса связана с фронтальной рамой через стальную муфту, прикрепленную к резине болтами, завернутыми в отверстия в кольцевой плите, находящейся в резине.

На рисунке 2.2 показан монтаж ОУ типа усеченный конус в полной комплектации, при самых неблагоприятных воздействиях. При этом для крепления фронтальной рамы установлены цепи, которые в зависимости от предназначения делятся на весовые, натяжные и цепи сопротивления сдвигу.

Весовые цепи предназначены для поддержания конуса в горизонтальном положении и сопротивления весу фронтальной рамы. Для регулировки их длины и силы натяжения в их составе имеется амортизатор ударов и устройство для натяжения. Натяжные цепи так же выравнивают положение конуса. Весовые и натяжные цепи предназначены для исключения возможности возникновения разрывных напряжений в резине т.к. не допускают значительной сдвигки рамы в сторону акватории. Цепи сопротивления сдвигу исключают возможность значительных де-

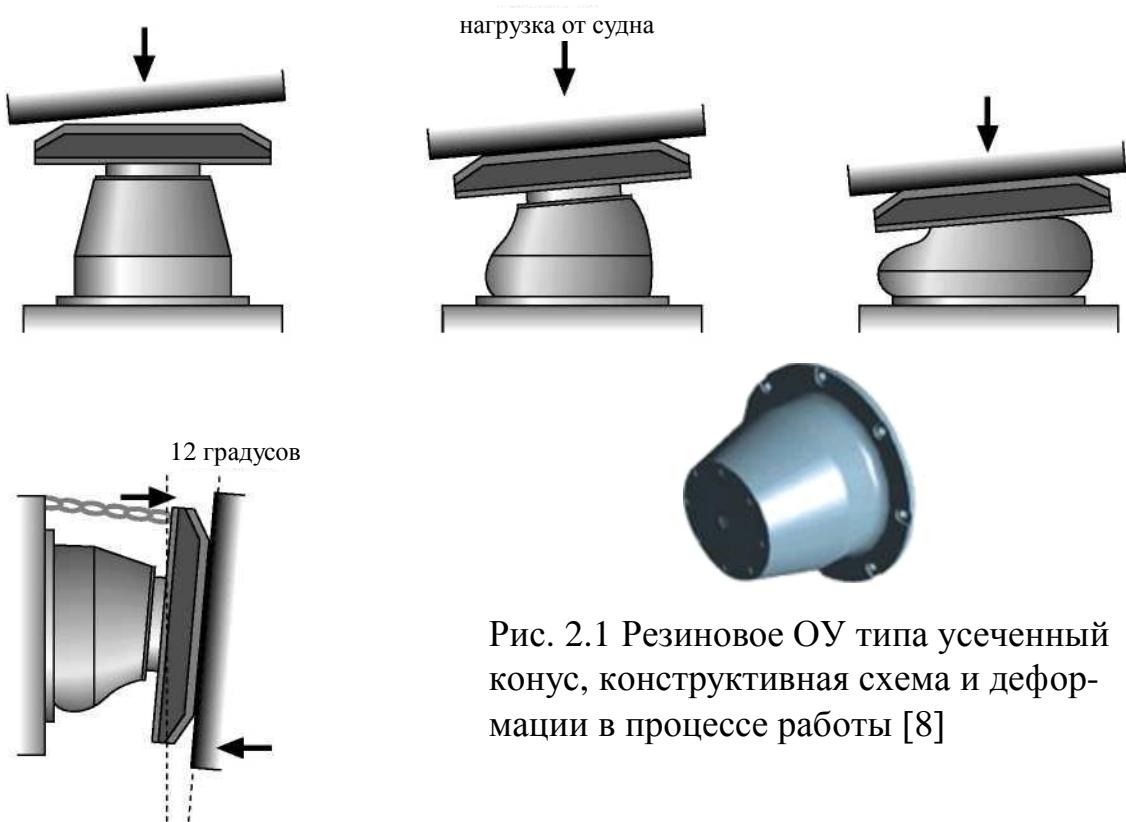
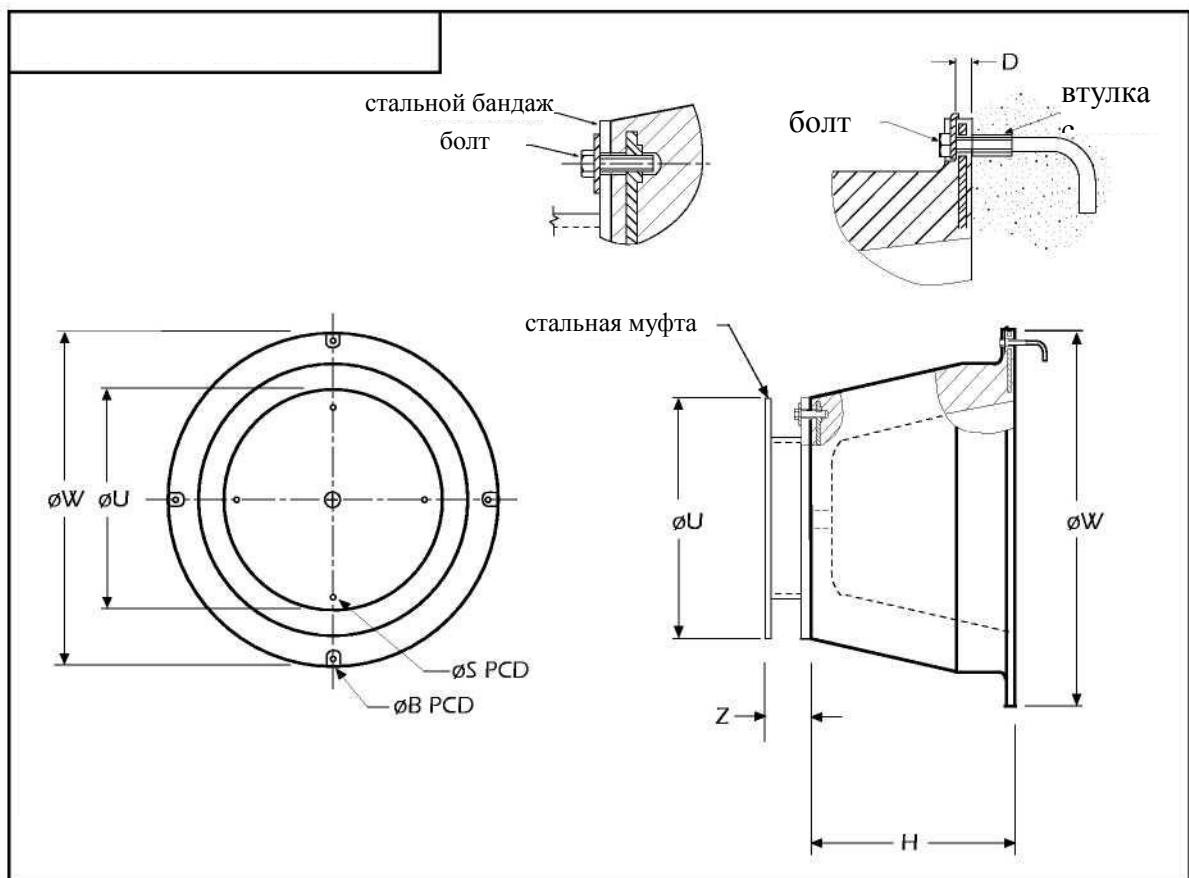
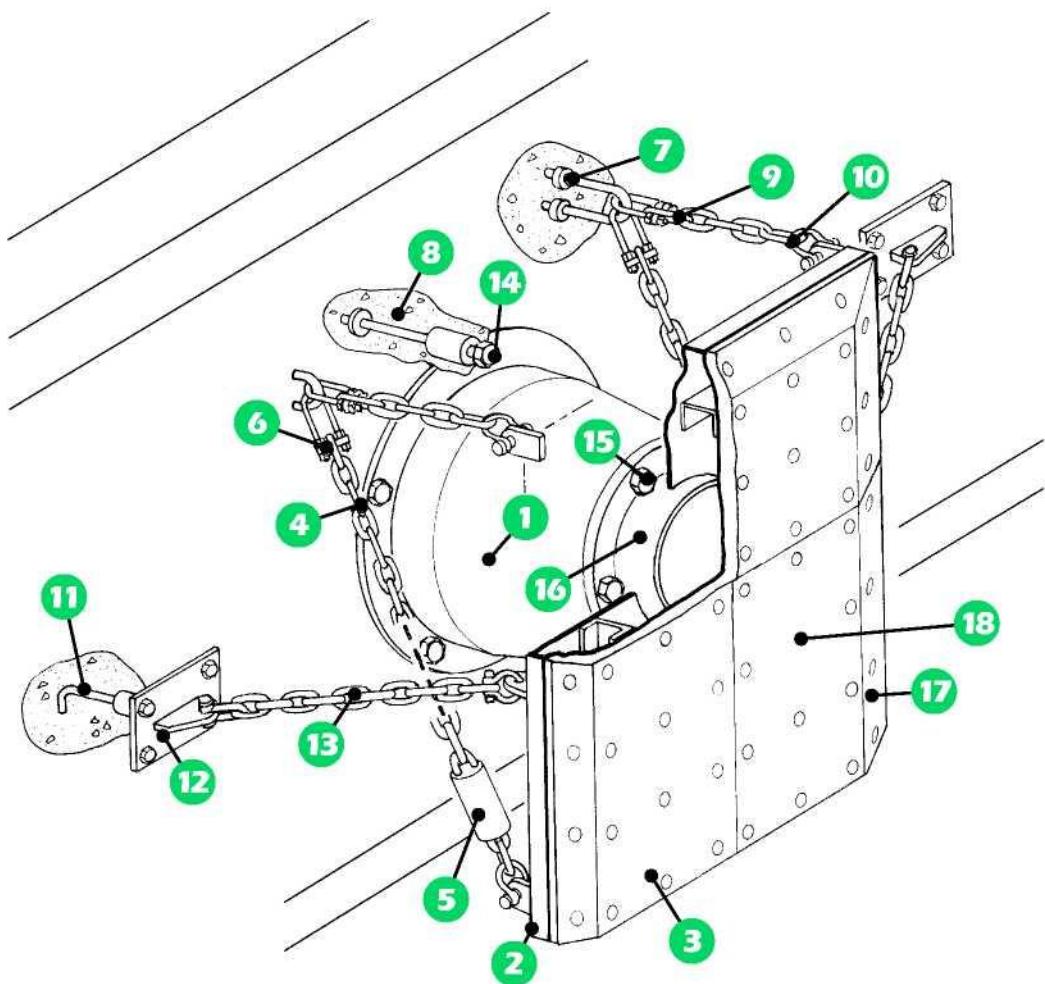


Рис. 2.1 Резиновое ОУ типа усеченный конус, конструктивная схема и деформации в процессе работы [8]



1. Отбойник типа "Super Cone"
2. Стальная фронтальная рама
3. Облицовочные плитки низкого трения из полиэтилена ультра высокого молекулярного веса (UHMW-PE)
4. Весовые цепи
5. Амортизатор ударов весовых цепей
6. Устройство для натяжения цепи
7. Замоноличенный рым
8. Замоноличенный анкерный зажим из арматуры с пластиной
9. Натяжные цепи
10. Цепная скоба
11. Замоноличенный анкерный зажим
12. Заделанный в оголовок подвесной рым для цепи
13. Цепи сопротивления сдвигу
14. Болт основания
15. Головной болт
16. Кольцевой выступ фронтальной рамы
17. Угловая фаска фронтальной рамы
18. Прижимные болты полиэтиленовых плиток

Рис. 2.2 Монтаж ОУ типа усеченный конус в полной комплектации (при самых неблагоприятных воздействиях) [8]

формаций конуса при больших горизонтальных сдвигающих усилиях приложенных к раме.

При определенных условиях данный отбойник может устанавливаться без некоторых видов цепей.

Достаточно перспективной для условий Дальневосточных портов России является ОУ из наклонных резиновых панелей - соединяемых резиновых элементов (Unit Element).

Данный тип ОУ образуется из устанавливаемых по паре или более резиновых элементов, по форме соответствующих наклонной резиновой пластине с креплениями. Элементы могут быть объединены в неограниченные перестановки по длине и ориентации, что вызывает большое увеличение воспринимаемой энергии, чтобы удовлетворить широкому разнообразию требований. Самая простая система - UE-V, которая использует пары элементов и конструкцию плиты с UHMW-PE (полиэтиленом низкого трения). Данные ОУ объединяют в себе большую энергию, низкое трение и высокую износостойкость. При этом они дают экономическую альтернативу цилиндрическим и трапецидальным ОУ за счет простой формы и, следовательно, низкой стоимости резиновых пластин.

Как показывает опыт использования этих ОУ вообще предпочтительней, что бы длина элемента была больше чем его высота. Резиновые пластины могут быть установлены горизонтально или вертикально, и при этом может требоваться минимальная опорная площадка.

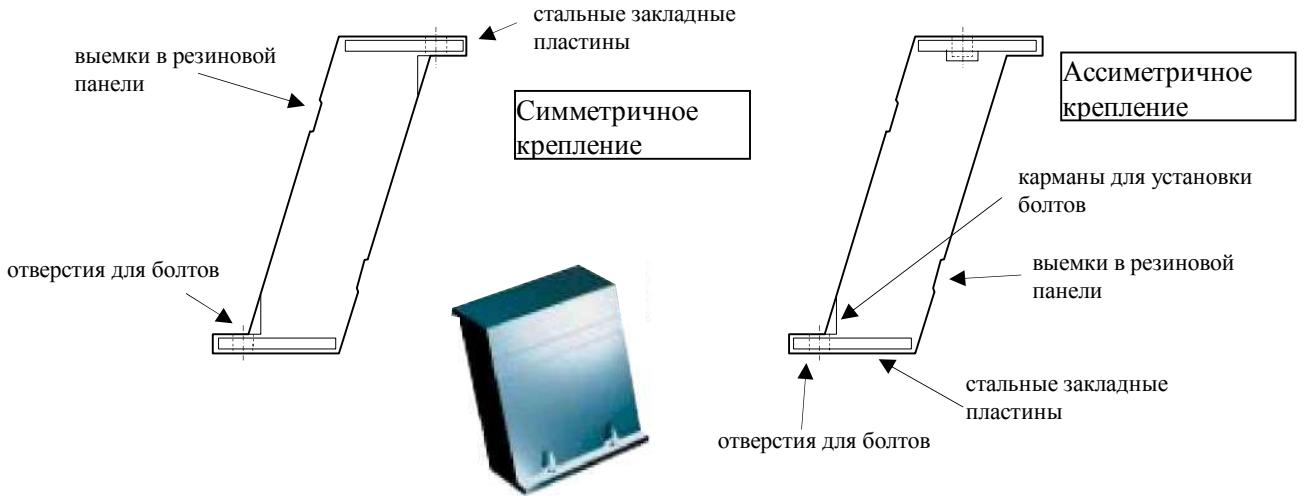
Основные достоинства ОУ из наклонных резиновых панелей следующие: модульная схема дает возможность безграничных вариантов расположения; использование деформации изгиба стойки дает высокое энергопоглощение и низкую реакцию; выбор симметричной и асимметричной болтовой установки; превосходное сопротивление сдвигу в продольном плане; более толстое сечение пластины означает ниже напряжения; маленькие болтовые карманы не приводят к скоплению воды и являются легкими к доступу; могут использоваться стандартные и не-нормативные длины; легко и быстро устанавливается.

Нормативной величиной предельной деформации для ОУ из наклонных резиновых панелей считается 57,5%, при этом предельная деформация может достигать 62,5%.

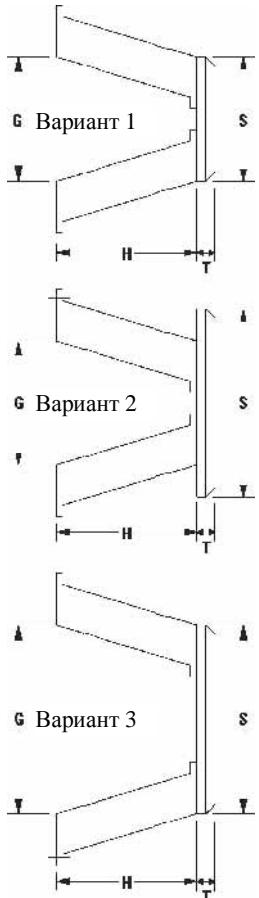
На рисунке 2.3 показаны конструктивные схемы наклонных резиновых панелей, возможные варианты компоновки ОУ из этих панелей и схемы расположения на оголовке. Так же показана установка данных панелей при полной комплектации, т.е. при самых неблагоприятных условиях по нагрузке и колебанию уровня.

Отверстия для крепления болтов проходят через стальные пластины, заложенные в резину при вулканизации, данные пластины обеспечивают плотный контакт с поверхностью установки и передачу нагрузки на все сечение резиновой панели. Специальные выемки в резиновой панели расположены так, что обеспечи-

Наклонные резиновые панели



Варианты компоновки отбойника из резиновых панелей



Вид сбоку

Возможные схемы расположения на оголовке

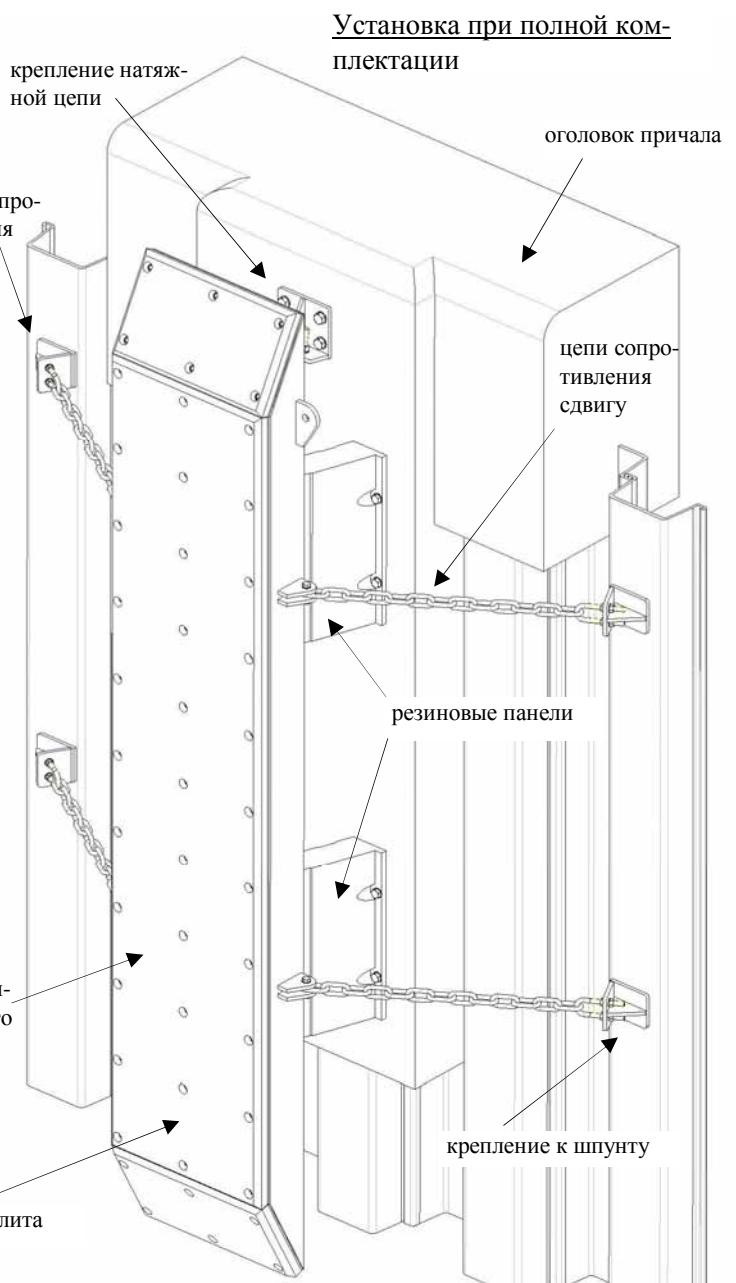


Рис. 2.3 ОУ из наклонных резиновых панелей (Unit Element) [8]

вают расположение точек изгиба панели в наиболее оптимальных местах, т.е. с наименьшим износом и наибольшей энергией сжатия.

Симметричное крепление панелей применяется в тех случаях, когда требуется повышенное сопротивление сдвигу и возможен доступ только с внешней стороны поверхности крепления. Асимметричное крепление используется для более плотного присоединения фронтальной панели, в том случае если возможен доступ с другой стороны поверхности расположения ОУ.

Варианты компоновки отбойника из резиновых панелей предусматривают учет различных условий поверхности установки и нагрузок. Вариант 1 предусматривает наименьшую площадь установки (G) и наименьшую площадь контакта с бортом (S) т.е. является наиболее экономичным. Вариант 2 предусматривает большую площадь контакта с бортом судна и, следовательно, меньшее удельное давление на борт. Вариант 3 предусматривает широкую установку резиновых панелей, т.е. требует большей площади установки, но при этом уменьшает давление на борт судна и обеспечивается большая устойчивость на сдвиг всего блока.

Установка при полной комплектации показывает возможное расположение и крепление цепей сопротивления сдвигу, цепей натяжения и фасадной панели.

Арочные ОУ трапецидального профиля (Arch Fender) имеют большую популярность во многих портах мира уже много лет. Их широкий диапазон применения и простота удовлетворяет широкому разнообразию объектов и причалов, где они дают много лет безаварийной службы под воздействием самых неблагоприятных условий.

Все ОУ данной конструкции имеют опорную площадку со скрытой установкой стальной пластины, вулканизированной в опорные стойки при изготовлении. Данный тип ОУ имеет резиновый контакт с сооружением идеальный для его работы. Более высокое трение резиновой поверхности на контакте с корпусом судна может использоваться для хорошего эффекта, чтобы успокоить движение между судном и причалом.

В случае, когда трение должно быть низко идеально подходит трапецидальный отбойник с покрытием из UHMW-PE (полиэтилен сверх высокого молекулярного веса).

Основные признаки арочного ОУ трапецидального профиля следующие: массивное простое изделие, сформованное для длительной эксплуатационной жизни; жесткая болтовая установка простая и быстрая для монтажа; выбор изготовления фасадной плоскости – резиновый или пластмассовый; превосходное сопротивление сдвигающим нагрузкам - устройство сдвиговых цепей необходимо редко; хорошее сопротивление весу панели обычно исключаются весовые цепи; большой диапазон размеров, длин и величин энергопоглощения.

Нормативной предельной деформацией данного ОУ считается: для отбойника с резиновым фасадом – 51,5%; для фасада из пластмассы – 54%. Изготавливаются также специальные ОУ арочного типа для защиты угла причала.

На рисунке 2.4 показаны варианты конструкций ОУ арочного типа и варианты покрытия фасадной поверхности данного ОУ. У некоторых типов арочных отбойников в основании стоек используются специальные наплывы для усиления наиболее напряженного узла отбойника. Так же используется усиление фасадной плоскости, которое призвано компенсировать износ от истирания и распределить давление на большую площадь борта судна.

Арочные ОУ обладают большей энергоемкостью по сравнению с цилиндрами. Минимальная площадь стальных деталей, выступающих из бетона, что приводит к минимальным потерям от коррозии. Внутренняя полость арки выполнена сглаженной формы, это способствует более равномерному распределению изгибающих напряжений и уменьшает вероятность появления трещин.

Усилие навала распределяется на несколько болтов, закрепляющих арку по контуру. Площадь воспринимающая навал расположена в центре между болтами (трапецидальный профиль в продольном направлении), поэтому в любой точке давления болты расположены справа и слева. Фиксируется арка болтами через стальные листы, залитые в резину, что создает дополнительную амортизацию и распределяет нагрузку на всю площадь контакта арки.

У малых по энергоемкости (и по размеру) трапецидальных ОУ в вершине внутренней поверхности арки предусмотрен специальный желобок, который обеспечивает увеличенную податливость и небольшую нагрузку при соприкосновении с бортом небольших судов.

Варианты покрытия фасадной поверхности (покрытия может и не быть) определяются условиями нагрузок на отбойники и значительно удороожают изготовление данных устройств. В случае ожидания значительных сдвигающих нагрузок (например, при расположении ОУ вертикально) покрытие по варианту 1 выполняется с помощью закрепленной на болтах полиэтиленовой пластины. При этом болты вворачиваются в отверстия в стальной пластине, установленной в голове арки при вулканизации. По варианту 2 полиэтиленовая пластина расположена на поверхности широкой рамы, прикрепленной болтами к резине, для распределения нагрузок на всю длину отбойника и дополнительного удаления борта судна от поверхности надстройки с целью ее большей сохранности. По варианту 3 полиэтиленовая пластина приклеивается в специально сформированный желоб на фасадной поверхности ОУ, данный вариант покрытия требует изменения формы отливки отбойника и применения специального клея.

Особую роль играет форма отверстия для установки болтов, которая соответствует отверстиям в закладном, стальном листе. По своим конструктивным особенностям арочные ОУ обладают повышенной податливостью в продольном

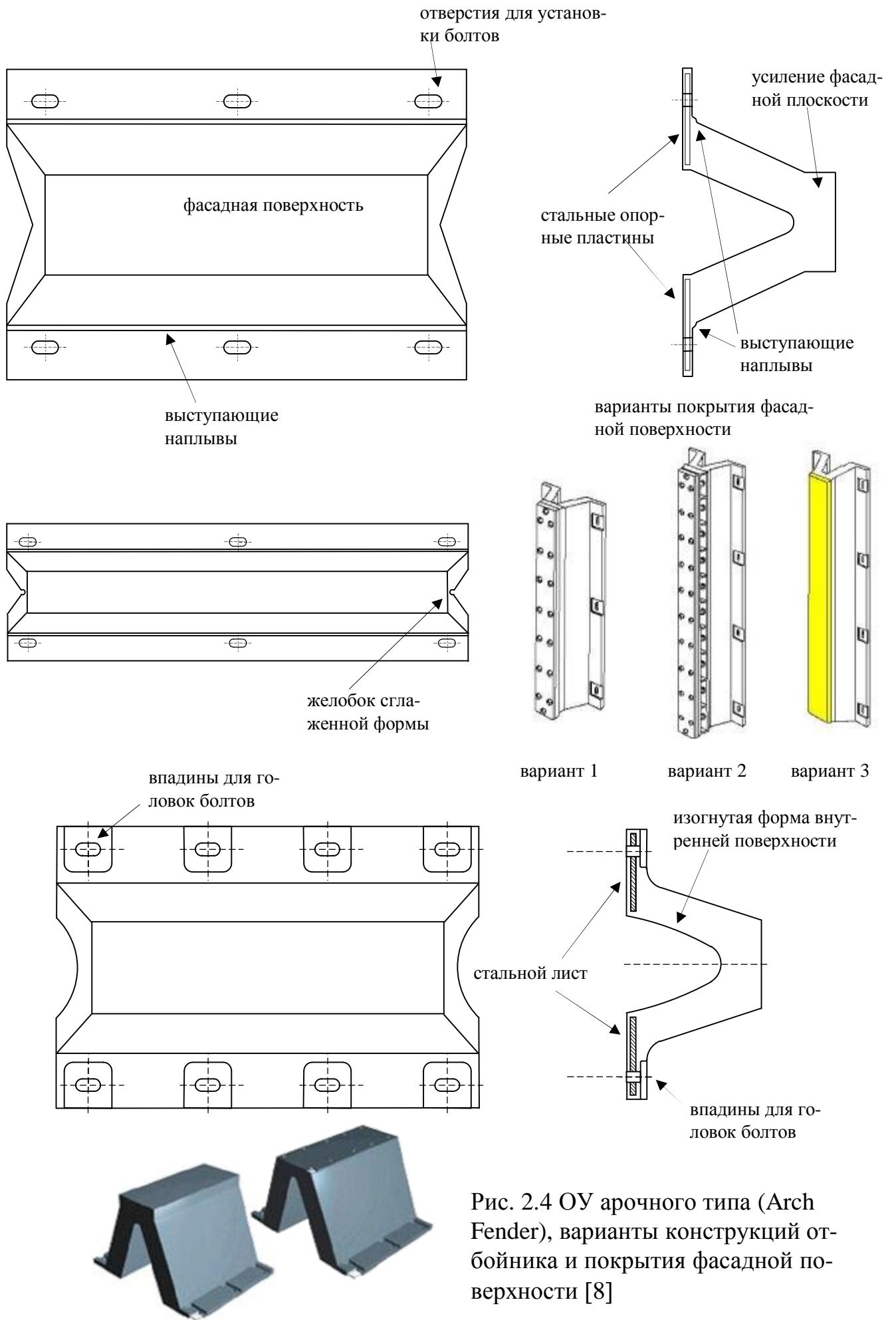


Рис. 2.4 ОУ арочного типа (Arch Fender), варианты конструкций отбойника и покрытия фасадной поверхности [8]

направлении, т.е. вдоль их фасадной поверхности. Это может стимулировать отрыв основного тела арочного блока от крайних точек опорных плоскостей. Для того чтобы уменьшить воздействие таких нежелательных напряжений, форма отверстия для установки болтов сделана вытянутой в продольном направлении. При воздействии нагрузки от судна вдоль фасадной поверхности ОУ такая форма отверстия позволяет амортизировать большие нагрузки в точках расположения болтов и на краях опорной поверхности.

На рис. 4.1.2 – 4.1.3 показаны кривые зависимостей "реакция – деформация" и "поглощаемая энергия – деформация" для рассмотренных вариантов резиновых ОУ. На диаграмме видно, что энергия для данных ОУ нарастает практически равномерно вместе с ростом деформации, но величина нагрузки изменяется с ростом деформации особенным образом. Вначале она довольно быстро нарастает, достигая практически 100%, но затем начинает снижаться благодаря потере устойчивости стенок элементов и затем уже в момент полного сгибания этих стенок начинает опять возрастать. Наличие такой волны на характеристике определяет высокие энергопоглощающие свойства данных отбойников по сравнению с другими типами.

Цилиндрические ОУ благодаря своей простой форме являются одним из первых вариантов отбойника и многие годы защищают суда и причалы. Они просты при монтаже и дают экономичное решение при установке в отдаленных местах и для тех мест, где размеры судна не могут быть заранее предсказаны. Их пропорциональные характеристики нагрузка - деформация делают одно и тоже ОУ, подходящим для больших и маленьких судов.

Благодаря широкому выбору размеров (производимых иностранными фирмами) можно подбирать энергоемкость к требуемой в каждом случае. Цилиндрические ОУ могут быть размещены несколькими различными способами - горизонтально, вертикально или по диагонали и могут также быть приспособлены, чтобы защитить углы причала. Цилиндрические ОУ подвешиваются или на цепях или на стержнях поддержки или на подвесках в виде выступающей скобы в зависимости от их размера и предназначения.

Цилиндрические отбойники изготавливаются при помощи двух процессов: меньшие диаметры выдавливаются из отверстия, что позволяет производить очень большие длины; большие диаметры – обкатываются вокруг сердечника так, что позволяет произвести большие диаметры. Самый большой в мире цилиндрический отбойник имеет до 2700мм в диаметре. Нормативной предельной деформацией данного ОУ считается 52%.

Основные признаки цилиндрических ОУ: простая и экономичная конструкция, легкая к установке; выбор монтажных систем, соответствующих различным конструкциям и применением; размеры от 100мм до 2700мм в диаметре и почти любая длина; толстая стенка цилиндра, сопротивляющаяся истиранию, даже по-

сле многих лет тяжелого использования; пропорционально увеличивающаяся характеристика нагрузка - деформация.

Маленькие цилиндрические отбойники, типоразмерами до 600мм внешним диаметром, подвешиваются через их отверстие цепями, связанными с крепежными скобами или U-образными анкерами за каждый конец. При малых диапазонах приливов отбойники обычно устанавливаются горизонтально. При больших приливных диапазонах маленькие цилинды могут быть размещены диагонально.

Большие цилиндрические отбойники до, приблизительно, 1600мм внешним диаметром обычно подвешиваются на центральную штангу с поддержкой цепями за каждый конец, связанный со стеновыми кронштейнами или U-образными анкерными болтами. Типичные подвески цилиндрических ОУ показаны на рис.2.5. Для очень тяжелых условий применения (одиночные палы) и для цилиндров выше 1600мм внешним диаметром рекомендуется специально разработанная система установки типа “кронштейн – лестница”.

В Советском Союзе и России повсеместное применение нашли цилиндрические ОУ диаметром 400 мм и 1000 мм т.к. другие размеры не выпускались. Это определило ограниченность возможностей развития ОУ для более глубоководных российских портов и вынудило устанавливать Д400 часто или в 2 ряда. В зарубежной практике пошли по более оптимальному пути – фирмы производители цилиндрических ОУ имеют номенклатуру их диаметров от 100 до 2400 мм в диаметре через 50-100 мм, что позволяет произвести оптимальный их подбор по энергопоглощению. Если говорить о дальневосточных портах России, то оптимальным для них была бы номенклатура цилиндров от 400 до 1000 мм с градацией через 100 мм.

Вместе с резиновыми амортизаторами фирмы их производящие предлагают оригинальные крепления для амортизаторов. Так интерес представляет специальное крепление с полимерной втулкой (рис. 2.11). Крепление в сборе состоит из непосредственно полимерной втулки длиной от 200 до 400 мм, внутри которой нарезана специально спроектированная резьба; анкерующего болта от 25 до 76 мм диаметром длиной от 220 до 440 мм и стальной шайбы.

Полимерная втулка имеет форму, обеспечивающую надежное закрепление ее в бетоне при формировании надстройки, по утверждению фирмы было проведено множество экспериментов по отработке именно такой формы втулки. Внешняя поверхность втулки, выступающая на фасад надстройки, закрыта стальным фланцем для предохранения тела втулки от повреждений. Внутри втулки нарезана специальная резьба, в которую вкручивается болт. Резьба имеет несимметричный трапециoidalный профиль, большая трапеция приходится на сечение полимера, а маленькая на сечение стального болта. По утверждению фирмы такое крепление позволяет значительно снизить динамические нагрузки на крепление и решить проблему замены болта крепления при возникновении дефектов.

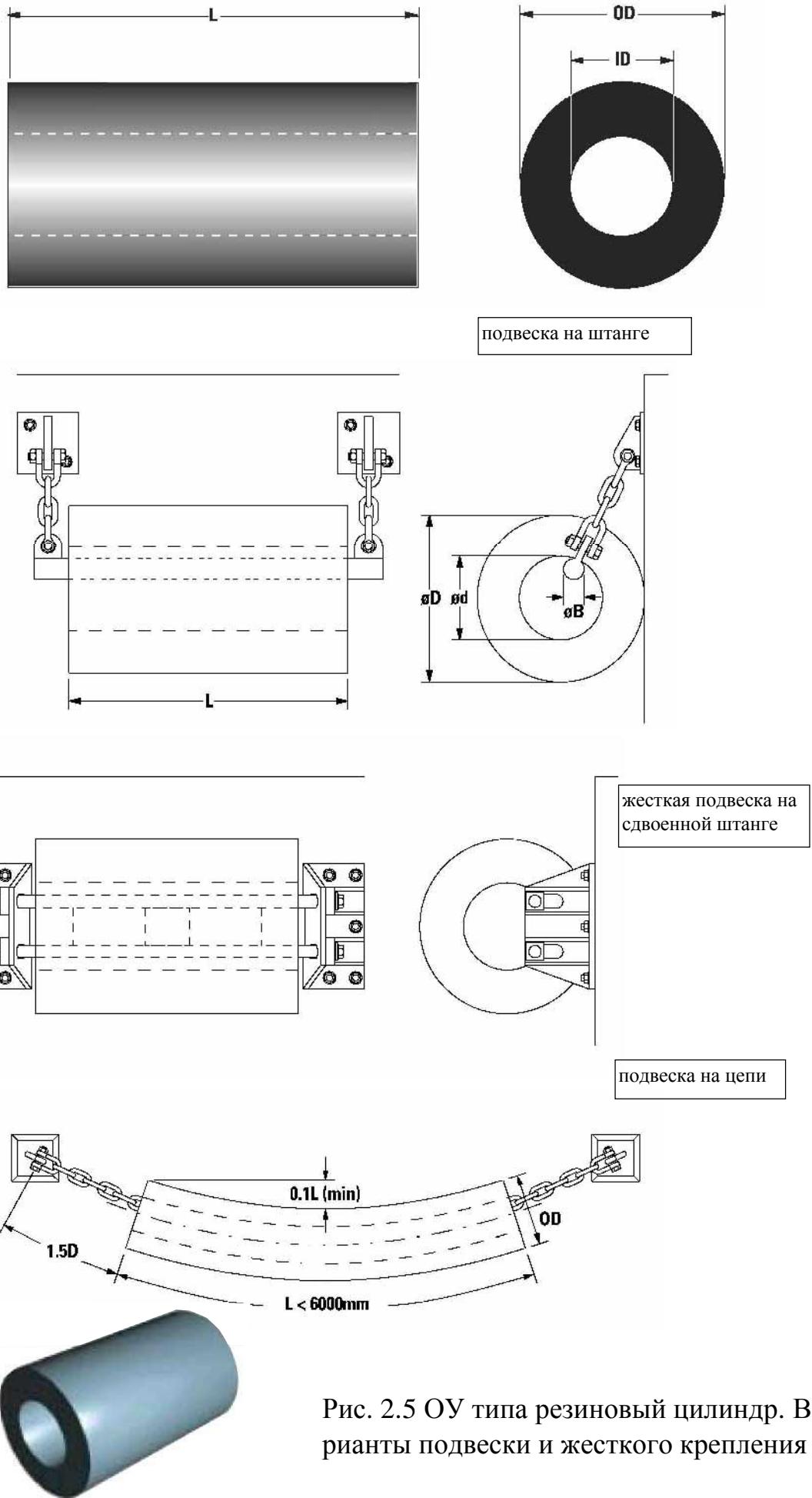


Рис. 2.5 ОУ типа резиновый цилиндр. Варианты подвески и жесткого крепления [8]

В качестве стандартного зарубежными фирмами рекомендуется крепление трапецеидального амортизатора сменяемого типа, устанавливаемое на причалах при строительстве (рис. 2.6 Вариант 1, 4).

Предлагаемое крепление сменяемого типа представляет собой стакан с нарезкой стандартной метрической резьбы, сваренный с арматурой, замоноличенной в бетоне. Арматура может быть изогнута для сцепления с бетоном, или может иметь на конце приваренную пластинку (второй вариант менее материалоёмкий). Болт достаточно большого сечения прилегает через шайбу к резине. В качестве усовершенствования предлагается использовать болт с отрывной головкой, в котором место возможного обрыва болта фиксировано в виде сужения его сечения. При обрыве такой болт достаточно легко выворачивается и заменяется на новый.

Крепление по варианту 2 (рис. 2.6) состоит большей частью из пластмассовых деталей. В пластмассовом корпусе находится неподвижно закрепленная шайба с приваренной гайкой, болт через отверстие, образованное пластиковой трубкой доходит до гайки и закручивается в нее. Крепление по варианту 3 предусматривает упрощенное соединение с анкерующей арматурой, при которой арматура небольшого диаметра проходит через отверстие в специальной втулке с нарезкой резьбы. Крепления по вариантам 5 и 6 предполагают установку на существующем причале. Данное крепление выполняется в следующей последовательности: в бетоне просверливается отверстие строго определенного диаметра и длины; внутренняя полость отверстия вычищается при помощи сжатого воздуха и воды до полного отсутствия пыли; в отверстие вставляется специальная капсула с kleem; капсула, находясь в отверстии, раздавливается болтом и без промежутков обволакивает болт; после схватывания kleя прикручивается гайка либо болт и обтягивается со строго нормированным усилием.

В практике эксплуатации морского флота при швартовных операциях в открытом море нашли широкое применение плавучие пневматические кранцы, размеры которых и поглощаемая энергия варьируются в широких пределах (рис.2.7). Эти амортизаторы могут быть использованы на причалах для самых крупных судов, при стоянке у стенки в условиях волнения, а так же при швартовке одного судна к другому в открытом море.

Наружный и внутренний слои оболочки амортизатора изготавливают из натуральной резины, внутренний армирующий слой – из нейлона. Для предотвращения прямого удара судна о сооружение при разрыве оболочки в баллон помещают синтетическую губчатую массу. На конце амортизатора устанавливают предохранительный клапан, служащий для выпуска воздуха из амортизатора при нагрузках, превышающих допустимые для данного амортизатора. Избыточное давление нагнетаемое во внутрь данного амортизатора составляет $0,5\text{--}0,8 \text{ кгс}/\text{см}^2$.

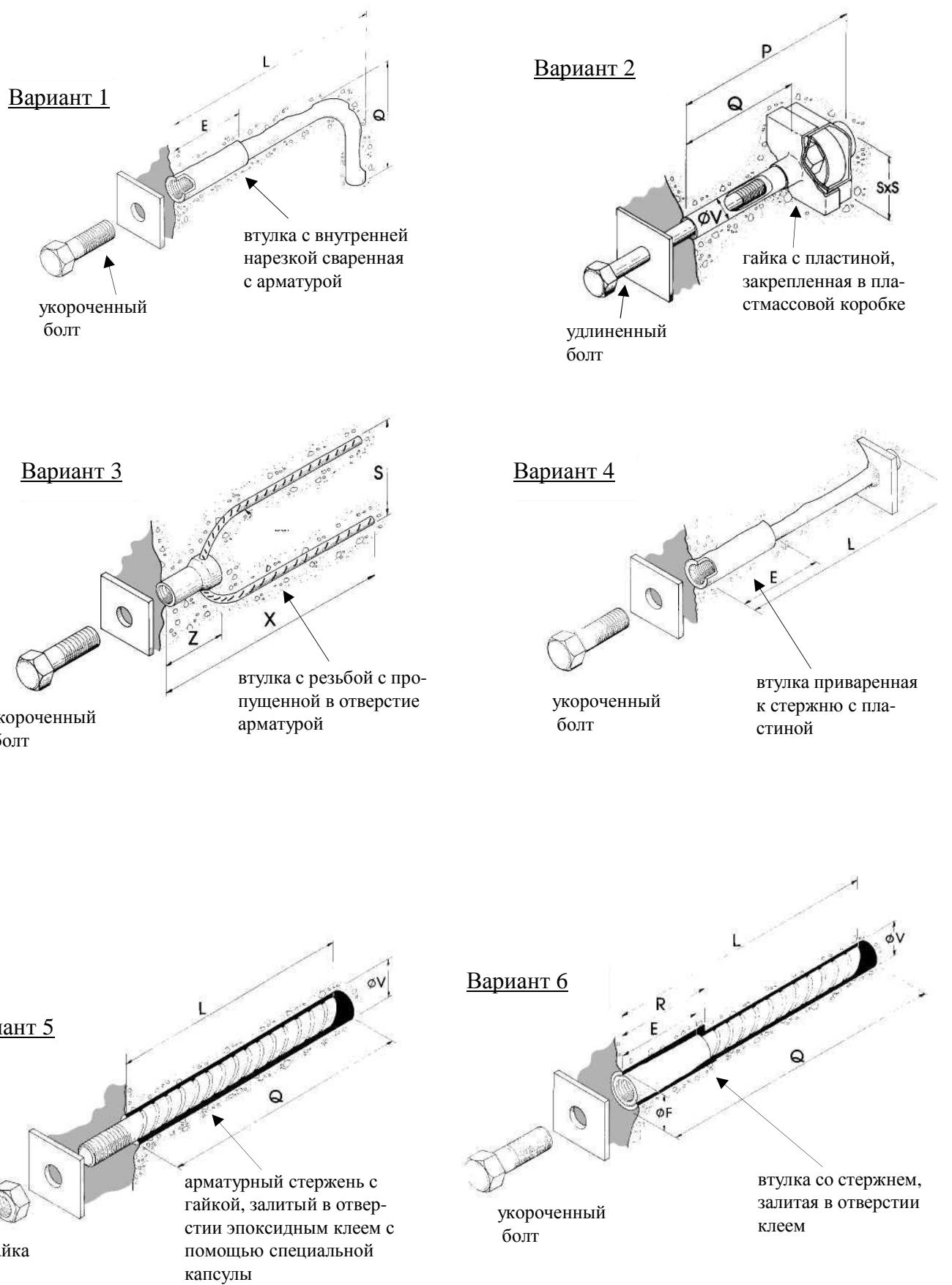
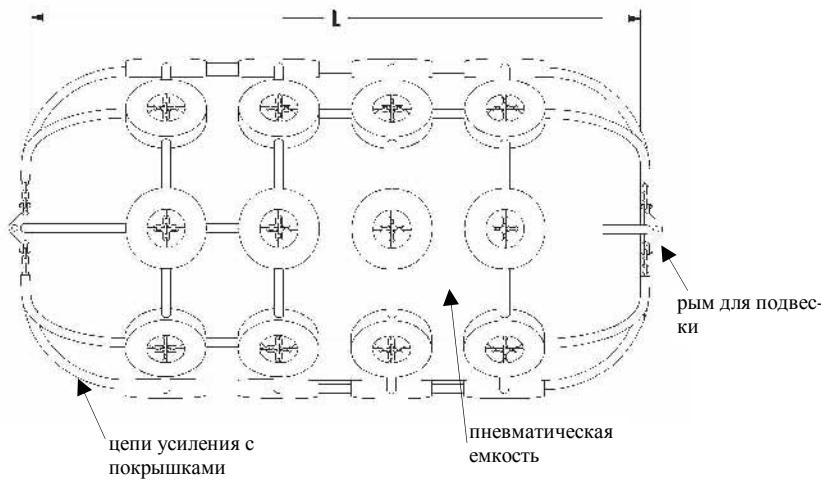
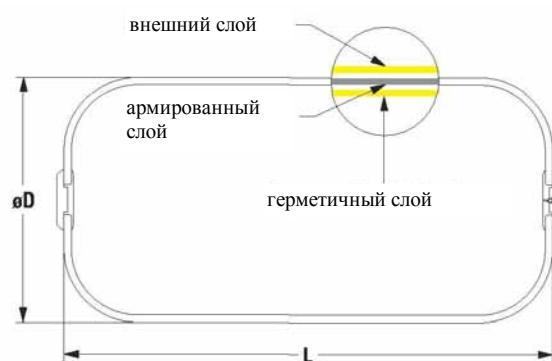
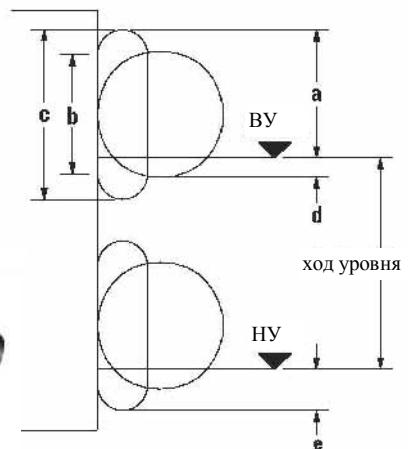


Рис. 2.6 Различные варианты установки болтов крепления подвески ОУ [8]

Пневматическое отбойное устройство



Расположение пневматического ОУ при значительных колебаниях уровня



Гидро-пневматическое отбойное устройство

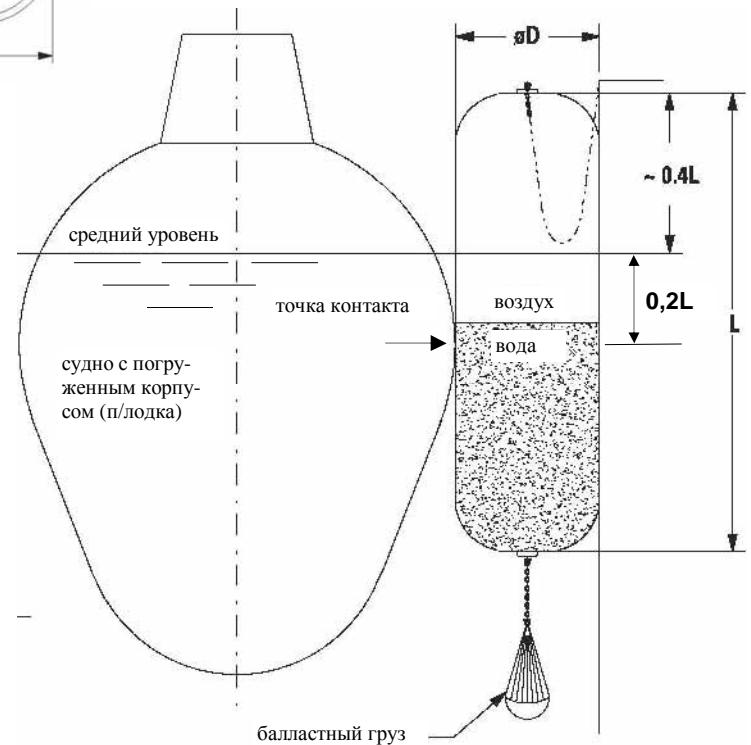
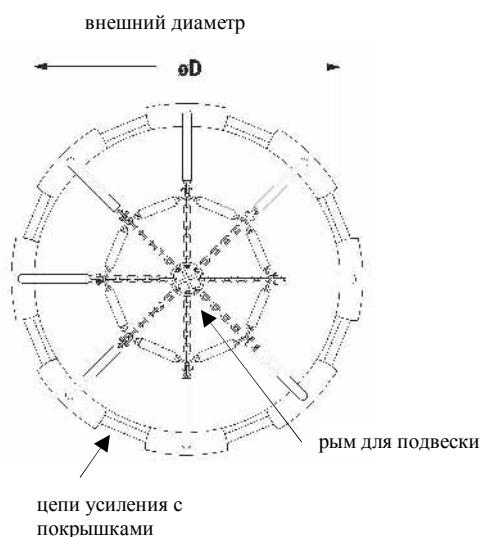


Рис. 2.7 Пневматические и гидро-пневматические ОУ
[8]

Энергоемкость описанных резиновых амортизаторов повышается в случае необходимости воспринять энергию навала более крупных судов путем увеличения размеров амортизаторов (наибольший диаметр данных амортизаторов 3,5 м).

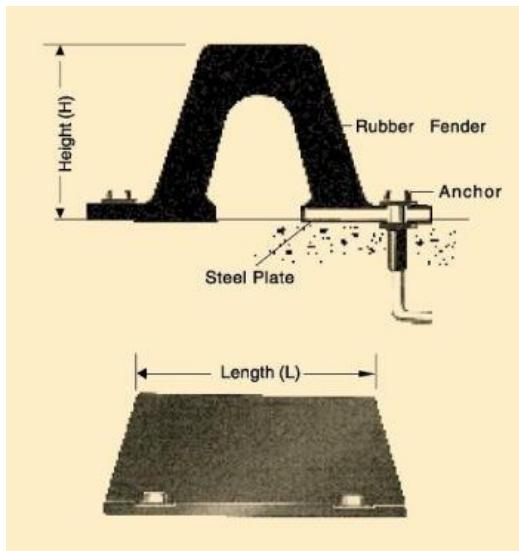
Однако при увеличении размеров возрастает масса ОУ, что усложняет систему их закрепления, на поверхности причала; возрастают зазор между бортом судна и причалом, что затрудняет работу портовых механизмов и производство грузовых операций, осложняются изготовление и монтаж ОУ. Кроме этого при значительных колебаниях уровня моря (что наблюдается, например, на северном побережье Охотского моря) пневматические отбойники должны иметь гарантированную площадь контакта при любом положении уровня, при этом необходимо учитывать возможность их расплющивания.

Схожий с пневматическими амортизаторами принцип действия имеют гидро-пневматические амортизаторы, которые предназначены для швартовки судов имеющих подводную точку касания с причальной стенкой. Они представляют собой гибкие герметичные резиновые емкости, заполненные воздухом на 60% и на 40% водой. В нижней части емкости расположен рым, за который цепляется подвеска с грузом, которая притапливает амортизатор на 20% его высоты. При такой пригрузке амортизатор находится в устойчивом вертикальном положении и обеспечивает возможность контакта с ним борта судна на высоте около 1,5-2 м выше и ниже уровня воды.

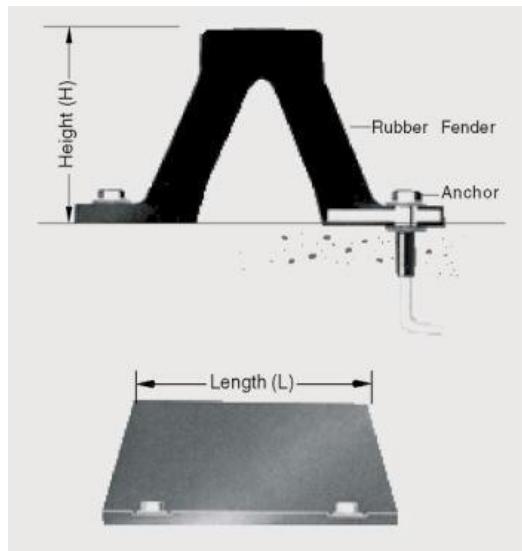
Известной компанией по производству ОУ в Дальневосточном регионе является Sumitomo rubber industries, которая предлагает широкую номенклатуру резиновых ОУ. Основные из предлагаемых устройств показаны на рис. 2.8.

Среди предлагаемых фирмой ОУ классический трапециoidalный отбойник “Hyper Ace” (V-типа). Амортизатор обладает большей энергоемкостью по сравнению с цилиндрами Д400. Минимальная площадь стальных деталей, выступающих из бетона, что приводит к минимальным потерям от коррозии. Внутренняя полость арки выполнена сглаженной формы, это способствует более равномерному распределению изгибающих напряжений и уменьшает вероятность появления трещин. Усилие навала распределяется на 8 болтов, закрепляющих арку по контуру (для цилиндра только 4). Площадь воспринимающая навал расположена в центре между болтами (трапециoidalный профиль в продольном направлении), поэтому в любой точке давления болты расположены справа и слева. Фиксируется арка болтами через стальные листы, залитые в резину, что создает дополнительную амортизацию и распределяет нагрузку на всю площадь контакта арки. Согласно паспортных данных, предельной является 50% деформация данного отбойника.

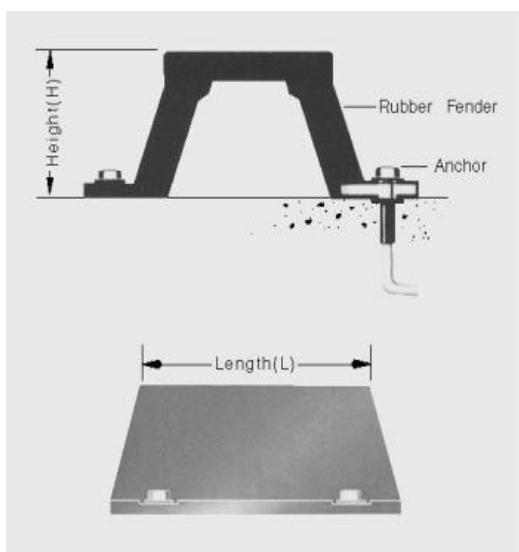
Недостатком данного профиля ОУ является фасадная плоскость из резины, которая создает повышенное трение при движении судна относительно надстройки. Так же недостатком является концентрация изгибных напряжений в верхних



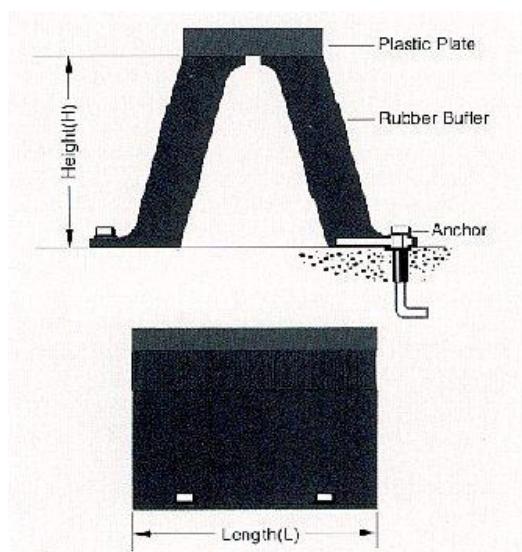
“Hyper Ace” V типа



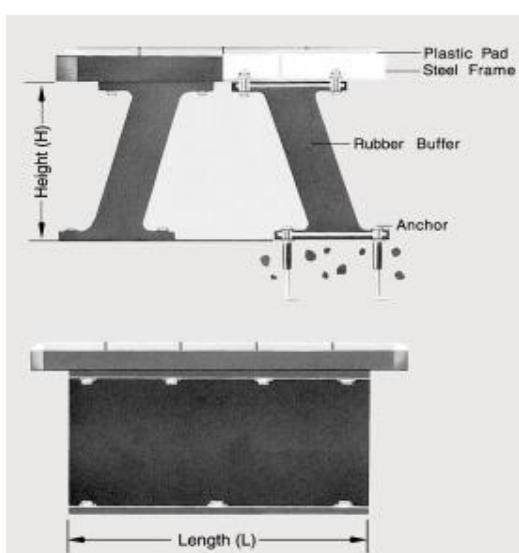
Тип Δ (Lambda)



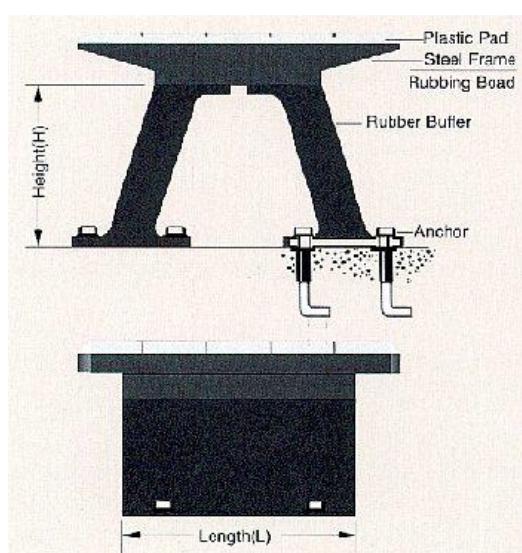
Тип β (Beta)



“PPi – type”



“UPi – type”



“Pi – type”

Рис. 2.8 Разновидности ОУ V – типа фирмы Sumitomo [9]

углах внутренней полости, что приводит к преждевременному разрыву ОУ в этих углах. Согласно каталогу фирмы профиль поставляется при 5 разновидностях резины, различающейся по жесткости в 2,3 раза между самой мягкой и самой твердой резиной.

Реакция при сжатии и энергия деформации для средней по твердости резины и типов отбойников, подходящих для условий портов ДВ

- “НА 500Н 2000L” – 50,8 тс и 7,95 тсм;
- “НА 600Н 2000L” – 62,1 тс и 11,7 тсм, для сравнения
- Д400×2000 – 155 тс и 5,6 тсм, Д1000×2000 – 61 тс и 13 тсм.

Резиновое ОУ типа Δ (Lambda) по сравнению с отбойником V типа имеет более повышенный уровень деформации (52,5%), увеличенную фасадную плоскость, что приводит к уменьшению давления на борт судна. Профиль данного ОУ разработан на основе метода конечных элементов и поэтому имеет большую долговечность. Характеристики для профилей средней по твердости резины:

- LMD 500Н 2000L – 62,6 тс и 13,2 тсм (123% и 166% от НА 500Н);
- LMD 600Н 2000L – 75,0 тс и 19,0 тсм.

Таким образом, данный вид отбойника обеспечивает по сравнению с V типом большую энергию и величину реакции.

Резиновое ОУ типа β (Beta) имеет расширенный по сравнению другими типами трапециoidalный профиль. Такая его особенность позволяет уменьшить удельное давление на борт по сравнению с другими трапециoidalными типами. Кроме того, наплывы во внутренних углах арки обеспечивают уменьшение напряжения при сдавливании и, следовательно, большую сохранность отбойника.

Как и типы “Lambda” и “V” данный тип отбойника может иметь высоту до 1000 мм, что обеспечивает энергию сжатия до 50 тсм. Такая величина энергии соответствует расчету по СНиП [3] для закрытой акватории и глубины у причала до 18 м, что соответствует предельным условиям дальневосточных портов России. Таким образом, можно считать, что данные три типа отбойников (из поставляемых фирмой Sumitomo) являются наиболее подходящими для ДВ региона. Для средних по жесткости типов резины значения реакции и энергии у типа “Бета” следующие:

- В 500Н 2000L – 57,6 тс и 12,2 тсм (113% и 153% от НА 500Н);
- В 600Н 2000L – 69 тс и 17,4 тсм.

Резиновый отбойник “PPi-type” составлен из двух резиновых пластин, соединенных вверху при помощи пластиковой вставки. За счет такой конструкции удалось достичь высоты отбойника, значительно превышающей стандартные трапециoidalные типы и доходящей до 1700 мм. Такая высота ОУ обеспечивает поглощение энергии до 140 тсм, хотя у небольших по высоте отбойников такого типа реакция и энергия отличается незначительно от обычных трапециoidalных отбойников.

Пластмассовая вставка выполнена из материала создающего по поверхности борта судна пониженное трение и таким образом снижается нагрузка на крепление ОУ и соответственно увеличивается долговечность всего устройства. Данный тип отбойника обеспечивает повышенный процент сжатия 57,5%.

Резиновый отбойник “UPi-type” составлен из двух резиновых пластин, соединенных в верхней части при помощи стальной фермы увеличенной ширины. Стальная ферма для безопасности борта покрыта резиновыми плитами. В верхней части стальная ферма покрывается пластиковыми плитами.

Такая конструкция ОУ обеспечивает возможность увеличения высоты устройства до 2500 мм, что соответствует энергоемкости около 260 тсм. Наименьший размер такого устройства – 600 мм т.е они рассчитаны на достаточно большую энергию навала, которая может возникать для больших судов или для условий открытого побережья. Для отбойника “UPi – 600Н” сила реакции и энергия навала соответствует аналогичной для рассмотренных ранее трапецидальных отбойников.

Резиновый отбойник “Pi-type” состоит из двух резиновых пластин упрощенного стандартного изготовления. Пластины соединяются поверху стальной рамой, которая покрыта с фасадной поверхности пластиковыми плитами с пониженным коэффициентом трения. Наличие таких плит значительно снижает горизонтальные нагрузки на крепление ОУ и тем самым продлевает общий срок его эксплуатации. За счет такой конструкции высота отбойника, как и предыдущего, доведена до 2500 мм. Сила реакции и поглощение энергии по величине приблизительно равны соответствующим по размеру обычным трапецидальным отбойникам.

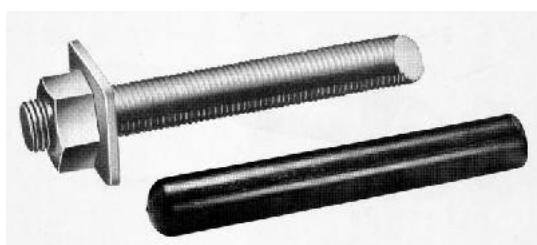
Кроме энергоемких трапецидальных отбойников фирма предлагает производимые ею цилиндрические отбойники. Фирмой производятся размеры цилиндрических отбойников от 100 мм до 1500 мм с градацией через 100 мм. При этом рекомендуются следующие параметры элементов подвески отбойника (для размеров, используемых в ДВ портах России).

Таблица 2.1 Размеры элементов подвески цилиндрических отбойников, рекомендуемые фирмой Sumitomo

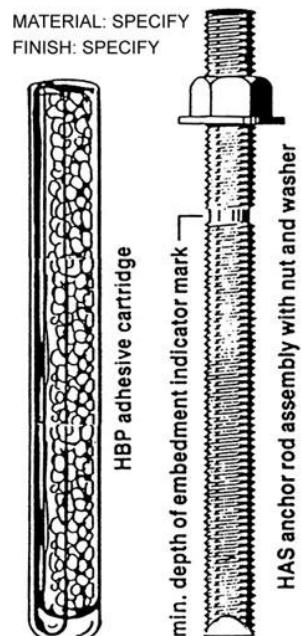
Размер цилиндра (мм)	Калибр цепи (мм)	Разрушающая нагрузка для цепи (тс)	Диаметр штанги для цилиндра (мм)	Диаметр анкера в надстройке (мм)
400×2000	25	32,9	38	36
1000×1000	38	76	60	55

Кроме выпуска непосредственно отбойников фирма занимается разработкой и производством элементов крепления, в том числе и для реконструируемых при-

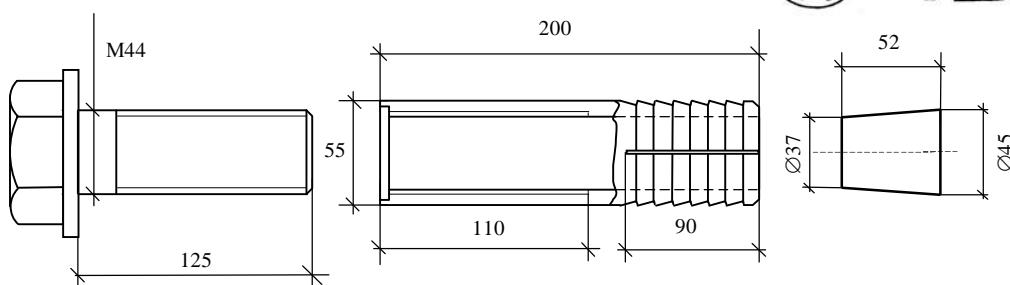
Специальный болт и гибкая капсула с полимером
Размеры болтов от M22 до M64



ANCHOR BOLT – TYPE VII
PART NO. DIA. X LENGTH



Крепление лепестковое для ОУ V типа до 600Н



Показаны размеры для крепления DOV-600H

Ремонт разрушенных анкерных болтов и установка новых болтов с помощью Wilson Anchor Bolt Sleeve

Basic Use: The Wilson Anchor Bolt Sleeve is used as an in-place form to provide a grout pocket around an anchor bolt (Fig. 1 and 3) and is used to form a pocket into which a bolt may be grouted (Fig. 2). Also may be used where metal pipe is objectionable due to rusting or cost. Use in food processing areas is not a problem due to the inert polyethylene.

Limitations: The Wilson Anchor Bolt Sleeve is not recommended where high heat is used, such as inside an oven.

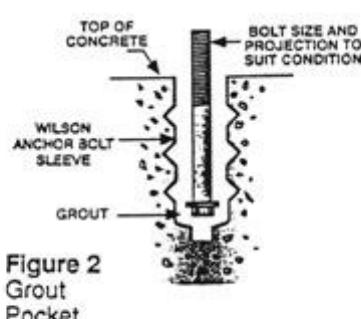
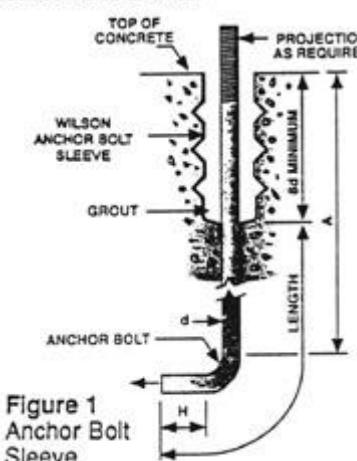


Figure 2
Grout
Pocket

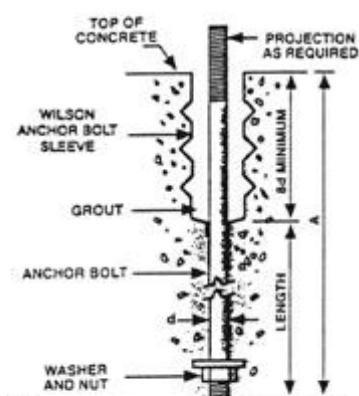
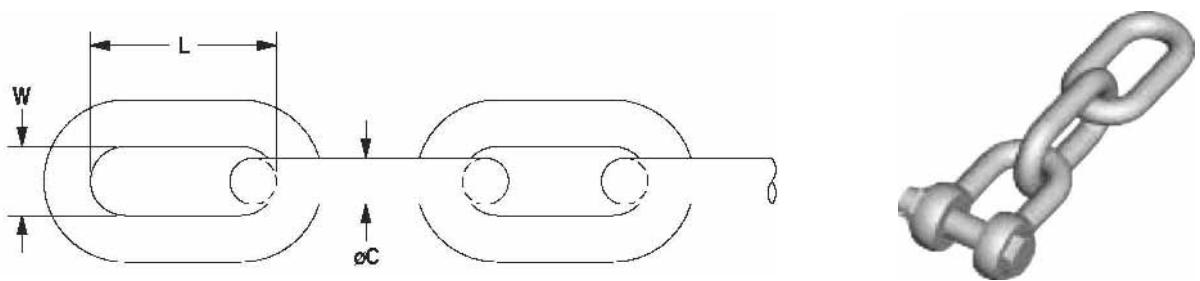
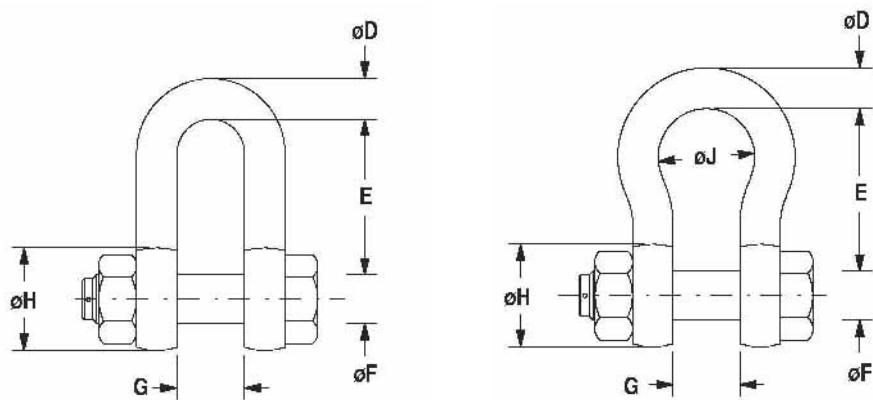


Figure 3
Straight Bar
with Washer

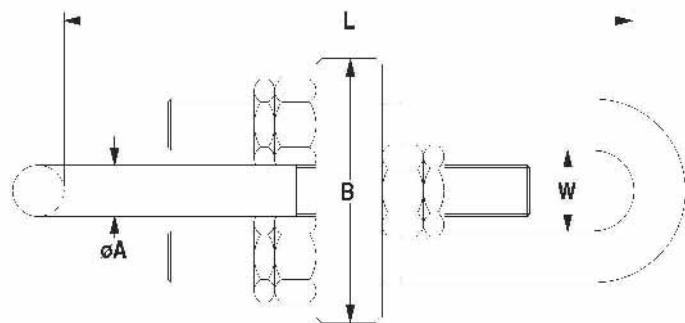
Рис.2.9 Современные крепления ОУ устанавливаемые на существующих причалах



Рекомендуемый для подвесных ОУ профиль цепи без распорок ($L=3,0/3,5/4,0/5,0\text{C}$)



Скобы, рекомендуемые для подвесных ОУ с разъемным болтовым соединением



Специальный натяжитель для устранения провиса подвесных цепей и для соединение отрезков цепи в полевых условиях.

Рис. 2.10. Подвесные цепи, скобы и вспомогательные устройства для подвесных и противосдвиговых цепей ОУ [8]

чалов. В частности ею предлагаются специальные анкерные болты для заделки в существующей надстройке (chemical anchor bolts), американское название которых Wilson anchor bolt.

Набор для установки состоит из специально обрезанного на торце под 45° болта и гибкой капсулы с полимером (рис. 2.9). Размеры предлагаемых болтов от M22 до M64. Процесс установки болта состоит из следующих операций:

1. В бетоне надстройки просверливается отверстие, специально подобранный глубины и диаметра;
2. Из отверстия при помощи вакуума и специальной щетки удаляются остатки бетонной пыли;
3. В отверстие вставляется гибкая капсула с полимером;
4. Болт с обрезанным торцом при помощи вращения и нажима устанавливается в отверстие до упора в стенку, при этом капсула разрывается и обволакивает тело болта, связывая его с бетоном.

Установка данных болтов возможна так же и под водой. Время схватывания полимерного состава и набора достаточной прочности составляет в зависимости от температуры от 10 мин до 480 мин. Температура воздуха, при которой может производиться установка болтов от 0° до 30° . Установленные таким образом болты предназначены для трапецидальных отбойников. При установке отбойника на такие болты необходимо использовать предварительное обжатие болтов с моментом затяжки, рекомендуемым фирмой.

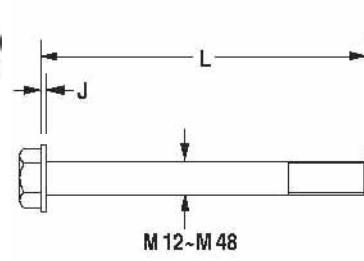
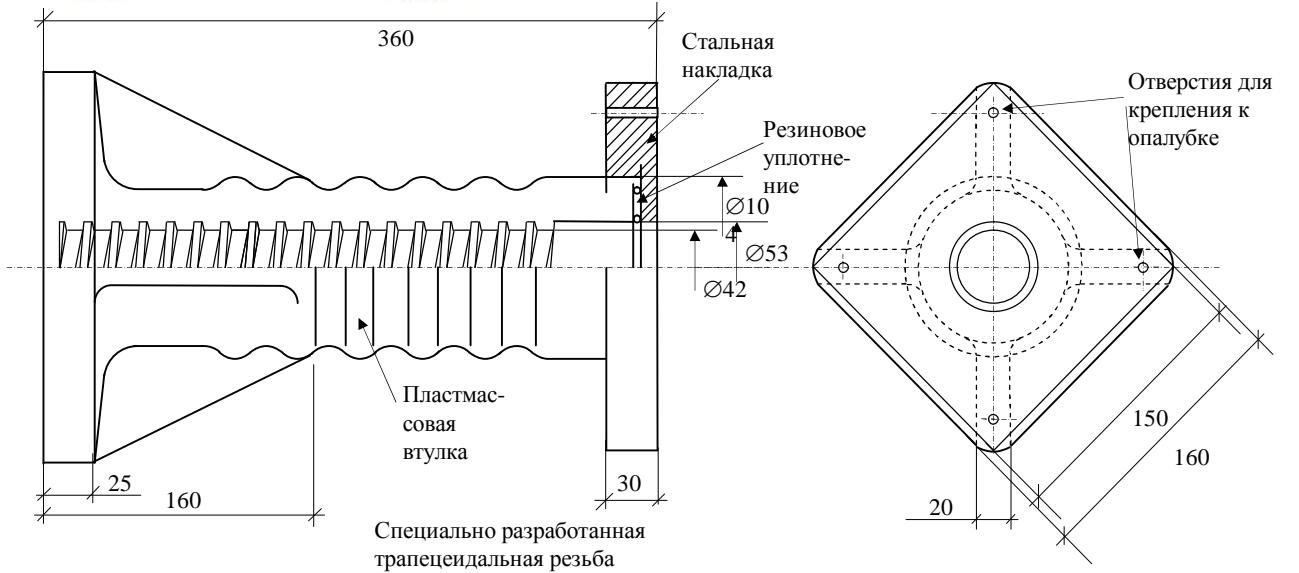
Кроме обычной классической номенклатуры якорных цепей и цепей без распорок зарубежными фирмами выпускаются цепи специально для подвески отбойных устройств (рис. 2.10). Эти цепи размерами соответствуют российским длиннозвенным цепям (за исключением утолщения образующего стержня во внутреннюю сторону в районе сварки), но при этом пробная нагрузка для этих цепей приблизительно в 2 раза больше чем для российских таких же размеров. Размеры этих цепей предлагаются от 12 до 25 мм и рассчитаны они на пробные нагрузки от 7 до 45 тс. В таблице номенклатуры данных цепей рекомендуются скобы для присоединения данных цепей, которые прочнее основной цепи приблизительно в 2 раза.

Для увеличения долговечности и возможности рассоединения данные цепи для подвески отбойных устройств подвергаются глубокой гальванизации.

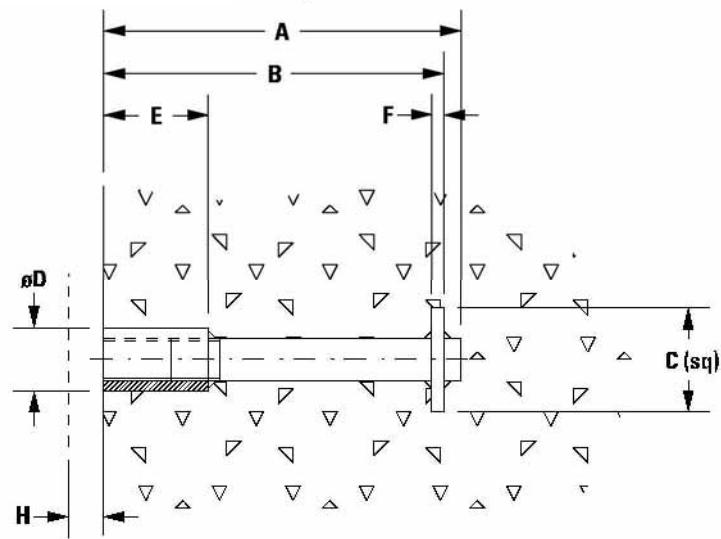
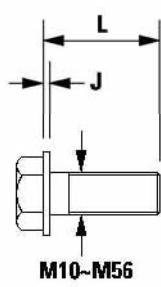
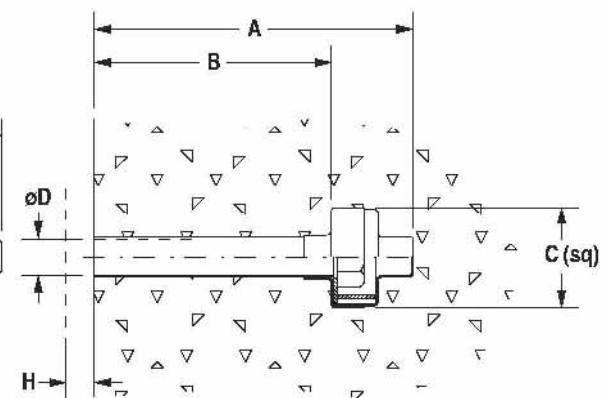
В номенклатуре скоб, предлагаемых для присоединения ОУ (рис. 2.10), предусмотрены скобы с расширенным внутренним отверстием ветви (как у буквы "омега"), что позволяет соединять на этой скобе три элемента подвески, например, закреплять один край отбойного устройства на двух цепях. Данные скобы соединяются не при помощи штыря, как обычные, а с помощью болта с гайкой, что упрощает раскручивание соединения после нескольких лет эксплуатации.



Полимерная втулка для болта, устанавливаемая при бетонировании надстройки

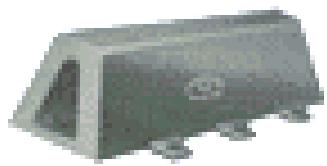


Направляющая с гайкой в пластмассовом стакане



Стержень с резьбовой втулкой и квадратным стопором

Рис. 2.11 Современные конструкции креплений ОУ на строящихся причалах [8]



KCV-type

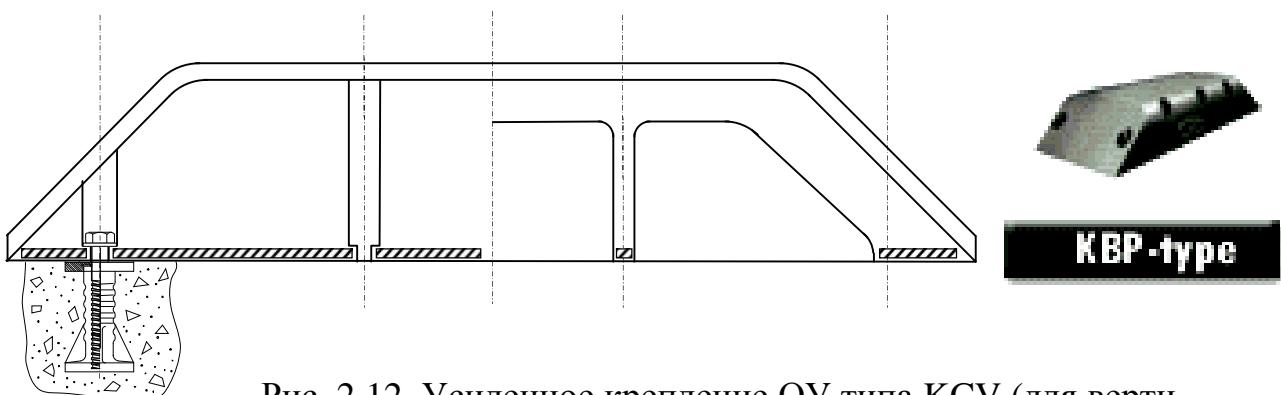
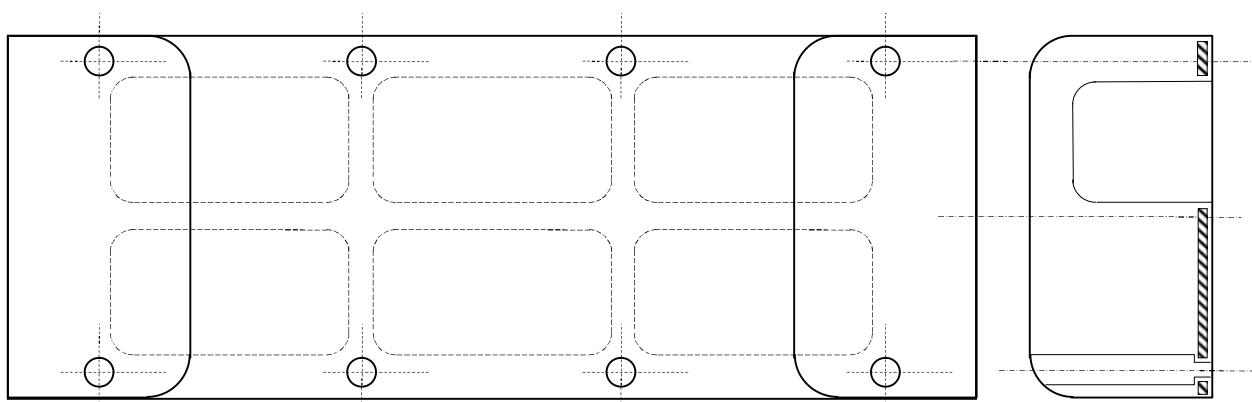
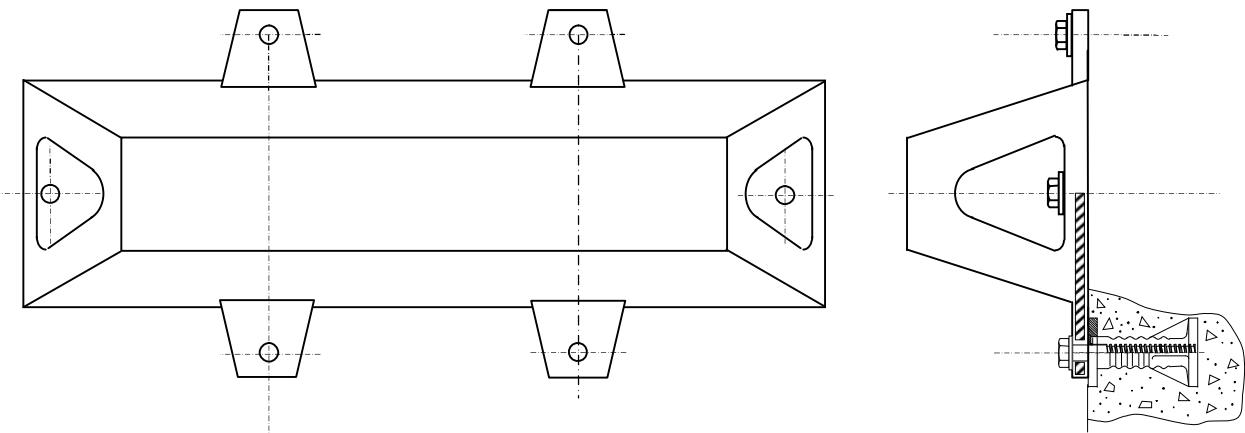


Рис. 2.12. Усиленное крепление ОУ типа КСВ (для вертикальных воздействий) и резиновый амортизатор типа КВР обтекаемой формы (для горизонтальных воздействий)

Кроме цепей и скоб предлагаются специальные натяжители для установки на сдвиговые цепи, функция которых натягивание цепей с разных сторон ОУ для более равномерного распределения между ними нагрузки.

Kumnam Ltd - южнокорейская фирма по производству пневматических плавучих амортизаторов и причальных амортизаторов.

Данной фирмой предлагается полная номенклатура современных амортизаторов и так же элементов их креплений. Предлагаются варианты креплений резиновых цилиндров по трем вариантам: на вертикальных, коротких отрезках цепей с расположением цилиндра на кованной штанге; с расположением цилиндра полностью на цепи, при этом расстояние между узлами подвески больше чем ширина цилиндра т.е. ветви подвески расположены наклонно; последний вариант – расположение цилиндра "на лестнице", при этом варианте через цилиндр пропускается элемент напоминающий лестницу, положенную горизонтально. Данный элемент состоит из двух продольных планок и большого количества поперечных, подвешивается данный элемент на цепях подвески, отходящих от концов "стоеч" лестницы к четырем рымам, расположенным на поверхности надстройки выше и ниже лестницы.

Среди элементов крепления подвески данной фирмой предлагается резиновая втулка, которая при бетонировании надстройки вставляется в отверстие для жесткого крепления. Предназначена данная втулка для смягчения динамических нагрузок на элементы крепления для большей их сохранности (рис. 2.9).

Dongil rubber Ltd - южнокорейская фирма производящая кроме всего прочего резиновые амортизаторы и элементы их крепления.

Фирма Dongil rubber belt co., ltd производит резиновые амортизаторы цилиндрического типа и соответствующие по профилю амортизаторам трапецеидальным типа V (от фирмы Sumitomo). Это такие как DOV 200H – DOV 1000H. Сила реакции при сжатии и поглощаемая энергия у данных амортизаторов соответствуют средней по жесткости резине у амортизаторов фирмы Sumitomo.

Кроме названных Dongil rubber производит амортизаторы трапецеидального типа, имеющие усиленную подвеску, такие как DCV 200H – DCV 1000H (рис.2.12).

Расширенное положение болтов крепления у данного амортизатора влечет за собой увеличение сопротивления амортизатора вертикальным воздействиям борта судна. Соответственно использование подобных ОУ рационально в тех местах, где преобладает вертикальное воздействие борта. Это такие места как не полностью закрытые от волнения акватории, акватории с большими колебаниями уровня, шлюзы.

Усилие сжатия и энергия, поглощаемая при сжатии, для данных амортизаторов аналогична соответствующей у амортизаторов типа V.

Фирмой Dongil rubber производятся так же амортизаторы оригинальной конструкции, рассчитанные на сопротивление большим горизонтальным нагрузкам. Это амортизаторы типа BP 150H – BP1300H, которые имеют рабочую зону деформации так же как и трапецидальные отбойники - 55% (рис. 2.12). За счет своей обтекаемой формы и решетчатой конструкции они могут воспринимать значительные истирающие горизонтальные усилия.

Резиновые амортизаторы типа BP 600H 2000L имеют реакцию сопротивления сжатию и поглощаемую энергию в размере 105 тс и 23,4 тсм, что приблизительно на 30% больше, чем обычные трапецидальные отбойники.

Вместе с резиновыми амортизаторами фирма предлагает оригинальные крепления для амортизаторов. Так интерес представляет специальное крепление с полимерной втулкой. Крепление в сборе состоит из непосредственно полимерной втулки длиной от 200 до 400 мм, внутри которой нарезана специально спроектированная резьба; анкерующего болта от 25 до 76 мм диаметром длиной от 220 до 440 мм и стальной шайбы (рис. 2.11).

Согласно информации фирмы-производителя форма полимерной втулки обеспечивает хорошее закрепление ее в бетоне при бетонировании надстройки. Были проведены специальные исследования для обоснования формы втулки. Торец втулки, выступающий на фасад надстройки, закрыт от внешних воздействий стальной пластиной. Резьба, нарезанная внутри пластиковой втулки, предназначена для стального болта крепления ОУ. Резьба трапецидального профиля, при этом большая трапеция приходится на сечение полимера, а маленькая трапеция на сечение стального болта.

По утверждению фирмы такое крепление позволяет значительно снизить динамические нагрузки на крепление и решить проблему замены болта крепления при возникновении дефектов.

В качестве стандартного зарубежными фирмами рекомендуется крепление трапецидального амортизатора сменяемого типа, устанавливаемое на причалах при строительстве (рис. 2.11).

Предлагаемое крепление сменяемого типа представляет собой стакан с нарезкой стандартной метрической резьбы, сваренный с арматурой, замоноличенной в бетоне. На конце арматуры приварен квадратный стопор, препятствующий выдергиванию ее из бетона. Болт достаточно большого сечения прилегает через шайбу к резине. В качестве усовершенствования предлагается использовать болт с отрывной головкой, в котором место возможного обрыва болта фиксировано в виде сужения его сечения. При обрыве такой болт достаточно легко выворачивается и заменяется на новый.

Для установки на причалах трапецидальных отбойников в том случае если крепление необходимо выполнить к существующей надстройке рекомендуется

крепление лепесткового типа (рис. 2.9). Такое крепление состоит из короткого болта, лепесткового стакана с резьбой и клиновидной пробки.

Данное крепление монтируется следующим образом: в бетоне надстройки просверливается отверстие строго фиксированного диаметра и глубины; в отверстие вводится лепестковый стакан со вставленной пробкой; после упора в торец отверстия выступающая часть стакана забивается молотком, при этом лепестки раздвигаются и стакан входит в зацепление с бетоном отверстия; выступающая часть стакана выполнена со специальным буртиком для того, что бы при забивании не повреждалась резьба; после того как стакан полностью входит в отверстие в него можно закручивать болт.

Данный вид крепления может выдержать нагрузки только от трапецеидальных отбойников высотой профиля до 500 мм (НА 500Н).

По современному развитию конструкций ОУ можно сделать следующие выводы: вопрос эксплуатации ОУ и их сохранности является достаточно актуальным как в мировой, так и в отечественной практике; фирмы по производству резиновых амортизаторов предлагают наряду с современными трапецеидальными и комбинированными, так же и цилиндрические амортизаторы, то есть наличие трапецеидальных амортизаторов не привело к полному исчезновению цилиндрических; иностранные компании, предлагающие амортизаторы, продают так же и элементы их крепления, т.е. вопросам подвески амортизаторов они предают большое значение, при этом элементы крепления выполнены по строго соответствующим размерам и подвергнуты глубокой гальванизации; совершенствование конструкций ОУ, по мнению иностранных специалистов, должно быть направлено на увеличение энергоемкости амортизатора (удлинение относительной рабочей зоны) и на повышение надежности и долговечности элементов крепления.

2.2 Рекомендации по применению различных типов ОУ на причалах ДВ портов

Трапецеидальные (арочные) ОУ

Применение арочных ОУ связано с **более растянутой характеристикой нагрузки от водоизмещения** по сравнению с цилиндрическими, что позволяет охватить как минимум в 2 раза больший диапазон водоизмещений чем у цилиндрических, (это происходит за счет увеличения нагрузки).

Достоинства:

1. Небольшой расход металла на установку.
2. Маленькая поверхность контакта крепления с внешней средой.
3. Жесткая фиксация позволяет гасить колебания судна на небольшом волнении
4. По показателю энергоемкости в зависимости от веса резины занимают промежуточное положение

Недостатки:

1. "Жесткая" характеристика – нагрузка возрастает очень резко как в начале кривой, так и вблизи предельного значения
2. Самый большой расход резины на образование консольного вылета
3. Жесткая характеристика не позволяет использовать их для высоких свайных пирсов
4. По стоимостным показателям арочные ОУ дороже цилиндрических

Арочные ОУ с размерами 400 – 600 мм для условий ДВ портов рекомендуется использовать на глубинах 9,75 – 18,0 м с учетом следующих шагов установки (табл. 2.2):

Таблица 2.2 Рекомендуемые шаги установки для арочных ОУ

Размер арочного ОУ мм	Шаги установки при глубине у причала м					
	9,75	11,5	13,0	15,0	16,5	18,0
400×2000	5,2	4,7	4,3	2,8	2,4	-
500×2000	-	6,9	6,6	5,0	4,1	3,6
600×2000	-	-	-	7,2	6,6	5,9

Нагрузка на борт - арочные ОУ с большой жесткостью резины производят давление на борт судна **превосходящее допустимое**, особенно это касается судов **без ледовых подкреплений**. Нагрузки на борт производимые арочными ОУ существенно зависят от жесткости резины, за счет изменения жесткости резины одного и того же по размеру отбойника можно уменьшить нагрузку на борт практически до уровня цилиндрических ОУ, либо за счет увеличения жесткости растянуть зону возможного использования одинакового по размеру отбойника. При изготовлении арочных ОУ необходимо обязательно проводить их **испытания с определением реальной жесткости резины**.

В условиях дальневосточных портов при использовании арочных ОУ предпочтение должно отдаваться причалам, расположенным на недостаточно закрытой акватории не рекомендуется использовать данные отбойники для пирсов. Необходимо при изготовлении и закупке обязательно контролировать жесткость резины устанавливаемых отбойников при помощи испытаний. В связи с высокой стоимостью арочных отбойников в случае сравнения предпочтение следует отдавать цилиндрическим ОУ.

Цилиндрические ОУ

Факторы, влияющие на использование цилиндрических ОУ в ДВ портах

1. наличие большого количества старогодних Д400, пригодных к использованию
2. крепление для подвески цилиндров, сохранившееся на многих причалах
3. удобство выполнения рымов при реконструкции (не требуется большая точность)

Главная **причина обрывов** установленных ОУ – низкая прочность подвески деревянной рамы либо цилиндра **в результате неправильного технологического выполнения** или невозможности выполнения проектного варианта.

Достоинства и недостатки цилиндрических ОУ

Достоинства:

1. "Мягкая" характеристика нагрузки от деформации
2. Пологое возрастание усилиям в районе предельных нагрузок
3. Высокий показатель эффективности при малых деформациях
4. Малый расход резины на обеспечение консольного вылета

Недостатки:

1. По нормативному показателю эффективности в 2 раза ниже, чем другие типы ОУ.
2. Большой расход металла на элементы крепления, подвергающиеся интенсивной коррозии.
3. Форма обеспечивает небольшую энергоемкость на единицу веса резины

Рекомендуемые параметры установки:

Д400×2000

глубина у причала (м)	6,5	8,25	9,75	11,5	13,0
шаги установки (м)	5,0	4,4	3,7	3,1	2,8

Д1000×1000

глубина у причала (м)	9,75	11,5	13,0	15,0	16,5	18,0
шаги установки (м)	7,7	6,6	5,6	3,7	3,2	2,8

Нагрузка на борт – отсутствует ограничение по нагрузкам на борт судна для любых типов судов, в том числе и без ледовых подкреплений.

Цилиндрические ОУ могут быть **рекомендованы как основной массовый тип ОУ для ДВ портов** (особенно в случае их повторного использования). При этом можно рассмотреть вопрос о закупке либо изготовлении на месте цилиндрических амортизаторов **с внешним диаметром 500 – 800 мм**, так же рациональна с экономической точки зрения закупка фирменных элементов подвески для старых ОУ Д400, которые имеются в достаточном количестве в ДВ портах России.

ОУ из соединяемых резиновых элементов и усеченный конус

ОУ из соединяемых резиновых элементов.

Является наиболее предпочтительным по **стоимости** т.к. имеет наиболее простую форму резиновых элементов. Данный тип ОУ может достаточно выгодно использоваться для судов с очень большим водоизмещением. ОУ из соединяемых резиновых элементов сохраняет наиболее низкую стоимость во всем диапазоне возможной перспективной энергоемкости. Об этом говорит и предпочтение в продажах на международном рынке для данного типа ОУ.

Реакция ОУ из соединяемых элементов несколько меньше чем такого же по размеру арочного, при этом, для него обязательно устанавливается **распределительный щит**, который снижает **удельную нагрузку на борт**. Кроме того, линия кривой зависимости нагрузки от деформации для соединяемых элементов проходит участок предельной нагрузки под меньшим углом, чем кривая для арочных ОУ. По показателям эффективности ОУ из соединяемых резиновых элементов имеет наилучшие характеристики из всех рассмотренных.

Таким образом, ОУ из соединяемых резиновых элементов можно рекомендовать в качестве **наиболее перспективных для развития** портового строительства на Дальнем Востоке России.

ОУ типа усеченный конус.

Обладает **наилучшими показателями эффективности** при сжатии, линия реакции и энергии для данного ОУ наиболее растянуты, за счет этого они наиболее мягко проходят участок, близкий к нормативному значению. Так же данное ОУ обладает наибольшей энергоемкостью на единицу веса резины. По стоимостным показателям ОУ типа усеченный конус соответствует приблизительно цилиндрическим ОУ при энергоемкости ниже 30 тсм (соответствует водоизмещению 150000 тс). При более высокой потребной энергоемкости оно становится более дешевым, чем арочные и цилиндрические, но дороже на 20-30% чем соединяемые резиновые элементы.

Таким образом, ОУ типа усеченный конус может быть рекомендовано только для больших глубин (больше 15,0 м) или для причалов с большой ответственностью по безопасности (газовозы, нефтеналивные, круизные суда, и.т.п.).

3. РАСЧЕТ ЭНЕРГИИ НАВАЛА СУДНА ПРИ ПОДХОДЕ К СООРУЖЕНИЮ

Нагрузки от судов на причальные сооружения и способы их определения оговорены в СНиП 2.06.04-82* "Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)" [3]. Кроме того, имеется действующий нормативный документ – "Руководство по определению нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения (волновых, ледовых и от судов)" П58-76 ВНИИГ [4].

В соответствии с требованиями норм, при расчете ОУ гидротехнических сооружений на нагрузки от судов (плавучих объектов) необходимо определять:

- нагрузки от навала на причальное сооружение пришвартованного судна при воздействии ветра, течения и волн;
- нагрузки от навала судна при его подходе к портовому причальному сооружению.

Как признается в теории расчета отбойных устройств, определяющей нагрузкой для расчета ОУ является нагрузка от навала судна при подходе к сооружению. То, что эта нагрузка является определяющей, подтверждается и исследованиями портовых сооружений Дальнего Востока. Нагрузка от навала на причальное сооружение пришвартованного судна при воздействии ветра течения и волн имеет определяющее значение при расчете ОУ для портов с частично открытой акваторией, большинство дальневосточных портов являются портами с полностью закрытой акваторией.

Для расчета нагрузок на ОУ определяющей является значение энергии взаимодействия судна с причалом, которое может достигать больших значений, благодаря в основном большой массе судна.

3.1 Расчет энергии швартовки по СНиП 2.06.04-82*

Нагрузка от навала судна при подходе к сооружению определяется энергетически – деформационным методом с учетом деформационных характеристик резиновых элементов ОУ. Кинетическую энергию навала судна E_q , тс×м, при подходе его к портовому причальному сооружению в соответствии с названным СНиПом необходимо вычислять по формуле (здесь и далее расчеты производятся в единицах тс. и кгс. т. к. в этих единицах представлены характеристики резиновых отбойных устройств):

$$E_q = \psi \frac{Dv^2}{2g}, \quad (3.1.1)$$

где: D - расчетное водоизмещение судна, т;

V - нормальная (к поверхности сооружения) составляющая скорости подхода судна, м/с, принимаемая по таблице СНиП 2.06.04-82* (табл. 3.1.1);

ψ - коэффициент энергии навала, который в общем случае зависит от расположения центра тяжести судна относительно точки приложения усилия навала, присоединенной массы жидкости и конструкции причальной стенки, по названному СНиПу для набережных из обыкновенных массивов, уголкового типа, бульверков и т. п. $\psi = 0,5$ (см. табл. 3.1.2);

g – ускорение свободного падения ($9,81 \text{ м/с}^2$), присутствует в связи с использованием единиц – тс и кгс.

В СНиП 2.06.04-82* подчеркивается, что для судов, швартующихся в балласте или порожнем табличные значения ψ необходимо уменьшать на 15%, так же при определении кинетической энергии навала морских судов водоизмещением до 5 тыс. т, швартующихся на незащищенной акватории, нормальную составляющую скорости подхода V , принимаемую по табл. 3.1.1, следует увеличивать в 1,5 раза.

Табл. 3.1.1 Скорость подхода судна V по СНиП 2.06.04-82*

Суда	Нормальная составляющая скорости подхода судна v , м/с, с расчетным водоизмещением D , тыс. т						
	до 2	5	10	20	40	100	200 и более
Морские	0,22	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08
Речные	0,2	0,15	0,1	-	-	-	-

Табл. 3.1.2 Коэффициент энергии навала судна ψ по СНиП 2.06.04-82*

Конструкции причальных сооружений	Коэффициент ψ для судов	
	морских	речных
Набережные из обыкновенных или фасонных массивов, массивов-гигантов, оболочек большого диаметра и набережные уголкового типа; бульверки, набережные на свайных опорах с передним шпунтом	0,5	0,3
Набережные эстакадного или мостового типа, набережные на свайных опорах с задним шпунтом	0,55	0,4
Пирсы эстакадного или мостового типа, палы причальные	0,65	0,45
Палы причальные головные или разворотные	1,6	-

Как следует из приведенных в "Руководстве..." [4] пояснений по поводу применения данного метода расчета и рекомендуемых нормативных скоростей навал судна на причал в процессе выполнения швартовых операций происходит по схеме касания судна с одним ОУ (в случае рекомендуемого нормами шага развески ОУ), при этом судно расположено под некоторым углом к линии кордона и в результате соприкосновения с ОУ получает небольшой крен в сторону акватории. Даже в случае подхода лагом одновременного навала на все ОУ, перекрываемые бортом судна, обычно не происходит. При значении углов между диаметральной плоскостью судна и линией кордона всего в несколько градусов (и даже долей градуса) навал судна происходит практически на одно из ОУ оконечностью, или прямолинейной частью борта на крайнее ОУ причала (пала), когда его длина короче судна. Поэтому в качестве основного расчетного случая по рекомендации "Руководства..." следует рассматривать энергию навала, соответствующую деформации одного ОУ.

Рекомендуемые СНиПом значения нормальной составляющей скорости подхода судна к причалу даны при условии соблюдения нормальных условий эксплуатации. При этих условиях в соответствии со сложившимися в России положениями морской практики [4] швартовые операции производятся практически при отсутствии волнения или при его интенсивности, не превышающей 1-2 балла, силе ветра не более 6-7 баллов и скорости течения, не превышающей 0,6 м/с. при этом судам водоизмещением более 5 тыс. тонн придается необходимое буксирное обеспечение.

Используя полученную кинетическую энергию навала судна и деформационные характеристики резиновых элементов ОУ можно получить усилие, создаваемое навалом судна при подходе к сооружению.

Поперечную горизонтальную силу F_q , тс, от навала судна при подходе к сооружению необходимо определять для заданного значения энергии навала судна E_{tot} , тс·м, по графикам, полученным согласно схеме рис. 3.1.1, следуя по направлению штриховой линии со стрелками.

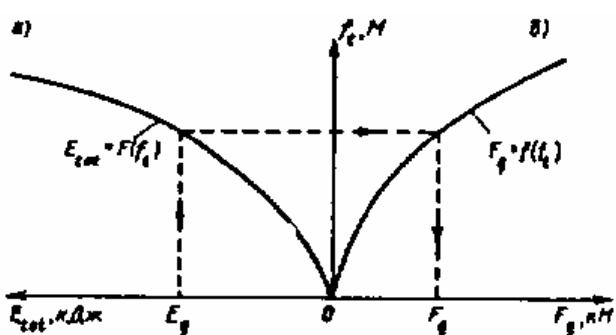


Рис. 3.1.1 Схема построения графиков зависимости деформаций отбойного устройства (и причального сооружения) f_t
а - от энергии E_{tot} ; б - от нагрузки F_q

Суммарная энергия деформации E_{tot} , тс×м, должна включать, энергию, деформации отбойных устройств E_e , тс×м, и энергию деформации причального сооружения E_i , тс×м; при $E_e \geq 10E_i$ величину E_i допускается не учитывать.

Энергию деформации, причального сооружения E_i , тс×м, следует определять по формуле

$$E_i = \frac{1}{2} \cdot \frac{F_q^2}{k_i}, \quad (3.1.2)$$

где k_i - коэффициент жесткости причального сооружения в горизонтальном поперечном направлении – может быть определен по таблице «Руководства...» тс/м.

Поперечную горизонтальную силу F_q , тс, от навала судна при подходе к сооружению необходимо определять для заданного значения энергии навала судна E_q , тс м, по графикам, построенным на основе характеристик ОУ, характеристик жесткости борта судна и причальной стенки, определяющим зависимости "суммарная энергия – деформация" и "деформация – нагрузка". Справочные графики "энергия – деформация" и "деформация – нагрузка" для всех типов резиновых амортизаторов представлены в "Руководстве..." или в проспектах фирм, производящих такие амортизаторы.

В случае применения ОУ с резиновыми амортизаторами, энергоемкость которых при действии горизонтальной нагрузки велика, величиной энергии деформации причального сооружения можно пренебречь, если ее значение не превышает 10% от энергии деформации ОУ под той же нагрузкой. Для конструкций причальных сооружений в виде распорной стенки (к которым относятся стенка из обычновенных массивов и бульверк) энергия деформации причального сооружения более чем на порядок меньше энергии деформации резинового элемента ОУ и поэтому может не учитываться при расчете.

В "Руководстве..." [4] имеются рекомендации по максимальному шагу навески ОУ на основе резиновых цилиндров. Для цилиндра Д400 рекомендуется максимальный шаг навески – 5 м, для цилиндра Д1000 – 8,0 – 10,0 м. Согласно "Руководству..." если размещение амортизаторов на причале соответствует данным рекомендациям, построение деформационно – энергетических графиков производится для одного ОУ.

Если же ОУ расположены на причале с шагом меньшим, чем рекомендуемый в "Руководстве...", или применена многорядная развеска ОУ, то распределение энергии навала между этими элементами должно приниматься в соответствии с неравномерностью деформации ОУ, вызванной кривизной ватерлинии и развалом шпангоутов судна в месте контакта борта судна с этими ОУ. Согласно "Руководству..." допускается принимать распределение энергии равномерным, если

величины деформаций ОУ отличаются не более, чем на 10% по отношению к наиболее нагруженному отбою.

В случае установки ОУ на основе резинового цилиндра Д400 с шагом менее 3 метра энергию навала можно считать распределенной между числом ОУ, указанных в таблице 66 "Руководства..." [4]

Здесь необходимо отметить, что шаг установки ОУ в значительной степени определяется конструктивным решением подвески – рым на одну подвеску или две подвески на один рым. Для портов юга ДВ применяются следующие интервалы навески ОУ и способы подвески: 5 м – при одной подвеске на один рым, 3,2 – 3,6 м при двух подвесках на один рым.

Продольная сила, тс, от навала судна при подходе к сооружению определяется согласно СНиП по формуле:

$$F_n = \mu F_q , \quad (3.1.3)$$

где: μ - коэффициент трения, принимаемый в зависимости от лицевой поверхности отбойного устройства: при поверхности из бетона или резины $\mu = 0,5$; при деревянной поверхности $\mu = 0,4$.

По СНиП допускаемое значение нормальной к поверхности сооружения составляющей скорости подхода судна v_{adm} , м/с, в случае получения по данному расчету нагрузок, превышающих допускаемые для борта судна или причального сооружения, необходимо определять по формуле:

$$v_{adm} = \sqrt{\frac{2gE_q}{\psi D}} , \quad (3.1.4)$$

где: E_q - энергия навала, тс м, принимаемая по графикам зависимостей "суммарная энергия – деформация" и "деформация – нагрузка", для случая наименьшей допускаемой силы F_q на причальное сооружение или на борт.

Допускаемая величина нормальной к поверхности сооружения составляющей скорости подхода судна определяется по прочностным характеристикам причального сооружения, борта судна, энергоемкости ОУ и соответствует скорости перемещения той точки борта судна, которая в начальный момент навала входит в контакт с ОУ. Ее значение отражает соответствие несущей способности причального сооружения и его ОУ условиям швартовки различных судов к данному причалу. Поэтому допускаемая величина скорости подхода судна к сооружению должна определяться не только для вновь проектируемых, но и для существующих причальных сооружений, реконструируемых причалов, при изменении оснащения причала ОУ, при определении скоростей подхода судов с характеристиками

ми, отличными от расчетных (в большую сторону), при составлении обязательного постановления по порту, паспортизации причалов и проч.

Допускаемое значение скорости подхода судна, определяемое для конкретного причала, является одной из основных характеристик швартовки и, в общем случае, отличается от нормативных величин скорости, приведенных в таблице СНиПа.

При выборе характеристик ОУ для оснащения причала исходят из условия, что суммарное значение энергии его деформации и энергии деформации сооружения при действии возникающих нагрузок (не более допускаемых для причала и борта судна) будет не менее величины энергии навала, полученной по формуле СНиПа для определенного водоизмещения судна и скорости подхода. Поэтому величина допускаемой скорости подхода расчетного судна оказывается не менее нормативной, и в ряде случаев более ее.

Допускаемые скорости подхода к причалу судов меньшего водоизмещения, чем расчетное, по энергии навала которого подобраны ОУ, оказываются заведомо больше нормативных.

Увеличение допускаемой скорости подхода судна к причалу (полученное по вышеприведенной формуле) по сравнению с нормативной улучшает условия эксплуатации и снижает вероятность превышения расчетных энергий навала, что при проектировании и расчете сооружения, если это возможно по конструктивным и экономическим соображениям, является желательным.

Уменьшение ее по сравнению с нормативной требует специального обоснования и допустимо лишь для временных причальных сооружений или для отдельных швартовок судов, с водоизмещением, превышающим расчетное.

Таблица 3.1.3 Расчет нагрузок от навала судна по рекомендациям СНиП

2.06.04-82*

Стандарт-ная глуби-на у при-чала м	Максималь-ная осадка и тип судна м	Водоиз-мещение т	Скорость под-хода по СНиП 2.06.04-82* м/с	Энергия навала судна тс м	Цилиндр Д400		Цилиндр Д1000	
					Дефор-мация мм	Нагруз-ка тс	Дефор-мация мм	Нагруз-ка тс
5	4,6 гп	5000	0,161	3,11	199,2	38,1	365,9	17,47
6,5	4,98 гп	6000	0,152	3,71	208,3	53,6	405,2	20,3
8,25	7,59 рыб	14000	0,130	5,82	231,4	127,2	483,57	28,43
9,75	8,97 гп	21000	0,119	7,51	244,5	200,6	530,29	33,97
11,5	10,58 гп	34000	0,108	10,04	>200	-	>500	-
13	11,96 балк	49000	0,100	12,45	-	-	-	-
15	13,8 балк	104000	0,086	19,46	-	-	-	-
16,5	15,17 балк	146000	0,080	23,69	-	-	-	-
18	16,55 балк	197000	0,075	28,35	-	-	-	-

Меньшая величина допускаемой скорости подхода судна по сравнению с нормативной может являться критерием необходимости переоборудования суще-

ствующего причала ОУ или другой его реконструкции с целью улучшения условий эксплуатации.

Как следует из описанной методики главными параметрами для определения энергии швартовки являются водоизмещение судна и скорость подхода.

С помощью приведенного выше теоретического аппарата произведем расчет нагрузки от навала судна для стандартных глубин причалов. Расчет сводим в таблицу 3.1.3. Стандартные глубины принимаем от 5 до 18 м (самое глубоководное сооружение дальневосточных портов - 16,5 м). Максимальную осадку судна и его водоизмещение определяем по расчетным характеристикам судов [4]. Деформация цилиндров определяется по математическим формулам линий тренда, полученным по характеристикам цилиндров.

Для анализа влияния предельных нагрузок на бортовое перекрытие судов сравним его с полученными значениями нагрузки. Для сравнения используем табличные значения предельной нагрузки на бортовое перекрытие [4] на 1 м длины борта в горизонтальном направлении увеличенные в два раза (длина Д400 – 2 м). Расчет сводим в таблицу 3.1.4.

Таблица 3.1.4 Соотношение нагрузок предельных для бортового перекрытия судна и нагрузок от навала судна по СНиП 2.06.04-82*

Стан-дартная глубина у причала м	Максимальная осадка (м) и тип судна	Длина судна м	Предельные нагрузки на 2 м длины борта в горизонтальном направлении (длина Д400 – 2 м) тс			Нагрузка по СНиП для Д400 тс	Нагрузка по СНиП для Д1000 тс
			Ледовые подкрепления ЛУ3 и ЛУ4	Ледовые подкрепления ЛУ2	Без ледовых подкреплений		
5	4,6 гп	87,6	127,4	95,3	62,8	38,1	17,47
6,5	4,98 гп	112,4	152,0	118,0	84,1	53,6	20,3
8,25	7,59 рыб	141,3	180,8	144,5	108,9	127,2	28,43
9,75	8,97 гп	166,2	205,4	167,3	130,1	200,6	33,97
11,5	10,58 гп	195,1	234,2	193,8	154,9	-	-
13	11,96 балк	219,9	258,8	216,5	176,1	-	-
15	13,8 балк	253,0	291,7	246,8	204,5	-	-
16,5	15,17 балк	277,8	316,3	269,5	225,7	-	-
18	16,55 балк	302,6	340,9	292,3	246,9	-	-

Выводы из сравнения нагрузок на бортовое перекрытие судов и нагрузок от навала, определяемых на основе рекомендаций СНиПа можно сделать следующие:

- нагрузка, создаваемая на борт судна цилиндром Д1000 при нормативных условиях (скорости подхода) меньше предельных нагрузок, допустимых для бортового перекрытия судов;
- нагрузка создаваемая цилиндром Д400 при значениях глубины менее 9,75 м так же меньше предельных нагрузок, допустимых для бортового перекрытия; при значениях глубины, превышающих 9,75 м, необходимо

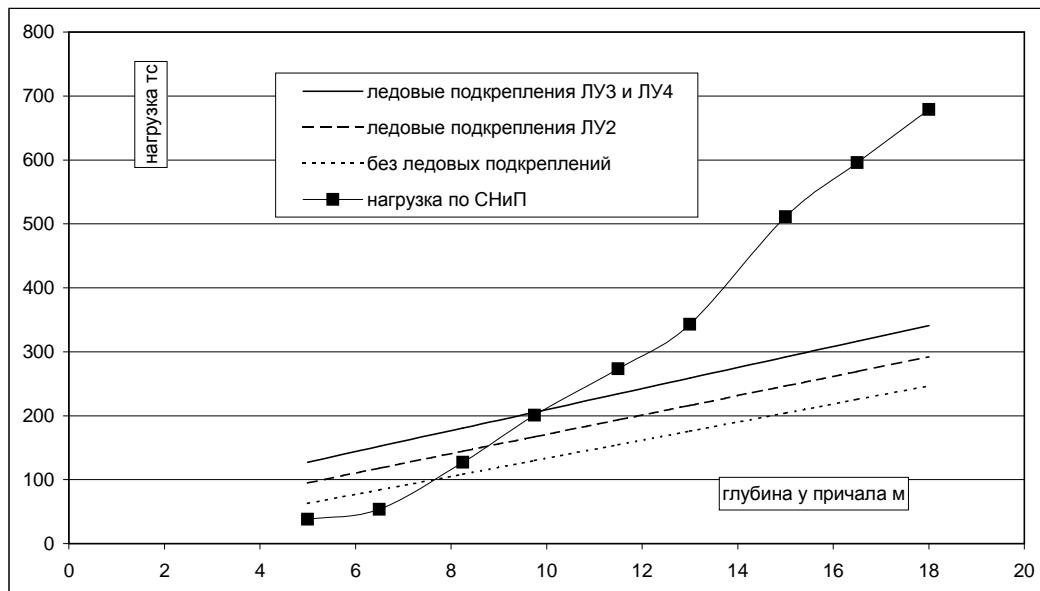


Рис. 3.1.2 Предельные нагрузки на бортовое перекрытие морских судов
(на 2 м длины борта в горизонтальном направлении)
и нагрузка от сжатия цилиндра Д400 (по СНиП 2.06.04-82*)

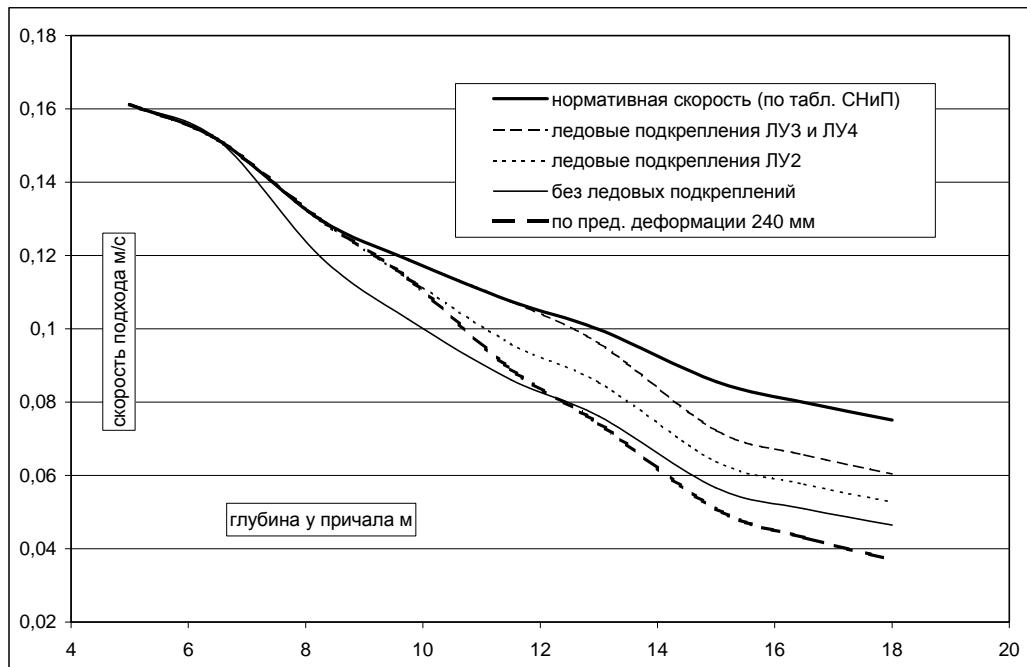


Рис. 3.1.3 Уменьшение скорости подхода для соблюдения предельной нагрузки
на борт судна и предельной деформации резинового цилиндра (для Д400)

понижать нормативную нагрузку соответствующим уменьшением скорости подхода, либо уменьшением шага подвески.

Графики соотношений соответствующих нагрузок представлены на рис.

3.1.2

Определим величину изменения скорости подхода судна для соблюдения условия о не превышении предельной деформации цилиндров. Для этого решением обратной задачи находим для каждой стандартной глубины скорость подхода, соответствующую предельной деформации цилиндра (для Д400 – 240 мм) см. табл. 3.1.5.

Таблица 3.1.5 Изменение скорости подхода судна для соблюдения предельной деформации цилиндра Д400

Стандартная глубина у причала, м	Водоизмещение, тс	Скорость подхода, для соблюдения предельной деформации цилиндра, м/с	Энергия навала судна, тс м	Деформация цилиндра Д400, мм	Нагрузка, тс
5	5000	0,161	3,11	199,21	38,10
6,5	6000	0,152	3,71	208,30	53,56
8,25	14000	0,130	5,82	231,40	127,22
9,75	21000	0,114	6,88	240	172,26
11,5	34000	0,089	6,88	240	172,26
13	49000	0,074	6,88	240	172,26
15	104000	0,051	6,88	240	172,26
16,5	146000	0,043	6,88	240	172,26
18	197000	0,037	6,88	240	172,26

Выводы из произведенных вычислений следующие:

- для соблюдения условий предельной деформации цилиндра Д400 необходимо снижать скорость подходящего судна (либо изменять шаг навески), причем заметное снижение необходимо производить при глубине 11,5 м и выше;
- при глубине у причала 18 м необходимо производить снижение скорости в два раза;
- при таком снижении усилие сжатия цилиндра нормальное к поверхности причала остается на величине 30,5 тс для Д1000, и 172,3 тс для Д400.

Произведем анализ влияния ограничений по предельным нагрузкам на бортовое перекрытие. Для условий сжатия цилиндра Д400 получим значения скоростей, при которых давление цилиндра на борт судна будет соответствовать предельной нагрузке на бортовое перекрытие (или будет менее его) таблица 3.1.6.

Результаты вычислений ограничений по скорости подхода для цилиндра Д400 при условиях соблюдения предельной деформации и предельной нагрузки на бортовое перекрытие представлены на рис. 3.1.3.

При нормативных условиях после глубины у причала 9,75 м цилиндры Д1000 и Д400 сжимаются полностью, и дальнейшая их деформация носит вид сжатия резинового параллелепипеда с возможностью расширения в стороны.

Самые значительные ограничения по скорости подхода связаны с предельной деформацией цилиндров, при этом усилие создаваемое бортом судна на ОУ не превосходит 30,5 тс для Д1000 и 172,3 тс для Д400. Менее значительные ограничения на скорость подхода дает условие соблюдения предельной нагрузки на бортовое перекрытие судна, при этом самые большие нагрузки допустимы для судов с ледовыми подкреплениями категории ЛУ3 и ЛУ4.

Таблица 3.1.6 Скорости подхода судна, соответствующие предельным нагрузкам на бортовое перекрытие

Стандартная глубина у причала, м	Водоизмещение, тс	Скорость подхода м/с, для соблюдения предельной нагрузки на борт судна			Нагрузка, создаваемая сжатием цилиндра, тс		
		Ледовые подкрепления ЛУ3 и ЛУ4	Ледовые подкрепления ЛУ2	Без ледовых подкреплений	Ледовые подкрепления ЛУ3 и ЛУ4	Ледовые подкрепления ЛУ2	Без ледовых подкреплений
5	5000	0,161	0,161	0,161	38,1	38,1	38,1
6,5	6000	0,152	0,152	0,152	57,2	57,2	57,2
8,25	14000	0,130	0,130	0,120	136,9	136,9	108,0
9,75	21000	0,119	0,114	0,103	182,0	167,0	130,0
11,5	34000	0,108	0,096	0,086	233,4	193,0	154,9
13	49000	0,096	0,085	0,076	258,0	216,5	176,1
15	104000	0,072	0,064	0,057	291,0	246,8	204,5
16,5	146000	0,066	0,058	0,051	316,0	269,5	225,7
18	197000	0,060	0,053	0,046	340,0	292,3	246,9

В связи с вышесказанным вопрос назначения нагрузки на подвеску ОУ по нормативной методике имеет некоторую неопределенность т.к. эта нагрузка в значительной степени зависит от того, насколько тщательно соблюдаются допустимая скорость подхода судна на данном причале. У портовых служб, как правило, отсутствуют средства контроля скорости подхода, поэтому соблюдение такой скорости практически осуществить не возможно.

Случай обрыва ОУ при швартовке достаточно частое явление в дальневосточных портах, но при этом повреждение корпуса судна от соприкосновения с ОУ не наблюдается. Так же достаточно редко появляются поврежденные цилиндры с дефектами, не допускающими дальнейшую эксплуатацию, полученными в результате превышения их предельной деформации. Таким образом, для определения требуемой прочности подвески ОУ можно пользоваться значениями нагрузки, не превышающими предельную нагрузку на бортовое перекрытие. Данный вывод касается только резиновых цилиндров Д400, подвеску цилиндров Д1000 можно рассчитывать по предельной нагрузке, определяемой по СНиП 2.06.04-82* [3] т.к. эта нагрузка для данных цилиндров сравнительно мала. Следо-

вательно, для цилиндров Д1000 требования по ограничению скорости при полученных параметрах подвески ОУ могут быть менее жесткими.

Проведенные расчеты выполнены при условии расположения ОУ по длине надстройки причала со стандартным шагом (Д400 – 5 м, Д1000 – 8 м). В случае расположения мест подвески ОУ с шагом меньшим, чем нормативный, очевидно, энергия подходящего судна будет расходоваться на деформацию не одного амортизатора, а нескольких. Причем, в общем случае, число амортизаторов, воспринимающих нагрузку может быть дробным. Для решения данной задачи нормы [4] предлагают проводить графический анализ возможности сжатия определенного числа амортизаторов при определенной конфигурации борта судна (на уровне контакта с отбойными устройствами).

Выводы из анализа расчета энергии швартовки следующие:

Для Д400

- при использовании ОУ на основе резиновых цилиндров Д400 нормативные скорости подхода судна и нормативный шаг навески можно использовать до глубины 8,25 м, при глубине у причала 8,25 м и больше необходимо снижение энергии навала на одно ОУ;
- при глубинах 8,25 – 11,5 м снижение энергии навала определяется допустимой нагрузкой на борт судна без ледовых подкреплений (если таковые обслуживаются данным причалом);
- при глубинах 9,75 – 13 м снижение энергии навала определяется предельной деформацией цилиндра;
- снизить энергию навала, приходящуюся на один амортизатор можно уменьшая скорость подхода или величину шага навески;
- после глубины 13 м использование амортизаторов Д400 невозможно – требуется только снижение скорости подхода в 1,5 – 2 раза.

■ Для Д1000

- ОУ на основе резинового цилиндра Д1000 можно использовать при нормативных скоростях и шаге навески до глубины 11,5 м;
- при глубине 11,5 м и более для уменьшения энергии навала необходимо уменьшать шаг навески либо скорость подхода, за счет уменьшения шага навески можно использовать амортизаторы Д1000 до глубины 18 м и более;
- цилиндр Д1000 по сравнению с Д400 при одних и тех же условиях обеспечивает нагрузку от навала меньшую в 3-6 раз и деформацию цилиндра большую в 1,5-3 раза.
- при использовании цилиндра Д1000 ограничения, связанные с допустимым давлением на борт судна отсутствуют.

3.2 Расчет энергии швартовки по BS6349

В мировой практике основными стандартами, определяющими особенности проектирования ОУ причальных сооружений, являются [9]:

- Британский стандарт BS6349 [8];
- Технический стандарт для портов и оборудования гаваней в Японии [9];
- EAU (стандарт Германии);
- Отчеты и рекомендации PIANC (Permanent International Association of Navigation Congress), отчет Международной комиссии по улучшению проектирования систем ОУ (Report of the International Commission For Improving the Fender System) [24].

Энергия навала судна по стандарту BS6349 определяется по следующему кинетическому уравнению тсхм (обозначения в приводимых формулах соответствуют оригиналу) [10]:

$$E_f = (W_a / 2g) V_B^2 \cdot C_m \cdot C_e \cdot C_c \cdot C_s \cdot S_f ; \quad (3.2.1)$$

где W_a - водоизмещение швартующегося судна (т);

g - ускорение свободного падения ($9,8$ м/сек 2);

V_B - скорость причаливания судна в момент контакта с ОУ (м/сек);

C_m - фактор эффективной массы (присоединенной массы воды);

C_e - коэффициент эксцентризитета;

C_c - коэффициент конфигурации причала;

C_s - коэффициент податливости;

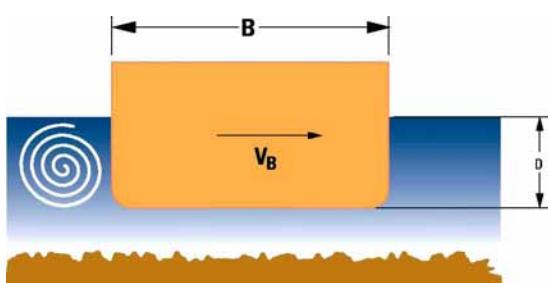


Рис.3.2.1 Схема определения коэффициента присоединенной массы воды

S_f - коэффициент безопасности.

Фактор эффективной массы (присоединенной массы воды) C_m возникает в связи с тем, что судно, вступая в контакт с причалом, внезапно останавливает свое движение, и масса воды, перемещающаяся вместе с судном увеличивает энергию, которой обладает судно. Точный теоретический расчет

присоединенной массы воды все еще не получен. Исследователями предлагается большое количество формул для виртуальной оценки данного фактора [10]. Известно достаточно точно, что величина присоединенной массы воды значительно зависит от отношения глубины воды к осадке и от так называемого подкильного зазора, т.е от расстояния между нижней точкой судна и поверхностью дна. Фактор эффективной массы так же зависит от жесткости ОУ, швартовной скорости, подводного очертания судна и уменьшения скорости движения судна. В соответ-

ствии с рекомендациями PIANC (по методу Vasco Costa) фактор эффективной массы определяется по следующей формуле:

$$C_m = 1 + \frac{2 \cdot D}{B}; \quad (3.2.2)$$

где: B - ширина судна (м);

D - осадка судна в полном грузу (м),

В случае открытого причала пирсовой конструкции присоединенная масса воды может быть в принципе проигнорирована, так как в этом случае нет препятствия для масс воды, окружающих и движущихся вместе с судном. Однако в случае очень низкого подкильного зазора фактор присоединенных масс может иметь значение даже при пирсовой конструкции причала.

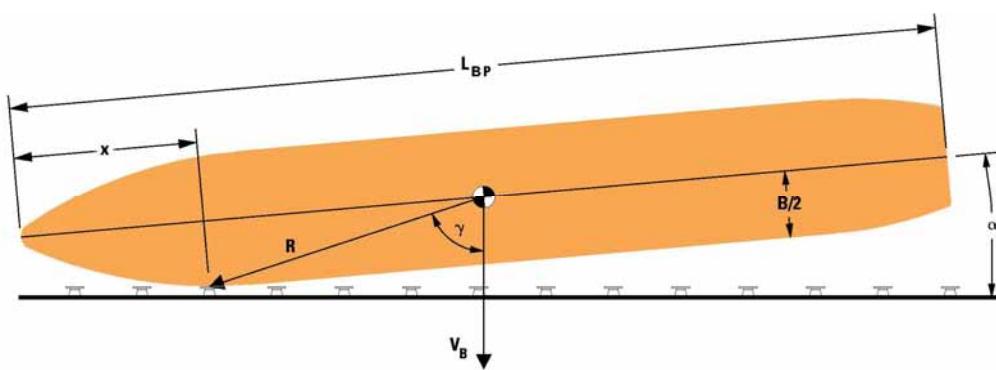


Рис.3.2.2 Схема определения коэффициента эксцентриситета

Среднее значение фактора присоединенной массы воды для обычных условий ДВ портов составляет 1,8 – 2,0.

Коэффициент эксцен-

триситета C_e возникает в том случае, когда судно входит в контакт с причалом в районе носа или кормы, сила реакции дает движение вращения, которое рассеивает часть энергии судна. Величина эксцентриситета, под которым судно швартуется, зависит в первую очередь от места контакта судна с ОУ. Коэффициент эксцентриситета в соответствии с рекомендациями PIANC определяется по формуле:

$$C_e = \frac{k^2 + R^2 \cdot \cos^2 \gamma}{k^2 + R^2}; \quad (3.2.3)$$

где: k - размер радиуса продольной циркуляции судна (м);

R - расстояние от центра тяжести судна до точки контакта с ОУ (м);

γ - угол между R и вектором скорости реального движения судна (равен приблизительно 70°).

Радиус продольной циркуляции судна может быть определен по формуле:

$$k = (0,19C_b + 0,11)L_{BP}; \quad (3.2.4)$$

где: C_b - коэффициент полноты водоизмещения, определяемый по формуле:

$$C_b = \frac{W_a}{D \cdot L_{BP} \cdot B \cdot \rho}; \quad (3.2.5)$$

L_{BP} - длина между перпендикулярами судна (м);

W_a - водоизмещение судна (т);

D - осадка в полном грузу (м);

B - ширина судна (м);

ρ - удельный вес морской воды в данном месте (в случае отсутствия данных может приниматься 1,025 т/м³).

Среднее значение коэффициента эксцентрикитета для обычных условий ДВ портов составляет 0,4 – 0,6.

Коэффициент конфигурации причала C_c , определяется частью энергии прикашивания, которая поглощена эффектом подушки воды между приближающимся судном и стенкой причала. Для

данного коэффициента (с учетом подкильного запаса K_c) применяются следующие значения:

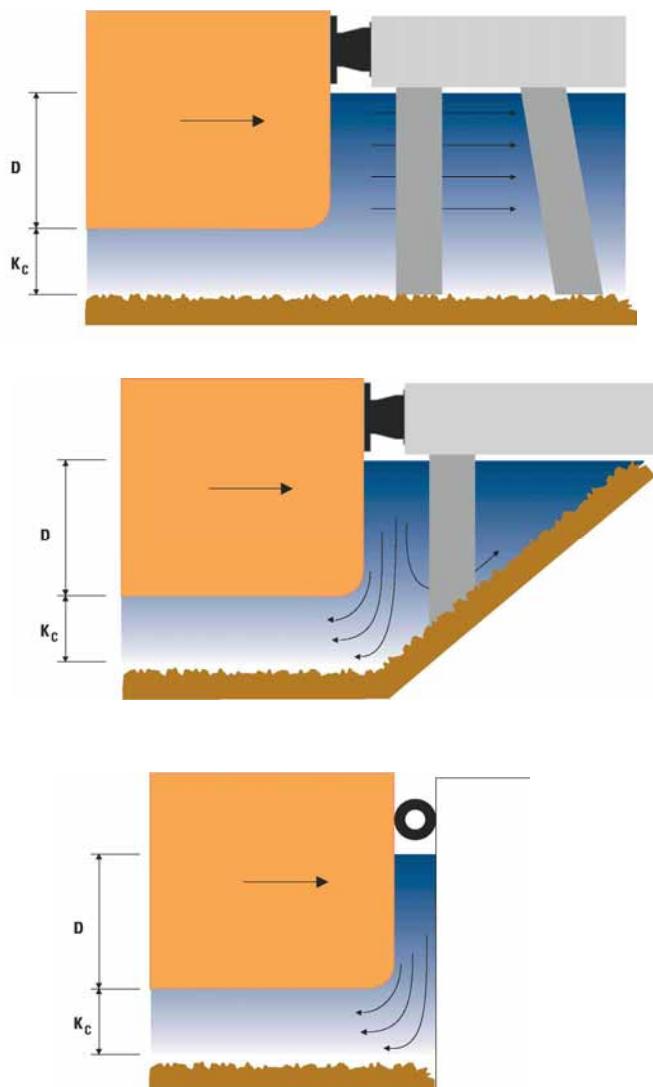


Рис.3.2.3 Схема определения коэффициента конфигурации причала для открытой полуоткрытой и закрытой конструкции

- для причала открытой, проницаемой конструкции (пирса на сваях, сваях-оболочках) $C_c = 1,0$;

• для частично закрытого причала (набережная с подпричальным откосом или на оболочках большого диаметра), при $K_c/D \leq 0,5 \Rightarrow C_c \approx 0,9$; при

$$K_c/D > 0,5 \Rightarrow C_c = 1,0;$$

- для закрытого причала (массивная стенка, бульверк и т.д),

$$\text{при } K_c/D \leq 0,5 \Rightarrow C_c \approx 0,8; \text{ при}$$

$$K_c/D > 0,5 \Rightarrow C_c \approx 0,9.$$

Коэффициент податливости C_s , определяется частью энергии прикашивания, которая поглощена деформацией корпуса судна и ОУ и характеризуется

отношением между жесткостью корпуса судна и жесткостью ОУ. Обычно рекомендуется принимать $C_s = 0,9$ (при деформации ОУ меньше либо равной 150 мм). Для предельного случая максимальных скоростей и большой деформации ОУ (больше 150 мм) принимают $C_s = 1,0$.

Коэффициент безопасности S_f по мнению британских специалистов должен иметь довольно значительную величину и перекрывать возможную неточность метода и непредвиденные обстоятельства при швартовке. Величины коэффициента безопасности, рекомендуемые в британском стандарте, приведены в таблице 3.2.1.

Таблица 3.2.1 Коэффициенты безопасности по стандарту BS6349

Тип судна	Размер судна	Коэффициент безопасности
Танкер и навалочник	наибольший	1,25
	наименьший	1,75
Контейнеровоз	наибольший	1,5
	наименьший	2,0
Генеральные грузы		1,75
Типа Ро-Ро или паромы		2,0 или больше
Буксиры, понтоны и т.д.		2,0

Как видно из приведенной формулы определения энергии швартовки, данная энергия наряду с полуэмпирическими коэффициентами зависит от такого важного параметра как скорость причаливания, точнее, составляющая скорости причаливания, направленная перпендикулярно линии кордона. Поэтому вопрос определения так называемой проектной скорости причаливания, т.е. оптимальной и безопасной скорости для всего периода эксплуатации причала является достаточно важным.

В описанных зарубежных нормативных документах при определении проектной скорости швартовки применяется метод разработанный J.U. Brolsma [11], основанный в основном на изучении швартовных операций танкеров, при котором названная скорость зависит от водоизмещения судна (уменьшается с увеличением водоизмещения) и от условий швартовки. При этом возможные условия швартовки разбиты на 5 категорий:

- а – легкая швартовка, закрытая акватория (easy berthing, sheltered);
- б – трудная швартовка, закрытая акватория (difficult berthing, sheltered);
- с – легкая швартовка, открытая акватория (easy berthing, exposed);
- д – хорошая швартовка, открытая акватория (good berthing, exposed);
- е – трудная швартовка, открытая акватория (difficult berthing, exposed).

Скорости швартовки, рекомендуемые J.U. Brolsma и график скоростей предусмотренный СНиП 2.06.04-82* для аналогичных условий показаны на рис 3.2.4. Как видно из представленных графиков скорость по СНиП находится между легкой и трудной швартовкой для закрытой акватории.

Для сравнительного анализа полученных по СНиП и BS6349 величин энергии используем значения энергии, подсчитанные по вышеприведенным формулам для набора стандартных глубин у причалов. Результаты расчетов представлены в таблице 3.2.2 и рис. 3.2.5

Таблица 3.2.2 Энергия навала судна, рассчитанная по разным нормативам

Стан- дартная глубина у причала м.	Макси- мальная осадка суд- на м.	Водоиз- мещение т.	Энергия навала судна тс м		
			по СНиП 2.06.04-82*	по BS6349	
				легкая швар- товка	трудная швар- товка
5	4,6	5000	3,11	1,84	7,32
6,5	4,98	6000	3,71	2,18	8,88
8,25	7,59	14000	5,82	3,89	16,3
9,75	8,97	21000	7,51	4,41	18,9
11,5	10,58	34000	10,04	4,97	21,9
13	11,96	49000	12,45	5,87	25,9
15	13,8	104000	19,46	6,28	28,4
16,5	15,17	146000	23,69	6,49	30,5
18	16,55	197000	28,35	6,56	31,4

Как можно видеть на графике рис. 3.2.5, энергия, рассчитанная по СНиП, проходит между графиками энергии, рассчитанными для условий “трудной” и “легкой” швартовки по BS6349. Причем для небольших глубин от 6 до 10 м энергия по СНиП проходит ближе к “легкой” швартовке, но при увеличении глубины более 11 м она смещается ближе к “трудной” швартовке.

Энергия навала судна при швартовке по японскому стандарту (Technical standards for port and harbor facilities in Japan) [9] рассчитывается по формуле:

$$E_f = (W_a / 2g) V_B^2 \cdot C_m \cdot C_e \cdot C_c \cdot C_s; \quad (3.2.6)$$

где обозначения те же что и в формуле 3.2.1.

При этом коэффициент безопасности приравнивается к единице и в отличие от стандартов, принятых в Европе, коэффициенты присоединенных масс воды и эксцентрикитета определяются по другим формулам.

Коэффициент присоединенной массы воды по японскому стандарту определяется по формуле:

$$C_m = 1 + (\pi/2C_b) \times (D/B); \quad (3.2.7)$$

где: B - ширина судна (м);

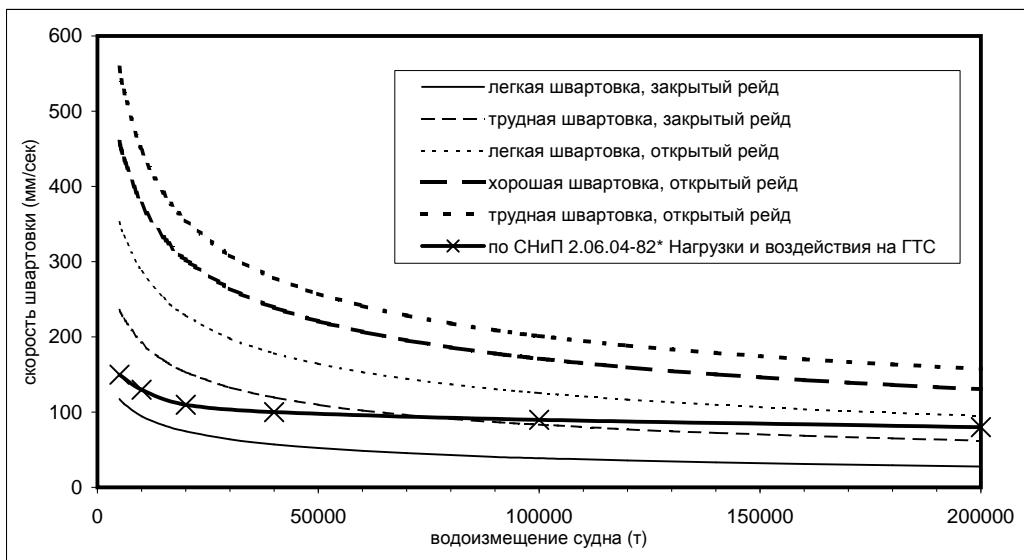


Рис. 3.2.4 Скорости швартовки, используемые зарубежными нормативами (BS6349, графики J.U. Brolsma) и график скоростей рекомендуемый СНиП 2.06.04-82*

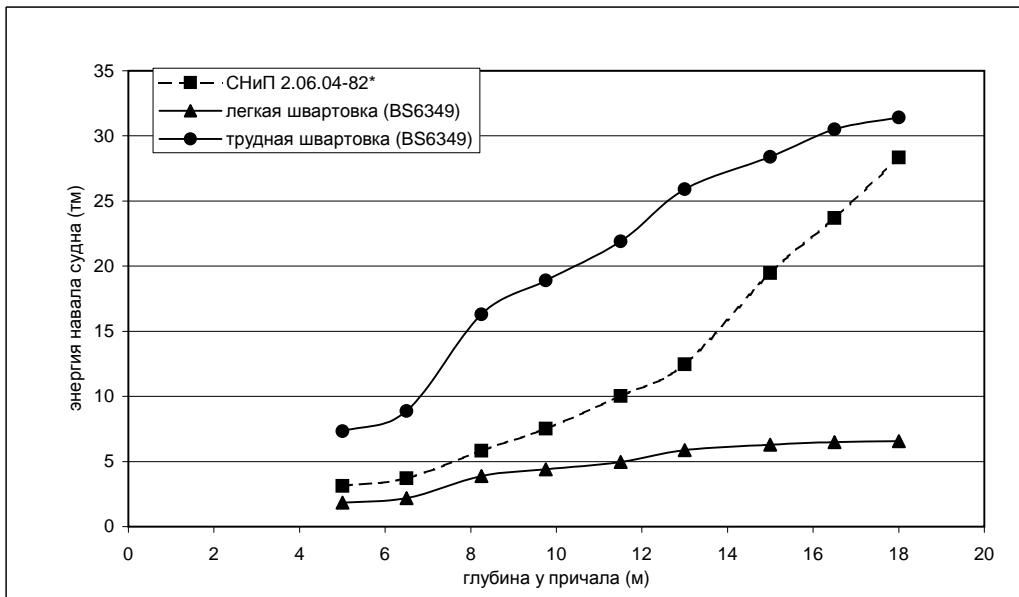


Рис. 3.2.5 Соотношение энергии швартовки, рассчитанной по СНиП 2.06.04-82* и по BS6349 (с учетом скоростей швартовки по нормативам)

D - осадка судна в полном грузу (м),

C_b - коэффициент полноты водоизмещения, определяемый по формуле 3.2.5.

Коэффициент присоединенной массы воды, определенный по японскому стандарту незначительно больше коэффициента по европейским нормам.

Коэффициент эксцентризитета по японскому стандарту определяется по следующей формуле:

$$C_e = 1/\{1 + (l/r)^2\}; \quad (3.2.8)$$

где: r - размер радиуса продольной циркуляции судна (м), который определяется по формуле 3.2.4 как k ;

l - расстояние параллельно линии кордона от центра тяжести судна до точки контакта с ОУ (м).

Когда судно подходит к причальной стенке оно контактирует с двумя ОУ, которые находятся на расстоянии шага их установки. Расстояние l от центра тяжести судна до точки контакта может быть подсчитано в зависимости от значения параметра k_1 по следующим формулам:

$$l = L_1 = \{0,5\alpha + e(1 - k)\}L_{BP} \cos \theta; \text{ если } k_1 > 0,5; \quad (3.2.9)$$

$$l = L_2 = \{0,5\alpha - ek\}L_{BP} \cos \theta; \text{ если } k_1 < 0,5. \quad (3.2.10)$$

где: e - отношение между шагом установки ОУ S и длиной судна между перпендикулярами L_{BP} ;

$$e = S/(L_{BP} \cdot \cos \theta); \quad (3.2.11)$$

k - параметр показывает положение точки, в которой борт судна подходит наиболее близко к причальной стенке между двумя ОУ, этот параметр изменяется от нуля до единицы (в общем случае принимается 0,5);

θ - угол швартовки (между линией кордона и продольной осью судна);

α - отношение между длиной цилиндрической вставки судна и общей длиной судна, обычно составляет $1/3 - 1/2$ (при отсутствии данных принимается 0,5).

При отсутствии данных принимается $k_1 = 0,5$ и l принимается по наименьшему значению из L_1 и L_2 .

Известная японская фирма по производству ОУ Sumitomo предлагает через Интернет программу по расчету необходимых размеров ОУ на основе обычной исходной информации – параметров судна и причала, скорости швартовки. В результате расчета по программе рекомендуются определенные размеры нескольких типов ОУ, производимых фирмой. При этом рекомендуются только ОУ типа Hyper Omega (усеченный конус), Upi-type (соединяемые резиновые элементы) и типа Lambda (трапецидального типа). Другие типы ОУ из производимых фирмой Su-

mitomo не предлагаются, очевидно, в связи с низким потребительским спросом на них, и высокой заинтересованностью фирмы в продаже предлагаемых ОУ.

С помощью данной программы может быть проанализированы различные нормативы по расчету энергии навала при швартовке и соответствующие размеры ОУ для восприятия рассчитанных величин энергии. В названной программе приводятся расчеты ОУ по нормативам перечисленным выше.

Большое превышение энергии по британскому стандарту является следствием применения значительного коэффициента безопасности (Safety Factor Sf), который равен согласно названному нормативу 1,25 – 2,0. Причем наименьшие значения этого коэффициента принимаются для танкеров и балкеров, а наибольшие – для судов типа "Ро-Ро" и паромов. При расчете по германским и японским нормам коэффициент безопасности не учитывается (равен единице). Расчет энергии навала по СНиП 2.06.04-82* производится с использованием коэффициента $\psi=0,5$ и без учета присоединенных масс и коэффициента эксцентричности. Коэффициент эксцентричности по иностранным нормам равен около 0,5, а коэффициент присоединенных масс около 1,9.

В таблице 3.2.3 представлены результаты расчета энергии по названным выше нормативам и так же размеры трапецидального ОУ типа Lambda, полученные по этим нормативам. В таблице представлены размеры ОУ для различных жесткостей резины, которые обозначаются как CLS...CL2. В соответствии с номенклатурой жесткости резины, используемой фирмой Sumitomo, обозначения соответствуют следующим значениям жесткости: CLS – 166% (наиболее жесткая), CL0 – 140%, CL1 – 120%, CL2 – 100% (наиболее мягкая). Из материалов таблицы видно, что для определенного значения энергии могут быть предложены различные по длине ОУ за счет изменения жесткости резины. Так для глубины у причала 8,25 м и водоизмещения судна 14000 тс могут использоваться ОУ высотой 400 и длиной 2100 – 3500 мм в зависимости от жесткости резины. Такой вариант подбора размеров ОУ позволяет изменять длину устанавливаемого ОУ в зависимости от особенностей места установки – высоты надстройки, шага между ОУ и т. д.

Таблица 3.2.3 Энергия навала при швартовке по разным нормами
и рекомендуемые Sumitomo размеры трапецеидального ОУ, полученные по этим нормам

станд глуб у причала M	водо- измещение тс	длина между перпендику- ларной осью и осадкой м	скорость м/сек	ширина м	осадка м	энергия полученная по				размеры ОУ типа Lambda по		
						JS тсм	BS6349 тсм	EAU тсм	СниП тсм	JS	BS6349	EAU
5	5000	79,1	0,161	9,9	4,6	7,29	9,73	6,52	3,732	250-3000 (CLS) 250-3400 (CLA)	300-3100 (CLS) 300-3500 (CLA)	250-2400 (CLS) 250-2700 (CLA) 250-2900 (CL0) 250-3400 (CL1)
6,5	6000	101,5	0,152	10,8	4,98	7,60	10,21	6,84	4,452	250-3100 (CLS) 250-3500 (CLA)	300-3200 (CLS)	250-2500 (CLS) 250-2900 (CLA) 250-3100 (CL0)
8,25	14000	127,6	0,13	16,5	7,59	12,91	22,08	11,99	6,984	400-2100 (CLS) 400-2400 (CLA) 400-2500 (CL0) 400-2900 (CL1) 400-3500 (CL2)	400-3200 (CLS)	300-3100 (CLS) 300-3500 (CLA)
9,75	21000	150,1	0,119	19,6	8,97	16,34	28,22	15,32	9,012	400-2600 (CLS) 400-3000 (CLA) 400-3200 (CL0)	500-2600 (CLS) 500-3000 (CLA) 500-3200 (CL0)	400-2200 (CLS) 400-2500 (CLA) 400-2700 (CL0) 400-3100 (CL1)
11,5	34000	176,2	0,108	23,1	10,58	21,95	38,40	20,84	12,048	400-3500 (CLS)	500-3500 (CLS)	400-3000 (CLS) 400-3400 (CLA)
13	49000	198,6	0,1	26,2	11,96	25,67	45,50	24,83	14,94	500-2700 (CLS) 500-3000 (CLA) 500-3200 (CL0)	600-2600 (CLS) 600-3000 (CLA)	500-2300 (CLS) 500-2600 (CLA) 500-2800 (CL0) 500-3200 (CL1)
15	104000	228,5	0,086	30,3	13,8	45,02	78,21	42,46	23,352	800-1800 (CLS) 800-2100 (CLA) 800-2200 (CL0) 800-2600 (CL1)	800-2600 (CLS) 800-2900 (CLA)	600-2700 (CLS)
16,5	146000	250,9	0,08	33,3	15,17	50,57	86,76	44,62	28,428	800-2000 (CLS) 800-2300 (CLA) 800-2500 (CL0) 800-2900 (CL1)	800-2800 (CLS)	600-3000 (CLS)
18	197000	273,2	0,075	36,3	16,55	68,42	117,06	60,20	34,02	800-2700 (CLS)	1000-2500 (CLS) 1000-2800 (CLA) 1000-3000 (CL0)	800-2300 (CLS) 800-2600 (CLA) 800-2800 (CL0)

4. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ОУ

4.1 Общие вопросы проектирования ОУ

Для того, что бы иметь практическую значимость и быть конкурентно-способными ОУ должны отвечать набору требований из различных областей, которые, зачастую, имеют противоположную направленность.

Данные устройства должны обладать достаточной энергоемкостью при относительно небольшой деформации и минимальной отдаче после силового воздействия. В настоящее время не существует такой конструкции или материала, который бы сопротивлялся энергии навала с постоянным небольшим противодавлением на протяжении всей рабочей зоны деформации. В конце рабочей зоны происходит резкое увеличение нагрузки, создающее опасность для борта судна. Кроме того, это может привести к резкой отдаче – отбрасыванию борта судна от устройства с необходимостью повторного сближения в процессе выполнения швартовки. С одной стороны, желательна по конструктивным соображениям небольшая деформация при навале, но, с другой стороны, что бы воспринять большую кинетическую энергию при малой деформации потребуется большое усилие.

ОУ должны иметь относительно небольшие размеры по нормали к причальной линии т.к. при больших размерах этих приспособлений увеличивается необходимый вылет стрелы перегрузочных устройств и время подачи груза с причала на борт судна, что приводит к увеличению себестоимости перегрузочных работ. Кроме того, большие размеры ОУ стимулируют ненормированные воздействия на них, в основном, продольные усилия при швартовке судна, которые могут превышать расчетные и приводить к обрыву подвески.

Данные устройства должны быть простыми и надежными в работе, легко заменяемыми, благодаря тому, что эксплуатационное обслуживание этих устройств производится силами механической службы порта, которая, как правило, не располагает кузнечно-прессовым оборудованием достаточной мощности. В современных экономических условиях, как строители, так и эксплуатационники стремятся использовать такие конструкции подвески ОУ, которые при их изготовлении требуют использования только электросварки и газорезки в условиях строительного участка (см. приложение 4.10). Если в составе ОУ имеются элементы, требующие выполнения на специальном оборудовании, значительно увеличивается стоимость такого устройства.

Для уменьшения упомянутых эксплуатационных расходов ОУ должны выполняться из недефицитных материалов и иметь невысокую стоимость. Эффективность применения общедоступных материалов не всегда обоснована. Например, для деревянной рамы наиболее часто используемого ОУ (с резиновым цилиндром Д400), в случае замены брусьев из сосны, которая не обладает большой

твердостью и долговечностью, на брус из лиственницы можно значительно увеличить срок ее эксплуатации. Применение оцинкованных болтов или болтов из более качественной стали для элементов сборки и крепления деревянной рамы, так же могло бы продлить срок ее эффективной эксплуатации.

Нагрузка от навала судна при подходе к сооружению определяется согласно СНиП 2.06.04-82* [3]. Данная нагрузка определяется с учетом кинетической энергии навала судна и жесткостных характеристик отбойного устройства, установленного на причале. В соответствии с пунктом 4.8 этого СНиПа кинетическую энергию навала судна E_q , тс×м, при подходе его к портовому причальному сооружению следует определять по формуле 3.1.1 (данного пособия).

Используя полученную кинетическую энергию навала судна и деформационные характеристики резиновых элементов отбойных устройств можно получить усилие, создаваемое навалом судна при подходе к сооружению.

Согласно пункту 4.9 названного СНиПа поперечную горизонтальную силу F_q , тс, от навала судна при подходе к сооружению необходимо определять для заданного значения энергии навала судна E_q , тс м, по графикам, определяющим зависимости "суммарная энергия – деформация" и "деформация – нагрузка" (см. рис. 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3).

Суммарная энергия деформации в общем случае должна включать энергию деформации отбойных устройств и энергию деформации причального сооружения. Для конструкций причальных сооружений в виде распорной стенки (к которым относятся стенка из обыкновенных массивов и бульверк) энергия деформации причального сооружения более чем на порядок меньше энергии деформации резинового элемента отбойного устройства и поэтому может не учитываться при расчете.

Отбойные устройства, выполняющие роль амортизаторов, должны обеспечивать безаварийную работу причального сооружения, воспринимая нагрузку без риска повредить корпус судна, и предохранять конструкцию причала от разрушений и остаточных деформаций. Для выполнения этой задачи необходимо применять отбойные устройства, соответствующие данному причальному сооружению, расчетному судну, гидрометеорологической обстановке и техническим условиям эксплуатации причала.

Возникающая при навале судна на причал нагрузка не должна превышать значений, определяемых несущей способностью N_n причального сооружения, прочностью N_c бортового перекрытия судов и нагрузкой N_o , вызывающей предельную деформацию отбойного устройства. Для случая навала судна на причал при швартовке это условие может быть записано следующим образом:

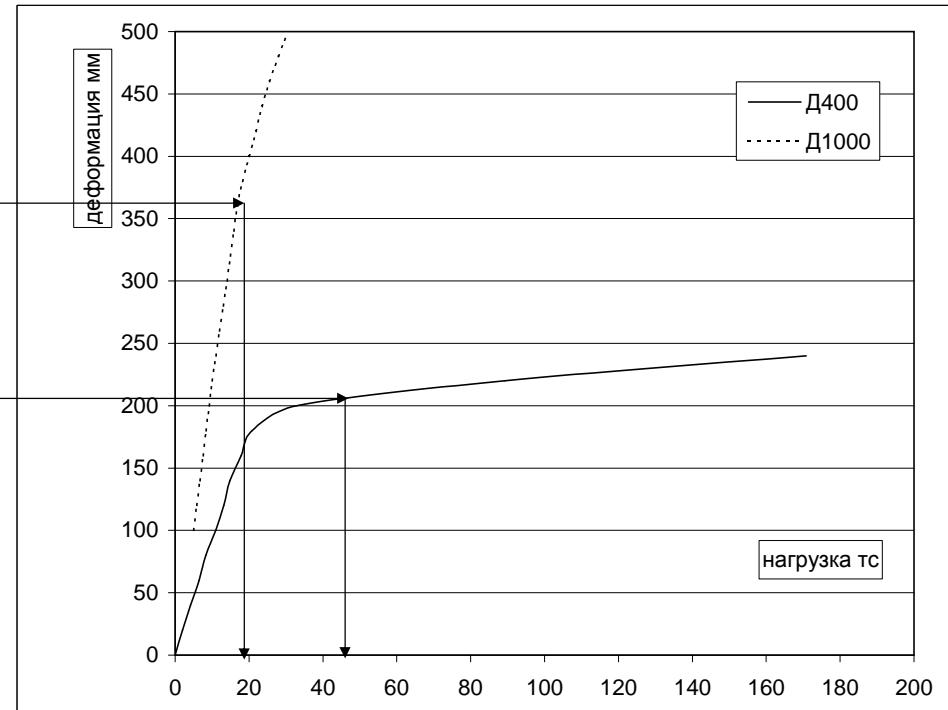
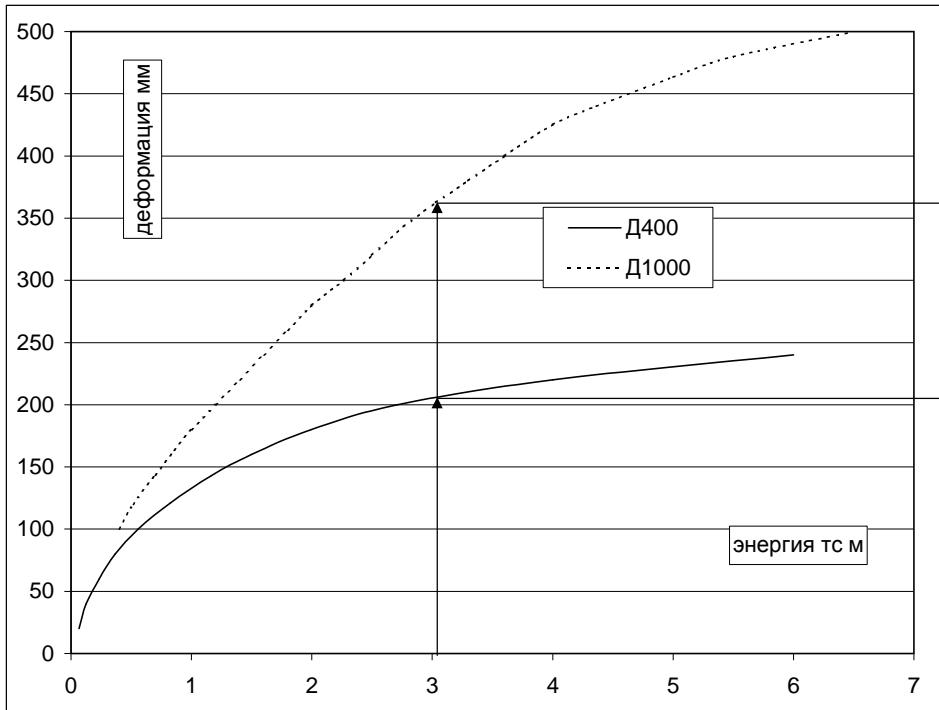


Рис. 4.1.1 Графики зависимости деформации от энергии и деформации от нагрузки при сжатии резиновых цилиндров Д400 и Д1000
 (стрелками показана последовательность расчета нагрузки на ОУ в случае если податливость ОУ значительно больше податливости борта судна и причального сооружения)

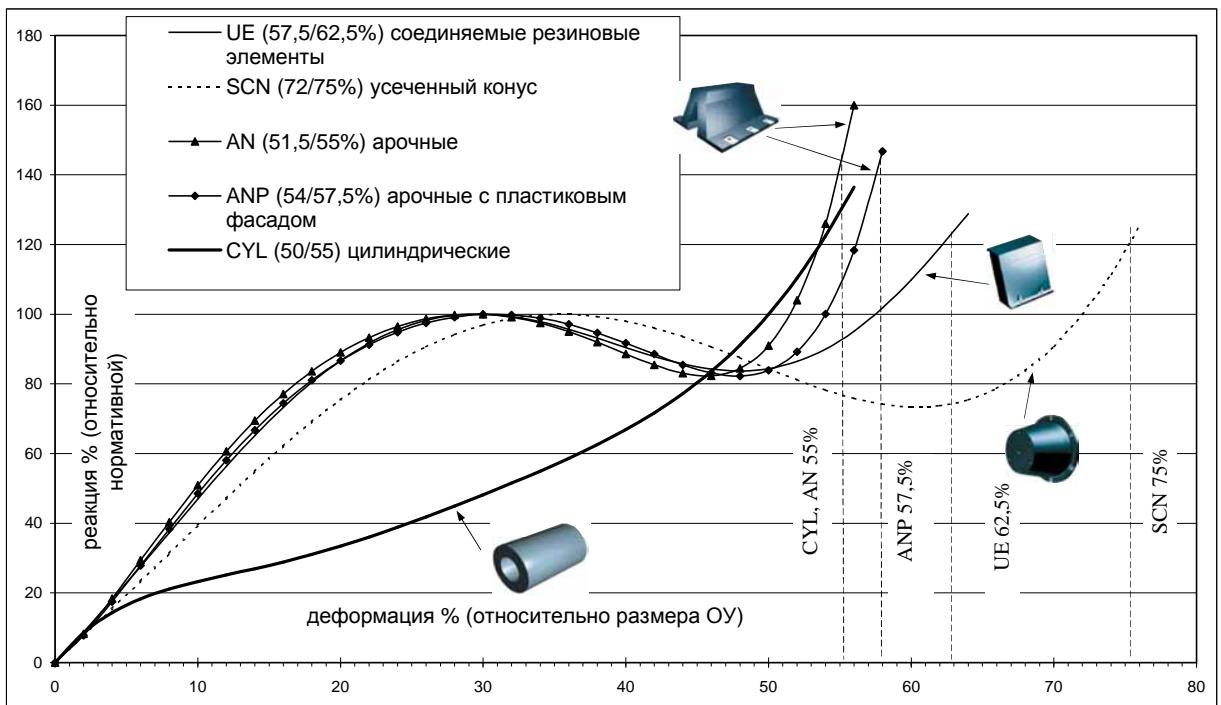


Рис 4.1.2. Сравнение относительных характеристик "реакция от деформации" для различных видов ОУ
(точка окончания линий соответствует допустимым предельным деформациям)

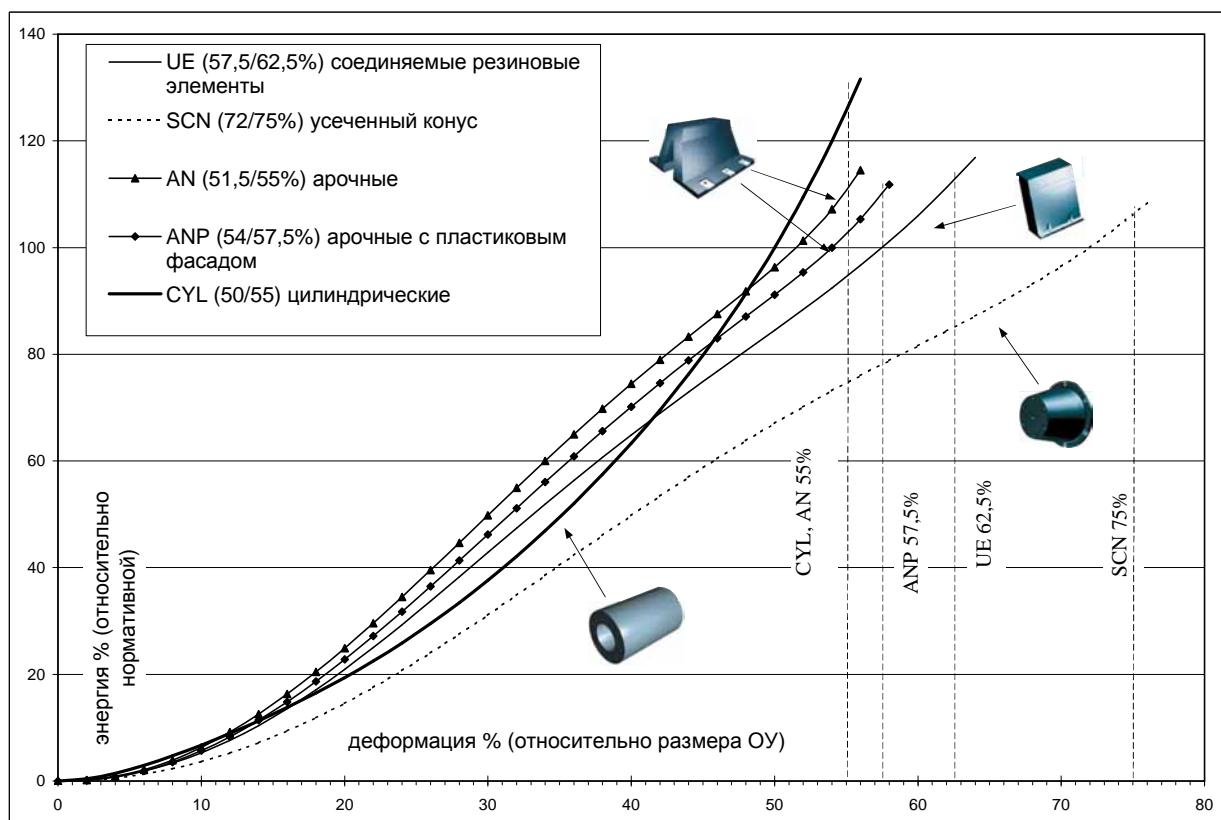


Рис 4.1.3. Сравнение относительных характеристик "энергия от деформации" для различных видов ОУ
(точка окончания линий соответствует допустимым предельным деформациям)

$$E_H \leq E_{kp} , \quad (4.1.1)$$

где: E_H - энергия навала судна в расчетном случае, тс м;

E_{kp} - критическое значение энергии деформации отбойных устройств, причального сооружения и корпуса судна, соответствующее действию наименьшей из нагрузок N_n , N_c , N_o , тс.

Для случая расчета отбойного устройства на сооружении спорного типа (стенка из обычновенных массивов или бульверк из стального шпунта) несущая способность причального сооружения, как уже указывалось, будет намного больше нагрузки от судов, поэтому величину N_n можно не рассматривать.

По характеру приложения нагрузки на отбойные устройства являются локальными, действующими на сравнительно небольшом участке борта судна. Соответствующие требования к нагрузкам на бортовое перекрытие судов N_c могут быть, поэтому получены исходя из расчета местной прочности бортовых перекрытий морских транспортных судов. Величины предельных нагрузок на бортовое перекрытие морских судов в виде нагрузки на 1 м длины борта в горизонтальном направлении и на 1 м² поверхности борта представлены в таблице 133а "Руководства по определению нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения" [4], данные характеристики изменяются в зависимости от длины судна и от характеристики бортового перекрытия по классу Регистра (с ледовыми подкреплениями и без таковых). В случае их действия на борт судна возможные остаточные деформации обшивки будут находиться в допускаемых пределах.

Нагрузки N_o , вызывающие предельную деформацию резиновых цилиндров отбойных устройств представлены в их технических характеристиках (табл. 137 названного "Руководства..." и приложение 2 данного пособия) и составляют: для резинового цилиндра Д400 длиной 2 м – величина предельной деформации 240 мм, полная энергия деформации 5,6 тс м, реакция при сжатии 155 тс, удельное давление на борт 138 тс/м²; для резинового цилиндра Д1000 длиной 1 м – величина предельной деформации 500 мм, полная энергия деформации 6,5 тс м, реакция при сжатии 30,5 тс, удельное давление на борт 30 тс/м².

В настоящее время для расчета гидротехнических сооружений, их конструкций и оснований применяется метод предельных состояний. Согласно этому методу при расчетах надлежит соблюдать следующее условие, обеспечивающее отсутствие предельных состояний [6]:

$$\gamma_{lc} \gamma_f F_n \leq R \gamma_c / \gamma_n , \quad (4.1.2)$$

где: γ_{lc} - коэффициент сочетания нагрузок, принимается по СНиП 2.06.01-86 [20] при расчетах по предельным состояниям первой группы равен 1,0;

γ_f - коэффициент надежности по нагрузке, принимаемый по этому же СНиПу и равный для нагрузок от судов 1,2;

F_n - нормативное значение нагрузки, по которому производится оценка предельного состояния, и определяемое как нагрузка от судов по приведенной в разделе 3 методике;

R - обобщенное значение расчетной несущей способности, в нашем случае - прочность элементов крепления подвески отбойного устройства;

γ_c - коэффициент условий работы, учитывающий приближенность расчетных схем, принимаемый по "Инструкции по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений" [21] и равный 1,15;

γ_n - коэффициент надежности по ответственности, учитывающий значимость последствий при наступлении тех или иных предельных состояний, по СНиП 2.06.01-86 [20] данный коэффициент для 3 класса сооружения принимается 1,15.

Задача выбора типа ОУ для оборудования причального сооружения состоит в установлении оптимального соответствия между их характеристиками и условиями эксплуатации причала. Для эффективной работы ОУ их размеры, энергоемкость, величина реактивных нагрузок и способы размещения на причале должны устанавливаться с учетом следующих требований.

Во-первых, величина энергоемкости ОУ или работы, необходимой для их сжатия в диапазоне эксплуатационных деформаций, должна быть достаточной для поглощения энергии навала расчетного судна. Это требование обусловлено механикой процесса взаимодействия судна с причалом, следует из уравнения баланса кинетической энергии судна и потенциальной энергии упругой деформации системы судно – ОУ – причал и может быть записано в виде (обозначения СНиП 2.06.04-82*) [2]:

$$E_e \geq E_{tot} - \frac{F_q^2}{2k_i}; \quad (4.1.3)$$

где: E_e - необходимая энергоемкость ОУ тс м;

E_{tot} - энергия навала судна, затраченная на работу по деформации причала, борта судна и амортизаторов тс×м;

F_q - величина статической (нормальной к причалу) реакции упругой деформации системы судно – ОУ – причал тс;

k_i - коэффициент жесткости конструкции причала и борта судна (суммарный) тс/м.

Приведенные в формуле параметры определяются на основе данных о типе и размерах расчетного судна, скорости его движения, конструкции причала и принятой схемы навала методами, изложенными в СНиП 2.06.04-82* [3]. Очевидно, что при значительной жесткости конструкции причала (k_i - велико) можно вторым членом правой части формулы пренебречь.

Во-вторых, сила реакции F_q (тс) при сжатии ОУ в эксплуатационном диапазоне деформаций не должна превышать предельных нагрузок на борт судна N_c и причал N_n :

$$F_q \leq \{N_c, N_n\}. \quad (4.1.4)$$

При этом анализ и учет прочности сооружения необходимы при оборудовании ОУ существующих причалов. Для проектируемых причальных сооружений, для которых выбор типа амортизаторов и расчет нагрузок от судов предшествует расчету их несущей способности, величина F_q лимитируется только прочностью борта расчетных судов. Предельные значения N_c для основных типов морских транспортных судов приведены в справочных таблицах [4]. Величины N_n для действующих причальных сооружений определяют по паспорту сооружения, материалам его проектирования или расчетом по соответствующим нормативным документам. Необходимо отметить, что для распорных причальных сооружений, к которым относятся набережные из обыкновенных массивов и набережные типа бульверк из стального шпунта предельные нагрузки более чем на порядок превосходят предельные нагрузки на борт судна и предельную силу реакции при сжатии ОУ.

В-третьих, линейные размеры ОУ должны обеспечивать перекрытие пролетов между несущими элементами опорного контура бортовой обшивки расчетных для причала судов. Указанное требование обусловлено конструктивными особенностями корпусов морских судов и локальным характером распределения нагрузок при навале на ОУ.

Для судов с поперечной системой бортового набора, для которых величина шпации не превышает обычно 0,3-0,9 м, большинство типов ОУ удовлетворяют этому требованию.

При поперечной системе набора балки идут в основном поперек судна, и давление воды передается этими балками на днище и палубу, являющиеся для них опорами. Шпацией называется расстояние по длине судна между центрами соседних шпангоутов, которые являются основным поперечным элементом набора корпуса судна и состоят из днищевых и двух бортовых балок. При продольной системе

набора балки проходят в основном вдоль корпуса, и давление воды через эти балки передается на поперечные переборки – элементы жесткости корпуса, служащие опорами для балок набора. При смешанной системе набора корпуса (продольно-поперечной), днище и палуба построены по продольной системе, а борта по поперечной.

При продольной или смешанной системе набора, когда опорный контур бортового перекрытия судна образован продольными балками и рамными шпангоутами, расстояния между которыми могут достигать значительных размеров, нагрузка от навала будет воспринята несущими элементами бортового перекрытия лишь при соответствующей длине и расположении амортизаторов.

В-четвертых, как показывает практика использования ОУ, подвеска их к надстройке причала должна обладать достаточной прочностью для восприятия перемещения корпуса судна вдоль линии кордона или сверху вниз параллельно плоскости надстройки.

Необходимая энергоемкость ОУ может быть обеспечена выбором соответствующего типоразмера амортизаторов или применением блока из нескольких однотипных амортизаторов. При этом на причалах для судов водоизмещением свыше 20000 тонн энергоемкость каждого амортизатора или блока ОУ должна полностью обеспечивать поглощение энергии расчетного судна.

Окончательно выбирать тип ОУ из числа удовлетворяющих перечисленным четырем требованиям следует на основе анализа возможностей применения каждого из них для рассматриваемых конструкций причалов и судов, а так же в результате сравнения стоимости оборудования причала устройствами по каждому варианту.

Необходимо учитывать, что стоимость закупки элементов амортизатора и стоимость его монтажа не могут полностью служить показателями эффективности его работы. Здесь учету подлежат так же долговечность ОУ и эксплуатационные затраты, связанные в основном с восстановлением параметров ОУ, потерянных при превышении нагрузки от судов.

Современные отбойные устройства по оценкам зарубежных фирм могут служить до 25-30 лет, что позволяет производить восстановление их в течении эксплуатации конструкции причала только один раз. В том случае если используются недолговечные ОУ, изготовленные в местных условиях, появляются постоянные расходы на их восстановление и замену износившихся деталей. За достаточно долгий срок расходы на поддержание в рабочем состоянии этих несовершенных ОУ могут превзойти расходы на установку достаточно долговечных ОУ.

ОУ размещают на лицевой поверхности причального сооружения таким образом, что бы независимо от расположения судов у причала при обычных способах швартовки и стоянки, способа перегрузочных операций и режима колебаний уровня моря исключалась возможность навала судна на незащищенные части причала.

Согласно существующим требованиям, в качестве минимального расстояния между судном и причалом при наибольшей деформации ОУ принят зазор безопасности равный 0,2м [28]. Для его обеспечения шаг расстановки амортизаторов на причале и уровень их размещения на лицевой поверхности сооружения необходимо устанавливать в зависимости от типа и размера амортизаторов. Значения указанных параметров приводятся в справочных таблицах и определены путем рассмотрения обводов корпусов морских судов.

При проектировании ОУ в соответствии с данными зарубежных фирм используется схема, приведенная на рис. 4.1.4. В соответствии с этой схемой расчет ОУ начинается со сбора исходных данных, в которые входят, тип конструкции причала, данные судна, вид и способ причаливания, расположение и условия эксплуатации причала.

Тип конструкции причала определяет его жесткость при соприкосновении с судном, проницаемость для воды при сближении с бортом судна (пирс на сваях – полностью проницаемый, массивовая стенка – полностью непроницаемая), форму и длину причальной линии, которая определяет возможность размещения на ней ОУ.

Данные судна состоят из параметров, необходимых для расчета энергии причаливания, таких как водоизмещение (входит в формулу расчета энергии); осадка, длина и коэффициент полноты водоизмещения (необходимы для определения коэффициента энергии навала). Так же необходимо знать длину прямолинейной вставки судна, на которую опираются некоторое количество ОУ при стоянке судна.

Вид и способ причаливания определяет то, с каким количеством и под каким углом соприкасается судно в первый момент процесса швартовки.

Расположение и условия эксплуатации причала учитывают возможные непредусмотренные обычным расчетом природные воздействия на судно в процессе швартовки и стоянки, такие как порывы ветра, течения, волновое воздействие.

На основании перечисленных исходных данных выбирается скорость причаливания (по эмпирическим рекомендациям). При этом должна приниматься во внимание безопасность причала и судна, а так же влияние продолжительности швартовки на последующие операции. После выбора обоснованной скорости причаливания вычисляется энергия навала судна (швартовки) для обычных условий направленная перпендикулярно причальной линии.

После вычисления энергии навала судна определяются коэффициент безопасности, который зависит от точности определения нагрузки, приближенности расчетных схем, ответственности сооружения и объекта, на котором установлены ОУ. Обычно значение коэффициента безопасности составляет 1,5 – 2,0. Умножением коэффициента безопасности на значение энергии навала судна вычисляется предельная энергия.

В соответствии с расчетной схемой предельная энергия считается приложенной к одному или нескольким ОУ. В зарубежной практике принято

прикладывать всю расчетную энергию навала к одному отбойнику, который выбирается по энергоемкости, немного превышающей данную энергию. В отечественной практике в связи с ограниченностью номенклатуры применяемых ОУ (Д400 и Д1000) вынуждены учитывать возможность навала судна на несколько ОУ, при этом уменьшая шаг их установки по сравнению с нормативным шагом.

После выбора типа ОУ по его характеристикам определяется сила реакции, прилагаемая к конструкции, как причала, так и судна. Если эта реакция превосходит допустимые значения, корректируются размеры ОУ и их расстановка.

Далее определяются сдвигающие силы, которые вызывают нагрузки в цепях

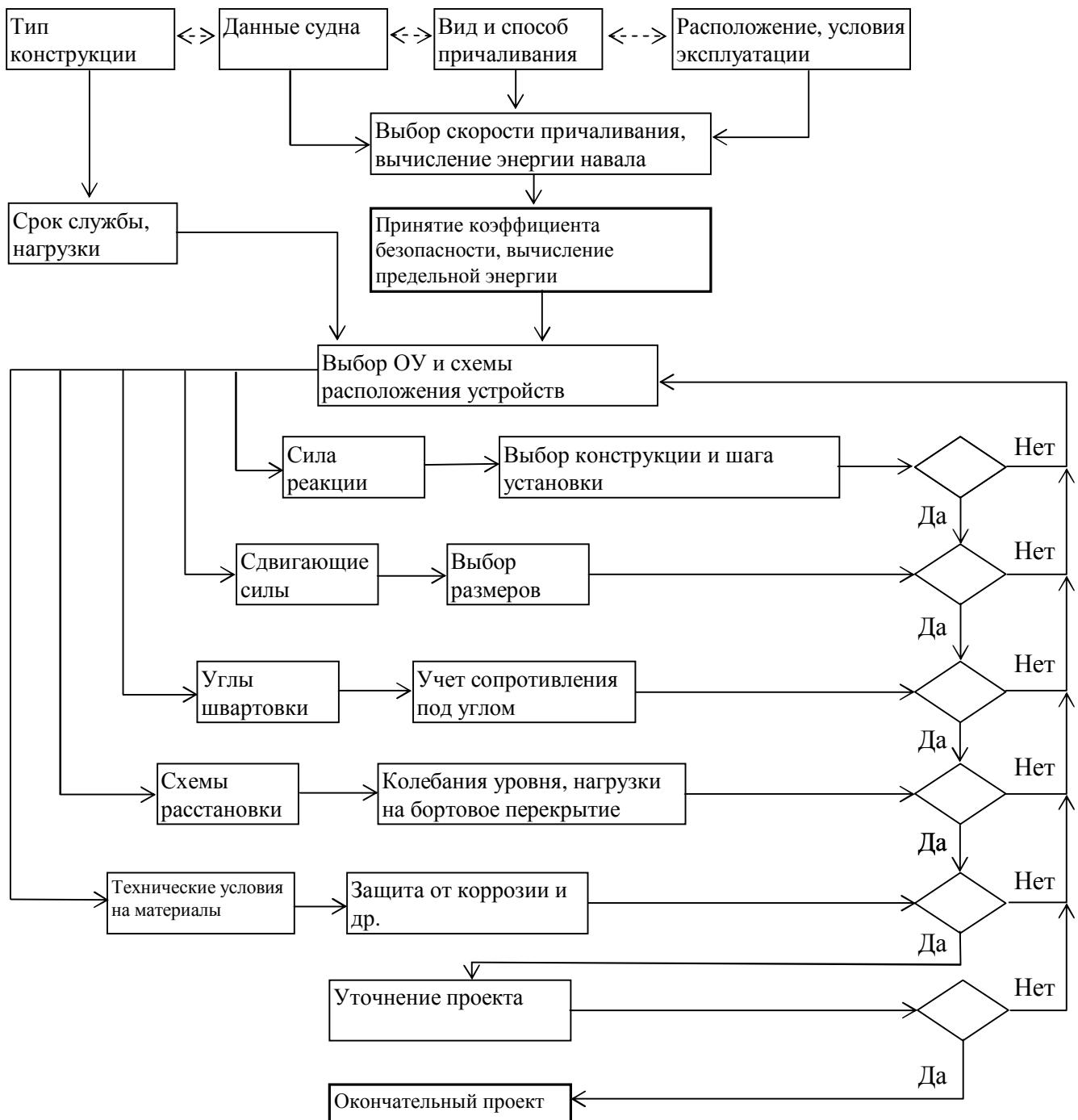


Рис. 4.1.4 Диаграмма процесса проектирования ОУ

подвески. По этим нагрузкам определяются наименование и толщина цепей.

Так же должны быть учтены сопротивление ОУ при сжатии под углом, колебания уровня воды, нагрузки на бортовое перекрытие.

Большое значение при проектировании ОУ придается соблюдениям технических условий на материалы, использованные в конструкции ОУ, такие как - качество резины, выполнение защитных покрытий от коррозии, выполнение сварки элементов и т.д. Поэтому для соблюдения этих условий в проекте установки ОУ должны быть предусмотрены соответствующие мероприятия.

После учета всех перечисленных факторов составляется проект установки ОУ, в котором указывается тип данного устройства, его размеры, расположение на поверхности надстройки причала и шаг установки.

Конструкции причальных сооружений

Конструкции причальных сооружений оказывают большое влияние на процесс эксплуатации ОУ, как в части их расчета, так и возможности подвески и схемы расположения. Конструкция причала будет зависеть в значительной степени от местной практики, геологии и материалов.

Свайные эстакады достаточно распространенная конструкция причалов. Вертикальные сваи менее дорогие по сравнению с другими конструкциями, но они более восприимчивы к нагрузкам, так что для их оборудования необходимы ОУ с пониженной реакцией.

Палы типично используются для нефтеналивных причалов, Ро-Ро терминалов и везде, где непрерывная причальная линия не требуется. Они включают вертикальные и/или наклонные сваи с тяжелым бетонным ростверком. Поскольку нагрузки распределены по относительно немногим сваям, реакция ОУ является критической и определяет нагрузку на сваи. Где палы разработаны как упругие конструкции (с вертикальными сваями), упругая жесткость конструкции может быть использована для поглощения части энергии швартовки.

Массивовые конструкции причалов более обычны в регионах с небольшими приливно-отливными колебаниями (как, например, юг Приморского края) и где имеются большие объемы разработанных местных материалов. Сила реакции ОУ для этих конструкций менее важна, чем для палов, но, поскольку эти конструкции часто приспособливают под широкий диапазон размеров судов (с разной энергией навала и разным радиусом носового закругления борта), ОУ должны иметь мертвую точку и иногда соответствующий стопор в центре, чтобы избежать контакта между бетонной конструкцией причала и судном.

Конструкции из шпунтовых свай по их взаимодействию с ОУ лежат где-то между свайными палами и массивовыми конструкциями. Где приливно-отливные изменения являются небольшими, ОУ устанавливаются непосредственно на бетонную надстройку. В случае больших приливно-отливных колебаний, может быть необходимо установить ОУ непосредственно или через кронштейны к шпунтовым сваям. Даже при принятых допусках забивки шпунта поверхность для

установки ОУ может быть далеко от ровной поверхности. Более трудно располагать ОУ (или кронштейны) на шпунтовых сваях Z-образного профиля, поскольку шпунтовые замки идут во внешнюю сторону. Наиболее ответственны соединения в районе низкой воды около ватерлинии (или под водой), производство сварки на этих горизонтах сложно и дорого.

Конструкции современных судов

Современные суда [8] имеют определенные особенности, налагающие некоторые проблемы при проектировании ОУ и схем их установки.



Носовой развал борта судна обычен для круизных судов и контейнеровозов. Угол развала может уменьшить способность ОУ к поглощению энергии. Увеличение вылета ОУ может быть необходимо, чтобы держать судно на расстоянии от причала и подъемных кранов. Осторожность также необходима, когда суда имеют кормовой развал борта. Необходимо отметить, что развал борта имеет существенное значение в том случае, если причал находится на акватории, имеющей значительные колебания уровней при этом, обычно, ОУ устанавливаются либо вертикально, либо в несколько рядов, для того, чтобы перекрыть большое расстояние по высоте, это и вызывает разность давлений при носовом развале борта.



Бульбообразный нос - особенность самых современных судов. Как и носовой развал, бульбообразный нос призван улучшить гидродинамические характеристики судна. Осторожность при приеме судов с таким носом необходима, когда ОУ установлены с большим расстоянием, чтобы гарантировать, что бульбообразный нос не может попасть ниже ОУ или между ОУ. Также необходимо гарантировать, что бульбообразный нос не может войти в контакт с передним рядом свай конструкции типа свайной эстакады.

В российских портах в 70-е годы при появлении первых судов с бульбовым носом наблюдались довольно частые повреждения поверхности причалов данной частью судна. Наличие такой особенности судна потребовало изменить процесс подхода и отхода судна от причала.



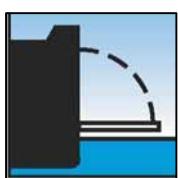
Большинство паромов, некоторые сухогрузные суда и много контейнерных судов имеют выступающий бандаж. Данный бандаж расположен по прямоугольной части корпуса и может быть прерывистым и/или расположенным на многих уровнях. Данное устройство при плохих условиях швартовки может причинить повреждение ОУ. Бандажные секции имеют форму сечения, наиболее обычно, - квадрат или полукруг.



Многие суда типа Ро-Ро и круизные суда имеют выступающий мостик на надстройке. При больших приливно-отливных колебаниях требуется осторожность, чтобы гарантировать отсутствие их контакта с выступающими ОУ.



Низкий надводный борт имеют баржи, прибрежные танкеры и некоторые сухогрузные суда. Необходимо гарантировать, что судно не может попасть под ОУ при очень низких приливах, когда полностью загружено и в плохих погодных условиях.



Кормовые двери с аппарелью обычны на судах типа Ро-Ро, часто в районе таких дверей располагаются элементы большого кормового бандажа. Боковые двери имеются у большинства специализированных автомобилевозов. Они - обычно углублены и могут создать препятствия для ОУ, особенно когда при швартовке происходит продольное перемещение судна.



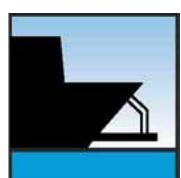
Суда высокого надводного борта могут трудно маневрировать при сильных ветрах, при этом скорости причаливания могут быть выше предусмотренных по нормам. Наименование таких судов включают суда типа Ро-Ро, автомобилевозы и загруженные контейнеровозы.



Газовозы, танкеры, балкеры и некоторые другие суда требуют благодаря конструкции своего корпуса низкого давления при контакте корпуса с ОУ, для чего требуется установка большего количества отбойников. Для таких судов особая осторожность должна быть предпринята при проектировании для больших приливно-отливных колебаний и с наклонной системой установки ОУ.



Высокоскоростные катамараны и однокорпусные суда часто строятся из алюминия, что заставляет принять только ограниченную нагрузку на их бандаж, который может быть высок - выше ватерлинии. Осторожность необходима при обеспечении высокой скорости, с которой работают данные паромы и обычные паромы на том же самом причале.



Специальные устройства – направляющие для швартовки паромов, применяемые в основном на скоростных паромах, могут быть склонны к созданию препятствий для работы ОУ. Большой входящий наклон стен или непрерывные стены из отбойников могут быть необходимы для принятия таких судов.

Основными параметрами судов, которыми определяется степень их воздействия на ОУ, являются водоизмещение, которое входит в формулу определения энергии навала, и так называемые основные размерения судна, в которые входит осадка, длина, ширина, высота надводного борта. Так же существенное значение для расчетов энергии навала играет – коэффициент полноты водоизмещения.

Наиболее значительные увеличения размеров в настоящее время наблюдаются для супертанкеров и больших танкеров (ULCC, VLCC). Большие размеры этих судов (в основном – осадка) позволяют обрабатываться их только в нескольких портах мира. Особенности этих судов в отношении эксплуатации ОУ - наличие высокого надводного борта в незагруженном состоянии и низкое допустимое давление на

борт. Малые танкеры имеют осадку от 6 до 12,6 м. Особенности этих судов в отношении эксплуатации ОУ такие же, как для больших танкеров.

Балкеры (суда для насыпных грузов) имеют водоизмещение от 13 до 464 тыс. тонн и осадку от 7,5 до 24 м. Особенности балкеров в отношении эксплуатации ОУ так же как и танкеров - наличие высокого надводного борта в незагруженном состоянии и низкое допустимое давление на борт.

Контейнерные суда, согласно международной классификации, делятся на два класса – проходящие через Панамский канал (Panamax) и не проходящие через Панамский канал (Post Panamax). Контейнеровозы Panamax имеют водоизмещение от 13,5 до 83 тыс. тонн и осадку в полном грузу от 7,3 до 13,2 м. Контейнеровозы Post Panamax имеют водоизмещение от 76,5 до 100 тыс. тонн и осадку 12,8 – 13,8 м. Особенности контейнеровозов при взаимодействии с ОУ – носовой и кормовой развал борта и наличие бульбообразного носа, что связано с высокими скоростными характеристиками этих судов, также эти суда имеют достаточно высокий борт и довольно часто – выступающий бандаж.

Суда типа Ро-Ро имеют водоизмещение от 9,5 до 87,5 тыс. тонн и осадку от 6 до 12,4 м. Особенности этих судов в отношении ОУ - носовой и кормовой развал борта и наличие бульбообразного носа, а так же выступающий бандаж и откидные аппарели на корме или носу.

Суда для генгрузов имеют наиболее оптимальные размеры для перевозки мелких партий грузов, не уложенных в контейнеры. Согласно международной классификации – размеры этих судов, выработанные многолетней практикой – водоизмещение от 4 до 54,5 тыс. тонн, ширина до 30 м осадка от 5 до 12,5 м, что позволяет им проходить все мировые морские пути. Особенности этих судов в отношении эксплуатации ОУ – наличие наружного бандажа и низкая высота борта, высота борта у них изменяется от 2,3 до 4,5 м.

В последние годы возрос интерес к специализированным судам типа автомобилевозов. Данный тип судна представляет собой плавучий многоэтажный гараж с погрузкой и выгрузкой автомобилей своим ходом. Эксплуатируемые в мире автомобилевозы имеют водоизмещение от 28,5 до 48 тыс. тонн, осадку от 9 до 11,7 м. Благодаря особенностям перевозимого груза этот тип судов имеет очень большую высоту надводного борта от 10 до 13,8 м. Как правило, разгрузка и погрузка автомобилей происходит через кормовую откидную аппарель. Особенности данных судов в отношении ОУ – носовой развал борта, выступающий мостик на надстройке, большая высота надводного борта и наличие устройства аппарели.

Такой тип судов как паромы при настоящем развитии морских перевозок в мире является достаточно распространенным. Паромы, эксплуатируемые в мире, имеют водоизмещение от 10,5 до 25 тыс. тонн и осадку от 5,6 до 7,1 м. Параметры конструкции данных судов определяются необходимостью быстрого передвижения и швартовки к специальным причалам, обычно, без помощи буксиров. Особенности конструкции данных судов в отношении эксплуатации ОУ – наличие выступающего

бандажа, кормовые либо боковые двери с аппарелью и специальное устройство – направляющие для швартовки.

В мировой судоходной практике все более увеличивается количество круизных лайнеров, предназначенных для реализации потребности людей в отдыхе на море и посещении других стран. Круизные лайнеры за счет своего назначения имеют некоторые особенности компоновки. Водоизмещение данных судов определяется экономической целесообразностью их использования и составляет от 21 до 44 тыс. тонн, осадка изменяется от 6,3 до 8 м. Большая часть надстройки у таких судов расположена намного выше уровня воды для исключения негативного воздействия моря. Особенностью данных судов в отношении ОУ является наличие носового и кормового развода борта, выступающий бандаж, выступающие мостики на надстройке и значительная высота надводного борта. Высота надводного борта у круизных судов составляет от 6,2 м до 8,6 м.

В последние десятилетия увеличилось количество судов – газовозов, предназначенных для перевозки сжиженного газа. Характер груза у данных судов предполагает большую осторожность при их передвижении и высокую надежность устройств, предназначенных для их обслуживания. Водоизмещение эксплуатируемых газовозов изменяется от 2,5 до 144 тыс. тонн. Особенности которые имеют данные суда в отношении ОУ – низкий борт у газовозов малого водоизмещения (1-3 м) и пониженная допустимая нагрузка на бортовое перекрытие.

Пассажирские суда, не отнесенные к классу круизных имеют водоизмещение от 1 до 8 тыс. тонн. Особенностями данных судов, влияющими на эксплуатацию ОУ, являются выступающий бандаж, специальные устройства - направляющие для швартовки паромов и низкий надводный борт (2-4 м).

В последние годы большой прогресс наблюдается в строительстве специализированных судов типа скоростных паромов. Данные суда представляют собой, в основном, катамараны, построенные по схеме с полупогруженным корпусом из алюминия с очень низким сопротивлением движению. Предназначены данные суда для скоростного непрерывного сообщения через проливы. Водоизмещение этих судов составляет от 0,95 до 4 тыс. тонн, у них небольшая по величине осадка – 2,7 – 4,6 м. В отношении взаимодействия с ОУ эти суда имеют достаточно высокий надводный борт (до 15 м), алюминиевый корпус с пониженным допустимым давлением, откидные аппараты и выступающий бандаж.

Как видно из приведенных данных современные суда создают воздействие на конструкцию ОУ и его подвеску значительно более сложную, чем по классическому представлению о навале судна, при котором ОУ сжимается совершенно вертикальным бортом в виде двух сближающихся параллельно или под небольшим углом плоскостей.

4.2 Определение шага и схемы навески ОУ

При навале судна на причал происходит контакт борта судна и, как правило, нескольких ОУ. То на сколько ОУ одновременно наваливается борт судна, зависит от шага навески ОУ и радиуса закругления бортовой плиты корпуса судна. Согласно рекомендациям фирм производителей резиновых ОУ [8] максимальный шаг установки ОУ может быть вычислен по следующему уравнению (схема рис. 4.2.1):

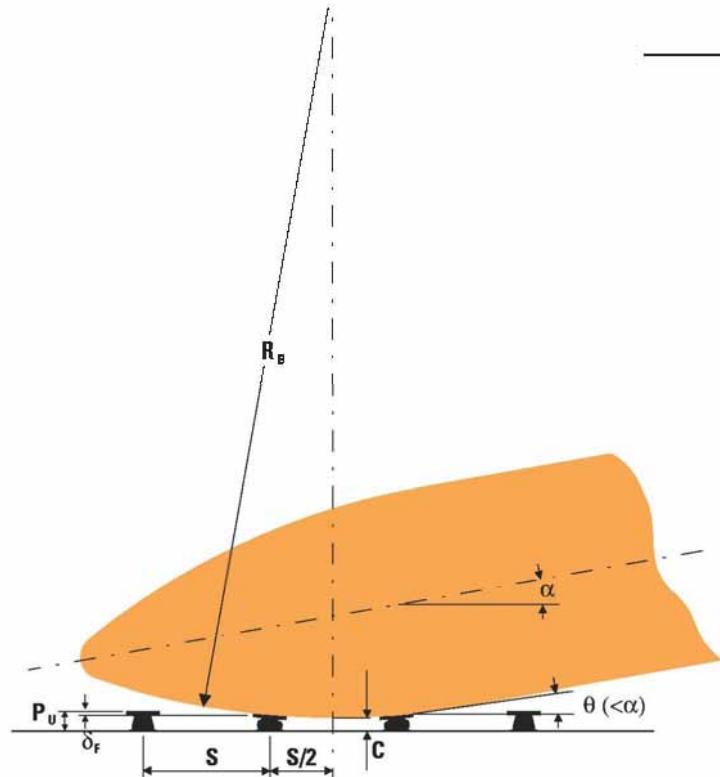


Рис. 4.2.1 Схема определения максимального шага установки ОУ

$$S \leq 2\sqrt{R_B^2 - (R_B - P_U + \delta_F + C)^2}; \quad (4.2.1)$$

где: S - шаг установки ОУ (м);

R_B - радиус закругления носовой плиты швартующегося судна (м);

P_U - высота ОУ от поверхности бетона надстройки в несжатом состоянии (м);

δ_F - величина полной деформации ОУ (м);

C - запас между бортом судна и поверхностью надстройки при полном сжатии ОУ, учитывающий непредусмотренные обстоятельства.

Радиус закругления носовой плиты судна обычно не известен, но в соответствии со стандартными теоретическими чертежами судна данный радиус является

функцией общих размерений корпуса судна. Так радиус закругления носовой плиты равен:

$$R_B = \frac{B}{4} + \frac{L^2}{16B}, \quad (4.2.2)$$

где: R_B - то же, что и в формуле 4.2.1 ;

B - ширина судна (м);

L - полная длина судна (м).

Формула 4.2.1 определяет максимальное расстояние между ОУ, при котором закругление борта судна пройдет между ОУ настолько, что будет касаться поверхности надстройки. По данной формуле произведем расчет максимального расстояния между ОУ для конструкций отбоев, применяемых в портах Дальнего Востока, с учетом запаса $C=0,1\text{м}$ (табл. 4.2.1).

Таблица 4.2.1 Максимальные расстояния между ОУ из условия отсутствия контакта поверхности надстройки с бортом судна

Стан-дартная глубина м.	Максимальная осадка м.	Водоизмещение т.	Длина м.	Ширина м.	Радиус борта м.	Максимальный шаг между ОУ м.		
						Д400 на раме из бруса	Д400 без рамы	Д1000
5	4,6	5000	87,6	16,2	33,7	8,97	4,02	10,35
6,5	4,98	6000	112,4	16,8	51,2	11,07	4,96	12,78
8,25	7,59	14000	141,3	19,6	68,6	12,81	5,74	14,79
9,75	8,97	21000	166,2	23,7	78,8	13,74	6,15	15,86
11,5	10,58	34000	195,1	27,3	94,0	15,01	6,71	17,32
13	11,96	49000	219,9	28,3	113,9	16,52	7,39	19,07
15	13,8	104000	253	34,9	123,4	17,20	7,69	19,85
16,5	15,17	146000	277,8	38,7	134,3	17,94	8,03	20,72
18	16,55	197000	302,6	42,8	144,4	18,61	8,32	21,48

Согласно требованиям норм [4] шаг установки для отечественных отбойников – для Д400 – 5 метров, для Д1000 – 8-10 м (под шагом понимается – расстояние между поперечными осями симметрии цилиндров).

Полученные результаты говорят о том, что используемые нормативные расстояния между ОУ гарантируют отсутствие контакта с бортом, по крайней мере, в пределах рассматриваемой схемы контакта. Используя значение максимального и нормативного расстояния между ОУ можно определить количество ОУ, которое может отсутствовать без опасности соприкосновения борта судна с бетоном надстройки.

Величины радиуса закругления носовой плиты и параметры различных ОУ можно использовать для определения шага их установки в том случае, когда энергоемкость одного ОУ недостаточна для восприятия расчетной энергии навала и необходимо разделить энергию навала между нескольким ОУ с условием непревышения нормативного сжатия для любого из задействованных ОУ.

Радиус закругления носовой плиты судна, можно использовать для анализа степени сжатия группы ОУ при различных схемах расположения борта относительно точек крепления отбойников. Схема определения степени сжатия ОУ представлена на рис. 4.2.2.

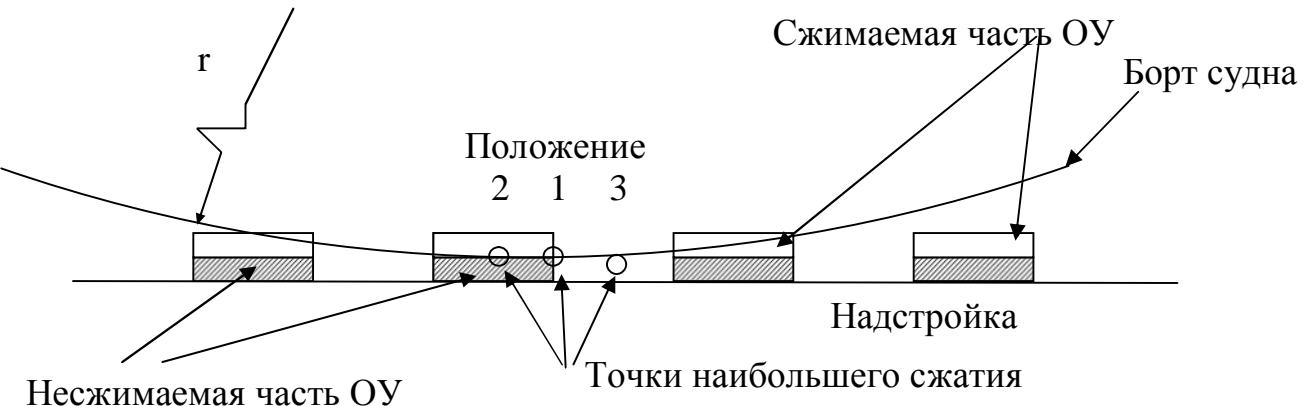


Рис. 4.2.2 Схема определения степени сжатия ОУ с учетом положения точек наибольшего сжатия

Как видно из схемы, при навале изогнутого борта, ОУ сжимаются по-разному в зависимости от их расположения относительно точки наибольшего сжатия (точка на корпусе судна, лежащая на перпендикуляре к линии кордона, проходящем через центр закругления борта). Относительную площадь сжимаемой части ОУ, перекрываемой при этом бортом, с учетом нелинейной характеристики отбойника "деформация – энергия", можно считать частью нормативной энергии, которая поглощается ОУ при полном расчетном сжатии.

При этом необходимо учесть 3 предельных случая расположения наиболее выдающейся точки борта относительно точек крепления ОУ.

Положение 1 – наименьшее продвижение борта к поверхности надстройки и наименьшее сжатие ОУ под точкой наибольшего сжатия, то есть энергия наиболее сильно распределена между ОУ, при положении 1 получается наименьшее количество задействованных ОУ, данное положение необходимо использовать для определения шага т.к. ОУ воспринимают минимум энергии.

Положение 2 – наиболее сильное вдавливание ОУ напротив самой выдающейся точки, большая часть энергии передается на это ОУ, количество задействованных ОУ меньше, чем при положении 1.

Положение 3 – наиболее сильное вдавливание борта к надстройке, задействовано наибольшее количество ОУ, распределение энергии происходит на наибольшее количество ОУ.

Таким образом, положение (№1), при котором будет задействовано наименьшее количество ОУ, можно считать расчетным для распределения энергии с учетом возможности уменьшения шага между ОУ.

Для вычисления количества сжатых ОУ при различном радиусе кривизны борта (глубине у причала) и различном шаге установки ОУ необходимо определить площадь сжимаемой части каждого ОУ, попадающего в зону действия борта, принимая положение корпуса судна в точке 1 рис. 4.2.2. При этом необходимо учитывать, что ОУ сжимаются с одной стороны от точки наибольшего сжатия только закругленной частью корпуса, а с другой стороны от этой точки частично закругленной и частично прямолинейным участком корпуса.

В связи с возможностью сжатия ОУ прямолинейной частью корпуса судна необходимо определить зависимость количества сжатых ОУ для различных углов подхода судна α . На рис 4.2.3 показаны графики изменения количества сжатых ОУ при глубине у причала 9,75 м и разных углах подхода судна. На представленных графиках видно, что количество сжатых ОУ практически не изменяется при углах подхода от 5° до 3° , при углах меньше 3° начинается постепенное увеличение числа сжатых ОУ и особенно сильное увеличение начинается при углах меньше $1,5^\circ$. Полученный результат показывает на то, что при нормативных углах подхода судна ($5 - 10^\circ$) количество сжатых ОУ определяется закругленной частью борта без участия прямолинейной и следовательно изменяется незначительно.

Полученную площадь сжимаемой части для каждого ОУ пересчитываем с учетом характеристики "деформация – энергия" и полученные величины суммируем для определенного радиуса кривизны борта (глубины у причала). Полученные для каждой глубины у причала значения считаем количеством ОУ (с учетом энергии), сжатых при данных условиях навала.

Используя полученные результаты, определим какой шаг установки различных ОУ (рассматриваемых в данном пособии) необходим для восприятия энергии навала судна. Для этого вычисленную нами энергию навала судна для различных глубин у причала разделим на энергию сжатия одного ОУ, соответствующую его предельной деформации. Полученные для каждой глубины числа будем считать количеством ОУ необходимым для восприятия энергии навала. Затем с помощью зависимости "шаг установки – количество сжатых ОУ" определим при каком шаге установки количество задействованных ОУ при контакте с криволинейным бортом равняется необходимому для восприятия энергии навала. Будем считать полученный шаг установки рекомендуемым. Результаты вычисления представлены в таблице 4.2.2 на графиках рис. 4.2.4.

Полученные величины расстояний (шагов) установки различных типов ОУ позволяют спроектировать положение ОУ для причала с определенной глубиной, при этом необходимо обратить внимание на следующие обстоятельства. В отечественной проектной практике принято располагать ОУ симметрично на секции причала, что заставляет придерживаться определенной шкалы шагов установки ОУ. На самом деле длина секции и навал судна никак не связаны. Если для массивовой конструкции причалов расположение ОУ определяет положение

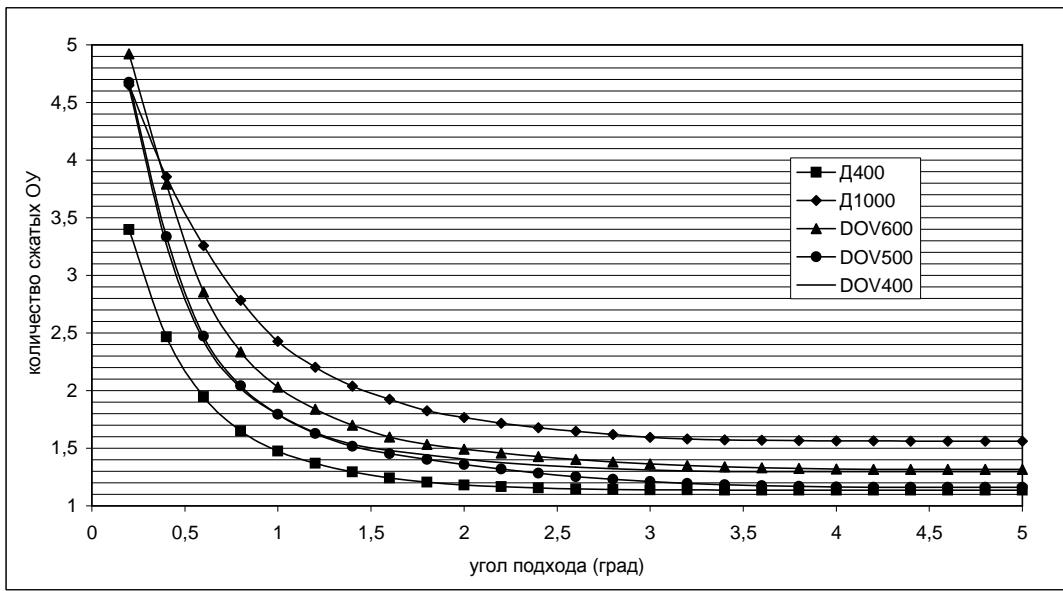


Рис. 4.2.3 Изменение количества сжатых ОУ при глубине 9,75 м и разных углах подхода

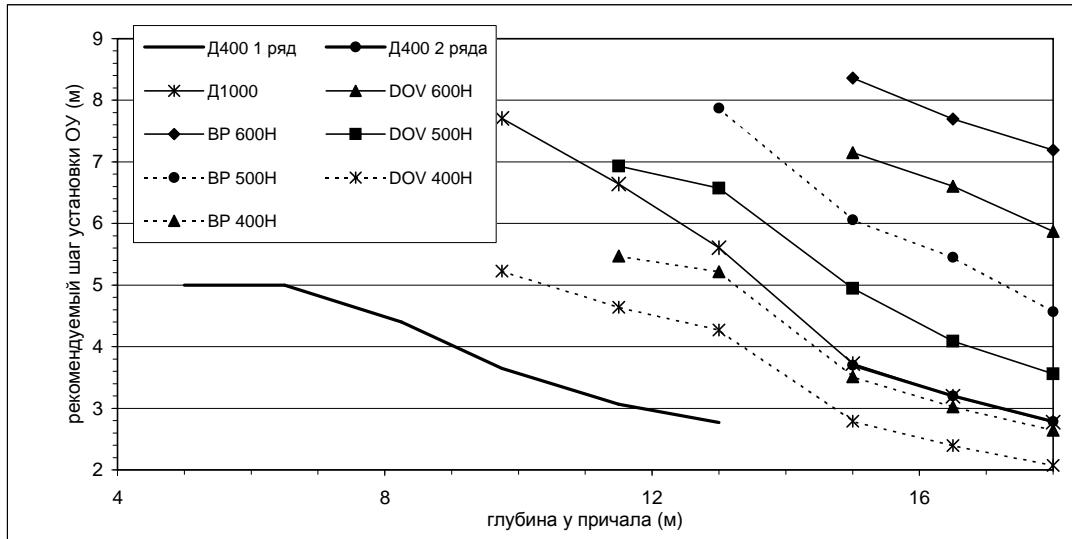


Рис. 4.2.4 Рекомендуемые расстояния (шаги) установки различных ОУ рассматриваемых в данной работе

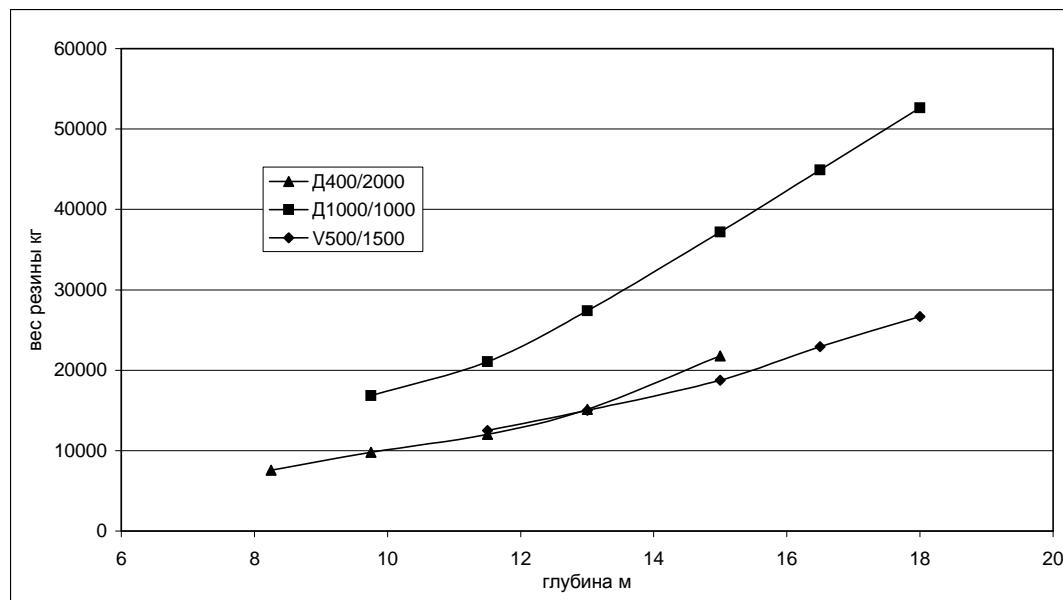


Рис. 4.2.5 Вес резины на длину причала различных ОУ, рекомендуемых для набора стандартных глубин

Таблица 4.2.2 Рекомендуемые шаги установки различных ОУ

Стандартная глубина у причала, м	Рекомендуемые шаги установки следующих ОУ, м								
	Д400 (2м) 1 ряд	Д400 (2 м) 2 ряда	Д1000 (1м)	DOV 600H (2m)	ВР 600H (2m)	DOV 400H (2m)	ВР 400H (2m)	DOV 500H (2m)	ВР 500H (2m)
5	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-
6,5	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-
8,25	4,40	-	-	-	-	-	-	-	-
9,75	3,65	-	7,71	-	-	5,23	-	-	-
11,5	3,06	-	6,64	-	-	4,65	5,47	6,93	-
13	2,77	-	5,60	-	-	4,27	5,22	6,57	7,87
15	-	3,70	3,72	7,15	8,36	2,79	3,51	4,95	6,06
16,5	-	3,20	3,20	6,61	7,70	2,40	3,02	4,09	5,45
18	-	2,79	2,78	5,87	7,19	2,07	2,64	3,56	4,57

подвесных рымов на сборной (предварительно изготовленной) надстройке, то для конструкции типа бульверк из стального шпунта (так же как для любой конструкции с монолитным оголовком) секции могут назначаться произвольно в пределах 25-30 м и соответственно ОУ могут располагаться на этих секциях с рекомендуемым шагом.

Случай рассматриваемой задачи, т.е. навала судна на несколько ОУ, может возникать только в том месте, где при швартовке судна происходит первичное соприкосновение корпуса судна с причалом (ОУ). Для большинства дальневосточных портов это – район носовой оконечности судна, т.к. судно, как правило, доводится к причалу носом вперед, и прижимается вначале носовая оконечность из-за боязни воздействия на винто-рулевую группу, которая находится в районе кормы. Об этом говорят и результаты обследований состояния ОУ причалов.

Таким образом, частая расстановка ОУ (с рекомендуемым шагом) необходима в тех местах, где при швартовке и стоянке располагается нос судна. Из анализа материалов обследования можно предположить, что это будет порядка 40% от общей длины причала с учетом возможной сдвижки судна при швартовке и подхода меньших по длине судов.

В соответствии с вышенназванными соображениями можно составить схемы предполагаемого расположения различных ОУ, рассматриваемых в данной работе, по длине причалов с разной глубиной. Количество ОУ для данных схем превосходит предусмотренное по нормам (с нормативным шагом 5 и 8 м) на следующие величины: для Д400 – на 69% (глуб. 15 м), Д1000 – 74% (глуб. 18 м), DOV500 – 49% (глуб. 18 м). С учетом расстановки ОУ вычислены расходы резины на ОУ для различных глубин у причалов, на рис. 4.2.5 представлен график, по-

казывающий данные расходы резины. В соответствии с графиком расходы резины для Д400 и DOV500 приблизительно равны, а расход для Д1000 превышает их приблизительно в 2 раза. При этом необходимо учесть, что в связи с особенностями изготовления данных ОУ стоимость 1 кг резины для Д1000 приблизительно на 20% дороже, чем для Д400 и стоимость производства DOV500 из-за наличия закладных деталей так же больше, чем обыкновенных цилиндров.

4.3 Определение параметров подвески ОУ

Элементы креплений ОУ воспринимают часть силы навала судна при швартовке. В зависимости от способа крепления устройства расчетной принимают соответствующую составляющую силы навала. Так при неподвижном закреплении ОУ (см. приложение 4.2) за усилие для расчета элементов крепления (анкерных болтов, штанг) принимают продольную составляющую усилия навала F_n , определяемую по формуле 3.1.3.

В случае навесной конструкции отбойных рам существует способ расчета элементов их креплений [5], предложенный инженерами Н. И. Барановым и В. Ф. Матюшевым (Черноморнипроект 1977г). По данному способу предполагается, что расчетной будет являться вертикальная составляющая силы навала судна на ОУ.

Сложность представляет собой определение усилий в цепях. Передача нагрузки от навала судна и до усилия в цепях происходит таким образом, что значительная часть продольного усилия расходуется на трение о лицевую поверхность причала. Экспериментальные данные (по мнению вышеназванных авторов) определяют это усилие в цепях в пределах не выше 10 % нормального. Вертикальная сила, на которую рассчитывают элементы крепления навесных отбойных рам, определяют по формуле:

$$M = mF_q K_\phi , \quad (4.3.1)$$

где: m - коэффициент для перехода от силы F_q к вертикальной силе, действующей на ОУ (при отсутствии экспериментальных данных принимается равным 0,1);

K_ϕ - коэффициент учитывающий обводы и форму корпуса судна (принимается 0,7-0,9).

Поперечная горизонтальная сила F_q , тс, от навала судна при подходе к сооружению определяется для заданного значения энергии навала судна по графикам, построенным на основе характеристик ОУ "энергия - деформация" и "деформация – нагрузка".

Зная вертикальную составляющую усилия навала M , действующую на ОУ, можно определить вертикальную нагрузку P , тс, на ветвь подвески:

$$P = \frac{M}{2} = 0,05F_q K_\phi. \quad (4.3.2)$$

Усилие R в цепи подвески определяется из выражения:

$$R = \frac{P}{\cos \varphi}, \quad (4.3.3)$$

где: φ - в общем случае угол между осью цепи и вертикалью, проведенной через точку прикрепления цепи к рыму на конструкции причального сооружения (град).

Зная геометрические размеры ОУ и конструкцию его подвески, угол φ для каждого конкретного случая можно определить по формуле:

$$\operatorname{ctg} \varphi = \frac{1}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}}, \quad (4.3.4)$$

где: α и β - проекции угла φ на плоскости соответственно перпендикулярную фасадной поверхности причала и на фасадную поверхность причала.

По величине силы R и равной или большей ей пробной нагрузке (представленной в ГОСТе или ТУ на цепи) [12, 13] определяют калибр элементов цепи.

Результаты расчета калибров цепей подвески ОУ для якорных цепей 1 и 2 категорий по ГОСТ и сварных цепей без распорок коротко и длиннозвенных по ТУ (характеристики цепей и скоб приводятся в приложении №3) представлены в таблице 4.3.1 для цилиндров Д400. При расчете использованы невыгоднейшие значения углов расположения цепей, из применявшихся в практике и суммарный коэффициент запаса 1,2 (по расчету по методу предельных состояний [6]). Расчеты выполнены на основе данных по нагрузкам, представленных в главе 4.1.

Значения размеров калибров для всех цепей получены на основе математических зависимостей, связывающих пробную нагрузку и калибр цепи, поэтому значения размеров калибров не соответствуют номенклатуре цепей, представленной в ГОСТе и ТУ.

При таком же расчете для Д1000 определяются незначительные величины нагрузок и калибров цепей для цилиндра Д1000 по сравнению с Д400. Это получается благодаря высокой энергопоглощающей способности цилиндра Д1000, что противоречит общим представлениям – при большем размере цилиндра, рассчитанном на большие суда, размер цепи подвески меньше. Данный факт свидетельствует о несовершенстве применяемого метода расчета. Для цилиндра Д1000 необходимо использовать цепи согласно рекомендациям фирм-производителей. Так фирмой Sumitomo рекомендуется размер цепи для Д1000×1000 – 38 мм.

Таблица 4.3.1 Калибр цепи подвески ОУ с резиновым цилиндром Д400 при различных глубинах у причала

Стандартная глубина у причала, м	Нагрузка предельная для подкреплений ЛУЗ и ЛУ4, тс	Нагрузка с коэффи. запаса, тс	Усилие в цепи подвески, тс	Калибр цепи якорной 1 категории, мм	Калибр цепи якорной 2 категории, мм	Калибр цепи сварной без распорок, мм
5	38,1	45,7	2,9	9,8	8,2	12,5
6,5	57,2	68,7	4,4	12,1	10,1	15,3
8,25	136,9	164,3	10,5	19,0	15,8	23,6
9,75	182,0	218,4	14,0	22,0	18,3	27,2
11,5	233,4	280,1	17,9	25,0	20,8	30,8
13	258,0	310,6	19,9	26,4	22,0	32,4
15	291,0	350,0	22,4	28,0	23,3	34,4
16,5	316,0	379,6	24,3	29,2	24,3	35,8
18	340,0	409,1	26,2	30,4	25,3	37,2

Для практического использования полученного результата приведем значения калибров, представленных в таблицах к стандартным значениям калибров, представленных в таблицах ГОСТа и ТУ см. табл. 4.3.2.

По результатам вычисления стандартных калибров построены графики (рис. 4.3.1), с помощью которых можно определить калибр цепи для подвески резиновых цилиндров Д400 либо рамы из бруса под резиновый цилиндр Д400.

На рис. 4.3.1 так же нанесены в виде точек данные по результатам обследования для успешно эксплуатируемых и разрушившихся цепных подвесок ОУ. Взаимное положение теоретических кривых и фактических точек говорит о хорошем приближении теоретического расчета к натурным данным.

Таблица 4.3.2 Стандартные калибры цепей для подвески ОУ Д400

Стандартная глубина у причала, м	Калибры цепей для подвески цилиндра Д400 или рамы из бруса под Д400, мм		
	Якорная 1 категория	Якорная 2 категория	Сварная без распорок
5	11	12,5	12,5
6,5	12,5	12,5	16
8,25	19	16	26
9,75	22	19	28
11,5	26	22	32
13	26	22	32
15	28	24	34
16,5	30	24	38
18	30	26	38

При комплектации цепей для подвески ОУ портовые службы либо строители вынуждены использовать вместе с якорными цепями скобы, изготовленные по

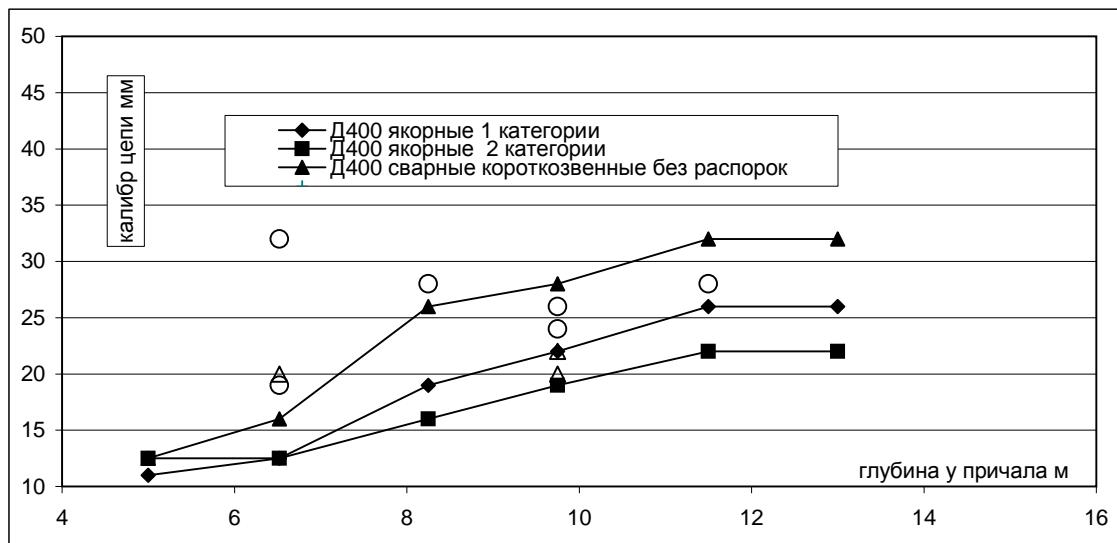


Рис. 4.3.1 Калибры цепи подвески отбойного устройства с цилиндрами Д400 для различных глубин у причалов, при нормативном шаге подвески

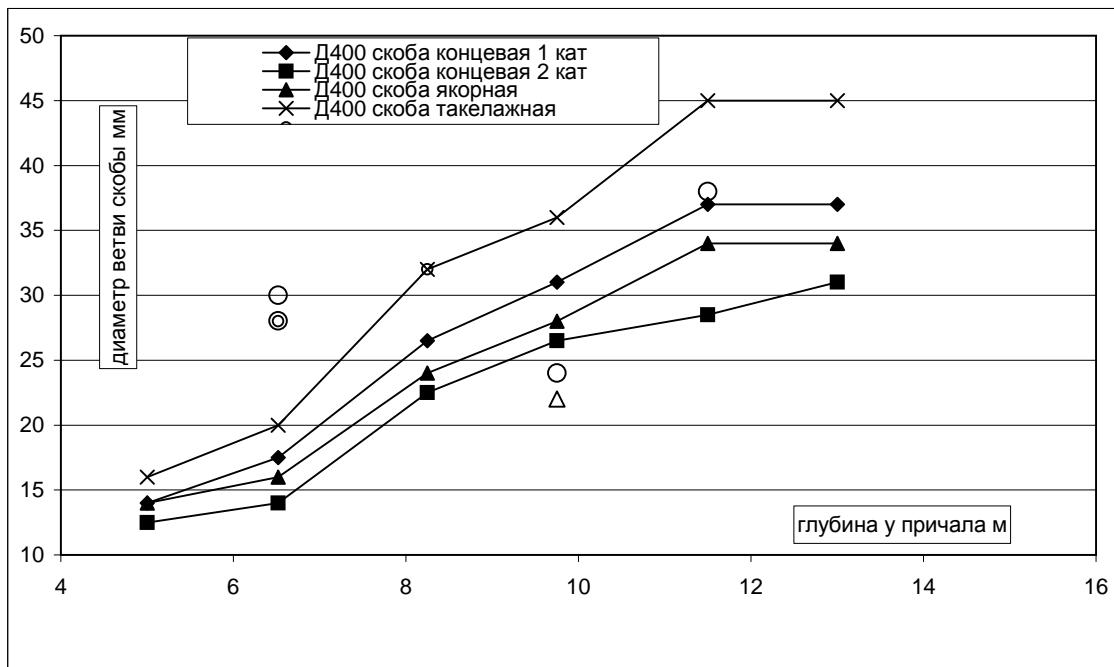


Рис.4.3.2 Диаметры ветви скоб подвески отбойного устройства с цилиндрами Д400 для различных глубин у причалов, при нормативном шаге подвески

На оба графика нанесены обозначения фактических данных

- △ подвеска быстро вышла из строя
- подвеска в рабочем состоянии

разным стандартам и различного назначения для подсоединения цепей к рымам, к стяжным болтам, либо к штангам для подвески цилиндров. В результате такого соединения, как правило, слабым звеном оказывается скоба, и обрыв ОУ происходит по скобе. В связи с этим производим расчет параметров различных вариантов изготовления скоб [12,14,15] (табл. 4.3.3), соответствующих по прочности нагрузкам, определенных нами в качестве расчетных для подвески ОУ см. таблицу 4.3.1. В таблицах значения нагрузки и усилия в цепи не приводятся т. к. соответствуют приведенным ранее.

Таблица 4.3.3 Параметры скоб для подвески ОУ с резиновым цилиндром Д400

Стандартная глубина у причала, м	Диаметры ветви скобы для подвески Д400, либо рамы из бруса под Д400, мм				То же стандартные диаметры ветви по соответствующим ГОСТам, мм			
	концевая 1 катего-рии	концевая 2 катего-рии	якорная	такелажная	концевая 1 катего-рии	концевая 2 катего-рии	якорная	такелажная
5	13,8	11,5	12,6	16,5	14	12,5	14	16
6,5	17,0	14,2	15,5	20,1	17,5	14	16	20
8,25	26,6	22,2	24,2	31,1	26,5	22,5	24	32
9,75	30,8	25,7	28,0	35,8	31	26,5	28	36
11,5	35,0	29,2	31,8	40,5	37	28,5	34	45
13	36,9	30,7	33,5	42,7	37	31	34	45
15	39,2	32,7	35,6	45,3	39	34	38	45
16,5	40,9	34,1	37,1	47,1	42	34	38	48
18	42,5	35,4	38,6	48,9	42	37	42	50

Результаты расчета параметров скоб для Д400 представлены на рис. 4.3.2, на этом графике так же нанесены результаты фактических определений сохранности цепных подвесок, т.е. проставлены точки в значениях размеров скоб разрушившихся или успешно эксплуатируемых.

Материалы исследований технического состояния причальных гидротехнических сооружений портов юга Дальнего Востока свидетельствует о том, что ОУ, установленные на этих сооружениях, имеют определенный набор типовых разрушений, связанных в основном с недостаточной прочностью элементов подвески данных устройств. Разрушению, как правило, подвергаются цепи, на которых висит рама ОУ, и элементы ее присоединения (скобы, рымы, стяжные болты рамы).

Преобладание такого вида разрушений говорит о том, что лимитирующим фактором долговечности и соответственно объема эксплуатационных затрат является прочность элементов подвески по сравнению с воздействующими реально нагрузками и правильность технологического исполнения подвески.

Методика расчета нагрузок на ОУ, предлагаемая нормами, предусматривает использование расчетного случая нагрузки от навала судна при подходе к сооружению [3]. При расчете этой нагрузки используются энергетические и деформа-

ционные характеристики амортизирующих резиновых цилиндров, скорость подхода, коэффициент энергии навала.

При навале предельного по осадке судна на причалы с глубиной более 9,75 м (при нормативной скорости) резиновые цилиндры Д400 и Д1000 полностью выбирают свою рабочую зону сжатия. Для уменьшения их деформации необходимо снижать скорость подхода судна. Но в реальности отсутствует техническая возможность контролировать столь низкие скорости подхода как 5-8 см/сек. Коэффициент энергии навала (формула 3.1.1) изменяется от 0,5 до 1,0 и зависит от таких факторов, как потери энергии при навале, присоединенной массы жидкости, положения центра тяжести судна. Из этого можно сделать вывод, что существующий метод расчета нагрузки от навала судна по СНиП имеет приблизительный, неопределенный характер. То же можно сказать и о методе расчета энергии навала по BS6349 [10].

Метод расчета усилий в цепях подвески ОУ [5] так же носит приблизительный характер. В методе отсутствуют указания, для каких условий работы и для какой конструкции ОУ был определен коэффициент 0,1, а так же почему в расчете учитывается только вертикальная составляющая навала, и для каких размеров отбойников применим этот метод.

4.4 Элементы подвески ОУ

В практике портового строительства на Дальнем Востоке, обычно, используются подвески на стальных цепях. Стальные цепи, выпускаемые промышленностью и пригодные по расчетным нагрузкам к использованию для отбойных устройств причалов (нагрузка 5-100 тс.) можно условно разделить на две разновидности: цепи якорные с распорками и цепи сварные круглозвенные (без распорок). Изготовление и технические характеристики цепей определяются следующими нормативами: ГОСТ 228-79 Цепи якорные с распорками [12] и ТУ 12.0173856.009-88 Цепи круглозвенные сварные общего назначения [13].

ГОСТ 228-79 "Цепи якорные с распорками" распространяется на якорные цепи, предназначенные для эксплуатации в якорных устройствах кораблей, судов и плавучих средств (рис. 4.4.1). Согласно данному ГОСТу якорные цепи по прочности делятся на цепи нормальной прочности (1 категории), повышенной прочности (2 категории) и особо высокой прочности (3 категории). Предусмотрены калибры цепи от 11 до 73 мм (калибром называется диаметр образующего контур звена стержня).

Основной характеристикой цепи после калибра является нагрузка. Испытательная нагрузка на цепи определенного калибра ГОСТом подразделяется на пробную и разрушающую. Разрушающая нагрузка приблизительно в 1,4 раза больше пробной (приложение 3).

После изготовления партии цепей заводом-изготовителем проводятся приемо-сдаточные испытания. Из партии цепей отбирается один отрезок вместе с соединительным звеном для испытания разрушающей нагрузкой. В том случае если этот отрезок разрушится при нагрузке больше разрушающей, установленной по

ГОСТу, переходят к испытанию пробной нагрузкой. Испытаниям пробной нагрузкой подвергаются все сборочные единицы якорной цепи из определенной партии. ГОСТом предусмотрены нагрузки от 3,6/5,1 тс. (пробная/разрушающая для калибра 11 мм) до 139/199 тс (калибр 73 мм). Для более высокой по прочности категории цепи пробной является нагрузка, предусмотренная как разрушающая для менее прочной категории.

Цепи категории 1 изготавливаются контактной сваркой с термической обработкой – нормализацией и должны иметь механические свойства материала соответствующие временному сопротивлению при разрыве – 3000 – 4900 кгс/ см², что соответствует низколегированной, пластичной стали. Цепи категории 2 изготавливаются контактной сваркой, штамповкой или литьем с термической обработкой и должны иметь временное сопротивление при разрыве 4900 – 6900 кгс/см², что соответствует высокопрочной, хрупкой стали. После изготовления якорные цепи подвергаются термической обработке – нормализация или нормализация плюс отпуск (нормализация применяется для получения мелкозернистой структуры, повышения прочности и вязкости, улучшения обрабатываемости для низкоуглеродистой стали, снятия внутренних напряжений; отпуск – для сохранения высокой твердости и износостойкости).

Якорная цепь в эксплуатационной комплектации имеет длину не менее 100 м. ГОСТом предусмотрены 2 вида исполнения якорной цепи (рис.4.4.2). Как видно из схем исполнений якорная цепь состоит из коренной, якорной и промежуточных смычек. Длина якорной смычки не превышает 6 единиц, длина коренной смычки – 4 единицы. Всю остальную длину цепи занимают промежуточные смычки, выпускаемые с завода длиной 25 м и соединяемые между собой с помощью соединительных звеньев.

Сборочные единицы якорных цепей предусмотрены следующих наименований (рис. 4.4.1):

- звено общее с распоркой (основной элемент промежуточной смычки) – из соображения экономии материала выполнено с такими размерами проходных отверстий, которые допускают соединение с элементами цепей только меньшего размера и, следовательно, меньшей прочности;
- звено увеличенное (так же как и концевое звено и концевая скоба существует только в коренной и якорной смычках) по размеру в 1,1 раза больше звена общего, выбирается из той же номенклатуры калибров, что и общее звено и предназначено для усиления узла присоединения цепи к якорю либо к коренному креплению;
- концевое звено – увеличенное звено без распорки, предназначено для присоединения концевой скобы, соединяющей цепь с эксплуатационными узлами, единственная сборочная единица с проходным отверстием, позволяющим в любом варианте соединиться с концевой скобой такой же прочности;
- скоба концевая – сборочная единица, позволяющая подсоединить цепь через концевое звено в полевых условиях и имеющая размеры штыря и утолщения ветви таких размеров, которые могут соединиться только с концевым звеном такого же калибра, либо с общим звеном большего калибра и соответственно большей прочности;

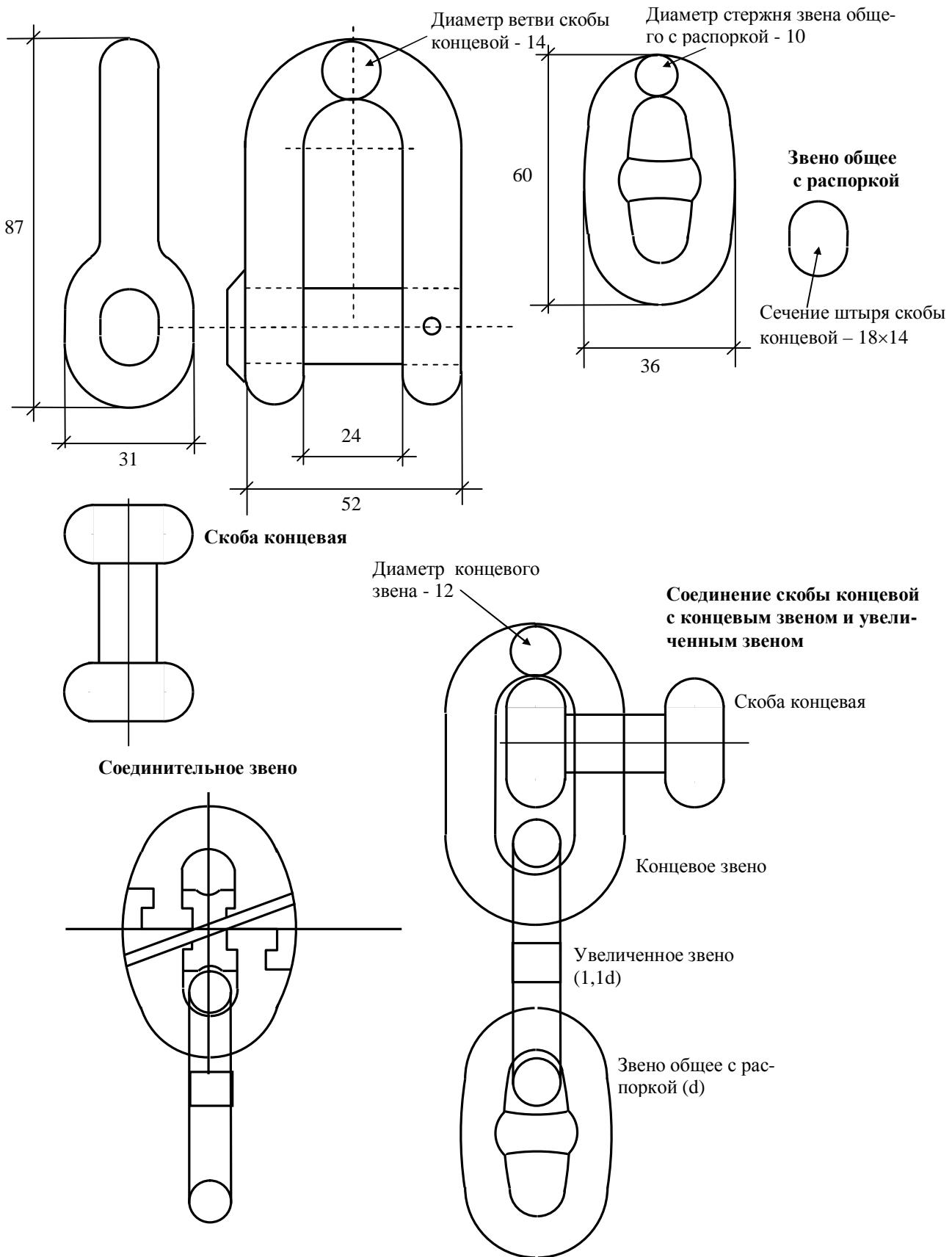


Рис. 4.4.1 Звено общее с распоркой и равнопрочная скоба концевая по ГОСТ 228-79 "Цепи якорные с распорками" (размеры для калибра 10 мм); конструкция соединительного звена для соединения промежуточных смычек; соединение звена общего с распоркой и концевой скобы, предлагаемое ГОСТом.

- соединительное звено предназначено для соединения промежуточных смычек – самый сложный в изготовлении и дорогостоящий элемент цепи, через несколько лет эксплуатации на судне разъединить его не возможно.

Эксплуатируемые якорные цепи проходят освидетельствование Регистром один раз в 4 года. Предельным состоянием цепей считается уменьшение среднего диаметра общего звена в наиболее изношенной части на 10 % номинального значения и более. После очередного освидетельствования цепи могут быть забракованы после этого они получают категорию старогодних и могут быть использованы для подвески отбойных устройств причалов.

ТУ 12.0173856.009-88 "Цепи круглозвенные сварные общего назначения" распространяется на цепи, предназначенные для применения в различных целях (рис. 4.4.3). Из рассмотренных в данном нормативе 6 типов цепей альтернативу якорным цепям (1 и 2 категории) представляют цепи нормальной прочности коротковзвенные и длиннозвенные. Цепи повышенной прочности (с сопротивлением разрыву 7000-8000 кгс/см²) нами не рассматриваются т.к. очевидно, что наиболее слабым звеном в подвеске отбойного устройства будет являться скоба и использовать цепи повышенной прочности экономически нецелесообразно.

Цепи нормальной прочности коротковзвенные имеют калибр 11 – 38 мм и нагрузку от 2,3/4,6 тс (пробная /разрушающая для калибра 11 мм) до 27,2/54,4 тс (для 38 мм).

Цепи нормальной прочности длиннозвенные имеют калибр 5 – 22 мм и нагрузку от 0,3/0,6 тс до 9,2/18,3 тс.

Сварные цепи по данным нормам изготавливаются контактной электросваркой сопротивлением или оплавлением при этом звено может иметь один или два сварных стыка. Цепи изготавливаются отрезками длиной по 25 м. В качестве материала цепей используются спокойные, полуспокойные или конструкционные стали с напряжением при разрыве не менее 2400 кгс/см². Цепи после изготовления подвергаются термической обработке, так же как и якорные цепи.

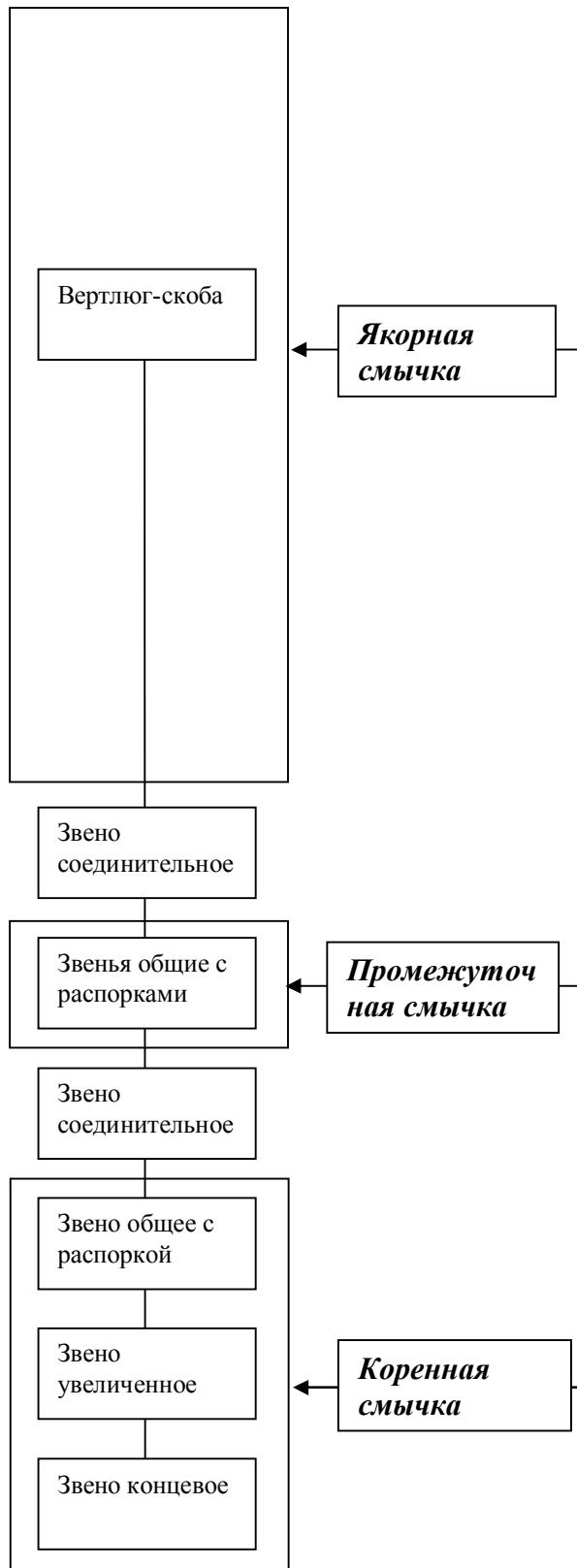
Сварные цепи, так же как и якорные, раз в 3 года проходят освидетельствование, в результате которого они могут быть отбракованы.

При соединении коротких отрезков цепей при монтаже отбойных устройств на причалах могут использоваться скобы концевые по ГОСТ 228-79 [12], скобы якорные по ГОСТ 765-85 [14] и скобы такелажные по ОСТ5.2312-79 [15].

ГОСТ 765-85 Скобы якорные. Скобы якорные предназначены для соединения судовых якорей с якорными цепями, применяемыми на кораблях, судах и плавучих средствах (рис .4.4.4). ГОСТом предусмотрены якорные скобы с диаметром ветви от 14 мм до 205 мм. Для изготовления якорных скоб используются поковки из стали с пределом прочности при растяжении не менее 5600 кгс/см² и пределом текучести не менее 3200 кгс/см². Якорные скобы должны проходить испытания пробной нагрузкой, величина пробной нагрузки для скобы с диаметром ветви 14 мм - 3,1 тс.

ОСТ5.2312-79 Скобы такелажные. Данный стандарт распространяется на такелажные скобы, применяемые в судовых устройствах кораблей, судов и плавучих средств (рис. 4.4.5). Из номенклатуры скоб, представленных в данных нормах,

Исполнение 1



Исполнение 2

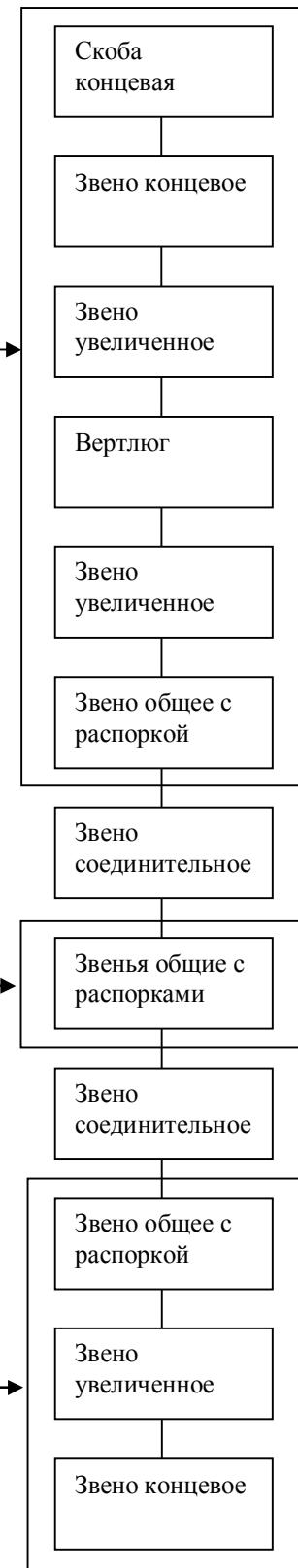


Рис. 4.4.2 Структурные схемы исполнения якорных цепей по ГОСТ 228-79

Короткозвенная

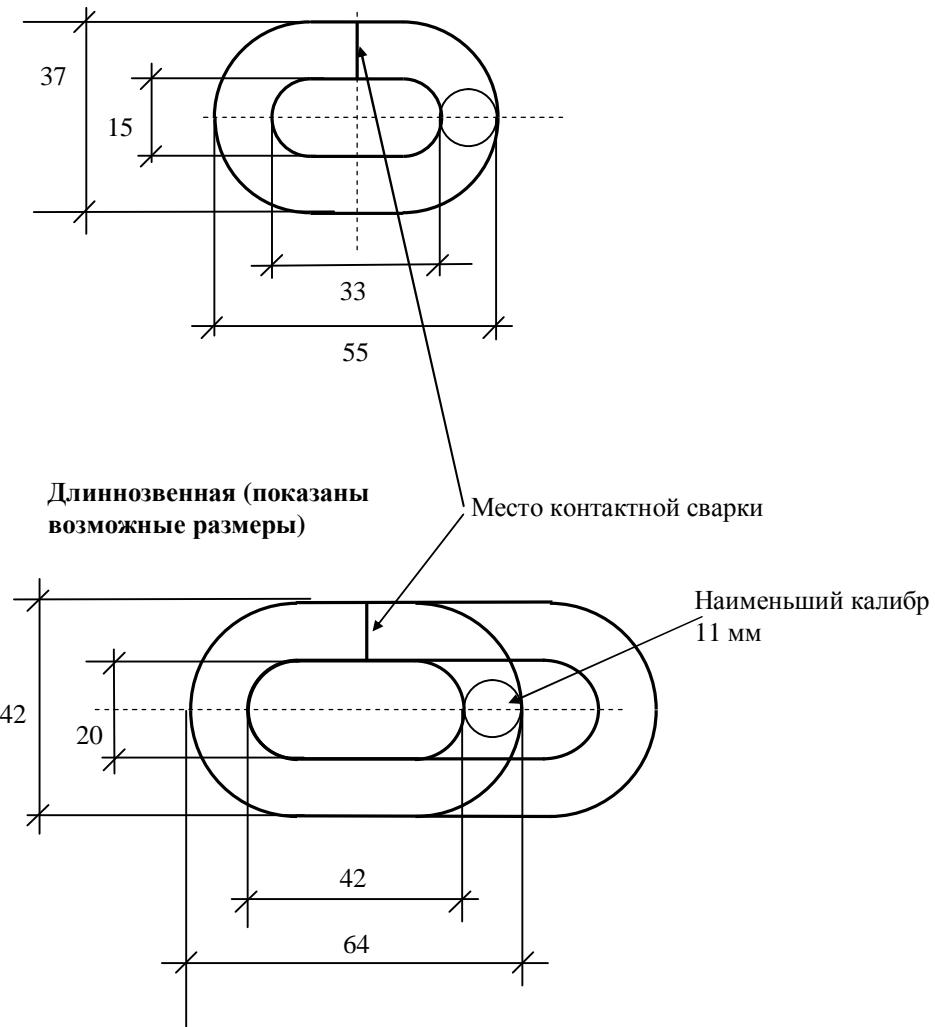
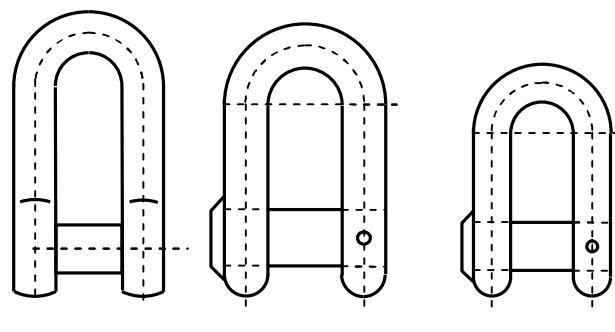
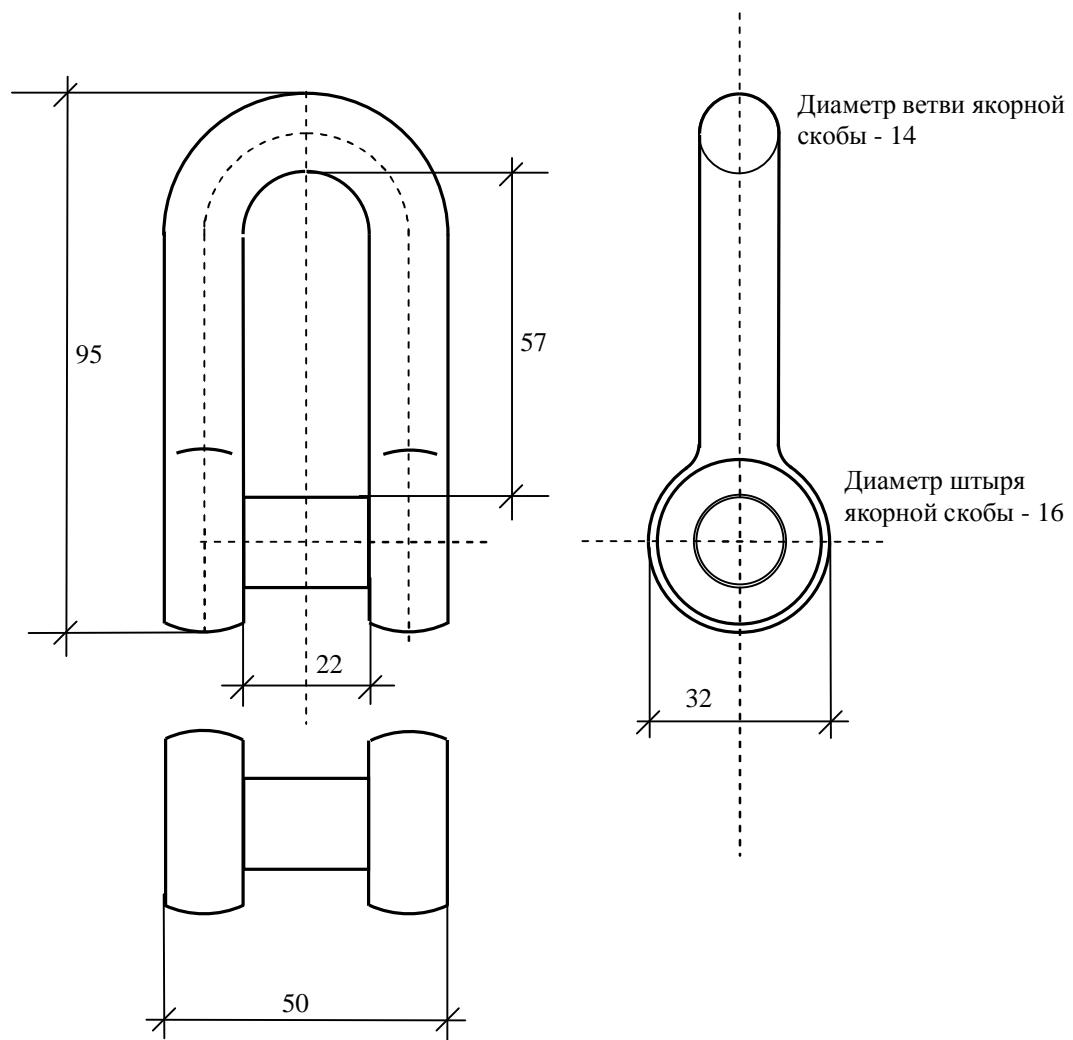


Рис. 4.4.3 Цепь нормальной прочности короткозвенная и длиннозвенная по ТУ 12.0173856.009-88 "Цепи круглозвеные сварные общего назначения"; размеры для калибра 11 мм; длиннозвенная цепь – маленький шаг 5, 11 мм, большой – 22 мм



1 категория

2 категория

Рис. 4.4.4 Скоба якорная по ГОСТ 765-85, сопоставление размеров равнопрочных скобы якорной и скобы концевой 1 и 2 категории (размеры для скобы якорной с диаметром ветви 14 мм).

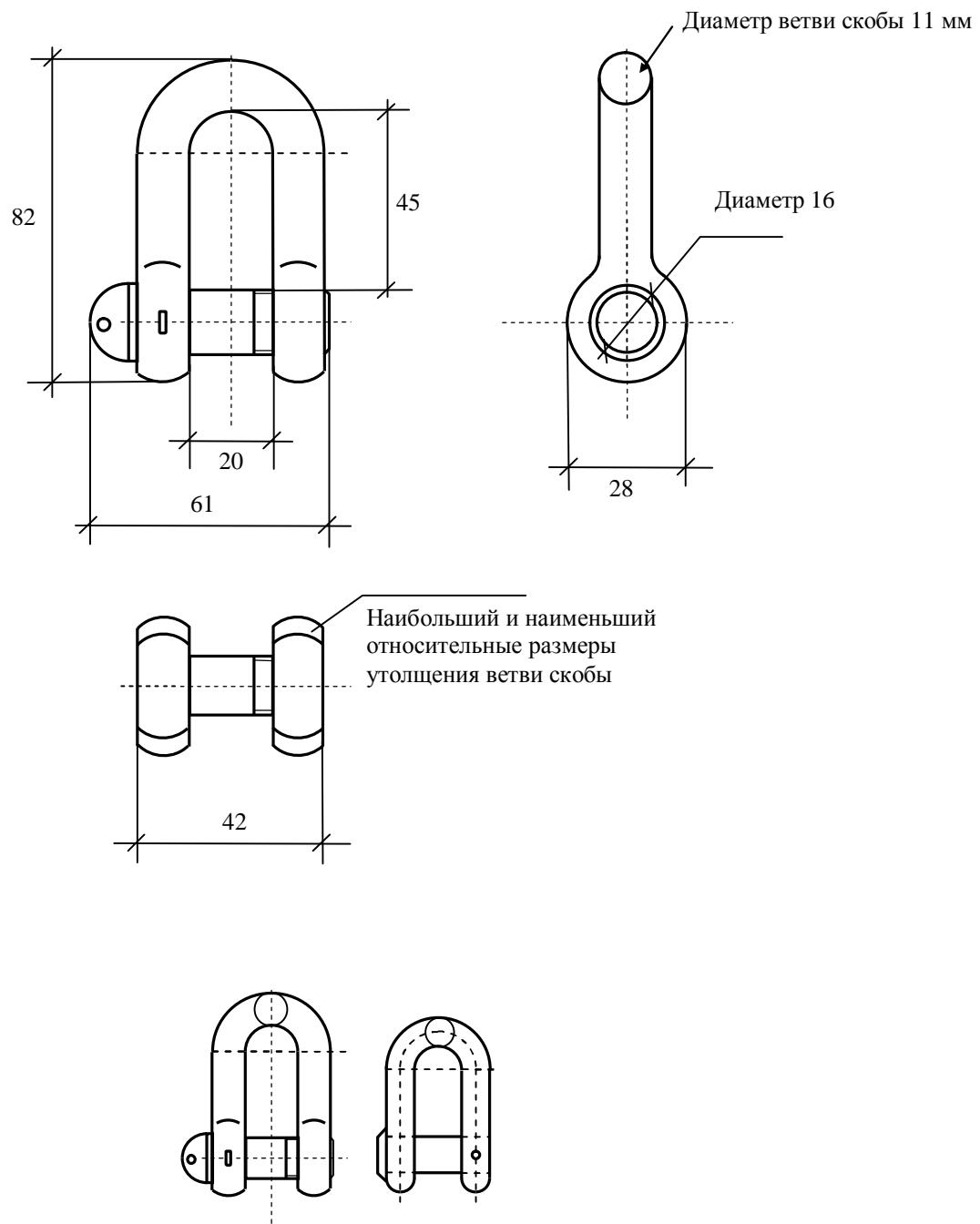


Рис. 4.4.5 Скоба такелажная тип СА по ОСТ5.2312-79; размеры скобы такелажной с диаметром ветви 11 мм; показаны равнопрочные такелажная скоба и концевая скоба 1 категории.

имеют достаточную прочность для использования в отбойных устройствах скобы типа СА – со штырем для стальных канатов.

Предусмотрены размеры такелажных скоб с диаметром ветви от 5 до 80 мм, имеющие пробную нагрузку от 0,2 до 70 тс. В стандарте приводится допускаемая (эксплуатационная) нагрузка равная половине пробной нагрузки. Во время приемки партии изготовленных скоб проводят испытания пробной нагрузкой каждой скобы.

Детали такелажных скоб изготавливаются ковкой с последующей нормализацией из углеродистых спокойной и полуспокойной плавки сталей с пределом текучести до 2500 кгс/см² и пределом прочности при растяжении 5000 кгс/см².

При проектировании портовых причальных сооружений в составе проектной документации, как правило, имеется комплект чертежей по изготовлению и монтажу отбойных устройств. В составе этого комплекта имеются схемы комплектации подвесок деревянных рам, выполняющих функции подкладки под резиновые цилиндры, либо подвесок самих резиновых цилиндров.

В проектах причальных сооружений предусматриваются короткие цепи длиной 4-8 звеньев. Эти отрезки не возможно изготовить из старогодних якорных цепей т.к. на концах этих коротких отрезков должны быть предусмотрены элементы для выполнения соединения на стройплощадке, причем соединение это должно быть не менееочно по сравнению с остальными элементами цепи. Такое соединение в ГОСТовском варианте состоит из концевого звена и увеличенного звена и, конечно, отсутствует на всей длине старогодних цепей. Выполнить такое соединение можно только на заводе с использованием контактной сварки, ковки либо отливки, необходима для этого индивидуальная оснастка, применяя мая только на заводах, изготавляющих эти цепи. Таким образом, изготовление коротких обрезков цепей с оформленными для соединения концами достаточно дорого и требует специального оборудования.

5. ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ И МОНТАЖУ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ОУ. ПРИЕМКА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

5.1 Методика испытаний и допуски при изготовлении и установке ОУ

Качество используемых материалов значительно влияет на успешную эксплуатацию и долговечность ОУ, имеющих компоненты, состоящие из данных материалов. Особенno это касается резины т.к. она является наиболее нагруженным элементом ОУ и от ее свойств в наибольшей степени зависит качество работы устройства.

Согласно рекомендациям ведущих фирм по производству отбойников резиновые части ОУ должны изготавливаться из натурального каучука либо из бутадиен стирола, как наиболее подходящих для условий работы причальных отбойников.

В качестве обязательных характеристик резины в международных нормах рассматриваются следующие параметры [8].

Предел прочности не может быть ниже чем 16 МПа ($163 \text{ кг}/\text{см}^2$), дополнительное испытание должно проводиться после выдержки образца в течение 96 часов при температуре 70°C . После такой выдержки образец должен иметь предел прочности минимум 12,8 МПа ($130 \text{ кг}/\text{см}^2$).

Удлинение при разрыве характеризует наиболее важные упругие свойства материала. Удлинение при разрыве для резины, используемой для ОУ причалов должно быть минимум 400%. После тепловой выдержки – 96 часов при 70°C удлинение должно быть не менее 320%.

Усадка при сжатии для рассматриваемой резины должна составлять не более 30% после выдержки в течение 22 часов при температуре 70°C .

Материал резиновых ОУ так же проверяется на сопротивление разрыву, данный показатель должен быть не менее 70 kN/m.

Важными показателями свойств резины для ОУ являются характеристики сопротивления различным атмосферным воздействиям. По этим показателям резина для ОУ испытывается на сопротивление озону и морской воде.

При испытании на сопротивление озону образец резины выдерживается при 20% напряжении в среде озона при избыточном давлении 1 атм. и температуре 40°C в течении 100 часов. После такого испытания, которое требует особой стойкости к воздействию кислорода, на поверхности образца должны отсутствовать видимые трещины.

При испытании сопротивления резины морской воде образец выдерживается в течение 28 дней в искусственной морской воде при температуре 95°C .

После такой выдержки прочность на растяжение образца не должна измениться и объем образца может измениться не более чем на $\pm 10\%$.

Специфическим испытанием для резины, используемой для ОУ причалов, является сопротивление истирианию. При данном испытании образец резины подвергается истирианию на вращающемся абразионном круге в течение 1000 оборотов, при этом он может потерять не более $0,5 \text{ см}^3$ материала.

Так же специфическим испытанием для резины отбойников является измерение прочности связи стали и резины. Данный показатель должен составлять для резины отбойников не менее 7 N/mm^2 (70 кг/см^2). Как видно эта величина приблизительно в 2,3 раза меньше чем предел прочности резины. Отсюда следует, что величина прочности связи стали и резины является лимитирующей для типов резиновых отбойников, у которых имеется установленные при вулканизации стальные пластины. Такими отбойниками являются, например, арочные отбойники, в основании стоек которых заделаны стальные пластины. Согласно приведенным данным слабым местом такой стойки будет являться плоскость контакта сталь – резина, где будет наблюдаться разрыв в случае превышения напряжений.

В составе современных ОУ находят широкое применение специальные пластмассы с пониженным коэффициентом трения. Такими пластмассами являются Ultra High Molecular Weight Polyethylene (UHMW-PE) – полиэтилен сверх высокого молекулярного веса и High Density Polyethylene (HD-PE) - полиэтилен повышенной плотности. Преимущества данных пластиков показывают следующие данные.

Типичные коэффициенты трения для различных материалов:

UHMW-PE к стали (влажный) - 0,10

UHMW-PE к стали (сухой) - 0,10~0,15

HD-PE к стали - 0,20~0,25

Резина к стали - 0,50~1,00

Древесина к стали - 0,30~0,50.

Как видно из приведенных данных применение в качестве фасадного покрытия плит из UHMW-PE дает уменьшение трения и соответственно нагрузки на цепи в 4-5 раз по сравнению с трением резины по стали.

Полиэтилен сверх высокого молекулярного веса (UHMW-PE) имеет молекулярный вес 4 – 5 млн. г/моль, полиэтилен повышенной плотности – 200 тыс. г/моль.

Данные пластмассы имеют удлинение при разрыве приблизительно 350 – 450%, т.е. соответствуют по этому показателю резине.

Испытание выпускаемой продукции и соблюдение допусков при изготовлении является важным элементом обеспечения качественной эксплуатации

ОУ. При контроле выпускаемой продукции ведущими фирмами по производству ОУ применяются следующие требования к выполнению данных испытаний.

Всем единицам изготовленных ОУ присваивается уникальный, последовательный номер, по которому может быть прослежен путь от испытательных записей к изготовлению. Испытания выполняются при соблюдении следующих условий [8]:

1. Пресс, используемый при испытаниях, должен иметь устройство для измерения перемещения с точностью 0,1% от полной деформации испытуемого отбойника.
2. Отбойники должны быть испытаны при прямом (вертикальном) сжатии.
3. Скорость сжатия должна быть 2~8 см/минуту.
4. Температура при испытании должна быть $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
5. Поглощение энергии должно быть определено как интеграл реакции и отклонения, вычисленные с использованием формулы Симпсона.
6. Первый цикл сжатия служит "обкаточным", результаты его не регистрируются.
7. Средняя рабочая характеристика от вторых и третьих циклов сжатия должна быть меньше чем допустимые максимальные реакции и больше чем допустимое минимальное поглощение энергии (должна быть лучше для учета ухудшения свойств во времени).
8. Выборка должна быть 1 из 10 изготовленных отбойников (округленно до единиц).
9. Если любой образец не удовлетворяет спецификации, осуществление выборки остатка должно быть увеличено к 1 в 5 ОУ (округленно до единиц), исключая не удовлетворяющие единицы.
10. Если любой дальнейший образец не удовлетворяет спецификации, все остающиеся образцы, должны быть проверены. Только единицы, которые удовлетворяют спецификации, будут передаваться заказчикам.
11. Не удовлетворяющие единицы должны быть ясно отмечены и изолированы.
12. По требованиям стандартов испытания вкладываются в пределы цены на отбойник. Дополнительные испытания, наблюдение третьего лица и изменение температурных условий – связанные с этим затраты оплачивает покупатель.
13. В апреле 2002 был принят новый испытательный протокол для морских отбойников. Этот новый испытательный протокол требует, чтобы изготовители подверглись ряду аттестационных тестов на каждый отдельный тип отбойника, который они делают. При этом требуется определить влияние на рабочую характеристику различных норм деформации, температур, частоты прикашивания и углов сжатия. Кроме того, протокол предлагает более строгое и частое испытание проверки качества.

Все работы, выполняемые при установке ОУ, должны выполняться с соблюдением определенных допусков. Для отбойников соблюдение допусков является особенно важным, так как все соединения в их конструкции являются силовыми и вместе с тем не должны создавать помех для борта судна и движущихся при сжатии частей устройства. Например, при установке болта крепления в арочном ОУ, он должен закручиваться на определенное количество оборотов и при этом не выступать за поверхность окружающей резины. При установке болта крепления на эпоксидный клей, отверстие, в которое устанавливается капсула с kleem, а затем болт, должна иметь размеры, обеспечивающие полное заполнение kleem всей полости, при этом зазор между болтом и бетоном должен быть минимальным для обеспечения прочности соединения.

При изготовлении резиновых отбойников применяются следующие допуски.

ОУ типа усеченный конус, соединяемые пластины, арочные:

Все измерения	$\pm 3\%$ или $\pm 2\text{мм}$;
Болтовое отверстие для установки	$\pm 2\text{мм}$;
Длина	$\pm 2\%$ или $\pm 25\text{мм}$;
Глубина отверстия	$\pm 2\text{мм}$.

ОУ цилиндрического типа:

Внешний диаметр	$\pm 4\%$;
Внутренний диаметр	$\pm 4\%$;
Длина	-0/+ 40mm.

Плиты повышенного скольжения HD-PE:

Поперечное сечение	$\pm 4\%$ или $\pm 1\text{мм}$;
Длина	$\pm 10\text{мм}$;
Сверлившиеся центры отверстия	$\pm 2\text{мм}$.

Фасадные плиты повышенного скольжения из UHMW-PE

Длина и ширина	$\pm 5\text{мм}$;
Толщина: $\leq 30\text{мм}$	$\pm 0,2\text{мм}$;
$31\sim 100\text{мм}$	$\pm 0,3\text{мм}$;
101мм	$\pm 0,5\text{мм}$.

Как следует из приведенных данных, в процессе производства резиновых ОУ фирмы-производители выполняют многочисленные испытания изготовленных образцов, при этом определяются среднестатистические отклонения от нормативных характеристик, которые являются следствием неоднородности

используемых материалов, отклонений в процессе производства и других неустранимых условий.

Допуски рабочих характеристик:

Усеченный конус, соединяемые пластины, арочные
реакция, энергия и деформация - $\pm 10\%$;
цилиндрические (изготовленные намоткой, $\varnothing > 600$ мм)
реакция, энергия и деформация $\pm 10\%$;
цилиндрические (литые и штампованные $\varnothing < 600$ мм)
реакция, энергия и деформация - $\pm 20\%$;
пневматические плавучие ОУ
реакция и энергия - $\pm 10\%$, деформация - $\pm 5\%$.

Из приведенных данных следует, что обеспечение качественной работы резиновых ОУ требует сложного контроля за производимой продукцией и соблюдения строгих требований по параметрам установки данных устройств.

5.2 Анализ напряженного состояния ОУ при сжатии на стенде

Трапецидальный (ОУ типа Super-Arch 1000H Bridgestone, высотой 1000 мм).

Начальное положение плиты пресса, деформация ОУ 0 мм (рис. 5.2.1). Срез резинового тела отбойника разграфлен на равные фигуры линиями параллельными внешним сторонам трапеции. Внутренние стороны арки имеют угловые впадины на высоте приблизительно $1/3$ высоты для того, чтобы точка изгиба располагалась именно в этом месте (C_1).

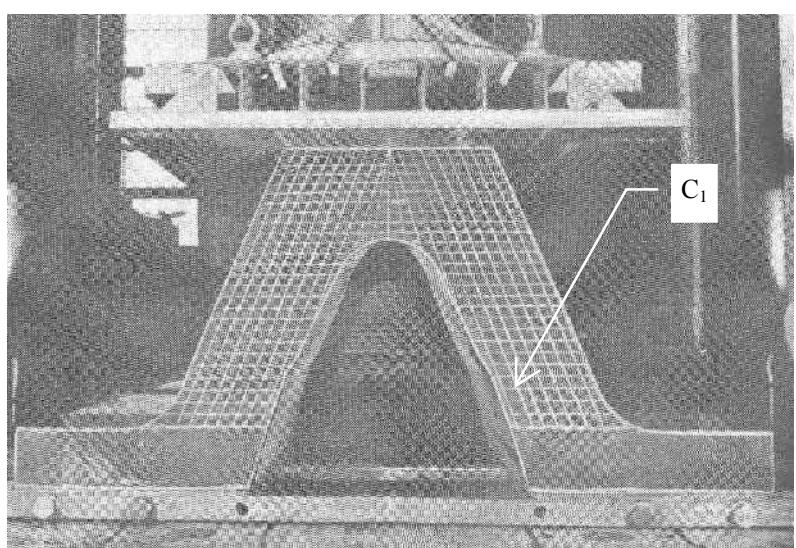


Рис. 5.2.1 Начальное положение трапецидального ОУ

Деформация арки – 100 мм (рис. 5.2.2). Наблюдаются небольшое расширение внутренней полости. Так же заметны небольшой изгиб и утолщение стоеч арки. Самое большое удлинение наблюдается в вершине внутренней полости (C_2). Выделяются черные полосы, отделяющие элемент арки, сопротивляющийся изгибу (D_2). Данный элемент имеет равномерное сечение от одной опоры до другой, он отделяется от верхних внешних углов арки, при данной деформации

не принимающих участия в изгибе и предназначенных для увеличения площади контакта с бортом судна.

Деформация арки – 200 мм (рис. 5.2.3). Заметно изменилась конфигурация внутреннего отверстия особенно в верхней части, именно здесь происходит и наибольшее растяжение (C_3). На внешних сторонах образовались заметные бочкообразные выступы. Повышается значение участков сечения около внешних выступающих углов (D_3). С одной стороны давление на эти углы препятствует образованию выступов на внешних сторонах и с другой стороны момент усилия на эти углы выпрямляет верхнюю часть арки, не давая раньше времени образоваться провалу в сторону основания. Растяжение элементов нарисованных на срезе сечения на данном этапе незначительно.

Деформация арки – 300 мм (рис. 5.2.4). Обозначилось проваливание верха арки вниз (C_4). Несмотря на это растяжение элементов в вершине внутренней полости незначительно. Изгиб стоек арки происходит в соответствии с выполненной впадиной (D_4). Большое усилие приходится на внешние выступающие углы, при этом размер участков, работающих на срез в районе этих углов снизился до минимального. Обозначи-

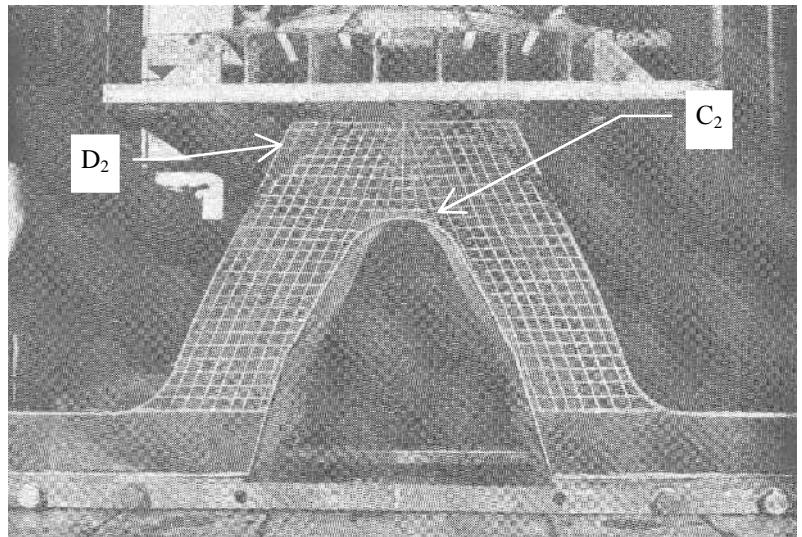


Рис. 5.2.2 Деформация ОУ - 100 мм

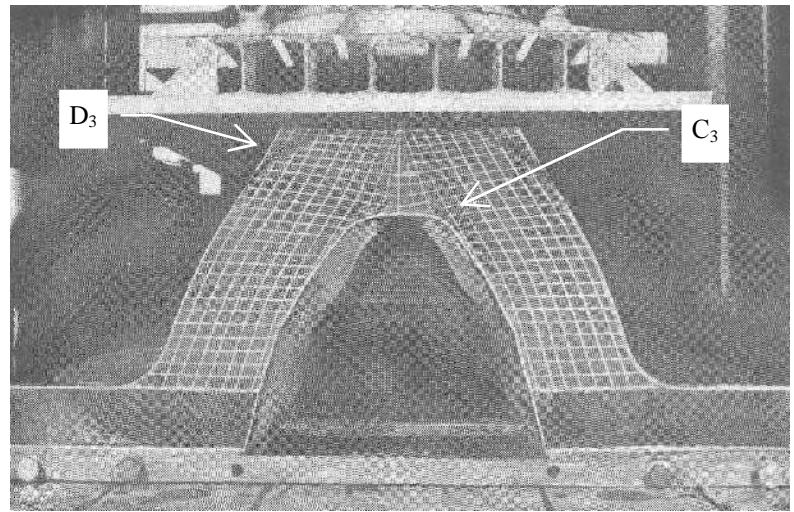


Рис. 5.2.3 Деформация ОУ - 200 мм

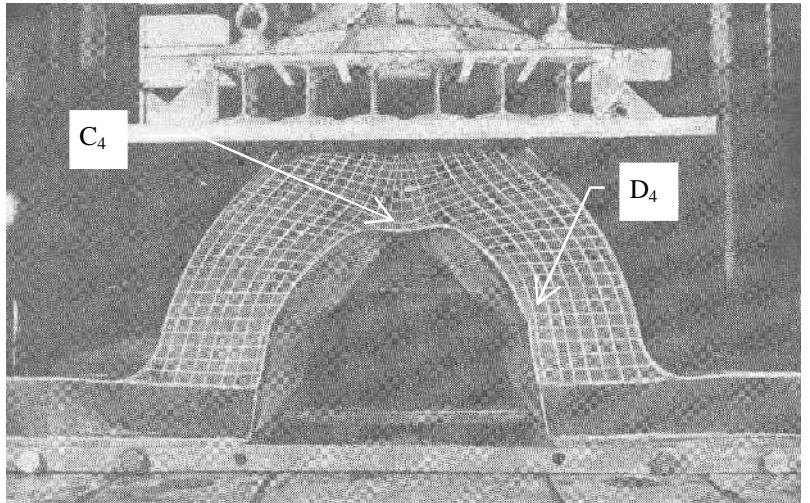


Рис. 5.2.4 Деформация ОУ – 300 мм

лось изгибное положение стоек, которые с одной стороны стремятся к образованию бочкообразного внешнего выступа, а с другой стремят к углу 90° на плоскости контакта с плитой пресса. Уменьшился радиус закругления угла примыкания стоек арки к основанию, и обозначилась впадина в основании, которая связана с воздействием на стойку арки.

Деформация арки – 450 мм (рис. 5.2.5). Обозначилось большое перемещение вершины полости вниз. На этом участке появилось удлинение стороны квадратов до 120% от первоначального размера (т.е на 20%). Приблизительно до 130% вытянулись в горизонтальном направлении квадраты, расположенные непосредственно над полостью (C_5). Треть высоты стоек арки остается практически вертикальной за счет наличия выемки на этой высоте. Практически исчезли внешние выступающие углы, они вдавились в изогнутый профиль стойки арки. Судя по всему, именно в этом месте наблюдается наибольшие сжимающие напряжения, и они соответствуют сжатию резины до 50%. Четко обозначился радиус закругления основания стойки арки, что происходит из-за совместного действия сжатия и изгибающего момента (D_5). Так же заметна большая деформация горизонтальных блоков в основании арки с большим усилием отрыва от нижней плоскости в результате действия изгибающего момента.

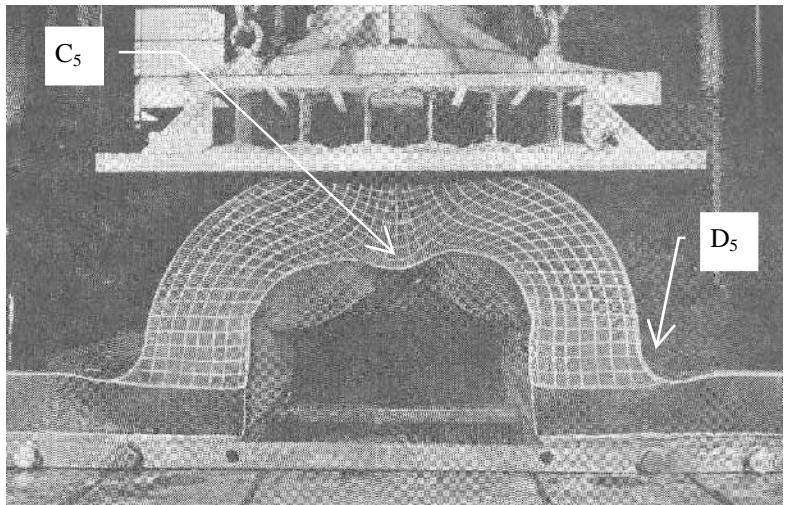


Рис. 5.2.5 Деформация ОУ – 450 мм

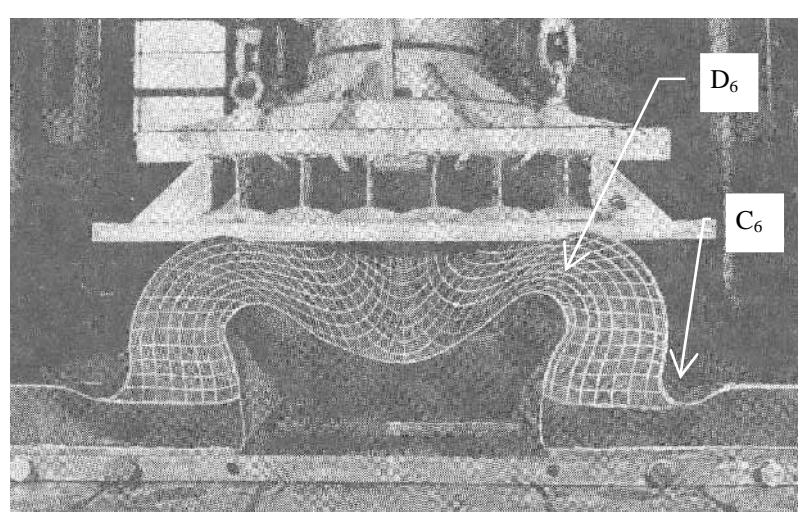


Рис. 5.2.6 Деформация ОУ – 500 мм

Деформация – 500 мм - предельная (рис. 5.2.6). Четко обозначился провал средней части внутренней полости. В средней части полости наблюдается растяжение квадратов до 156% от первоначальной. Внутренняя полость разделилась на 2 сектора, которые движутся под углом около 45° навстречу плите

пресса. Плита пресса лежит практически на внешних поверхностях стоек, и средняя часть поверхности фасадной плоскости ОУ оторвалась от плиты пресса с образованием зазора. Внешняя поверхность стоек растянута до 165% от первоначальной, это наибольшее значение растяжения (C_6). Сжатие стойки арки в наиболее сжатом месте под прессом достигает 48% от первоначальной (на высоте 9 квадрата от основания стоек – D_6).

Выводы из проведенного анализа сжатого поперечного сечения трапецидального ОУ - наибольшая величина сжатия достигается у исследуемого профиля в средней части стойки и равняется 48% (ширина сжатого профиля составляет 48% от ширины несжатого), наибольшая величина растяжения расположена в вертикальной плоскости на внешней поверхности стойки на высоте 6 квадрата и составляет 165% от первоначальной.

Испытание цилиндрического ОУ (цилиндр с отверстием внешним диаметром 1000 мм, соотношением внешнего и внутреннего диаметром как 1 : 0,5 и предельным нормативным сжатием – 500 мм).

Начальное положение пресса со слабым контактом с ОУ (рис. 5.2.7). Срез цилиндра расчерчен на одинаковые квадраты перпендикулярно расположенные к направлению давления пресса.

Деформация цилиндра – 100 мм (рис. 5.2.8). По изменению направления сторон квадратов видно, что небольшому растяжению подвергается поверхность внутреннего отверстия напротив плиты пресса и опоры (A_2). В то же время внешняя поверхность напротив пресса и опоры подвергается сжатию (B_2). Со стороны свободных поверхностей цилиндра (развернутых относительно направления пресс – опора на 90°) наблюдается некоторый изгиб вертикальных линий с небольшим сжатием внутренней поверхности и растяжением внешней. Таким образом, определяют-

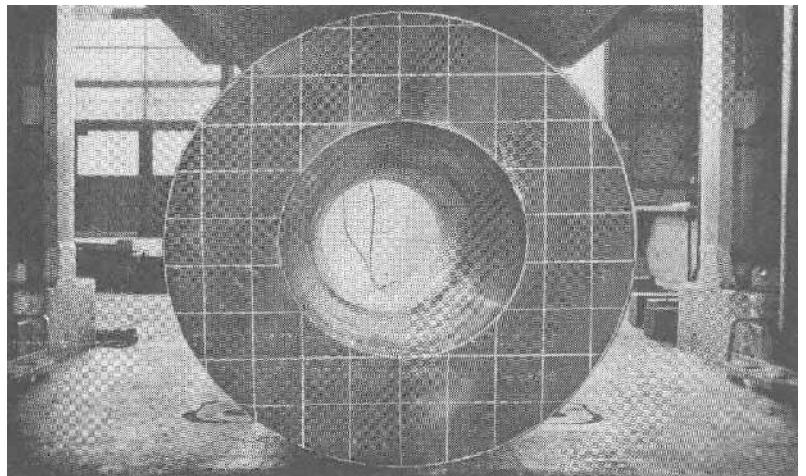


Рис. 5.2.7 Начальное положение при сжатии цилиндра

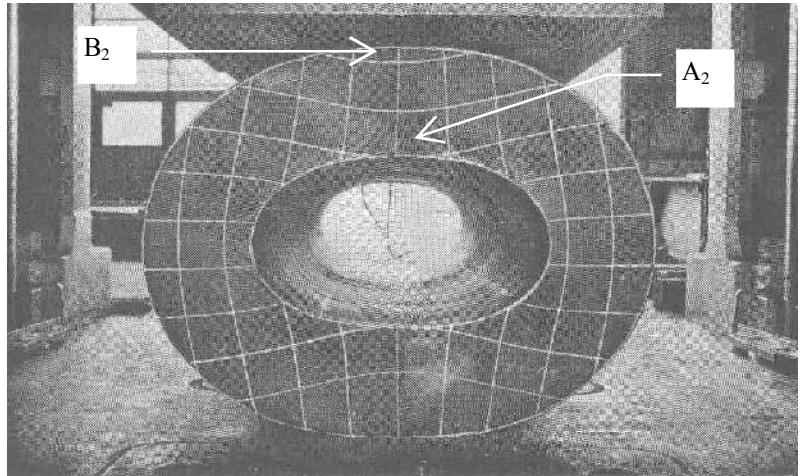


Рис. 5.2.8 Деформация сжатия цилиндра – 100 мм

ся напряжения сжатия и растяжения во внутреннем отверстии и противоположные им по знаку напряжения на внешней поверхности.

Деформация цилиндра - 200 мм (рис. 5.2.9). Тенденция к растяжению внутренней поверхности напротив опоры и пресса увеличивается. Деформация сжатия внешней поверхности по этому направлению увеличивается незначительно (меньше, чем деформация растяжения), об этом говорят изогнутые линии квадратов. Верхний и нижний ряд квадратов, проходящих над отверстием, постепенно превращаются в прямоугольники, т.е. наблюдается общая тенденция к растяжению по направлению поперек воздействующего усилия (A_3).

Деформация цилиндра - 300 мм (рис. 5.2.10). Усиливается растяжение внутренней поверхности напротив пресса и опоры. Так же начинает проявляться растяжение (переход квадратов в прямоугольники) напротив свободных поверхностей цилиндра (A_4). Точка, где горизонтальное растяжение переходит в вертикальное, расположена по направлению около 30° к центру цилиндра (B_4). В этой точке деформация квадратов происходит в диагональном направлении (т.е. они превращаются практически в ромбы).

Деформация цилиндра - 450 мм (рис. 5.2.11). Наблюдается значительное растяжение линии квадратов, расположенных над и под отверстием. Квадраты расположенные выше (в районе контакта с плитой пресса) вытягиваются в вертикальном направлении (A_5). Квадраты, расположенные со стороны свободных точек цилиндра (перпендикулярно направлению сжатия) претерпевают значительный изгиб (B_5), растягиваясь в вертикальном направлении и сжимаясь в горизонтальном.

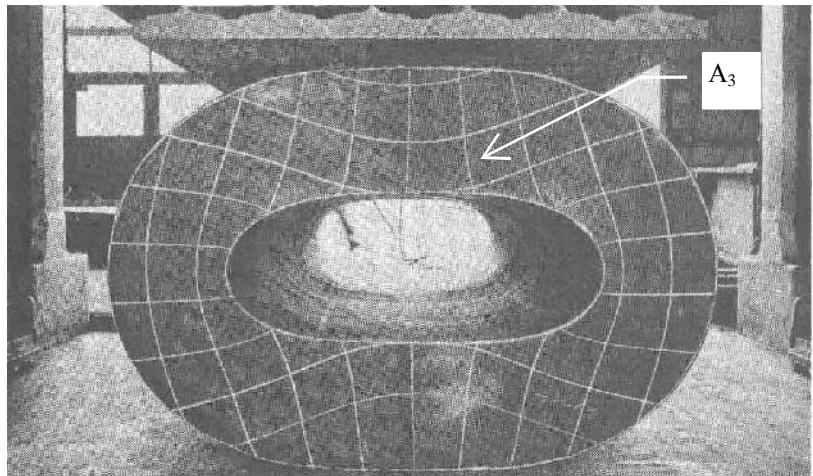


Рис. 5.2.9 Деформация при сжатии цилиндра – 200 мм

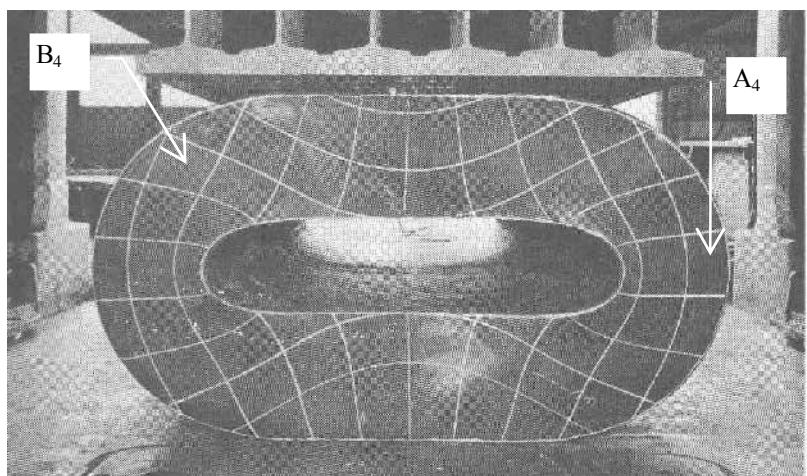


Рис. 5.2.10 Деформация при сжатии цилиндра – 300 мм

Деформация цилиндра – 500 мм – предельная (рис. 5.2.12). При данной деформации смыкаются противоположные стороны отверстия, и дальнейшее сжатие может происходить только при деформации резины. Квадраты, которые получили наибольшее растяжение, расположены со стороны плиты пресса и основания на поверхности внутреннего отверстия (A_6). В этих местах увеличение сторон квадратов достигли 145% от первоначального размера. Так же получили значительное растяжение с изгибом квадраты, расположенные на внешней стороне на свободных участках цилиндра перпендикулярно направлению сжатия (до 135%). Наибольшее сжатие в горизонтальном направлении получили эти же квадраты (B_6 - 72%), а так же квадраты в средней точке плиты пресса и опоры (89%). Таким образом, наибольшее сжатие для резинового цилиндра при предельной деформации не превышает 72% от первоначального размера, а наибольшее растяжение – 145%.

Испытание трапециoidalного ОУ при сжатии под углом. Трапециoidalный (ОУ типа Super-Arch 300Н угол сжатия - 30°)

Начальное положение плиты пресса (рис. 5.2.13) срез отбойника разграфлен на равные фигуры со сторонами параллельными внешним сторонам ОУ. Трапеция установлена на угловую подставку с углом 30° .

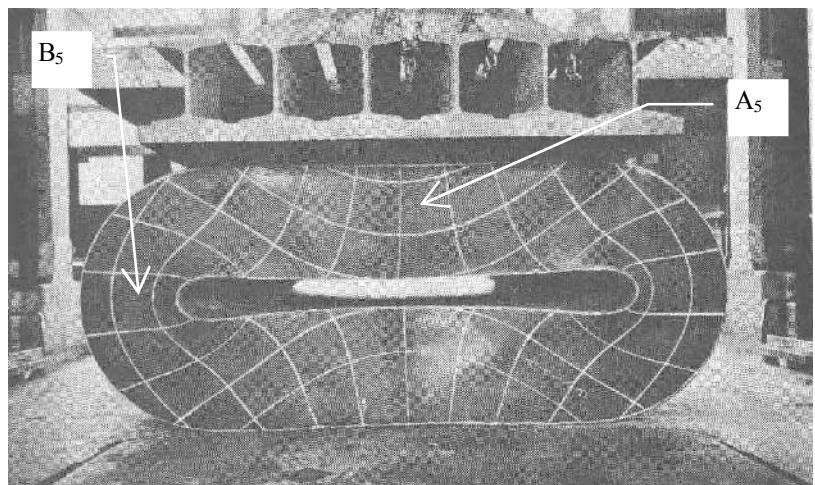


Рис. 5.2.11 Деформация при сжатии цилиндра – 450 мм

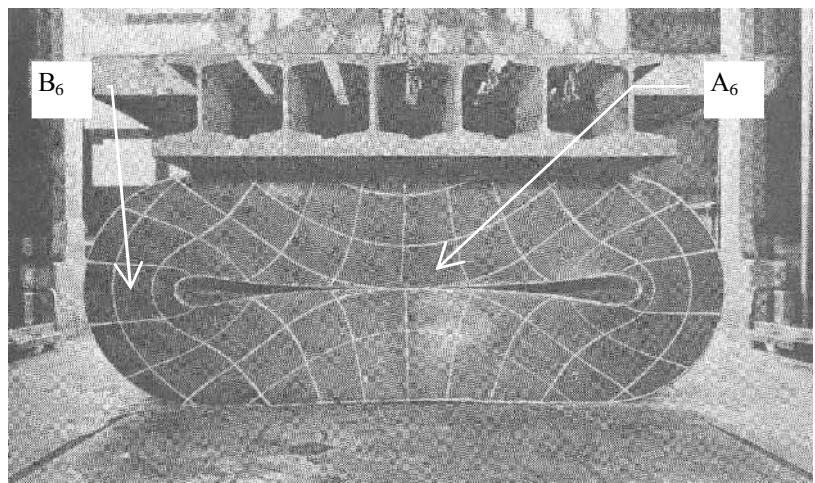


Рис. 5.2.12 Деформация при сжатии цилиндра – 500 мм

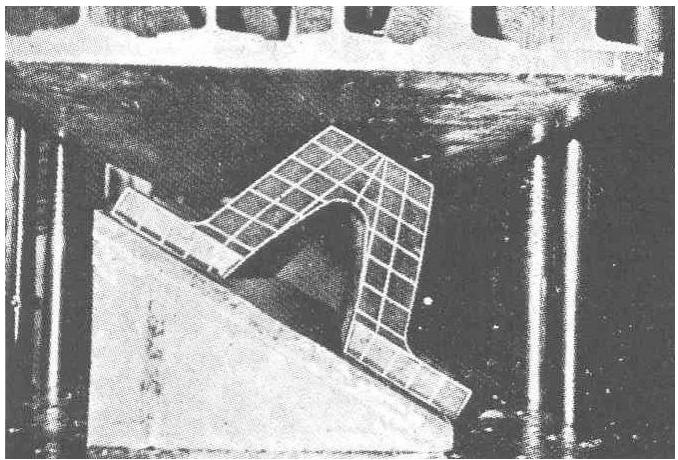


Рис. 5.2.13 Начальное положение трапециoidalного ОУ при сжатии под углом 30°

Деформация ОУ – 60 мм (рис. 5.2.14). Нагрузка приходится на один угол фасадной плоскости. Обе стойки арки изгибаются в сторону усилия и разворачиваются по направлению разворота фасадной плоскости, это приводит к образованию провала со стороны нагруженного угла.

Деформация ОУ – 120 мм (рис. 5.2.15), что составляет 80% от предельной при угле сжатия - 0° . Дальнейшая деформация не возможна из-за контакта с основанием арки. Наиболее растянутый участок расположен в верхней части внутренней полости (E_3). На данном участке деформация составляет 200% от первоначального значения. Наибольшему сжатию подвергается участок справа над отверстием (F_3) где деформация достигает 50% от первоначальной. Так же большому сжатию подвергается угол фасадной плоскости, первоначально соприкасающейся с плоскостью плиты пресса, деформация на этом участке, судя по всему, меньше чем 50%.

При сжатии цилиндрического ОУ параллельными плоскостями участки наибольшего растяжения расположены на пересечении вертикальной оси цилиндра с поверхностью внутреннего отверстия. Наибольшее растяжение, согласно изменению размеров квадратов, составляет 145%.

Участки наибольшего сжатия для цилиндрического ОУ расположены на внешних свободных краях цилиндра, перпендикулярно направлению сжатия. Предельная деформация сжатия для резинового цилиндра составляет 72%.

В свою очередь при сжатии трапецидального ОУ параллельными плоскостями места наибольшего растяжения расположены на расстоянии $\frac{1}{4}$ от высоты стойки на внешней поверхности стойки. Наибольшее растяжение для данного профиля составляет 165%.

Места наибольшего сжатия для трапецидального ОУ расположены на расстоянии $\frac{1}{3}$ размера стойки. Наибольшая величина сжатия в этом месте равняется 48%.

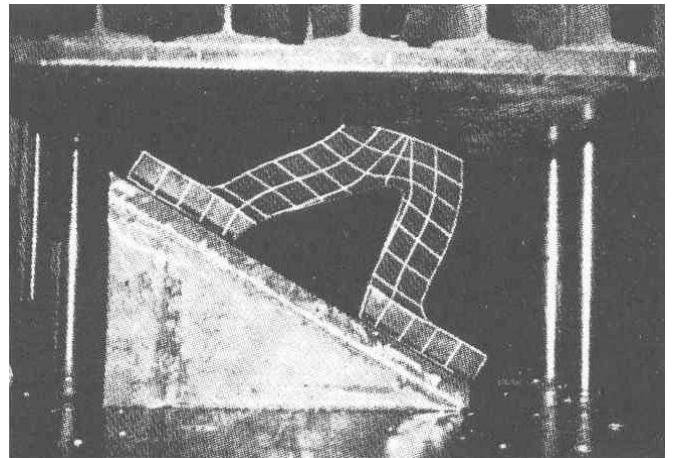


Рис. 5.2.14 Деформация трапецидального ОУ – 60 мм при сжатии под углом 30°

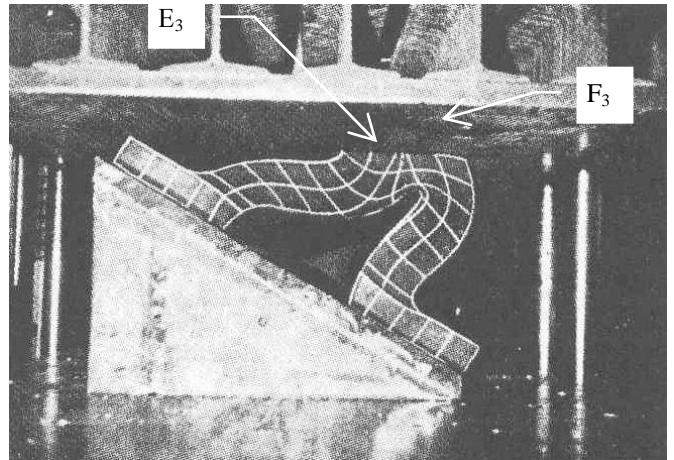


Рис. 5.2.15 Деформация трапецидального ОУ – 120 мм при сжатии под углом 30°

При сжатии трапецеидального ОУ плоскостями, расположенными под углом 30° происходит значительное увеличение деформации растяжения, которое достигает 200% в верхней части внутренней полости арки. При этом деформация ОУ составляет только 80% от предельной при угле сжатия 0°.

Необходимо отметить, что согласно международным требованиям к резине для ОУ удлинение при разрыве должно быть не менее 400% (после тепловой выдержки – 320%). Таким образом, величина растяжения, как для цилиндрических, так и для трапецеидальных ОУ достигает не более половины от удлинения при разрыве для резины.

Важным для сравнительной оценки долговечности рассматриваемых ОУ является то обстоятельство, что точки наибольшего растяжения и сжатия находятся у трапецеидальных – в определенных местах, которые не меняются в процессе их эксплуатации, а для цилиндрических – расположение этих точек может изменяться благодаря вращению цилиндра. Таким образом, износ, связанный с периодическим сжатием, для цилиндрических ОУ будет распределяться по всей поверхности внутреннего отверстия и по наружной поверхности. Для трапецеидальных ОУ этот износ будет сосредоточен в определенных точках профиля, в которых наиболее вероятен разрыв. Такие точки расположены на арочном профиле в нижней трети стоек и в районе выступающих углов фасадной плоскости.

5.3 Требования к типовому ОУ с использованием Д400

Для формулировки данных требований конструкцию отбойного устройства разделяем на составляющие элементы такие как:

Рымы - части подвески, неподвижно соединенные с надстройкой, или элементы их заменяющие.

Отрезки цепи (или другие элементы), соединяющие рым и деревянную раму отбойного устройства.

Болты и другие металлоизделия, соединяющие деревянную раму.

Деревянные брусья рамы.

Элементы подвески штанги для цилиндра.

Штанга для цилиндра.

Рымы.

Обязательным является требование по расположению рымов заподлицо с фасадной поверхностью надстройки (рис. 5.3.1). В случае расположения рымов на фасадной плоскости надстройки необходимо в опалубке надстройки выполнять соответствующие впадины. Для уменьшения расходов на образование этих впадин, которые должны иметь форму из металла, можно располагать рымы у

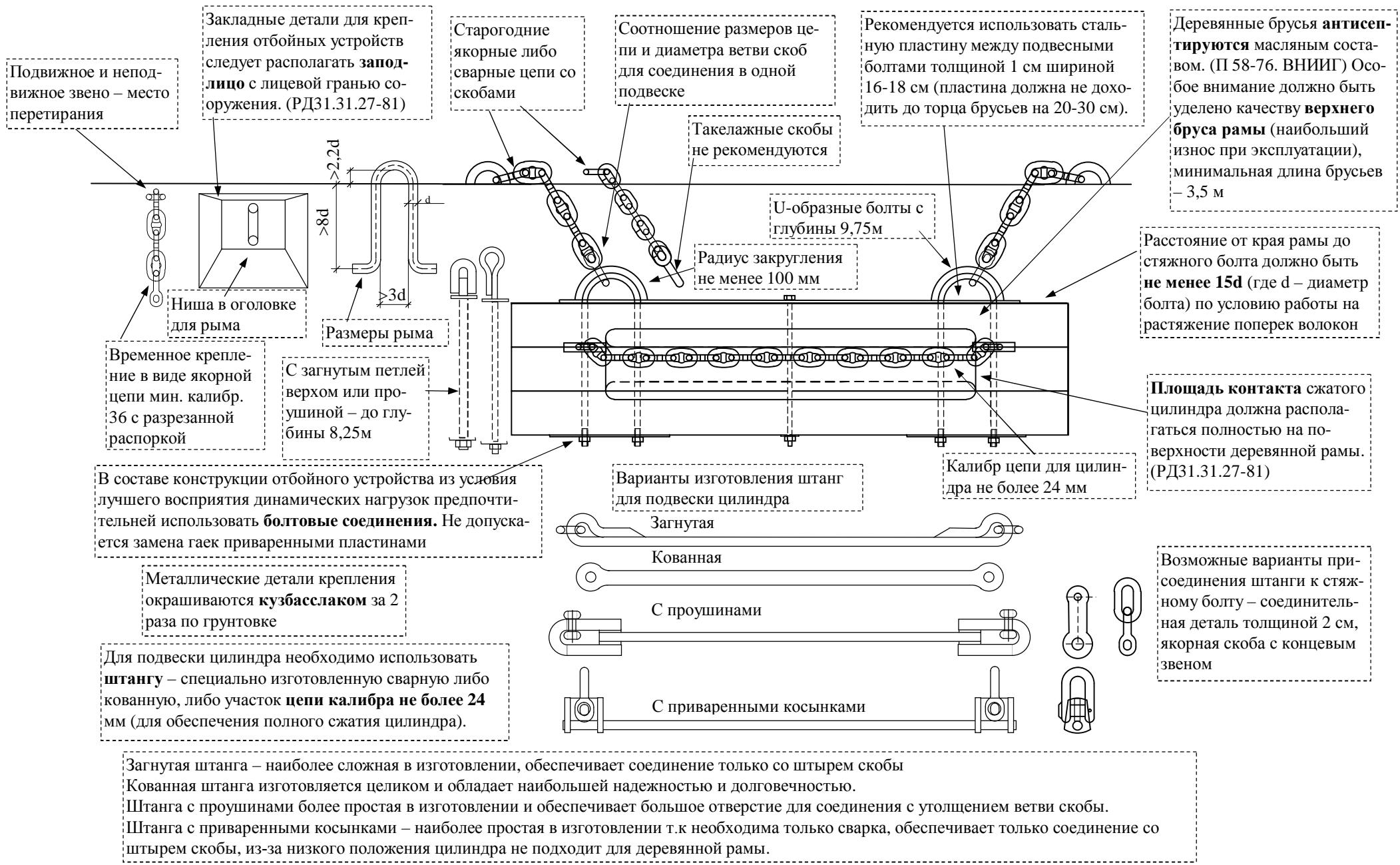


Рис. 5.3.1 Требования к конструкции ОУ с цилиндром Д400 повышающие его надежность

прямого угла, образующего линию кордона, в этом случае рымы частично выполняют защитную функцию кордонного уголка. Еще более удобно и безопасно расположение рымов на верхней грани надстройки. При таком варианте не требуется выполнение впадин, и рымы могут частично выполнять функцию колесоотбойного бруса.

Рекомендуемые размеры рымов и других элементов отбойного устройства в зависимости от глубины у причала представлены в таблице (табл. 5.3.1).

Диаметр оправки стального стержня рымма при загибе на 180° не менее $4d$ (d – диаметр стержня), глубина заделки в бетон с загибом не менее $8d$.

Плоскость рымма желательно располагать параллельно направлению нагрузки от цепей, в случае расположения рымма на верхней грани надстройки его желательно располагать параллельно колесоотбойному брусу при этом предусматривать закрепление за один рым цепей подвески от двух соседних отбойных устройств.

Не рекомендуется использовать в качестве рымов отрезки сварных цепей замоноличенные в бетон надстройки. В качестве временного крепления допускается использовать замоноличенные якорные цепи в этом случае якорная цепь должна иметь калибр не менее 36 мм вырезанную распорку крайнего звена и запас на истирание порядка 30% требуемого калибра цепи (прочность якорного звена без распорки равна 65 % прочности такого же по калибру звена с распоркой).

Отрезки цепи для подвески рамы.

Из-за большой стоимости изготовления коротких отрезков цепей с концевыми (увеличенными и без распорок) звеньями предлагается использовать старогодние якорные либо сварные цепи.

При установке цепей неизбежным является использование скоб. Из-за низкой прочности такелажных скоб их использование не рекомендуется. Рекомендуется использовать концевые скобы либо якорные. Одна цепь подвески рамы может иметь в своем составе одну либо две скобы. Минимальное количество – одна скоба – та, которой цепь присоединяется к рымму. Соотношение диаметра ветви этой скобы и диаметра рымма должно быть 1:1,5 для компенсации возможного перетирания. От использования второй скобы можно отказаться в том случае, если при сборке рамы соединить последнее звено цепи со стяжным болтом, при этом может возникнуть необходимость вырезать в этом звене распорку.

Таблица 5.3.1 Рекомендуемые размеры элементов отбойных устройств Д400 на деревянной раме

Глубина у причала м.	Диаметр штанги мм.	Диаметр рымма мм	Диаметр подвесного стяжного болта мм		Диаметр промежуточного стяжного болта мм.	Толщина накладок или шайб мм
			С проушиной	U-образной формы с усилением		
6,5	40	36	24	-	22	8
8,25	45	40	28	-	26	8
9,75	50	45	-	30+30	30	10
11,5	55	50	-	30+40	36	12
13,0	60	55	-	40+40	40	15

При составлении подвески рамы по схеме якорная цепь + скоба (якорная, концевая или такелажная) слабым элементом подвески будет являться скоба. Поэтому при такой схеме подбор по прочности необходимо начинать со скобы, затем по соотношению размеров цепи, стыкуемой с данной скобой, подбирать калибр цепи.

При составлении цепи подвески рамы по схеме сварная цепь без распорок + скоба слабым элементом подвески будет являться сварная цепь. В этом случае подбор по прочности необходимо начинать со сварной цепи, а размер скобы подбирать по соотношению размеров.

Использовать в качестве подвески рамы короткие обрезки стального троса экономически не целесообразно из-за низкой коррозионной стойкости троса в условиях переменного горизонта.

Болты и другие металлоизделия, соединяющие деревянную раму.

Болты для соединения деревянной рамы состоят из двух крайних стяжных болтов, предназначенных так же для подвески рамы и одного – двух промежуточных стяжных болтов.

Крайние подвесные болты можно изготавливать с загнутым петлей верхом до глубины у причала 8,25 м и толщины стержня 28 мм. При глубине у причала 9,75 м и более рекомендуется использовать в качестве подвесных U-образные болты с радиусом закругления верхней части не менее 100 мм, при этом верхнюю часть болта выполнять с приваренным усилением из квадратного либо круглого стержня такого же диаметра.

Узлы соединения подвесных болтов с рамой и верхний брус рамы являются наиболее подверженными износу элементами отбойных устройств. Для укрепления этих узлов и увеличения сохранности верхнего бруса рекомендуется

ся использовать стальную пластину толщиной 1 см шириной 16-18 см и длиной соответствующей длине брусьев (пластинка должна не доходить до торца брусьев на 20-30 см). Эту пластину необходимо приваривать через отверстия к стяжным болтам поверх верхнего бруса рамы. Кроме того, возможно использование швеллеров соответствующего размера (№ 26) для усиления отверстий под стяжные болты в деревянной раме.

Деревянные брусья рамы

Названные брусья являются наиболее недолговечным элементом отбойного устройства, поэтому при их выборе и сборке необходимо уделять повышенное внимание к отсутствию дефектов дерева.

Длина деревянной рамы для цилиндра Д400 должна равняться 3,5 м. При меньшей длине рамы необходимо предусматривать усиление мест контакта подвесных болтов и верхнего бруса. Расстояние от отверстия подвесного болта до торцевого края бруса должно составлять не менее $15d$ (d – диаметр отверстия подвесного болта). При наличии сплошной стальной пластины над верхним бруском это расстояние может быть уменьшено. Деревянные брусья рамы должны иметь защитную автоклавную пропитку каменноугольным маслом.

Элементы подвески штанги для цилиндра.

Подвеска штанги цилиндра является наиболее сложным в технологическом плане элементом подвески и от ее правильного выполнения зависит качественная работа цилиндра. Резиновый цилиндр Д400 при подвеске к раме должен располагаться строго на уровне середины рамы т.к. при сжатии размеры площади контакта цилиндра составляют 70 см. В связи с этим подвеска цилиндра к раме должна быть короткой, не деформируемой и достаточно прочной.

Находят применение варианты подвески цилиндра без использования штанги, т.е. на отрезке цепи, проходящей через цилиндр. Согласно данным исследований [5] для цилиндра Д400 предельным калибром цепи для такой подвески является 26 мм. При большем размере цепи возникает уменьшение (более 25%) поглощаемой цилиндром энергии, что приводит к увеличению нагрузки на борт судна.

Из применяемых вариантов подвески штанги цилиндра наиболее часто используется два звена цепи, одна скоба с одним концевым звеном или специальная соединительная деталь.

Трудность выполнения подвески штанги цилиндра состоит в обеспечении соединения скобы, звена или соединительной детали с петлей стержня штанги. Петля стержня штанги, выполняемая с помощью горячего загиба должна быть таких размеров, что бы соединяться с утолщением ветви скобы (при этом скоба будет иметь сравнительно низкую прочность) или со штырем скобы (при этом соотношение прочностей будет более оптимальным).

Звено или соединительная деталь должны соединяться со штангой в процессе ее загиба. Это выполняется следующим образом – разогретый концевой участок стального стержня загибается по определенной схеме, так что бы после полного загиба части стержня прилегали один к другому на определенном участке, до окончательной приварки этих отрезков на концевой участок надевается звено с цепью или соединительная деталь, стержень загибается до конца и сваривается. Таким образом, процесс загиба и соединения штанги с диаметром около 50 мм достаточно трудоемкий и требует специального оборудования.

Более простой способ образования петли штанги – приварка специально загнутой проушины. По такому варианту возрастает объем работ по сварке, но упрощается соединение штанги с подвеской.

Таким образом можно рекомендовать в качестве наиболее приемлемого варианта штангу с проушиной и подвеску из двух общих якорных звеньев с распоркой, присоединяемые в процессе изготовления штанги. Либо возможен вариант подвески цилиндра на отрезке якорной цепи длиной 20-25 звеньев.

Штанга для цилиндра.

Как показывает опыт использования отбойных устройств в портах Дальнего Востока, изгибная прочность штанги подвески цилиндра при некоторых условиях не достаточна. В частности на причалах Находкинского рыбного порта с глубиной 11,5 м достаточно часто наблюдается изгиб стержня штанги диаметром 50 мм со стрелкой прогиба 15-20 см.

Для устранения возможности такого изгиба штанги рекомендуется увеличить диаметр ее стержня, либо приварить отрезок стержня такого же диаметра поверх основного стержня.

Необходимо отметить, что использование штанги для подвески цилиндра по опыту использования в рассматриваемых портах не является обязательным, т.к. не выявлена значительная разница в долговечности или в эксплуатационных свойствах ОУ с подвеской цилиндра на штанге и на отрезке цепи. Благодаря этому, можно рекомендовать в целях экономии использовать для подвески цилиндра отрезок цепи.

6. ВАРИАНТЫ РЕМОНТА ДЕФЕКТНЫХ ОУ И УСТАНОВКИ НОВЫХ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ

Основные дефекты типового ОУ для Д400 и способы их устранения

На основе материалов обследования причальных сооружений дальневосточных портов можно составить список дефектов этого типа отбойников с оценкой процента частоты появления данного дефекта среди всех определяемых дефектов.

Список дефектов:

1. Обрыв одной из ветвей подвески деревянной рамы (до 60%):
 - 1.1. Обрыв скобы, соединяющей цепь и рым;
 - 1.2. Срезание, загиб или обрыв рыма;
 - 1.3. Обрыв цепи:
 - 1.3.1. Недостаточная прочность цепи;
 - 1.3.2. Перетирание с уменьшением сечения звена цепи;
 - 1.4. Обрыв либо деформация стяжного, подвесного болта деревянной рамы;
2. Разрушение деревянной рамы в районе стяжного, подвесного болта (до 30%);
3. Механический износ деталей деревянной рамы (до 30%):
 - 3.1. Износ верхнего бруса (20%);
 - 3.2. Износ рамы в местах соединения (10%);
4. Коррозия элементов цепи подвески (проявляется приблизительно через 10 лет);
5. Усиление коррозии и уменьшение прочности в местах воздействия сварки на стальных элементах подвески (проявляется приблизительно через 5 лет);
6. Низкая подвеска цилиндра по отношению к деревянной раме (из-за сложностей изготовления данной подвески);
7. Изгиб штанги подвески цилиндра (10%);
8. Разрезание цилиндра цепью (менее 15%).

Для пунктов списка дефектов №4-7 процент частоты появления в среднем составляет 10-20%, но при определенных условиях может доходить до 50%.

Разрез цилиндра цепью устраняется полной заменой резинового цилиндра, для чего ОУ срезается с подвески, либо, если это возможно, поднимается на территорию. Срезаются стяжные болты, новый резиновый цилиндр одевается на подвеску и устанавливаются новые стяжные болты. Таким образом, для такого ремонта из-за коррозии соединяющих деталей, целесообразна полная замена всего ОУ.

Изгиб подвески штанги цилиндра уменьшает долговечность цилиндра, но для своего устранения требует полной разборки ОУ. Поэтому если данный дефект является единственным у данного ОУ, срезание и демонтаж его не целесообразны.

Низкая подвеска цилиндра по отношению к деревянной раме, так же как любая неточность в изготовлении подвески цилиндра, которая может привести к его обрыву, может устраняться путем замены данной подвески. Такая замена может быть выполнена только при использовании U-образных болтов, при этом зацепление новой подвески цилиндра осуществляется за верхнюю часть U-образного болта. В случае использования болтов с проушиной для замены подвески цилиндра потребуется полная разборка ОУ, или для повторного соединения цепи подвески цилиндра возможно использование натяжителя.

Прогрев при высокой температуре, которым сопровождается сварка, отрицательно влияет на такие свойства стали как коррозионная стойкость и прочность. В связи с этим не

допускается производить сварочные работы на стальных элементах ОУ, для которых такие воздействия не предусмотрены проектом. Так же при проектировании ОУ необходимо предусматривать в местах воздействия сварки увеличение сечения элементов с учетом возможного дополнительного коррозионного износа.

Общая коррозия элементов подвески распространяется по высоте расположения ОУ не равномерно. Наиболее сильно подвержены коррозии концы стяжных болтов, расположенные в нижней части рамы. Поэтому в нижней части стяжные подвесные болты рамы должны иметь гайку стандартного размера и шайбу либо фиксирующую пластину (для U-образного болта), не допускается выполнение нижнего соединения на сварке. Важным элементом при передаче усилия навала между бортом судна и подвеской ОУ является верхняя часть стяжного подвесного болта, при любом варианте подвески верхняя часть болта должна иметь определенный запас прочности. Точки зацепления подвески цилиндра с подвесным болтом и подвески рамы с верхней частью подвесного болта должны располагаться как можно ближе для того, что бы не вызывать дополнительных напряжений при передаче нагрузки через этот узел.

Обрыв одной из ветвей подвески деревянной рамы является наиболее распространенным дефектом ОУ. Узлом концентрации усилий от навала является точка контакта неподвижного рыма и подвижного участка цепи подвески. В данной точке, как правило, находится скоба. Причиной обрыва скоб, особенно если мест обрыва несколько и расположены они по длине причала в местах контакта с носовой оконечностью судна при швартовке, является недостаточная прочность материала. Изменение сечения скобы, как правило, не возможно, из-за нестыковки с остальными элементами подвески, поэтому универсальным вариантом замены оборванной скобы является замена ее скобой такого же сечения, но большей категории по нагрузке (концевые скобы по ГОСТ 228-79, 2 категории). При этом прочность скобы возрастает на 42%.

В том случае если в качестве рыма используется отрезок якорной цепи с распорками большего калибра, чем цепь подвески, можно с применением сварки вырезать распорку этого звена и завести в нее (через утолщение ветви) скобу большего размера, это увеличит прочность подвески в целом.

В качестве радикальной меры при обрыве скобы можно предложить установку новых рымов на верхней плоскости надстройки с забуриванием отверстий и замоноличиванием рыма с помощью эпоксидного клея в этих отверстиях. Эпоксидный клей, применяемый для этой операции, должен быть из качественных составляющих с применением пластификатора для повышения прочностных и упругих свойств. При этом размеры и сечение рыма должны обеспечивать соединение со скобой с диаметром ветви 30-40 мм через утолщение ветви скобы.

Обрыв рыма по сечению, близко расположенному к фасадной плоскости надстройки, или по сечению, расположенному в глубине бетона, говорит о недостаточном диаметре стержня рыма, в этом случае возможна только установка новых рымов увеличенного сечения.

Срезание рымов может происходить только при воздействии борта судна на не защищенный ОУ участок фасадной поверхности надстройки. Поэтому при срезании, если нарушено более одной трети сечения рыма, он должен удаляться и заменяться на новый. Не допустимы попытки присоединить новую подвеску к остаткам старых рымов. Если загиб рыма не превосходит 30° от своего первоначального положения, он может

использоваться для новой подвески. В том случае если загиб рыма превосходит 30° в структуре металла стержня произошли необратимые дислокации. При этом сечение стержня уже не может быть полноценным и рым должен быть заменен на новый.

Обрыв цепи происходит, как правило, в том случае если прочность данной цепи не менее чем на 20-30% меньше прочности скобы и рыма. В этом случае должна, как правило, заменяться вся подвеска на подвеску большую по прочности. Как вариант возможна установка второй ветви цепи такой же длины на одну подвеску, если это позволяет сделать скоба. Прочность цепи подвески при этом удваивается, т.к. внешние размеры звена изменяются не существенно, новая ветвь, имея такую же длину, будет нагружена, так же как и старая.

Возможность перетирания цепи подвески ОУ необходимо учитывать при проектировании подвески данных устройств. Перетирание цепи обязательно будет иметь место в том случае если суда, стоящие у причала будут постоянно подвергаться динамическим колебаниям благодаря наличию волнения на акватории. Показателем наличия волнового воздействия принято считать величины представленные в таблице СНиП 2.06.04-82* "Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)" [3, табл. 126*].

Перетирание цепи подвески так же возможно при постоянном движении портфлота параллельно линии кордона причала, при этом количество проходов катеров должно быть достаточно большим (не менее 5 в час) и волна, поднимаемая катером должна доставать до 1-2 снизу бруса деревянной рамы ОУ. В случае наличия на причале, где проектируются ОУ, перечисленных факторов, способствующих перетиранию цепи, необходимо подвижный и не подвижный элементы подвески предусмотреть с превышением необходимой площади сечения в 1,5 раза (при этом калибр или диаметр стержня должен быть увеличен на 25%).

В случае обрыва или значительной деформации стяжного, подвесного болта деревянной рамы, а так же разрушения деревянной рамы в районе этого болта, необходима замена стяжных болтов на более прочные (наиболее прочным вариантом стяжного болта является U-образный болт с усилением в верхней части) при этом, как правило, требуется замена и деревянной рамы. В подвеске рамы и подвеске цилиндра могут быть заменены только соответствующие скобы, необходимые для соединения со стяжным болтом.

Как показывает практика эксплуатации ОУ по схеме резиновый цилиндр на деревянной раме, наиболее быстро механическому износу поддается верхний брус деревянной рамы. Причина этого заключается в том, что верхний брус в наибольшей степени воспринимает атмосферные воздействия и воздействие агрессивных веществ, попадающих на него с территории причала, одновременно с этим нижние брусья рамы находятся в постоянном температурном режиме и под воздействием морской воды. Рассыпавшийся верхний брус стимулирует деформацию стяжных болтов и в дальнейшем рассыпание всей рамы. Для замедления износа верхнего бруса возможно при изготовлении установка сверху его стального листа, что значительно увеличивает срок его службы. При замене верхнего бруса необходимо разобрать всю деревянную раму с заменой стяжных болтов и скоб подвески, цепи подвески при этом можно оставить имеющиеся.

При реконструкции надстройки причальных сооружений в настоящее время возникает вопрос о замене ОУ вместе с креплениями. Наиболее приемлемым вариантом для такой замены на основе опыта эксплуатации отбойников можно предложить установку

рымов на верхней грани надстройки в пробуренные отверстия с последующим замоноличиванием. Отбойники подвешиваются к таким рымам на длинных (8-10 звеньев) цепях. Сами ОУ предпочтительнее выполнять с деревянными рамами, соединенными U-образными болтами с усилением, верхний брус должен иметь защитное прикрытие из стального листа (см. приложение 4.14).

Рекомендуемый вариант ОУ с цилиндром Д400 (приложение 4.14) обладает следующими преимуществами:

- улучшенная ремонтопригодность, из-за возможности поднять на территорию для ремонта, не отсоединяя его от подвески;
- повышенная прочность верхней части стяжных, подвесных болтов, из-за пространственной U-образной формы этих болтов;
- повышенная долговечность деревянной рамы, из-за защитного действия стальной полосы поверх верхнего бруса.

Рекомендации по поводу использования ОУ в виде резиновых трапецидальных отбойников даны в разделах 2 –типы трапецидальных отбойников и способы их крепления; в разделе 4.2 –рекомендуемые размеры отбойников и расстояния (шаг) их установки на фасадной поверхности причалов.

Выводы по повышению надежности ОУ

При изготовлении и монтаже ОУ из резинового цилиндра Д400 на деревянной раме необходимо соблюдать все параметры подвески, предусмотренные проектом, в случае изменения того или иного элемента необходимо учитывать возможность соединения с остальными элементами и сохранение проектной прочности изменяемого узла конструкции.

Наиболее уязвимым элементом ОУ типа резиновый цилиндр на деревянной раме является цепи и скобы подвески рамы и стяжные болты рамы. Для увеличения надежности данных устройств необходимо уделять внимание правильности проектирования и монтажа подвески ОУ.

Для применения в портах Дальнего Востока рекомендуется резиновый цилиндр Д400 на деревянной раме с усиленной подвеской, имеющий большую технологичность при ремонте. При использовании новых трапецидальных отбойников необходимо строго соблюдать требования по их установке, креплению и качеству резины.

7. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

Глава 1

1. С каким расположением брусьев применялись деревянные рамы в портах юга ДВ России.
2. На каком принципе основана работа гравитационных отбойных приспособлений
3. Какие виды деформаций используются при работе полых цилиндрических амортизаторов
4. Каков срок эксплуатации деревянных рам при интенсивной эксплуатации
5. В чем недостаток жесткого крепления ОУ на ключевых болтах с закладными стаканами
6. Чем было вызвана необходимость появления подвесных ОУ в портах ДВ России
7. Какие использовались варианты подвески деревянных рам под резиновыми цилиндрами
8. Назовите достоинства и недостатки жесткого крепления резинового цилиндра
9. Какие два типа цилиндров использовались в дальневосточных портах

Глава 2

1. Назовите 4 типа перспективных вариантов резиновых ОУ
2. Какие три вида цепей устанавливаются с ОУ типа усеченный конус в полной комплектации (при самых неблагоприятных воздействиях)
3. Почему ОУ из наклонных резиновых панелей дешевле других типов
4. Почему у ОУ арочного типа отверстия для крепления болтами вытянуты в продольном направлении
5. Какая особенность кривых «реакция от деформации» увеличивает энергопоглощающие свойства ОУ арочного типа по сравнению с другими
6. Как изготавливаются ОУ цилиндрического типа большого диаметра
7. Чем различаются варианты установки болтов для крепления арочных ОУ на существующих и строящихся причалах
8. В каких случаях швартовных операций используются плавучие пневматические кранцы
9. Для каких целей используются гидропневматические ОУ
10. Каким образом производится установка болтового крепления на существующих причалах с помощью клея.
11. До каких размеров арочных ОУ может применяться лепестковое крепление болтов
12. С какой целью при болтовом креплении используется полимерная втулка

Глава 3.1

1. От каких двух основных факторов зависит энергия навала судна при швартовке
2. От какого фактора зависит скорость швартовки при расчете энергии по СНиП
3. Какова величина стандартного шага установки амортизаторов Д1000 и Д400
4. До какой глубины могут использоваться цилиндры Д400 при нормативных скоростях судна и шаге навески
5. До какой глубины могут использоваться цилиндры Д1000 при нормативных скоростях судна и шаге навески
6. Как можно снизить энергию навала, приходящуюся на один резиновый амортизатор

Глава 3.2

1. Какие пять коэффициентов учитываются при расчете энергии по британскому стандарту BS6349
2. В чем заключается влияние присоединенной массы воды при швартовке судна
3. Что учитывает коэффициент эксцентризитета при расчете энергии швартовки
4. От чего зависит коэффициент конфигурации причала
5. По каким характеристикам разбиты условия швартовки при определении скорости судна по методу BS6349
6. Для каких типов судов применяется самый большой коэффициент безопасности

Глава 4.1

1. Какие ограничения накладываются на величину нагрузки, возникающую при навале судна
2. В зависимости от чего изменяются величины предельных нагрузок на бортовое перекрытие судов
3. Как определяются нагрузки вызывающие предельную деформацию ОУ
4. Назовите четыре основных требования, которые необходимо выполнять при проектировании ОУ
5. Какие ОУ необходимо устанавливать на причальных конструкциях типа свайной эстакады.
6. Какие особенности необходимы для ОУ, устанавливаемых на массивовые причалы.
7. Какие особенности корпуса современных судов необходимо учитывать при проектировании установки ОУ.

Глава 4.2

1. Как определяется максимальный шаг установки ОУ
2. Как определяется радиус закругления носовой плиты судна
3. Как можно определить шаг расстановки ОУ в том случае если энергоемкость одного отбойника недостаточна для восприятия всей энергии навала расчетного судна
4. Как изменяется количество сжатых ОУ при соприкосновении с закругленным и прямолинейным участком борта судна
5. На каких участках причала необходима частая расстановка ОУ с рекомендуемым шагом

Глава 4.3

1. На основании каких предположений определяется усилие в цепях подвесных ОУ
2. Чему равен и как был определен коэффициент перехода от силы навала судна к усилию в подвеске ОУ
3. Как определяется калибр элементов цепи подвесных ОУ
4. Почему предпочтительней определять калибр цепи подвески ОУ не с помощью расчета, а на основе рекомендаций фирм производителей
5. Почему кроме калибра цепей необходимо определять параметры скоб для подвески ОУ

Глава 4.4

1. Какие два типа цепей используются для подвески ОУ
2. Из каких элементов состоит эксплуатационная комплектация якорной цепи
3. Какие виды испытательной нагрузки используются для цепей
4. В какой последовательности проводятся приемо-сдаточные испытания цепей
5. С какой периодичностью проходят освидетельствование якорные цепи

6. Что служит основанием для отбраковки якорной цепи

Глава 5.1, 5.2, 5.3

1. Каким видам испытаний должны подвергаться резиновые ОУ.
2. Какое значение имеет показатель прочности сцепления стали и резины.
3. Какое преимущество дает использование полиэтилена сверх высокого молекулярного веса.
4. Как при испытании отбойников определяется график зависимости - поглощаемая энергия от деформации.
5. Какой процент из изготовленных отбойников подвергается испытанию.
6. Какой процент в отклонении рабочих характеристик допускается для арочных и цилиндрических отбойников
7. Какой величины достигает максимальное растяжение и сжатие для трапецидальных и цилиндрических отбойников по материалам сжатия на стенде.
8. В каких местах расположены точки наибольшего растяжения и сжатия при испытании трапецидальных и цилиндрических ОУ
9. Из каких элементов состоит типовое ОУ с использованием цилиндра Д400
10. Какой должен быть диаметр оправки стального стержня и глубина заделки в бетон для рымма подвески ОУ
11. Что будет являться слабым элементом при составлении подвески по схеме якорная цепь + скоба
12. Что будет являться слабым элементом при составлении подвески по схеме сварная цепь без распорок + скоба
13. Какой узел типового ОУ для Д400 является наиболее подверженным износу.
14. Почему не целесообразно в качестве подвески использовать короткие обрезки стального троса
15. На каком расстоянии от края деревянного бруса можно располагать отверстие для подвесного болта в конструкции типового ОУ для Д400
16. Чем и как должны обрабатываться деревянные брусья рамы для увеличения их долговечности в конструкции типового ОУ для Д400
17. Чем можно заменить штангу для подвески цилиндра в типовом ОУ для Д400

Глава 6

1. Назовите наиболее распространенные дефекты типового ОУ с Д400
2. На какие свойства стали отрицательно влияет сварка
3. Почему не допускается соединять элементы подвески ОУ на сварке
4. В чем преимущества U-образного болта для соединения деревянной рамы
5. В чем преимущества рекомендуемого варианта ОУ с Д400

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Порты ДВ. Восточные морские ворота России попали в зависимость от большой политики. ж. "Дальневосточный капитал", №2 август 2000г.
2. Погосов С.Г. Швартовка крупнотоннажных судов. Библиотечка судоводителя. М. Транспорт. 1975 г.
3. СНиП 2.06.04-82* Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Госстрой СССР. М. 1989 г.
4. Руководство по определению нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения (волновых, ледовых и от судов). П 58-76. ВНИИГ. Л. 1977 г.
5. Яковенко В.Г, Амбарян О.А, Просянов Л.Е, Эрлих Р.М. Эксплуатация и ремонт отбойных и швартовных устройств. М. Транспорт. 1977 г.
6. Руководство по проектированию морских причальных сооружений. РД 31.31.27-81. М. В/О Мортехинформреклама. 1984 г.
7. Bridgestone. Rubber dock fender. Bridgestone tire co., ltd. Tokyo. Japan. 1979.
8. Marine Fendering Systems. Fentek. Trelleborg. D-22393. Hamburg 2001.
9. Sumitomo. New selection of fender. Ref.№ MF-410(A). 2001.
- 10.R.F. Janssen. Safe berthing of liquid gas carriers/ Port Technology International 06.2001.
- 11.J.U. Brolsma. On fender design and berthing velocities. 1977.
- 12.ГОСТ 228-79 Цепи якорные с распорками. Общие технические условия. Госстандарт СССР. М. 1985 г (срок действия продлен до 1995 г).
- 13.ТУ 12.0173856.009-88 Цепи круглозвеневые сварные общего назначения. Внииптуглемаш. М. 1988 г.
- 14.ГОСТ 765-85 Скобы якорные. Технические условия. Госстандарт СССР. М. 1985 г. (срок действия до 1997 г).
- 15.ОCT 5.2312-79 Скобы такелажные. Технические условия. М. 1979 г (срок действия продлен до 1991 г.)
- 16.Сапожников А.И. Способ подбора и конструирования оптимального отбойного устройства для причалов при их расчете на выносливость. Изв. вузов. Строительство. 2002 №9.
- 17.Авторское свидетельство №1165731 Отбойное устройство для причалов, Е 02 В 3/22, Сапожников А.И.
- 18.Котц А.Н. Лукьянович Е.В. Результаты исследований резинового отбойного устройства цилиндрической формы с отверстиями. Развитие методов расчета морских портовых сооружений. Сборник научных трудов Союзморнипроекта, - М. "Транспорт" 1985г.

19. Смирнов Г.Н. и др. Порты и портовые сооружения. Учебник для вузов. М. Стройиздат 1979 г
20. СНиП 2.06.01-86 Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования. Госстрой СССР. М. 1989 г.
21. Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений РД 31.31.55-93. Федеральная служба морского флота России. М. 1996 г.
22. Корчагина А.Я. Амортизирующие отбойные приспособления для морских причалов. М. Транспорт 1967 г.
23. Нормы технологического проектирования морских портов. РД 31.31.37-78. Союзморниипроект. М. Морфлот 1980 г.
24. Report of the International Commission for Improving the Design of Fender Systems. Supplement to Bulletin №45. (1984) PIANC.
25. Significant ships. Royal Institute of Naval Architects. London. 2001.
26. Казарезов А.Я. Магула В.Э. Кранцевая защита.–СПб.: Судостроение, 1992.
27. Руководство по техническому контролю гидротехнических сооружений морского транспорта. РД 31.3.3-97, М. 1997.
28. Правила технической эксплуатации портовых сооружений и акваторий РД 31. 35. 10-86. Минморфлот. М. 1987 г.
29. Правила производства и приемки работ на строительстве новых, реконструкции и расширении действующих гидротехнических морских и речных транспортных сооружений. ВСН 34-91. Минтрансстрой СССР. - М. 1992 г.
30. Будин А.Я. Эксплуатация и долговечность портовых гидротехнических сооружений М, Транспорт, 1974
31. Горюнов Б.Ф. Техническая эксплуатация портовых сооружений М, Транспорт, 1974г
32. Костюков В.Д. Надежность морских причалов и их реконструкция М, Транспорт, 1987.
33. Яковенко В.Г. Строительство причалов М. Транспорт 1981 г
34. Яковенко В.Г. Просянов Л.Е. Монтаж отбоев на причалах. "Транспортное строительство" № 5, 1976.
35. BS 6349-4 Maritime structures – Part 4 Code of practice for design of fendering and mooring systems British Standard 1994.

Приложение 1 Характеристики судов для расчета ОУ по данным [8, 25]

Большие и супертанкеры (ULCC & VLCC tankers)							
Дедвейт (тыс. тс)	Водоиз- мещение (тыс. тс)	Длина		Ширина (м)	Осадка в грузу (м)	Высота борта в гру- зу (м)	Коэф пол- ноты водо- измещения
		Наибольшая (м)	Между перпендику- лярами (м)				
500	590	415	392	73,0	24,0	14,5	0,838
400	475	380	358	68,0	23,0	13,5	0,828
350	420	365	345	65,5	22,0	12,6	0,824
300	365	350	330	63,0	21,0	11,7	0,816
275	335	340	321	61,0	20,5	11,2	0,814
250	305	330	312	59,0	19,9	10,7	0,812
225	277	320	303	57,0	19,3	10,2	0,811
200	246	310	294	55,0	18,5	9,5	0,802
175	217	300	285	52,5	17,7	8,8	0,799
150	186	285	270	49,5	16,9	8,2	0,803
125	156	270	255	46,5	16,0	7,5	0,802
100	125	250	236	43,0	15,1	6,8	0,796
80	102	235	223	40,0	14,0	6,0	0,797
70	90	225	213	38,0	13,5	5,6	0,804
60	78	217	206	36,0	13,0	5,3	0,789

Танкеры (Product and chemical tankers)							
Дедвейт (тыс. тс)	Водоиз- мещение (тыс. тс)	Длина		Ширина (м)	Осадка в грузу (м)	Высота борта в гру- зу (м)	Коэф пол- ноты водо- измещения
		Наибольшая (м)	Между перпендику- лярами (м)				
50,0	66,0	210	200	32,2	12,6	5,0	0,793
40,0	54,0	200	190	30,0	11,8	4,5	0,783
30,0	42,0	188	178	28,0	10,8	3,9	0,761
20,0	29,0	174	165	24,5	9,8	3,2	0,714
10,0	15,0	145	137	19,0	7,8	2,2	0,721
5,0	8,0	110	104	15,0	7,0	1,8	0,715
3,0	4,9	90	85	13,0	6,0	1,3	0,721

Балкеры (Bulk carriers)							
Дедвейт (тыс. тс)	Водоиз- мещение (тыс. тс)	Длина		Ширина (м)	Осадка в грузу (м)	Высота борта в гру- зу (м)	Коэф пол- ноты водо- измещения
		Наибольшая (м)	Между перпендику- лярами (м)				
400	464	375	356	62,5	24,0	9,5	0,848
350	406	362	344	59,0	23,0	9,1	0,848
300	350	350	333	56,0	21,8	8,6	0,840
250	292	335	318	52,5	20,5	8,1	0,832
200	236	315	300	48,5	19,0	7,4	0,833
150	179	290	276	44,0	17,5	6,8	0,822
125	150	275	262	41,5	16,5	6,4	0,816
100	121	255	242	39,0	15,3	5,9	0,817
80	98	240	228	36,5	14,0	5,4	0,821
60	74	220	210	33,5	12,8	4,9	0,802
40	50	195	185	29,0	11,5	4,4	0,791
20	26	160	152	23,5	9,3	3,5	0,763
10	13	130	124	18,0	7,5	2,9	0,758

Контейнеровозы (Post Panamax – без прохода по Панамскому каналу)							
Дедвейт (тыс. тс)	Водоиз- мещение (тыс. тс)	Длина		Ширина (м)	Осадка в грузу (м)	Высота борта в гру- зу (м)	Коэф пол- ноты водо- измещения
		Наибольшая (м)	Между перпендику- лярами (м)				
70,0	100,0	280	266	41,8	13,8	9,2	0,636
65,0	92,0	274	260	41,2	13,5	8,9	0,621
60,0	84,0	268	255	39,8	13,2	8,6	0,612
55,0	76,5	261	248	38,3	12,8	8,1	0,614

Контейнеровозы (Panamax – с осадкой и шириной для прохода по Панамскому каналу)							
Дедвейт (тыс. тс)	Водоиз- мещение (тыс. тс)	Длина		Ширина (м)	Осадка в грузу (м)	Высота борта в гру- зу (м)	Коэф пол- ноты водо- измещения
		Наибольшая (м)	Между перпендику- лярами (м)				
60,0	83,0	290	275	32,2	13,2	8,6	0,693
55,0	75,5	278	264	32,2	12,8	8,1	0,677
50,0	68,0	267	253	32,2	12,5	7,8	0,651
45,0	61,0	255	242	32,2	12,2	7,5	0,626
40,0	54,0	237	225	32,2	11,7	6,9	0,622
35,0	47,5	222	211	32,2	11,1	6,3	0,614
30,0	40,5	210	200	30,0	10,7	5,9	0,615
25,0	33,5	195	185	28,5	10,1	5,3	0,614
20,0	27,0	174	165	26,2	9,2	4,4	0,662
15,0	20,0	152	144	23,7	8,5	3,8	0,673
10,0	13,5	130	124	21,2	7,3	2,7	0,686

Суда типа “Ro-Ro”							
Дедвейт (тыс. тс)	Водоиз- мещение (тыс. тс)	Длина		Ширина (м)	Осадка в грузу (м)	Высота борта в гру- зу (м)	Коэф пол- ноты водо- измещения
		Наибольшая (м)	Между перпендику- лярами (м)				
50,0	87,5	287	273	32,2	12,4	14,8	0,783
45,0	81,0	275	261	32,2	12,0	14,2	0,783
40,0	72,0	260	247	32,2	11,4	13,4	0,775
35,0	63,0	245	233	32,2	10,8	12,6	0,758
30,0	54,0	231	219	32,2	10,2	11,7	0,737
25,0	45,0	216	205	31,0	9,6	10,9	0,719
20,0	36,0	197	187	28,6	9,1	10,2	0,722
15,0	27,5	177	168	26,2	8,4	9,2	0,726
10,0	18,4	153	145	23,4	7,4	7,8	0,715
5,0	9,5	121	115	19,3	6,0	5,8	0,696

Сухогрузы общего назначения							
Дедвейт (тыс. тс)	Водоиз- мещение (тыс. тс)	Длина		Ширина (м)	Осадка в грузу (м)	Высота борта в гру- зу (м)	Коэф пол- ноты водо- измещения
		Наибольшая (м)	Между перпендику- лярами (м)				
40,0	54,5	209	199	30,0	12,5	4,5	0,712
35,0	48,0	199	189	28,9	12,0	4,3	0,714
30,0	41,0	188	179	27,7	11,3	4,1	0,714
25,0	34,5	178	169	26,4	10,7	4,0	0,705
20,0	28,0	166	158	24,8	10,0	3,8	0,697
15,0	21,5	152	145	22,6	9,2	3,5	0,696
10,0	14,5	133	127	19,8	8,0	3,2	0,703
5	7,5	105	100	15,8	6,4	2,7	0,724
2,5	4,0	85	80	13,0	5,0	2,3	0,750

Суда для перевозки автомобилей							
Дедвейт (тыс. тс)	Водоиз- мещение (тыс. тс)	Длина		Ширина (м)	Осадка в грузу (м)	Высота борта в гру- зу (м)	Коэф пол- ноты водо- измещения
		Наибольшая (м)	Между перпендику- лярами (м)				
30,0	48,0	210	192	32,2	11,7	13,8	0,644
25,0	42,0	205	189	32,2	10,9	12,7	0,618
20,0	35,5	198	182	32,2	10,0	11,4	0,591
15,0	28,5	190	175	32,2	9,0	10,0	0,548

Паромы							
Дедвейт (тыс. тс)	Водоиз- мещение (тыс. тс)	Длина		Ширина (м)	Осадка в грузу (м)	Высота борта в гру- зу (м)	Коэф пол- ноты водо- измещения
		Наибольшая (м)	Между перпендику- лярами (м)				
50,0	25,0	197	183	30,6	7,1	4,6	0,613
40,0	21,0	187	174	28,7	6,7	4,3	0,612
35,0	19,0	182	169	27,6	6,5	4,2	0,611
30,0	17,0	175	163	26,5	6,3	4,0	0,609
25,0	15,0	170	158	25,3	6,1	3,9	0,600
20,0	13,0	164	152	24,1	5,9	3,7	0,587
15,0	10,5	155	144	22,7	5,6	3,5	0,559

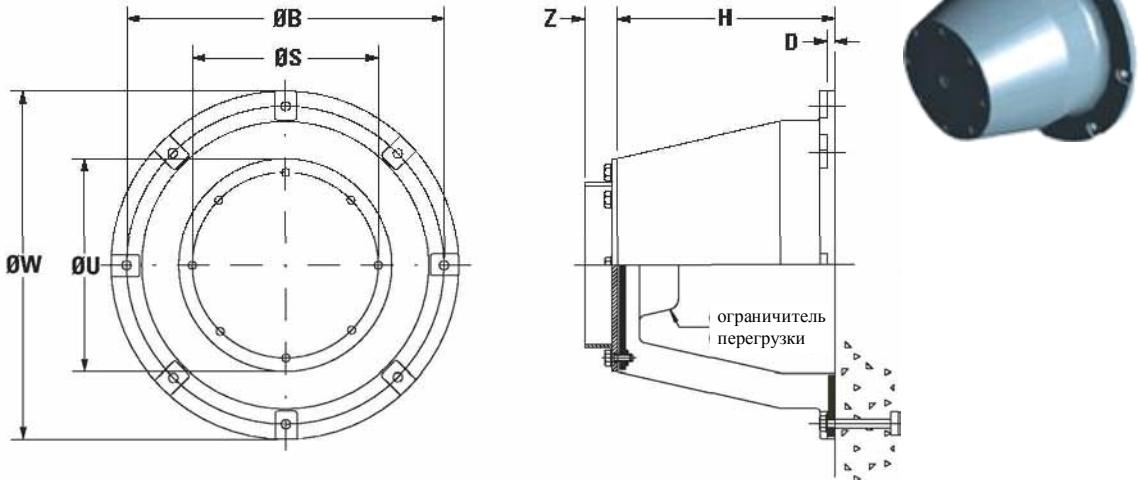
Круизные лайнеры							
Дедвейт (тыс. тс)	Водоиз- мещение (тыс. тс)	Длина		Ширина (м)	Осадка в грузу (м)	Высота борта в гру- зу (м)	Коэф пол- ноты водо- измещения
		Наибольшая (м)	Между перпендику- лярами (м)				
80,0	44,0	272	231	35,0	8,0	8,6	0,664
70,0	38,0	265	225	32,2	7,8	8,4	0,656
60,0	34,0	252	214	32,2	7,6	8,1	0,633
50,0	29,0	234	199	32,2	7,1	7,4	0,622
40,0	24,0	212	180	32,2	6,5	6,5	0,621
35,0	21,0	192	164	32,2	6,3	6,2	0,616

Газовозы							
Дедвейт (тыс. тс)	Водоиз- мещение (тыс. тс)	Длина		Ширина (м)	Осадка в грузу (м)	Высота борта в гру- зу (м)	Коэф пол- ноты водо- измещения
		Наибольшая (м)	Между перпендику- лярами (м)				
100,0	144,0	294	281	45,8	12,3	16,9	0,887
70,0	105,0	263	251	41,2	12,3	13,4	0,805
50,0	78,0	237	226	37,2	12,3	10,5	0,736
30,0	49,7	203	192	32,0	12,3	6,7	0,642
20,0	34,8	179	169	28,4	11,0	5,5	0,643
15,0	27,0	164	154	26,0	10,1	4,8	0,651
10,0	18,9	144	136	23,1	9,0	3,9	0,652
7,0	13,8	129	121	20,8	8,1	3,2	0,660
5,0	10,2	117	109	18,8	7,4	2,6	0,656
3,0	6,53	100	93	16,1	6,4	2,0	0,665
2,0	4,56	88	82	14,3	5,7	1,5	0,666
1,0	2,48	71	66	11,7	4,6	1,1	0,681

Пассажирские суда							
Дедвейт (тыс. тс)	Водоиз- мещение (тыс. тс)	Длина		Ширина (м)	Осадка в грузу (м)	Высота борта в гру- зу (м)	Коэф пол- ноты водо- измещения
		Наибольшая (м)	Между перпендику- лярами (м)				
10,0	8,01	142	128	21,6	6,4	5,3	0,442
7,0	5,83	125	114	19,8	5,5	4,7	0,458
5,0	4,32	112	102	18,2	4,8	4,2	0,473
3,0	2,74	93	86	16,0	4,0	3,4	0,486
2,0	1,91	81	75	14,4	3,4	2,9	0,507
1,0	1,03	64	60	12,1	2,6	2,3	0,532

Приложение 2. Характеристики зарубежных ОУ
Характеристики ОУ фирмы Fentek Trelleborg

ОУ типа Super Cone Размеры в мм

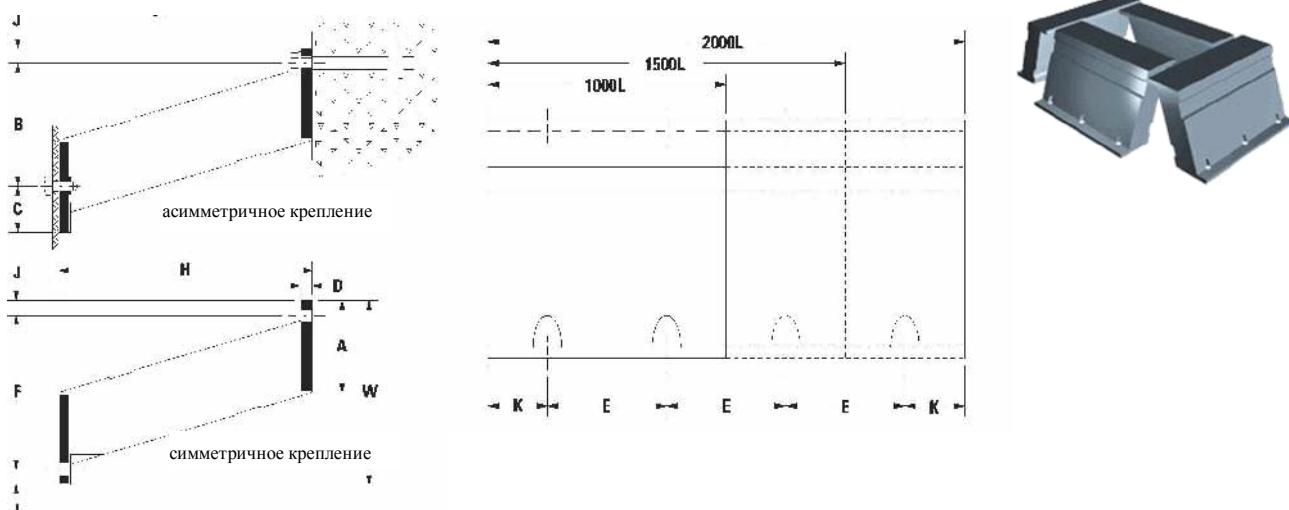


ОУ	H	ØW	ØU	ØB	ØS	Болты	Вес(кг)
SCN 300	300	500	295	440	255	4-M20	31
SCN 400	400	650	390	585	340	4-M24	74
SCN 500	500	800	490	730	425	4-M24	144
SCN 600	600	690	590	875	515	4-M30	240
SCN 800	800	1280	785	1165	685	6-M30	606
SCN 1000	1000	1600	980	1460	855	6-M36	1120
SCN 1200	1200	1920	1175	1750	1025	8-M42	1970
SCN 1400	1400	2240	1370	2040	1195	8-M48	3105
SCN 1600	1600	2560	1570	2335	1365	8-M48	4645
SCN 1800	1800	2880	1765	2625	1540	10-M56	6618
SCN 2000	2000	3200	1955	2920	1710	10-M56	9560

Нормативная энергия E_R (кН×м) и реакция R_R (кН) ОУ типа Super Cone для различной жесткости резины

Энерг. индекс	SCN 300	SCN 400	SCN 500	SCN 600	SCN 800	SCN 1000	SCN 1200	SCN 1400	SCN 1600	SCN 1800	SCN 2000
E0,9 E_R R_R	7,7 59	18,6 104	36,5 164	63 225	171 419	338 653	585 941	927 1278	1382 1670	1967 2115	277 2610
E1,0 E_R R_R	8,6 65	20,7 116	40,5 182	70 250	190 465	375 725	650 1045	1030 1420	1535 1855	2185 2350	3000 2900
E1,4 E_R R_R	9,8 72	23,5 128	45,9 200	78 276	212 515	415 803	720 1157	1140 1574	1701 2055	2421 2602	3320 3212
E2,0 E_R R_R	11,5 82	27,6 145	54,0 227	90 315	245 590	475 920	825 1325	1305 1805	1950 2355	2775 2980	3800 3680
E2,4 E_R R_R	12,7 91	30,4 161	59,4 252	102 349	271 652	527 1018	913 1467	1447 1997	2162 2605	3077 3298	4216 4072
E3,0 E_R R_R	14,4 104	34,6 185	67,6 289	120 400	310 745	605 1165	1045 1680	1660 2285	2480 2980	3530 3775	4840 4660
E3,1 E_R R_R	15,9 114	38,1 204	74,4 318	132 440	341 820	666 1282	1150 1848	1826 2514	2728 3278	3883 4153	5324 5126
	SCN 300	SCN 400	SCN 500	SCN 600	SCN 800	SCN 1000	SCN 1200	SCN 1400	SCN 1600	SCN 1800	SCN 2000

Размеры в мм ОУ типа Unit Element

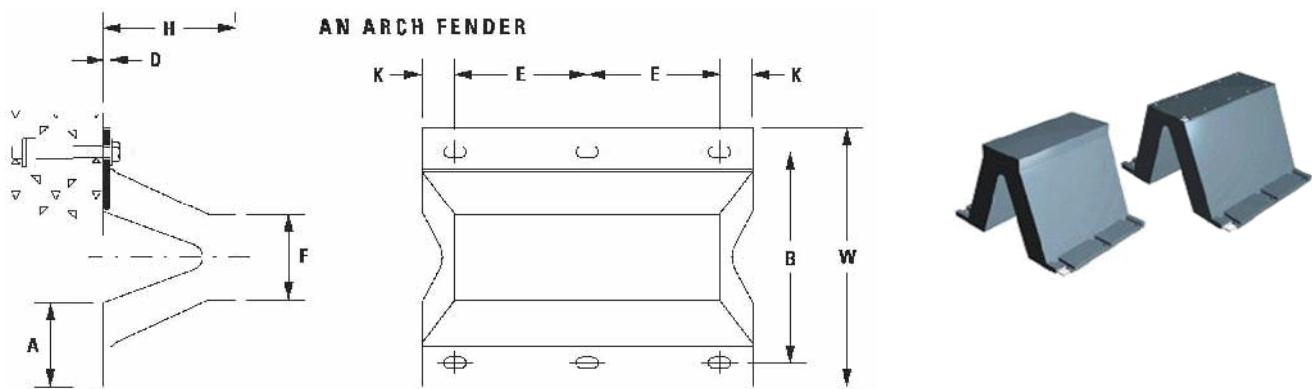


ОУ	H	A	B	C	F	W	K	E	Анкера	Вес(кг/м)
UE 300	300	130	138	84	184	260	50	300	M24	42
UE 400	400	160	183	99	244	320	250	500	M24	93
UE 500	500	195	229	119	306	390	250	500	M30	130
UE 600	600	225	275	133	366	450	250	500	M30	174
UE 700	700	270	321	163	428	540	250	500	M36	258
UE 800	800	300	366	178	486	600	250	500	M36	310
UE 900	900	335	412	198	550	670	250	500	M42	400
UE 1000	1000	365	458	212	610	730	250	500	M42	476
UE 1200	1200	435	557	252	736	870	250	500	M48	653
UE 1400	1400	495	641	282	856	990	250	500	M48	955
UE 1600	1600	565	733	321	978	1130	250	500	M56	1220

Нормативная энергия E_R (кН·м) и реакция R_R (кН) ОУ типа Unit Element для различной жесткости резины (данные на один элемент длиной 1000 мм)

Энерг. индекс	UE 300	UE 400	UE 500	UE 600	UE 700	UE 800	UE 900	UE 1000	UE 1200	UE 1400	UE 1600
E1,0 E_R R_R	13,0 105	23 126	36,0 158	52 190	70 221	93 253	118 284	146 316	207 378	286 442	347 506
E1,4 E_R R_R	14,6 117	26 141	40,4 177	58 212	79 247	104 283	132 318	163 354	232 424	320 495	418 567
E1,8 E_R R_R	16,2 130	29 156	44,8 196	65 235	88 274	115 314	146 353	180 392	257 469	353 548	462 628
E2,0 E_R R_R	17,0 136	30 164	47,0 205	68 246	92 287	121 329	153 370	189 411	270 492	370 575	484 658
E2,2 E_R R_R	18,0 144	32 174	50,0 217	72 261	98 305	128 349	162 392	200 436	286 522	392 610	513 697
E2,4 E_R R_R	19,0 153	34 184	53,0 230	76 276	103 322	135 368	171 414	212 460	302 552	415 644	542 736
E3,0 E_R R_R	22,0 178	39 214	42,0 267	89 320	120 375	157 427	199 481	246 534	351 642	482 748	630 854
	UE 300	UE 400	UE 500	UE 600	UE 700	UE 800	UE 900	UE 1000	UE 1200	UE 1400	UE 1600

Размеры в мм ОУ арочного типа (AN & ANP)



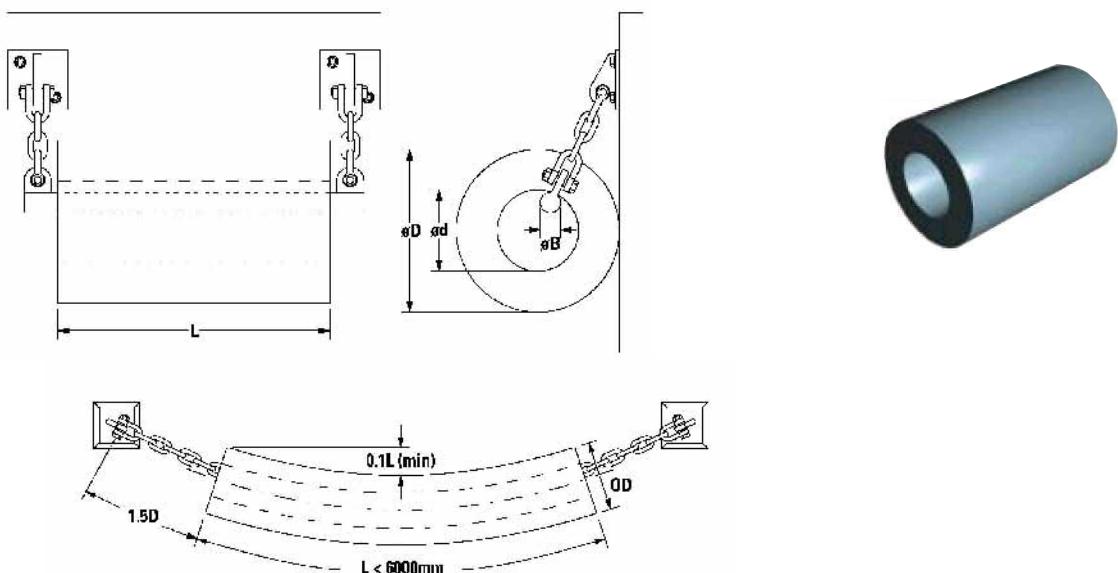
Тип ОУ	H	A	B	W	F	D	K	E	PxQ	Анкера	Вес(кг/м)
AN 150	150	108	240	326	98	16	50	500	20×40	M16	28
AN 200	200	142	320	422	130	18	50	500	25×50	M20	46
AN 250	250	164	400	500	163	26	63	500	28×56	M24	68
AN 300	300	194	480	595	195	24	75	500	28×56	M24	106
AN 400	400	266	640	808	260	20	100	500	35×70	M30	185
AN 500	500	318	800	981	325	26	125	500	42×84	M36	278
AN 600	600	373	960	1160	390	28	150	500	49×96	M42	411
AN 800	800	499	1300	1550	520	41	200	500	54×108	M48	770
AN 1000	1000	580	1550	1850	650	52	250	500	54×108	M48	1298

Нормативная энергия E_R (кН·м) и реакция R_R (кН) ОУ арочного типа AN & ANP для различной жесткости резины (данные для ОУ длиной 1000 мм)

AN	E1		E2		E3	
	E_R	R_R	E_R	R_R	E_R	R_R
150	4,3	74	5,6	96	7,4	127
200	7,6	99	10,0	128	13,1	169
250	11,9	123	15,6	160	20,5	211
300	17,1	148	22,5	192	29,5	253
400	30,5	197	40,0	256	52,5	338
500	47,6	247	62,4	321	82,0	422
600	68,6	296	89,9	385	116	507
800	122	394	160	513	210	675
1000	191	493	250	641	328	844

ANP	E1		E2		E3	
	E_R	R_R	E_R	R_R	E_R	R_R
150	5,6	89	7,3	115	9,5	150
200	9,9	118	12,9	154	16,8	200
250	15,6	148	20,2	192	26,3	250
300	22,4	178	29,1	231	37,8	300
400	39,8	237	51,7	308	67,2	400
500	62,1	296	80,8	385	105,0	500
600	89,3	355	116	462	151	600
800	159	473	207	615	269	800
1000	249	592	323	769	420	1000

ОУ цилиндрического типа размеры в мм,
нормативные реакция (R) и энергия (E), удельное давление на борт (P)



OD×ID (мм)	OD/ID	R (кН)	E (кН·м)	P (кН·м²)	Вес (кг/м)	Изготовлены отливкой
100×50	0,50	43	0,8	547	70,0	
150×75	0,50	65	1,8	552	15,6	
200×100	0,50	86	3,3	547	27,8	
250×125	0,50	108	5,1	550	43,4	
300×150	0,50	129	7,4	547	62,6	
380×190	0,50	164	11,8	550	100,4	
400×200	0,50	172	13,1	547	111,2	
450×225	0,50	194	16,6	549	140,8	
500×250	0,50	275	28	700	175	
600×300	0,50	330	40	700	253	
800×400	0,50	440	72	700	449	
1000×500	0,50	550	112	700	702	
1200×600	0,50	660	162	700	1010	
1300×700	0,54	650	184	591	1122	
1400×700	0,50	770	220	700	1375	
1500×750	0,50	825	253	700	1579	
1600×800	0,50	880	288	700	1796	
1650×900	0,55	812	295	574	1789	
1750×900	0,51	929	340	657	2107	
1800×900	0,50	990	364	700	2273	
1850×1000	0,54	921	372	586	2266	
2000×1000	0,50	1101	450	701	2806	
2000×1200	0,60	871	415	462	2395	
2100×1200	0,57	974	467	517	2778	
2200×1200	0,55	1083	524	575	3180	
2400×1200	0,50	1321	647	701	4041	

Изготовлены намоткой

Размеры элементов подвески для цилиндрических ОУ
(для цепи и скобы – размер калибра) в мм

Малые цилиндры

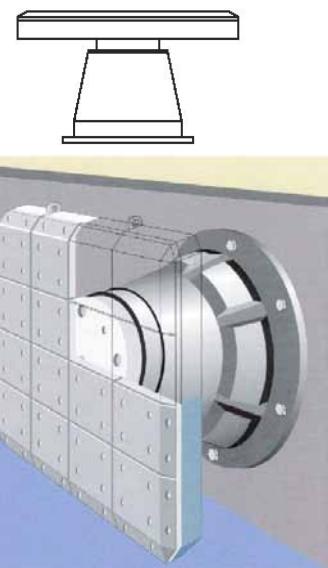
OD	ID	Цепь	Скоба
100	50	14	16
150	75	16	16
200	100	18	19
250	125	20	22
300	150	24	28
380	190	28	35
400	200	28	35
450	225	28	35
500	250	32	38
600	300	35	44

Большие цилиндры

OD	ID	L	ØB	Цепь	Скоба
800	400	1000	35	24	28
		1500	45	28	35
		2000	55	32	38
		2500	65	34	44
		3000	70	40	50
1000	500	1000	45	28	35
		1500	55	32	38
		2000	65	38	44
		2500	75	40	50
		3000	85	44	50
1200	600	1000	50	28	35
		1500	65	34	44
		2000	75	40	50
		2500	85	44	50
		3000	100	50	56
1400	800	1000	65	38	44
		1500	70	38	44
		2000	80	44	50
		2500	90	48	56
		3000	100	52	64
1600	800	1000	75	40	50
		1500	80	40	50
		2000	90	46	50
		2500	110	48	56
		3000	120	54	64

Характеристики ОУ фирмы Sumitomo
ОУ типа Hyper Omega
Эксплуатационные характеристики

Состав резины	X150		X100		X60	
Реакция и энергия	R	E	R	E	R	E
Марка ОУ	кН	кН·м	кН	кН·м	кН	кН·м
X-400H	229	44,1	153	29,4	91,5	17,6
X-600H	515	149	344	99,2	206	59,5
X-800H	916	353	611	235	367	141
X-900H	1160	502	773	335	464	201
X-1000H	1430	689	954	459	572	275
X-1150H	1890	1050	1260	698	756	419
X-1300H	2420	1510	1610	1010	966	606

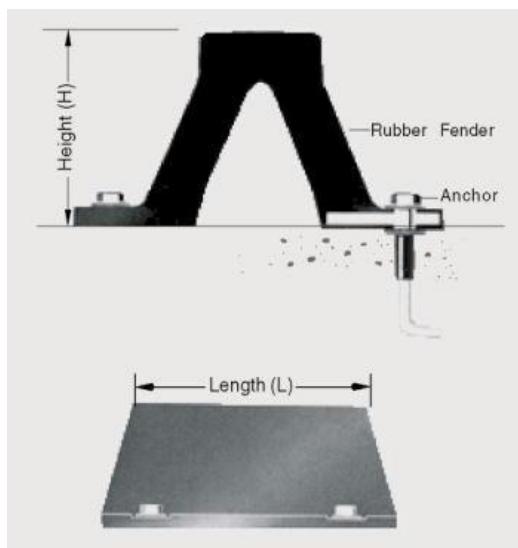


ОУ Lambda Type

Размеры и характеристики

На 1 м длины

ОУ	Реакция т/м	Энергия т×м/м
Состав резины	CL2	CL2
LMD-250H	15,6	1,6
LMD-300H	18,1	2,4
LMD-350H	21,9	3,2
LMD-400H	25,0	4,2
LMD-500H	31,3	6,6
LMD-600H	37,5	9,5
LMD-800H	50,0	16,8
LMD-1000H	62,5	26,3



Состав резины

CLA	CLO	CL1	CL2	CL3
150	140	120	100	80

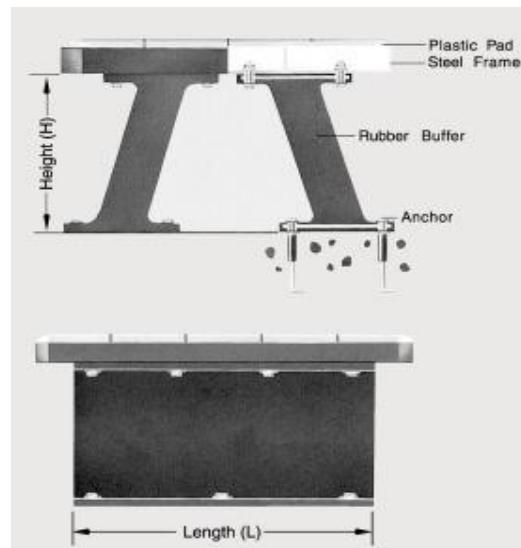
Тверже ← Жесткость → Мягче

ОУ Pi-Type Fender

Размеры и характеристики

На 1 метр длины

ОУ	Реакция т/м	Энергия т×м/м
Состав резины	C2	C2
Pi-400H	22,0	3,4
Pi-600H	33,0	7,6
Pi-800H	44,0	13,4
HPi-1000H	55,0	22,8
HPi-1150H	63,3	30,2
HPi-1250H	68,8	35,6
HPi-1400H	77,0	44,7
HPi-1700H	93,5	65,9
HPi-2000H	110,0	91,2
HPi-2500H	137,5	142,5



Состав резины

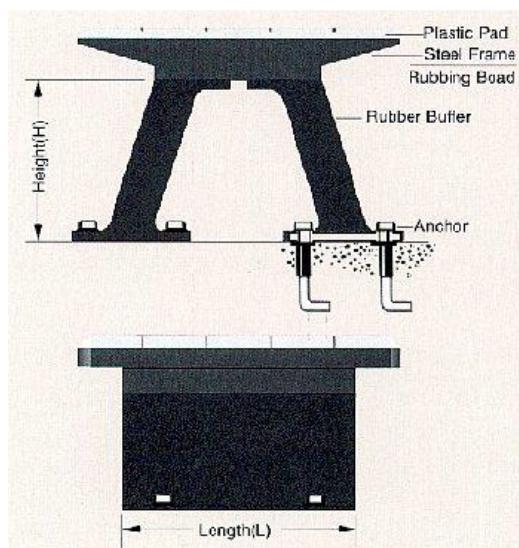
CS or CPS	CA or CPA	C0 or CP0	C1 or CP1	C2 or CP2	C3 or CP3	C4 or CP4
155	150	140	120	100	80	60

Тверже ←———— Жесткость ————— Мягче

ОУ UPi-Type Fender

Размеры и характеристики на 1 метр длины

ОУ	Реакция т/м	Энергия т×м/м
Состав резины	CP2	CP2
UPI-600H	31,2	8,7
UPI-800H	41,6	15,6
UPI-1000H	52,0	24,3
UPI-1150H	59,8	32,1
UPI-1250H	65,0	38,0
UPI-1400H	72,8	47,6
UPI-1700H	88,4	70,2
UPI-2000H	104,0	97,2
UPI-2500H	130,0	151,9



Состав резины

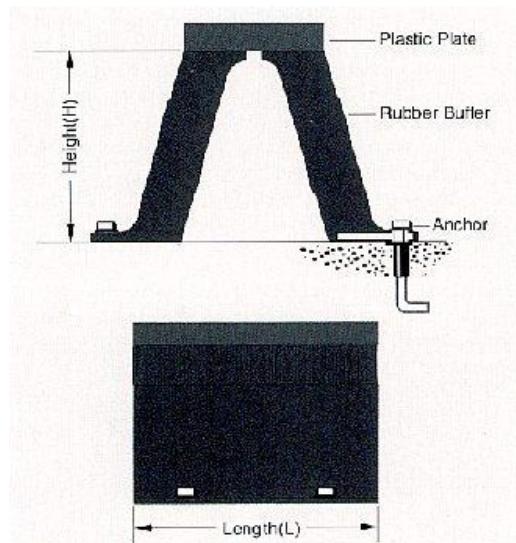
CPS	CPA	CP0	CP1	CP2	CP3	CP4
155	150	140	120	100	80	60

Тверже ←———— Жесткость ————— Мягче

ОУ PPi-Type Fender

Размеры и характеристики на 1 метр длины

ОУ	Реакция т/м	Энергия т×м/м
Состав резины	CP2	CP2
PPi-400H	21,1	3,8
PPi-600H	31,7	8,6
PPi-800H	42,2	15,4
PPi-1000H	52,8	24,0
PPi-1150H	60,7	31,7
PPi-1250H	66,0	37,5
PPi-1400H	73,9	47,0
PPi-1700H	89,8	69,4



Состав резины

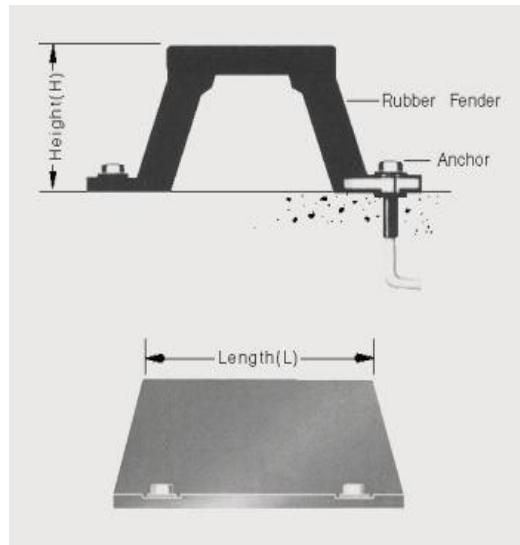
CPS	CPA	CP0	CP1	CP2	CP3	CP4
155	150	140	120	100	80	60

Тверже ←———— Жесткость ————— Мягче

ОУ Beta Type Fender

Стандартный размер и эксплуатация

ОУ	Реакция	Энергия
Состав резины	CB2	CB2
B-200H	11,5	0,97
B-250H	14,4	1,5
B-300H	17,3	2,2
B-400H	230	3,9
B-500H	28,8	6,1
B-600H	34,5	8,7
B-800H	46,0	15,5
B-1000H	57,5	24,2



Состав резины

CBB	CB0	CB1	CB2	CB3
176	140	120	100	80

Тверже ←———— Жесткость ————— Мягче

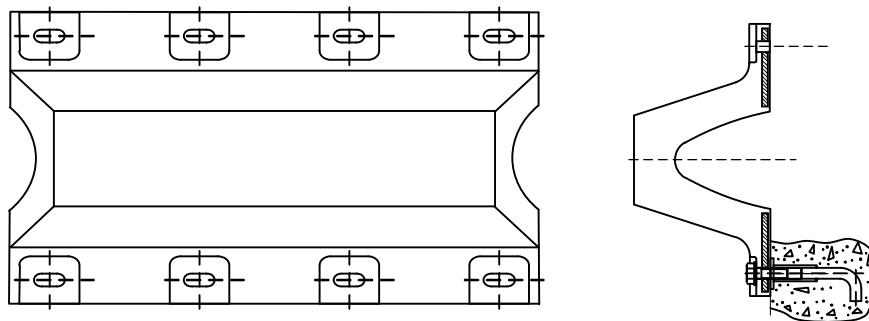
Цилиндрические ОУ фирмы Sumitomo Таблица 1

Состав резины	CH1		CH2		CH3		Вес (кг/м)
	OУ	R	E	R	E	R	E
100x50	5	0,11	4,2	0,09	3,3	0,07	7,1
150x75	7,5	0,25	6,3	0,2	5	0,16	15,9
200x100	10	0,44	8,3	0,37	6,7	0,29	28,3
250x125	12,5	0,68	10,4	0,57	8,3	0,46	44
300x150	15	0,98	12,5	0,82	10	0,66	64
400x200	20	1,7	16,7	1,4	13,4	1,2	113
500x250	25	2,7	21	2,2	16,7	1,8	177
600x300	30	3,9	25	3,2	20	2,6	254
700x350	35	5,3	29	4,4	23	3,6	348
700x400*	31	5,5	26	4,6	21	3,7	311
800x400	40	7	33	5,8	27	4,7	452
900x450	45	8,8	38	7,3	30	5,9	573
1000x500	50	10,9	42	9,1	33	7,3	707
1100x550	55	13,2	46	11	37	8,8	855
1200x600	60	15,7	50	13,1	40	10,5	1,081
1300x650	65	18,4	54	15,3	43	12,3	1,195
1400x700	70	21,4	58	17,8	47	14,3	1,385
1400x800*	62	22,1	52	18,4	41	14,7	1,244
1500x750	75	24,5	63	20,4	50	16,4	1,59

Таблица 2

Размер ОУ	Калибр цепи (мм)	Разрушающая нагрузка цепи (т)	Диаметр стального стержня (мм)	Диаметр рымма (мм)
100,150	16	13,46	25	25
200,250	19	19,00	28	25
300	22	25,46	32	32
400	25	32,88	38	36
500	28	41,20	42	40
600	30	47,40	46	42
700	32	54,00	50	46
800,875,900	34	60,80	55	48
1000,1050	38	76,00	60	55
1200,1225, 1300	42	92,80	65	60
1400,1500	44	101,20	70	65

ОУ Hyper Ace (V Shape) фирмы Sumitomo



HA 150H

Состав резины	CV1		CV2		CV3		CV4	
Единица измерения	R	E	R	E	R	E	R	E
Длина (мм)	T	T·M	T	T·M	T	T·M	T	T·M
1000L	15,5	0,73	12,9	0,61	10,4	0,49	7,8	0,37
1500L	23,3	1,09	19,4	0,91	15,5	0,73	11,6	0,55
2000L	31,1	1,46	25,9	1,22	20,7	0,97	15,5	0,73
2500L	38,8	1,82	32,3	1,52	25,9	1,22	19,4	0,91
3000L	46,6	2,19	38,8	1,82	31,1	1,52	23,3	1,09
3500L	54,3	2,65	45,3	2,13	36,2	1,70	27,1	1,27

HA 200H

Состав резины	CV1		CV2		CV3		CV4	
Единица измерения	R	E	R	E	R	E	R	E
Длина (мм)	T	T·M	T	T·M	T	T·M	T	T·M
1000L	20,7	1,3	17,3	1,1	13,8	0,9	10,4	0,65
1500L	31,1	1,9	25,9	1,6	20,7	1,3	15,5	0,97
2000L	41,4	2,6	34,5	2,2	27,6	1,7	20,7	1,3
2500L	51,8	3,2	43,1	2,7	34,5	2,2	25,9	1,6
3000L	62,1	3,9	51,8	3,2	41,4	2,6	31,1	1,9
3500L	72,5	4,5	60,4	3,8	48,3	3,0	36,2	2,3

HA 250H

Состав резины	CV1		CV2		CV3		CV4	
Единица измерения	R	E	R	E	R	E	R	E
Длина (мм)	T	T·M	T	T·M	T	T·M	T	T·M
1000L	25,9	2,0	21,6	1,7	17,3	1,4	13,0	1,0
1500L	38,8	3,0	32,3	2,5	25,9	2,0	19,4	1,5
2000L	51,8	4,1	43,1	3,4	34,5	2,7	25,9	2,1
2500L	64,7	5,1	53,9	4,2	43,1	3,4	32,3	2,5

3000L	77,6	6,1	64,7	5,1	51,8	4,1	38,9	3,0
3500L	90,6	7,1	75,7	5,9	60,4	4,7	45,3	3,6

НА 300Н

Состав резины	CV1		CV2		CV3		CV4	
Единица измерения	R	E	R	E	R	E	R	E
Длина (мм)	Т	Т·М	Т	Т·М	Т	Т·М	Т	Т·М
1000L	31,1	2,9	25,9	2,4	20,7	1,9	15,5	1,5
1500L	46,6	4,4	38,8	3,6	31,1	2,9	23,3	2,2
2000L	62,1	5,8	51,8	4,9	41,4	3,9	31,1	2,9
2500L	77,6	7,3	64,7	6,1	51,8	4,9	38,9	3,7
3000L	93,2	8,8	77,6	7,3	62,1	5,8	46,6	4,4
3500L	108,7	10,2	90,6	8,5	72,5	6,8	54,4	5,1

НА 400Н

Состав резины	CV1		CV2		CV3		CV4	
Единица измерения	R	E	R	E	R	E	R	E
Длина (мм)	Т	Т·М	Т	Т·М	Т	Т·М	Т	Т·М
1000L	41,4	5,2	34,5	4,3	27,6	3,5	20,7	2,6
1500L	62,1	7,8	51,8	6,5	41,4	5,2	31,1	3,9
2000L	82,8	10,4	69,0	8,6	55,2	6,9	41,4	5,2
2500L	103,5	13,0	86,3	10,8	69,0	8,6	51,8	6,5
3000L	124,2	15,6	103,5	13,0	82,8	10,4	62,1	7,8
3500L	144,9	18,2	120,8	15,1	96,6	12,1	72,5	9,1

НА 500Н

Состав резины	CV1		CV2		CV3		CV4	
Единица измерения	R	E	R	E	R	E	R	E
Длина (мм)	Т	Т·М	Т	Т·М	Т	Т·М	Т	Т·М
1000L	51,8	8,1	43,1	6,8	34,5	5,4	25,9	4,1
1500L	77,6	12,2	64,7	10,1	51,8	8,1	38,9	6,1
2000L	103,5	16,2	86,3	13,5	69,0	10,8	51,8	8,1
2500L	129,4	20,3	107,8	16,9	86,3	13,5	64,7	10,2
3000L	155,3	24,3	129,4	20,3	103,5	16,2	77,6	12,2
3500L	181,1	28,4	150,9	23,6	120,8	18,9	90,6	14,4

НА 600Н

Состав резины	CV1		CV2		CV3		CV4	
Единица измерения	R	E	R	E	R	E	R	E
Длина (мм)	Т	Т·М	Т	Т·М	Т	Т·М	Т	Т·М

1000L	62,1	11,7	51,8	9,7	41,4	7,8	31,1	5,8
1500L	93,2	17,5	77,6	14,6	62,1	11,7	46,6	8,7
2000L	124,2	23,3	103,5	19,5	82,8	15,6	62,1	11,7
2500L	155,3	29,2	129,4	24,3	103,5	19,5	77,6	14,6
3000L	186,3	35,0	155,3	29,2	124,2	23,3	93,2	17,5

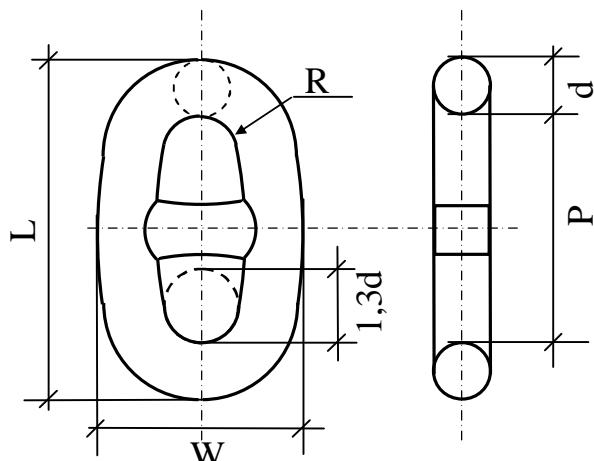
HA 800H

Состав резины	CV1		CV2		CV3		CV4	
Единица измерения	R	E	R	E	R	E	R	E
Длина (мм)	T	T·M	T	T·M	T	T·M	T	T·M
1000L	82,8	20,8	69,0	17,3	55,2	13,8	41,4	10,4
1500L	124,2	31,1	103,5	25,9	82,8	20,8	62,1	15,6
2000L	165,6	41,5	138,0	34,6	110,4	27,7	82,8	20,7
2500L	207,0	51,9	172,5	43,2	138,0	34,6	103,5	25,9
3000L	248,4	62,3	207,0	51,9	165,6	41,5	124,2	31,1

Размеры анкерных болтов для крепления ОУ (Sumitomo)

Размер Анкера		Размер ОУ		
Для новых причалов	Для существующих причалов	V, LMD, Beta	Pi, HPi, UPi	PPi
<u>SMF-22</u>	<u>AMC-22</u>	150H	-	-
<u>SMF-24</u>	<u>ACM-24</u>	200H, 250H	-	300H
<u>SMF-30</u>	<u>ACM-30</u>	300H, 350H	400H	400H, 500H
<u>SMF-36</u>	<u>ACM-36</u>	400H, 500H	600H, 800H	600H, 700H, 800H
<u>SMF-42</u>	<u>ACM-42</u>	600H	1000H, 1150H, 1250H, 1400H	1000H, 1150H, 1250H
<u>SMF-48</u>	<u>ACM-48</u>	800H, 1000H	1700H, 2000H	1400H, 1700H
<u>SMF-64</u>	<u>ACM-64</u>	-	2500H, 3000H	-

Приложение 3 Данные по элементам цепей и их характеристикам

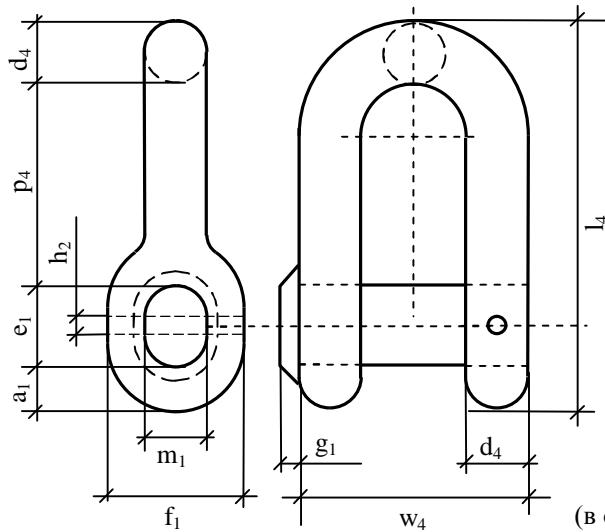


ГОСТ 228-79
Звено общее с распоркой

d – калибр цепи; L=6d; P=4d;
W=3,6d; R=0,65d.

Размеры в мм

d	L	P	W	R	Теоретическая масса в кг	d	L	P	W	R	Теоретическая масса в кг
11	66	44	40	7	0,12	73	438	292	263	47	33,0
12,5	75	50	45	8	0,18	76	456	304	274	49	37,2
14	84	56	50	9	0,25	78	468	312	281	51	40,5
16	96	64	58	10	0,35	81	486	324	292	53	46,9
17,5	105	70	63	11	0,48	84	504	336	302	55	51,8
19	114	76	68	12	0,61	87	522	348	313	57	56,8
20,5	123	82	74	13	0,76	90	540	360	324	59	63,1
22	132	88	79	14	0,92	92	552	368	331	60	67,1
24	144	96	86	16	1,22	95	570	380	342	62	73,4
26	156	104	94	17	1,53	97	582	388	349	63	78,1
28	168	112	101	18	1,85	100	600	400	360	65	86,0
30	180	120	108	20	2,35	102	612	408	367	66	91,6
32	192	128	115	21	2,85	105	630	420	378	68	100
34	204	136	122	22	3,39	107	642	428	385	70	106
36	216	144	130	23	4,09	111	666	444	400	72	116
38	228	152	137	25	4,81	114	684	456	410	74	125
40	240	160	144	26	5,52	117	702	468	421	76	133
42	252	168	151	27	6,48	120	720	480	432	78	142
44	264	176	158	29	7,43	122	732	488	439	79	147
46	276	184	166	30	8,39	124	744	496	446	81	153
48	288	192	173	31	9,55	127	762	508	457	83	168
50	300	200	180	33	10,8	130	780	520	468	85	183
52	312	208	187	34	12,3	132	792	528	475	86	194
54	324	216	194	35	13,5	137	822	548	493	89	219
56	336	224	202	36	15,1	142	852	568	511	92	245
58	348	232	209	38	16,9	147	883	588	529	96	270
60	360	240	216	39	18,5	152	912	608	547	99	296
62	372	248	223	40	20,5	157	942	628	565	102	328
64	384	256	230	42	22,5	162	972	648	583	105	362
66	396	264	238	43	24,5	167	1002	668	601	109	372
68	408	272	245	44	26,5	173	1038	692	623	112	406
70	420	280	252	46	28,9	178	1068	712	641	116	444



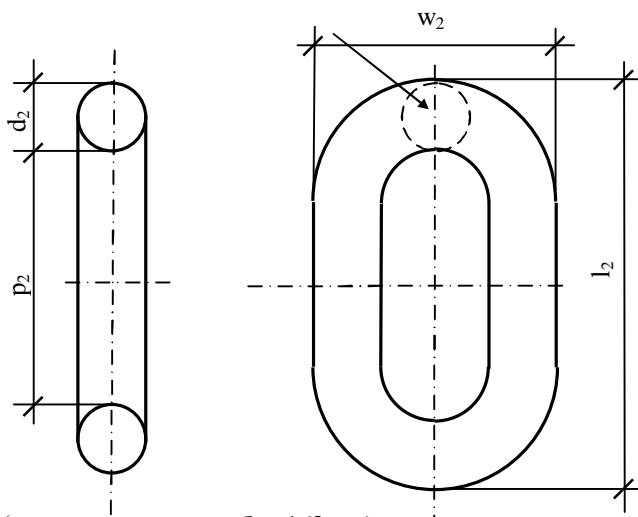
ГОСТ 228-79
Скоба концевая

d – калибр цепи; $d_4=1,4d=m_1$;
 $l_4=8,7d$; $w_4=5,2d$; $a_1=0,9d$; $f_1=3,1d$;
 $g_1=0,2d$; $p_4=l_4-(d_4+a_1+e_1)=4,6d$;
 $e_1=1,8d$

(в оригинале до калибра 168 мм)

Размеры мм

d	d_4	l_4	p_4	w_4	a_1	e_1	f_1	g_1	h_2	m_1	Теоретическая масса, кг
9	12,5	78	41,5	47	8	16	28	2	2	12,5	0,15
10	14	87	46	52	9	18	31	2	2	14	0,35
11	15,5	96	51	57	10	20	34	2	4	15,5	0,55
12,5	17,5	109	58	65	11	22	39	2,5	4	17,5	0,85
14	19,5	122	65	73	12,5	25	44	3	6	19,5	1,20
16	22,5	139	73	83	14,5	29	50	3	6	22,5	1,60
17,5	24,5	152	81	91	15,5	31	54	3,5	6	24,5	2,10
19	26,5	165	87,5	99	17	34	59	4	6	26,5	2,60
20,5	28,5	178	94	107	18,5	37	64	4	6	28,5	3,40
22	31	191	101	114	20	39	68	4,5	6	31	4,50
24	34	209	110	125	22	43	74	5	6	34	5,40
26	37	226	120	135	23	46	81	5	6	37	6,40
28	39	244	129	146	25	51	87	5,5	6	39	7,50
30	42	261	138	156	27	54	93	6	8	42	9,00
32	45	278	147	166	29	57	99	6,5	8	45	10,5
34	48	296	156	176	30	62	105	7	8	48	12,0
36	50	313	166	187	32	65	112	7	8	50	16,0
38	53	331	175	198	34	69	118	7,5	8	53	20,0
40	56	348	181	208	36	72	124	8	8	56	24,0
42	59	365	193	218	38	75	130	8,5	8	59	28,0
44	62	383	202	229	40	79	136	9	10	62	32,0
46	64	400	212	239	41	83	143	9	10	64	36,0
48	67	418	221	250	43	87	149	9,5	10	67	42,0
50	70	435	230	260	45	90	155	10	10	70	47,0
52	73	452	239	270	47	93	161	10,5	10	73	53,0
54	76	470	248	281	49	97	167	11	10	76	59,0
56	78	487	258	291	50	101	174	11	10	78	65,0
58	81	505	267	302	52	105	180	11,5	12	81	72,0
60	84	522	276	312	54	108	186	12	12	84	79,0
62	87	539	285	322	56	111	192	12,5	12	87	86,0
64	90	557	294	333	58	115	198	13	12	90	94,0
66	92	574	304	343	59	119	205	13	12	92	103
68	95	592	313	354	61	123	211	13,5	12	95	113
70	98	609	322	364	63	126	217	14	12	98	126
73	102	635	336	380	66	131	226	14,5	16	102	145
76	106	661	350	395	68	137	236	15	16	106	165
78	109	678	359	406	70	140	242	15,5	16	109	180
81	113	705	373	421	73	146	251	16	16	113	200
84	118	731	386	437	76	151	260	17	16	118	220
87	122	757	400	452	78	157	270	17,5	20	122	240
90	126	783	414	468	81	162	279	18	20	126	262



ГОСТ 228-79
Концевое звено

d – калибр цепи; d_2 – калибр концевого звена; $d_2=1,2d$; $p_2=4,8d$;
 $w_2=4,3d$; $l_2=7,2d$.

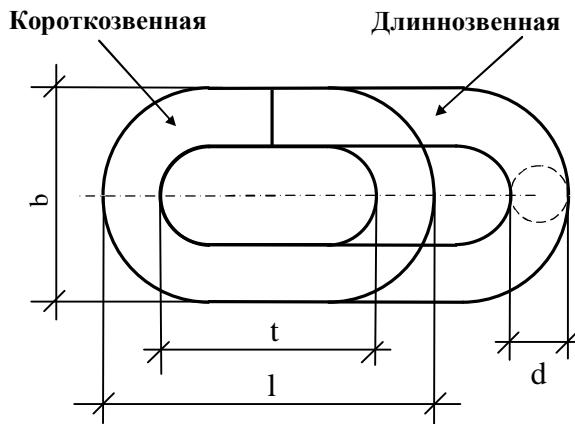
Размеры мм

d	d_2	l_2	p_2	w_2	Теоретическая масса, кг
9	11	65	43	39	0,11
10	12,5	72	48	43	0,15
11	14	84	56	50	0,25
12,5	16	96	64	58	0,35
14	17,5	105	70	63	0,48
16	19	114	76	68	0,61
17,5	20,5	123	82	74	0,76
19	22	132	88	79	0,92
20,5	24	144	96	86	1,22
22	26	156	104	94	1,53
24	28	168	112	101	1,85
26	32	192	128	115	2,85
28	34	204	136	122	3,39
30	36	216	144	130	4,09
32	38	228	152	137	4,81
34	40	240	160	144	5,52
36	44	264	176	158	7,43
38	46	276	184	166	8,39
40	48	288	192	173	9,55
42	50	300	200	180	10,8
44	52	312	208	187	12,3
46	56	336	224	202	15,1
48	58	348	232	209	16,9
50	60	360	240	216	18,5
52	62	372	248	223	20,5
54	64	384	256	230	22,5
56	68	408	272	245	26,5
58	70	420	280	252	28,9
60	72	438	292	263	33,0
62	74	438	292	263	33,0
64	76	456	304	274	37,2
66	81	486	324	292	46,9
68	81	486	324	292	46,9
70	84	504	336	302	51,8
73	87	522	348	313	56,8
76	92	552	368	331	67,1

ГОСТ 228-79 Основные параметры якорных цепей с распорками

(в оригинале до калибра 162 мм)

Калибр, мм	Нагрузка для типа (категории) цепи, кН, не менее						Теоретическая масса 1 м промежуточной смычки, кг	
	1		2		3			
	пробная	разру- шающая	пробная	разру- шающая	пробная	разру- шающая		
11	36	51	-	-	-	-	3,2	
12,5	46	66	66	92	-	-	3,7	
14	58	82	82	116	-	-	4,3	
16	76	107	107	150	-	-	5,6	
17,5	89	127	127	179	-	-	6,8	
19	105	150	150	211	-	-	8,0	
20,5	123	175	175	244	244	349	9,3	
22	140	200	200	280	280	401	10,7	
24	167	237	237	332	332	476	12,7	
26	194	278	278	389	389	556	14,7	
28	225	321	321	449	449	642	16,5	
30	257	368	368	514	514	735	19,6	
32	291	417	417	583	583	833	22,4	
34	328	468	468	655	655	937	24,6	
36	366	523	523	732	732	1050	28,4	
38	406	581	581	812	812	1160	31,6	
40	448	640	640	896	896	1280	34,5	
42	492	703	703	981	981	1400	38,6	
44	538	769	769	1080	1080	1540	42,2	
46	585	837	837	1170	1170	1680	45,5	
48	635	908	908	1270	1270	1810	49,8	
50	686	981	981	1370	1370	1960	54,0	
52	739	1060	1060	1480	1480	2110	59,1	
54	794	1140	1140	1590	1590	2270	62,5	
56	851	1220	1220	1710	1710	2430	67,5	
58	909	1290	1290	1810	1810	2600	72,8	
60	969	1380	1380	1940	1940	2770	77,1	
62	1030	1470	1470	2060	2060	2940	82,6	
64	1100	1560	1560	2190	2190	3130	88,0	
66	1160	1660	1660	2310	2310	3300	93,0	
68	1230	1750	1750	2450	2450	3500	97,0	
70	1290	1840	1840	2580	2580	3690	103,0	
73	1390	1990	1990	2790	2790	3990	113,0	
76	-	-	2150	3010	3010	4300	123	
78	-	-	2260	3160	3160	4500	130	
81	-	-	2410	3380	3380	4820	145	
84	-	-	2580	3610	3610	5160	154	
87	-	-	2750	3850	3850	5500	163	
90	-	-	2920	4090	4090	5840	175	
92	-	-	3040	4260	4260	6080	182	
95	-	-	3230	4510	4510	6440	193	
97	-	-	3340	4680	4680	6690	201	
100	-	-	3530	4940	4940	7060	215	
102	-	-	3660	5120	5120	7320	224	
105	-	-	3850	5390	5390	7700	238	
107	-	-	3980	5570	5570	7960	246	
111	-	-	4250	5940	5940	8480	262	
114	-	-	4440	6230	6230	8890	271	
117	-	-	4650	6510	6510	9300	280	
120	-	-	4850	6810	6810	9720	294	
122	-	-	5000	7000	7000	9990	302	
124	-	-	5140	7200	7200	10280	308	



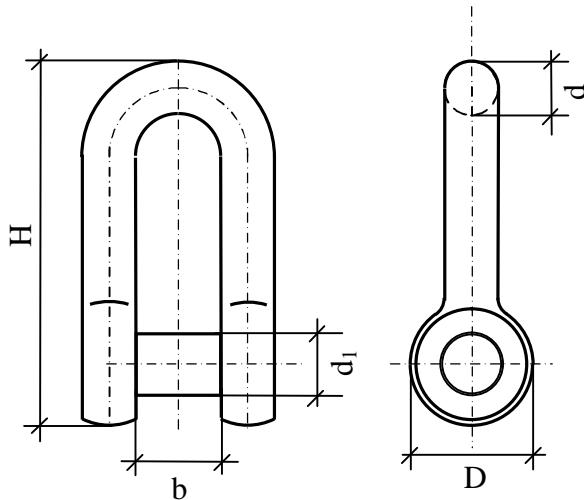
**ТУ 12.0173856.009-88 Цепи
круглозвенные сварные.
Общего назначения**

Цепи нормальной прочности короткозвенные

Калибр, d	Шаг, t	Длина зве-на, l	Ширина звена, b	Нагрузка, кН		Масса 1 м цепи, кг
				пробная	разрушающая, на менее	
11	33	55	37	23	46	2,67
12,5	38	63	43	29	58	3,44
14	42	70	47	37	74	4,32
16	48	80	54	48	96	5,64
17,5	50	85	58	58	116	6,75
19	57	95	64	68	136	7,95
22	66	110	75	92	183	11,3
26	78	130	88	128	255	15,7
28	84	140	96	148	296	18,0
32	96	160	109	198	386	23,2
34	102	170	116	219	437	26,3
38	114	190	129	272	544	32,5

Цепи нормальной прочности длиннозвенные

Калибр, d	Шаг, t	Длина зве-на, l	Ширина звена, b	Нагрузка, кН		Масса 1 м цепи, кг
				пробная	разрушающая, на менее	
5	19	29	19	3	6	0,5
6	27	39	22	5	10	0,7
7	30	44	26	8	16	1,0
8	34	50	30	12	24	1,3
9	38	56	32	15	31	1,6
11	42	64	42	23	46	2,5
14	77	105	48	35	70	3,3
16	88	120	54	50	100	4,6
19	102	140	64	68	136	6,4
22	116	160	77	92	183	8,6
22	136	180	77	92	183	8,3

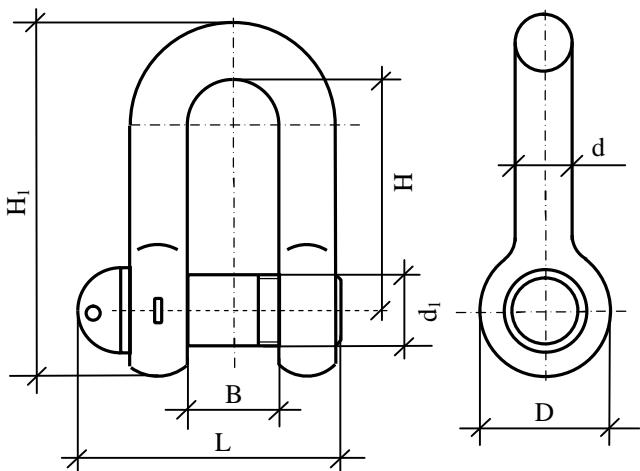


ГОСТ 765-85 Скобы якорные

Диаметр штыря якорной скобы - 16

Диаметр ветви якорной скобы - 14

d (ветвь)	d ₁ (штырь)	H	b	D	Нагрузка для цепи, кН, не менее		Масса якорной скобы, кг
					пробная	разрушающая	
14	16	95	22	32	31,1	44,4	0,4
16	18	110	26	36	37,4	53,3	0,6
20	22	135	32	45	67,1	95,8	1,1
22	25	150	36	50	87,0	124	1,5
24	27	170	40	54	104,6	149	1,9
26	30	185	45	60	135,6	193	2,5
28	32	200	48	64	163,0	233	3,1
30	34	215	53	68	188,0	268	3,8
34	38	240	58	78	233,2	333	5,6
38	43	285	65	86	273,8	391	8,0
42	48	300	72	95	329,1	470	10,4
46	52	320	78	105	395,7	565	14,0
54	60	375	82	122	456,4	651	21,2
56	65	410	96	126	556,0	794	25,0
64	72	450	102	144	698,0	996	35,9
70	80	495	110	158	828,0	1181	47,3
78	90	570	123	176	1056	1507	66,6
90	105	620	133	205	1244	1775	99,0
100	115	685	145	225	1470	2098	133,4
110	125	760	160	250	1754	2504	179,6
125	140	775	175	280	2023	2888	241,8
135	150	810	185	305	2220	3169	299,4
145	160	870	195	330	2420	3454	371,9
155	170	930	205	350	2733	3901	450,0
170	190	1020	230	385	3035	4332	598,6
180	200	1080	240	405	3440	4910	704,9
190	210	1140	260	430	3800	5424	834,0
205	230	1230	280	460	4140	5909	1044,0



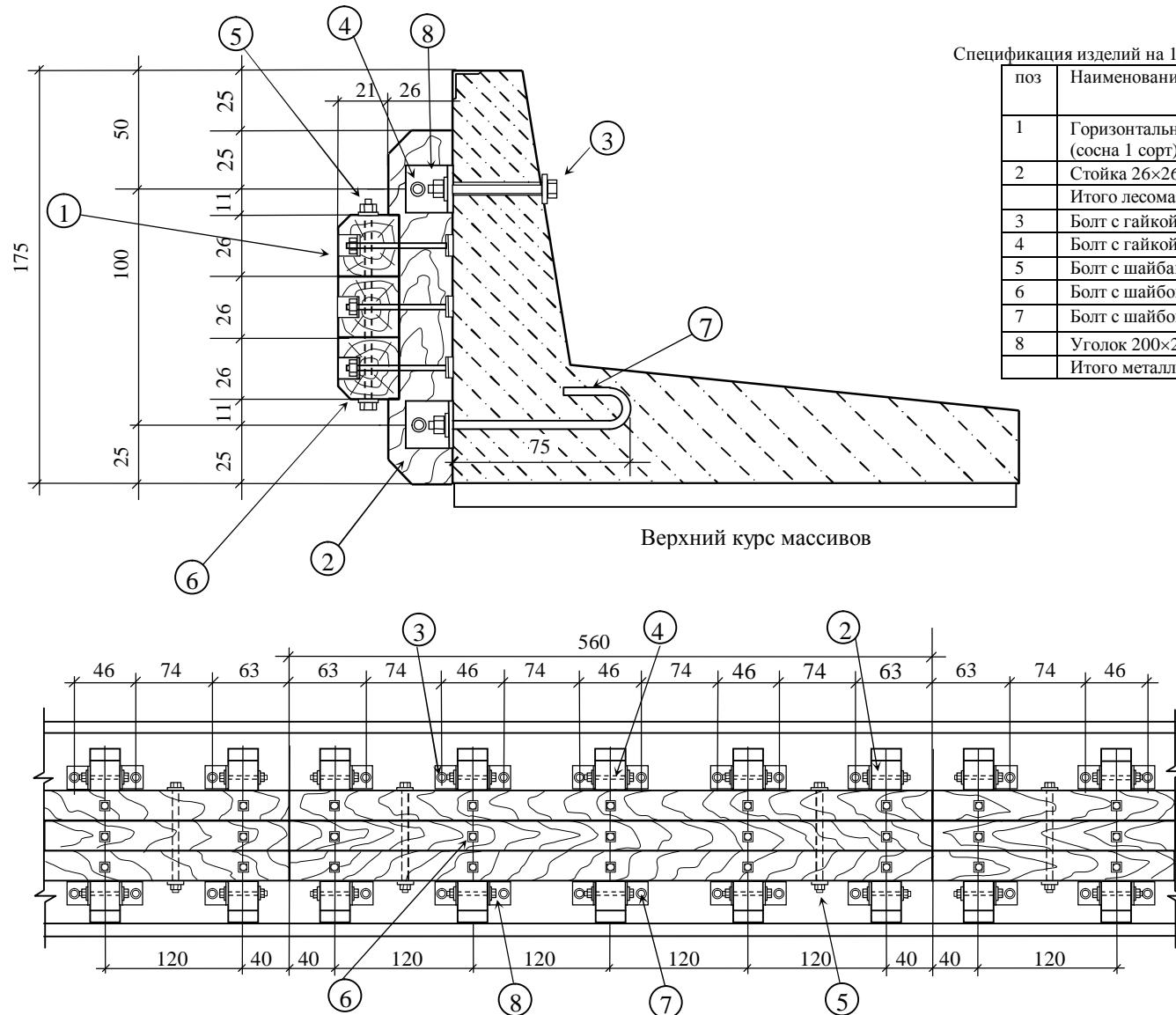
OCT5.2312-79 Скобы

такелажные

Скоба типа СА

d	d ₁	H	H ₁	L	B	D	Допускаемая нагрузка, кН	Пробная нагрузка., кН
5	6	25	40	30	10	12	1	2
6	8	30	47	37	12	16	2	4
8	10	36	57	43	13	19	3	6
9	12	40	64	49	16	24	5	10
11	16	53	82	61	20	28	8	16
13	18	56	89	68	22	31	12	24
16	20	67	105	79	25	36	16	32
20	24	75	120	96	30	40	20	40
22	27	80	131	104	32	48	25	50
24	33	90	148	116	38	57	32	64
28	36	105	171	131	42	65	40	80
32	39	110	185	147	45	75	50	100
36	42	130	212	166	52	80	63	126
40	48	145	235	185	60	86	80	160
45	52	165	267	203	65	100	100	200
48	58	180	290	216	70	110	125	250
50	64	205	322	233	80	120	160	320
60	72	230	362	268	90	130	200	400
65	76	260	402	289	96	140	250	500
75	90	280	444	325	105	160	320	600
80	95	300	474	342	110	170	400	700

Приложение 4 Варианты конструктивных решений ОУ



Спецификация изделий на 1 секцию причала – 25,4 м.

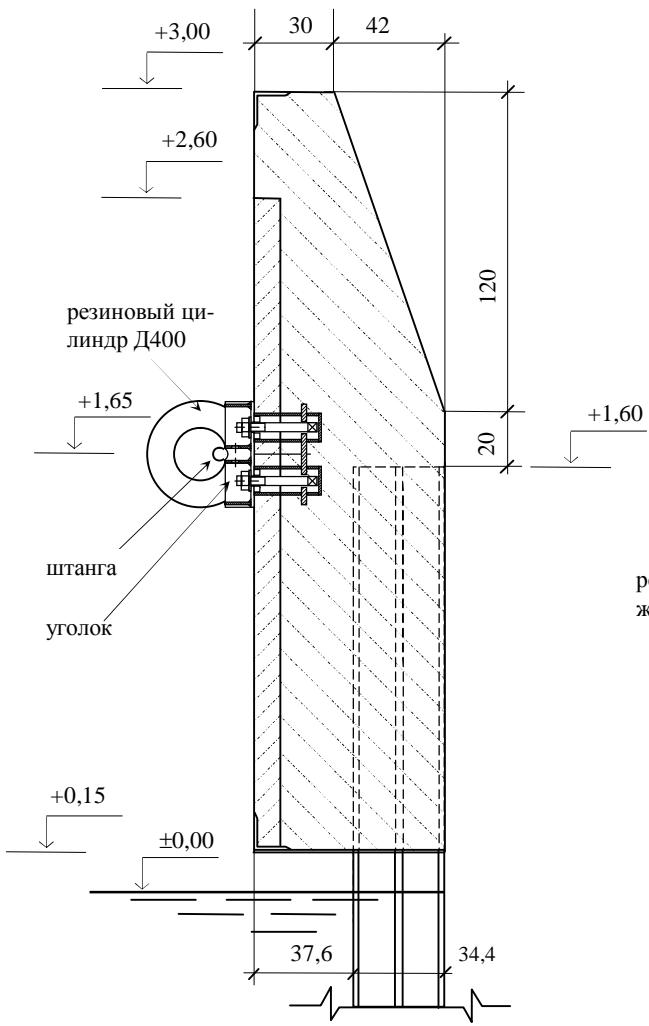
поз	Наименование	Длина м, мм	Количество шт	Вес или объем кг или м ³	
				единицы	на секцию
1	Горизонтальный брус 26×26 см (сосна 1 сорт)	5,6	12	0,38	4,56 м ³
		3,0	3	0,20	0,60 м ³
2	Стойка 26×26 см	1,5	23	0,10	2,3 м ³
	Итого лесоматериалов				7,46 м ³
3	Болт с гайкой и шайбой М36	456	32	4,623	147,94
4	Болт с гайкой и шайбами М30	354	46	2,533	123,18
5	Болт с шайбами и гайкой М27	840	10	4,84	48,4
6	Болт с шайбой и гайкой М22	404	69	2,146	148,04
7	Болт с шайбой и гайкой М36	1095	40	9,46	378,4
8	Уголок 200×200×20	200	72	12,02	865,44
	Итого металлоизделий				1711,40

БАМР г Находка - отбойная деревянная рама.

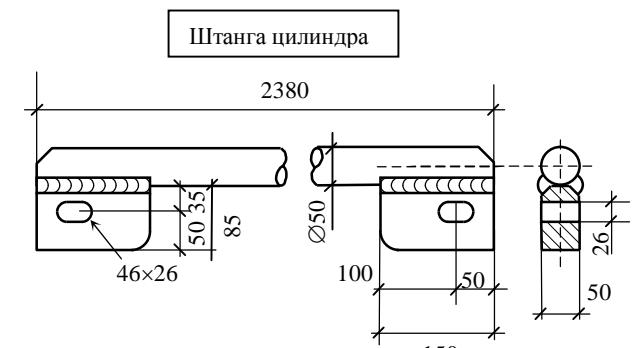
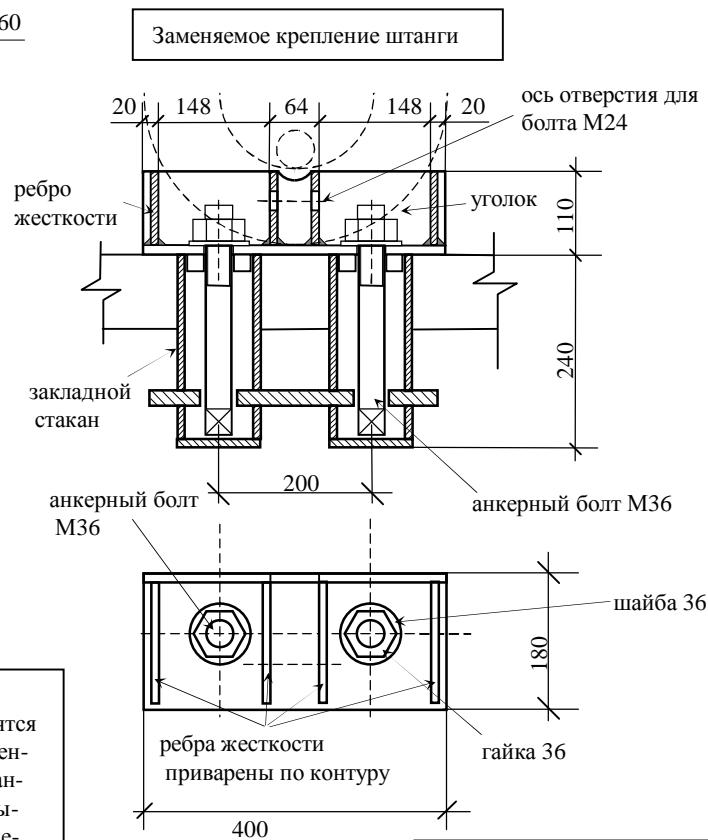
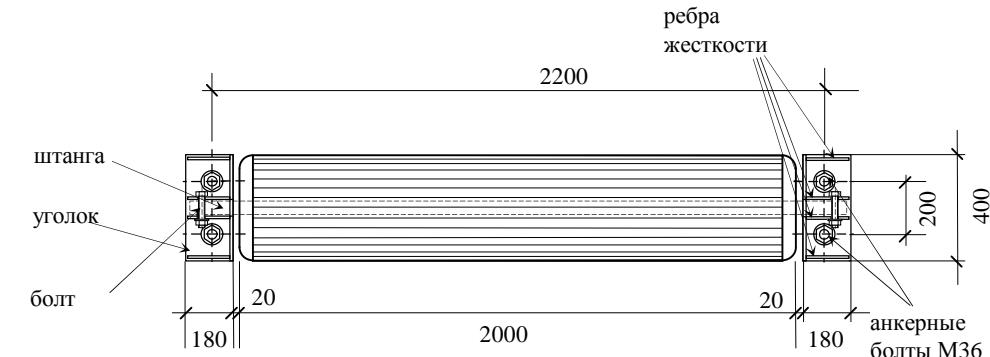
Использовалась в ДВ портах в 70-е годы. Недолговечна – выступающие брусья стираются бортом судна за 2-4 года. Для монтажа рамы требуется достаточно точная установка большого количества закладных болтов, которые устанавливаются при изготовлении надстройки. В фиксирующих уголках предусмотрены вытянутые отверстия для компенсации неточности установки болтов, эти вытянутые отверстия приводили к преждевременному разбалтыванию крепления рамы и выходу ее из строя. Размеры в см.

На 5 м длины надстройки приходится 336,9 кг металлоизделий из стандартных профилей

Приложение 4.1 Деревянная отбойная рама

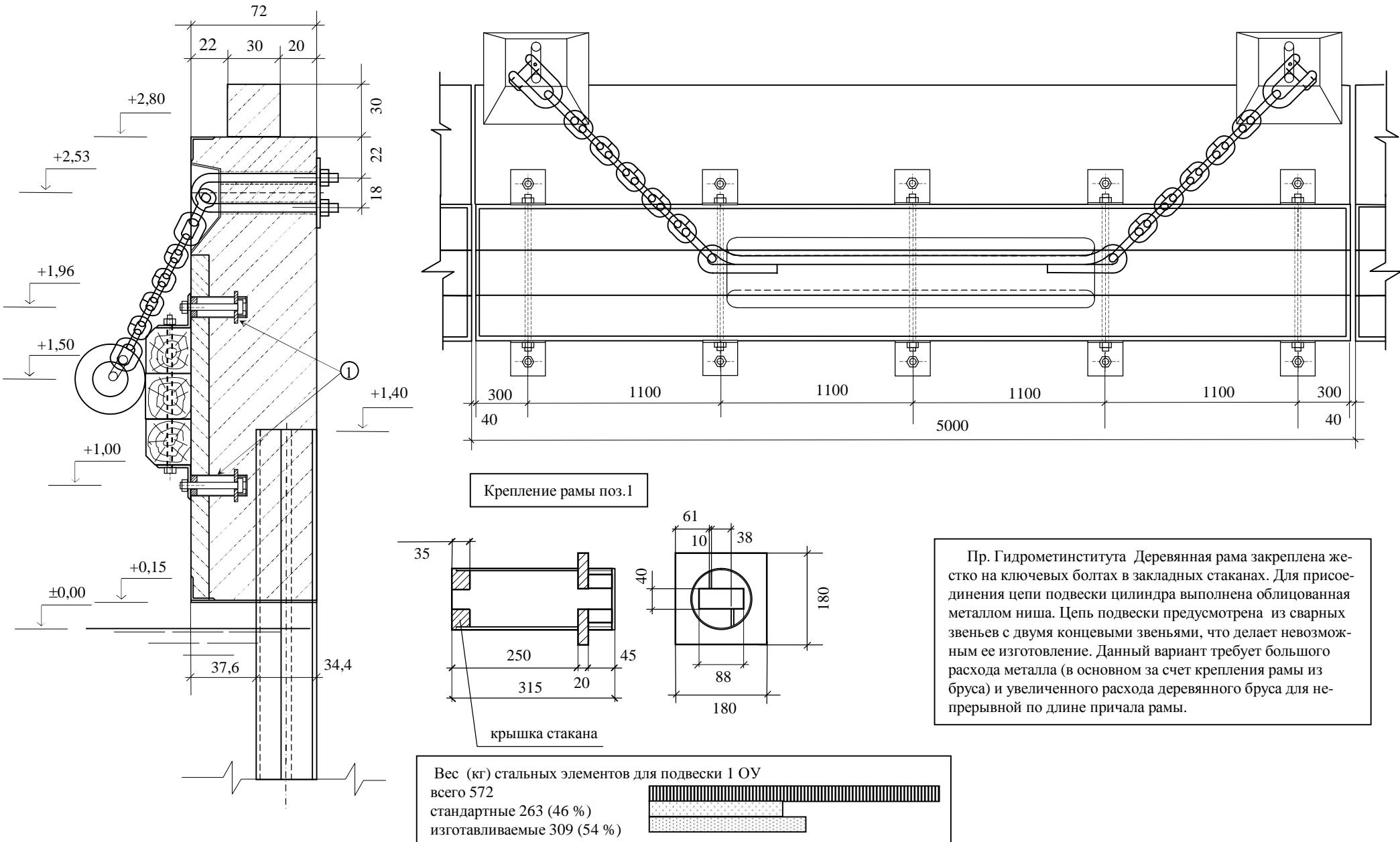


Нулевые причалы ВМТП. Жесткое крепление на съемных болтах, выполненных в форме ключа. Болты заводятся в закладные стаканы. Цилиндр крепится на штанге с приваренными пластинами по концам. Сварка стального листа со штангой при динамических нагрузках не обладает достаточной выносливостью. Не выдерживают так же переменных динамических нагрузок ключевые крепления болта.

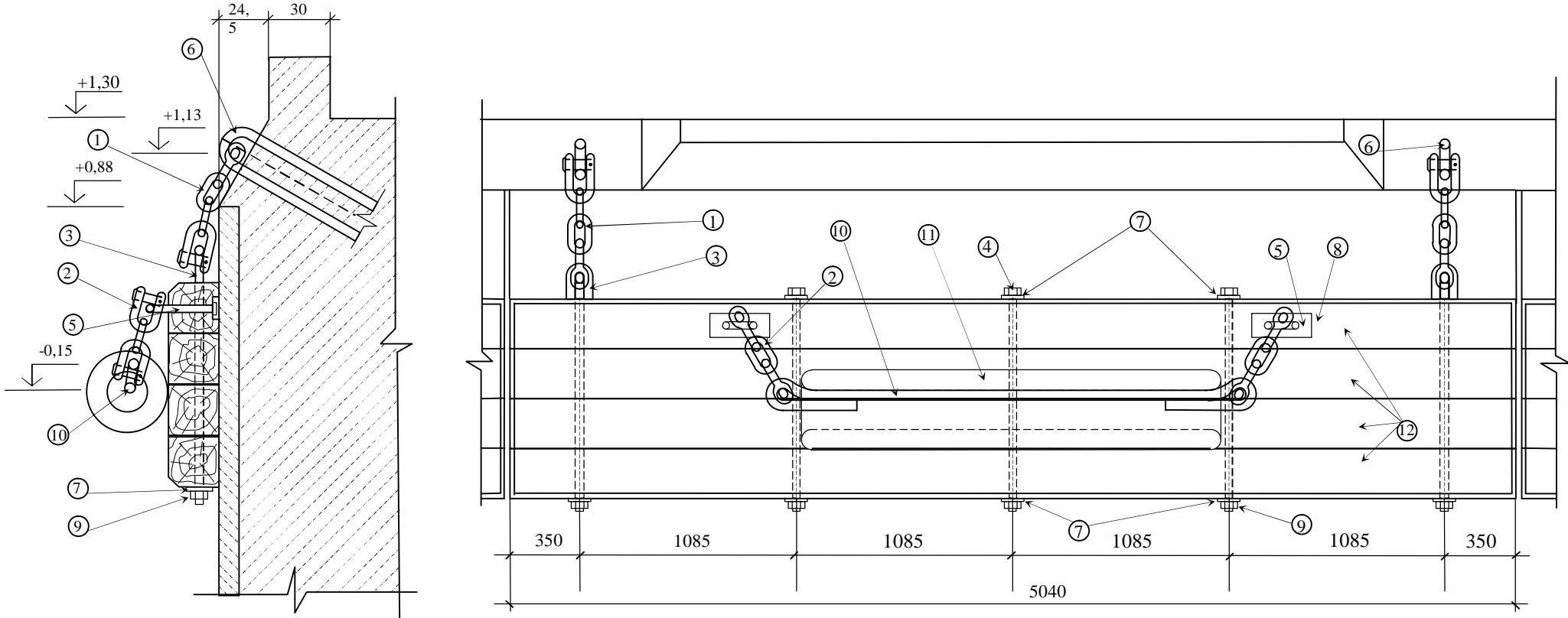


Вес (кг) стальных элементов для подвески 1 ОУ
всего 144
стандартные 26 (18 %)
изготавливаемые 118 (82 %)

Приложение 4.2 Нулевые причалы Владивостокский МТП (70-е годы)
(в настоящее время – 14-16 причалы)



Приложение 4.3 Пр. Гидрометеонститута г. Владивосток



Спецификация элементов на 1 отбойное устройство и на секцию причала

Поз.	Наименование	Количество на 1 ОУ	Вес кг.		
			единицы	На 1 ОУ	На секцию (25 м)
1	Цепь подвески рамы: скоба концевая кал. 28 – 2 шт; звено концевое кал. 28 – 2 шт	2	21,8	43,5	217,5
2	Цепь подвески цилиндра: скоба концевая кал. 28 – 2 шт; звено концевое кал. 28 – 1 шт	2	18,4	36,8	184,0
3	Шпилька M42 с прорезиной	2	18,4	36,8	184,0
4	Стяжной болт рамы M42	3	12,8	38,4	192,0
5	Рым подвески цилиндра M36	2	8,2	16,4	82,0
6	Рым подвески рамы M48	2	28,0	56,0	280,0
7	Подкладка	8	1,33	10,6	53,0
8	Подкладка	4	1,94	7,76	38,8
9	Гайка M42	5	0,62	3,1	15,5
10	Штанга Ø50	1	52,9	52,9	264,5
11	Резиновый цилиндр	1			
12	Деревянный брус 250×250			1,25 м ³	6,25 м ³
13	Гайка M36	4	0,38	1,52	7,6
Итого на 1 ОУ				303,8	
Итого на секцию причала					1518,9

НМТП пр. 9-10. Рым установлен в скошенной части надстройки, что предохраняет его от повреждения бортом судна. Предусмотрен большой расход скоб (8 шт.). Узел крепления цилиндра связан только с верхним бруском, штыри подвески рамы в другом месте, что недостаточно по прочности. Рама из бруса длинная по ширине и контактирует с соседними рамами, что способствует большему распределению усилия навала, но приводит к большому количеству стяжных болтов. Расположение цепей подвески рамы – вертикальное, что так же способствует более равномерному распределению усилия навала. Неудачное положение рымов подвески цилиндра к раме – горизонтальное, способствует расщеплению бруса в этом месте вдоль волокон.

Вес (кг) стальных элементов для подвески 1 ОУ

всего 304



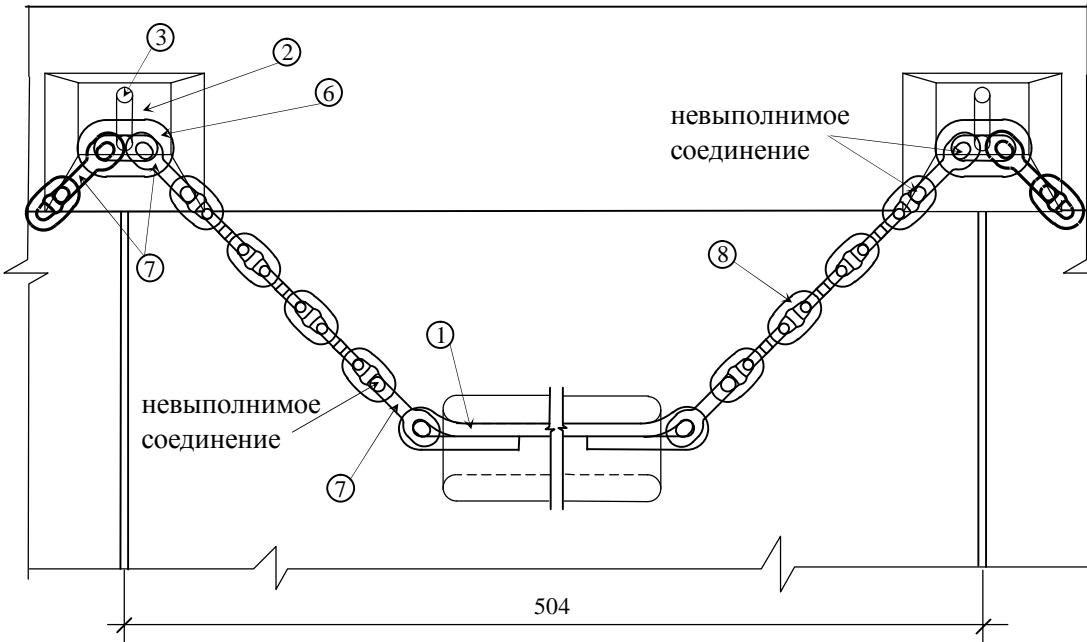
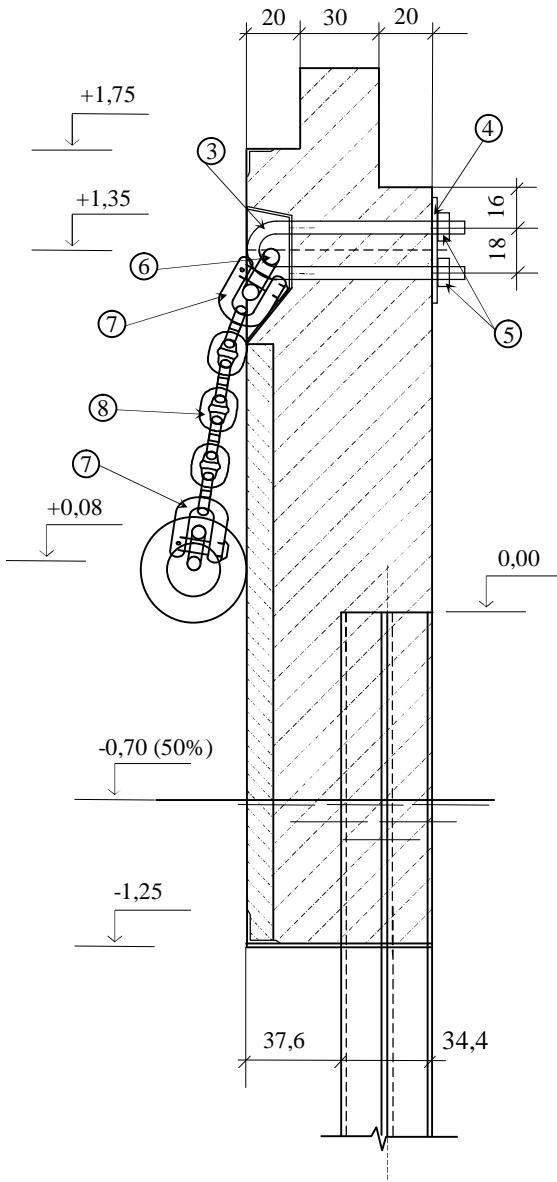
стандартные 103 (34 %)



изготавливаемые 200 (66 %)



Приложение 4.4 Находкинский морской торговый порт пр. 9-10



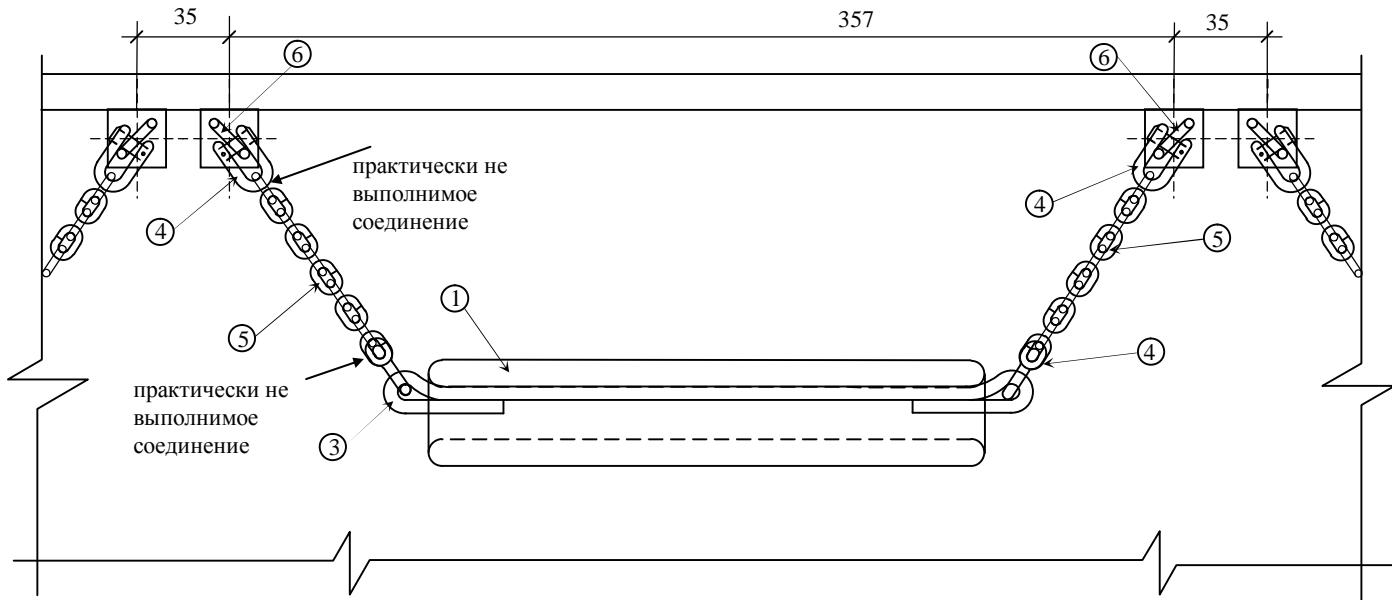
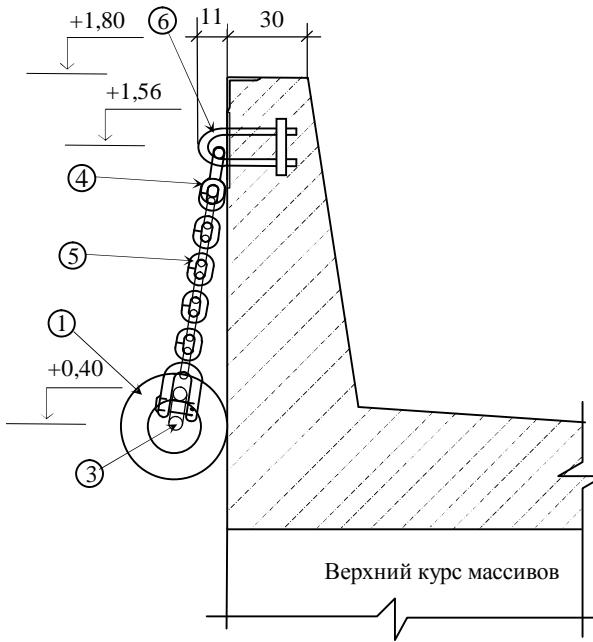
Спецификация элементов на одно ОУ и секцию причала

Поз.	Наименование	Количество о на 1 ОУ	Вес кг единицы	На 1 ОУ	На секцию
1	Штанга Ø50	1	52,9	52,9	264,5
2	Коробка ниши для рыма 770×720×8	1	23,6	23,6	141,6
3	Рым для подвески цилиндра М56	1	32,6	32,6	195,6
4	Подкладка под рым 400×200×20	1	12,6	12,6	75,6
5	Гайка М56	2	1,45	2,9	17,4
6	Звено концевое калибра 50	1	18,5	18,5	111,0
7	Скоба концевая калибра 38	4	20,0	80,0	400,0
8	Звено общее с распоркой калибра 38	14	4,8	67,2	336,0
Итого на 1 отбойное устройство				290,3	
Итого на секцию причала – 25 м					1541,7

Вес (кг) стальных элементов для подвески 1 ОУ
всего 290
стандартные 181 (62 %)
изготавливаемые 109 (38 %)

Порт Провидения Удлинение причала базы лихтеровозов. Использованы цепи большого калибра для подвески цилиндра без деревянной рамы. С целью экономии соединение цилиндры подвешиваются на один рым через концевое звено большого калибра (выполнить не возможно из-за недостаточных размеров концевого звена). Так же не соединяется скоба со звеном цепи.

Приложение 4.5 п. Провидения
Удлинение причала базы лихтеровозов



Спецификация элементов на 1 отбойное устройство и на секцию причала

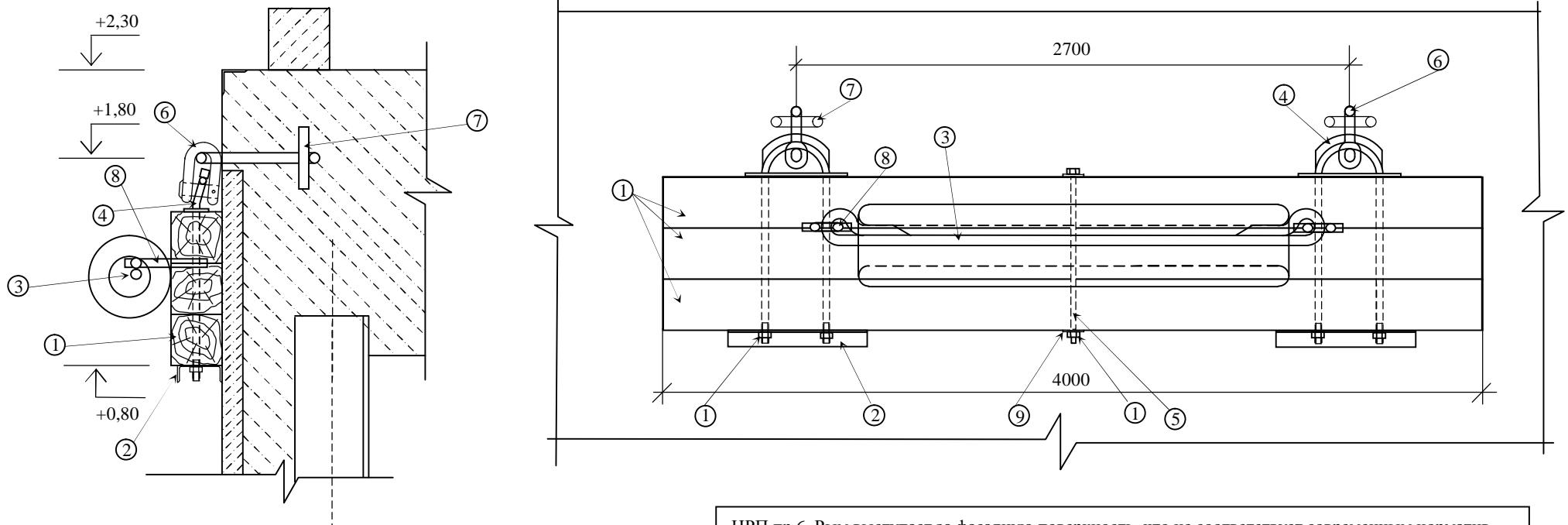
№ поз.	наименование	количество на 1 ОУ	Вес кг		
			единицы	на 1 ОУ	на секцию
1	Резиновый цилиндр Д400	1		1 шт	7 шт
2	Арматура Ø36 L=300	4	2,4	9,6	67,2
3	Штанга Ø50	1	47,7	47,7	333,9
4	Скоба концевая калибр 28	4	3,73	14,92	104,4
5	Звено сварное без распорки калибр 28	20	1,59	31,8	222,6
6	Рым Ø36	2	7,14	14,28	99,96
7	Лист стальной 220×220×12	2	4,56	9,12	63,84
Итого на 1 отбойное устройство				127,42	
Итого на секцию причала 27 м					891,9

Первомайский СРЗ. Подвеска цилиндра на длинных сварных цепях без деревянной рамы. Рымы приняты недостаточной прочности. Заделка рымов в бетон так же недостаточна. Невыполнимые соединения из-за неправильных соотношений размеров скобы и звена цепи.

Вес (кг) стальных элементов для подвески 1 ОУ
всего 127
стандартные 65 (51 %)
изготавливаемые 62 (49 %)



Приложение 4.6 Первомайский СРЗ г. Владивосток

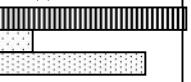


Спецификация элементов на 1 отбойное устройство и секцию причала, при шаге развески 5 м

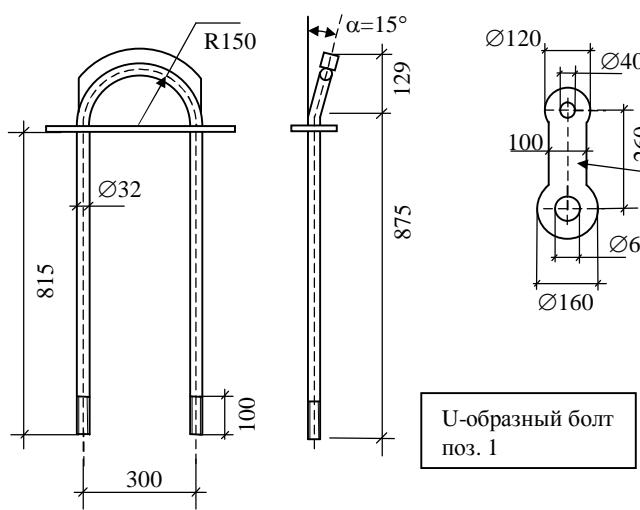
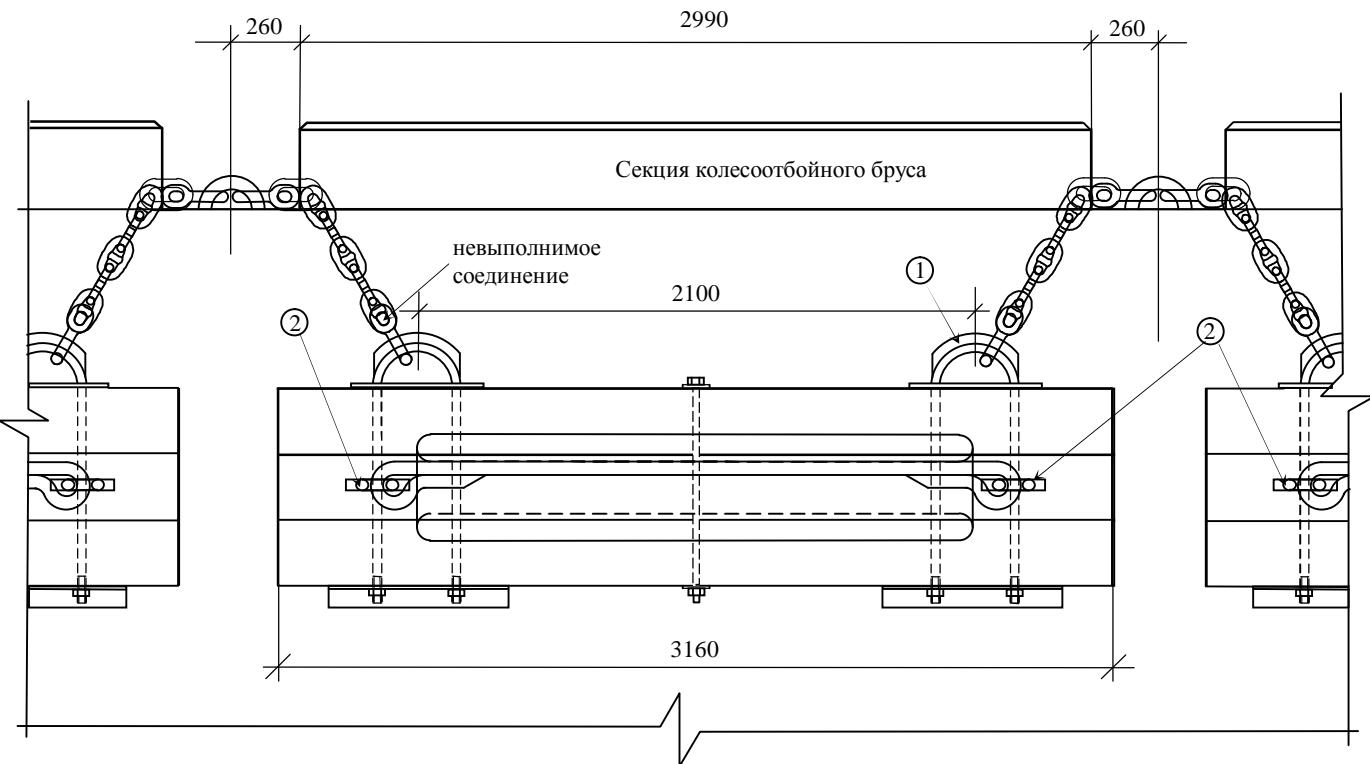
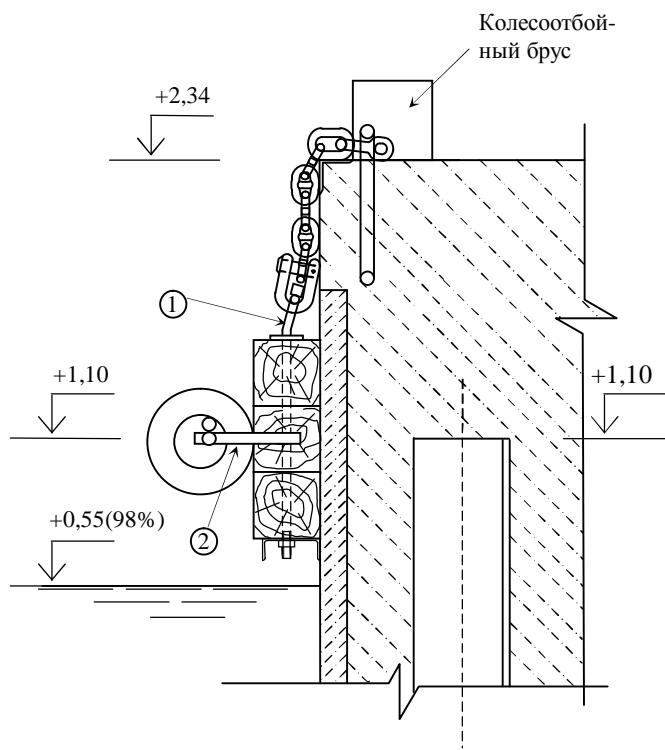
№ поз.	наименование	Количество на 1 ОУ	Вес кг		
			единицы	На 1 ОУ	На секцию
1	Брус 250×250 L=4000	3	0,25 м ³	0,75 м ³	3,75 м ³
2	Швeller № 22 L=680	2	14,3	28,6	143
3	Штанга Ø50	1	55,8	55,8	279
4	U-образный болт	2	26,7	53,4	267
5	Болт M24 L=820	1	3,0	3,0	15,0
6	Скоба концевая кал. 34	2	12,0	24,0	120,0
7	Рым Ø50	2	31,8	63,6	318,0
8	Соединительная деталь	2	13,9	27,8	139,0
9	Шайба 100×100×10	2	0,75	1,5	7,5
10	Гайка M24	1	0,11	0,11	0,55
11	Гайка M30	4	0,23	0,92	4,6
Итого на 1 ОУ				258,7	
Итого на секцию причала					1293,7

НРП пр 6. Рым выступает за фасадную поверхность, что не соответствует современным нормативным требованиям. Подвеска рамы очень короткая – одна скоба (сэкономлена цепь подвески). Для упрочнения узла подвески рамы применены усиленные накладкой U-образные стяжные болты. Сложная в изготовлении соединительная деталь, которая заменяет обычные элементы подвески цилиндра. Штанга выполнена со скошенным торцом стержня, что бы меньше повреждать внутреннюю поверхность цилиндра при сжатии.

Вес (кг) стальных элементов для подвески 1 ОУ
всего 258
стандартные 55 (21%)
изготавливаемые 204 (79%)



Приложение 4.7 Находкинский рыбный порт пр.№6



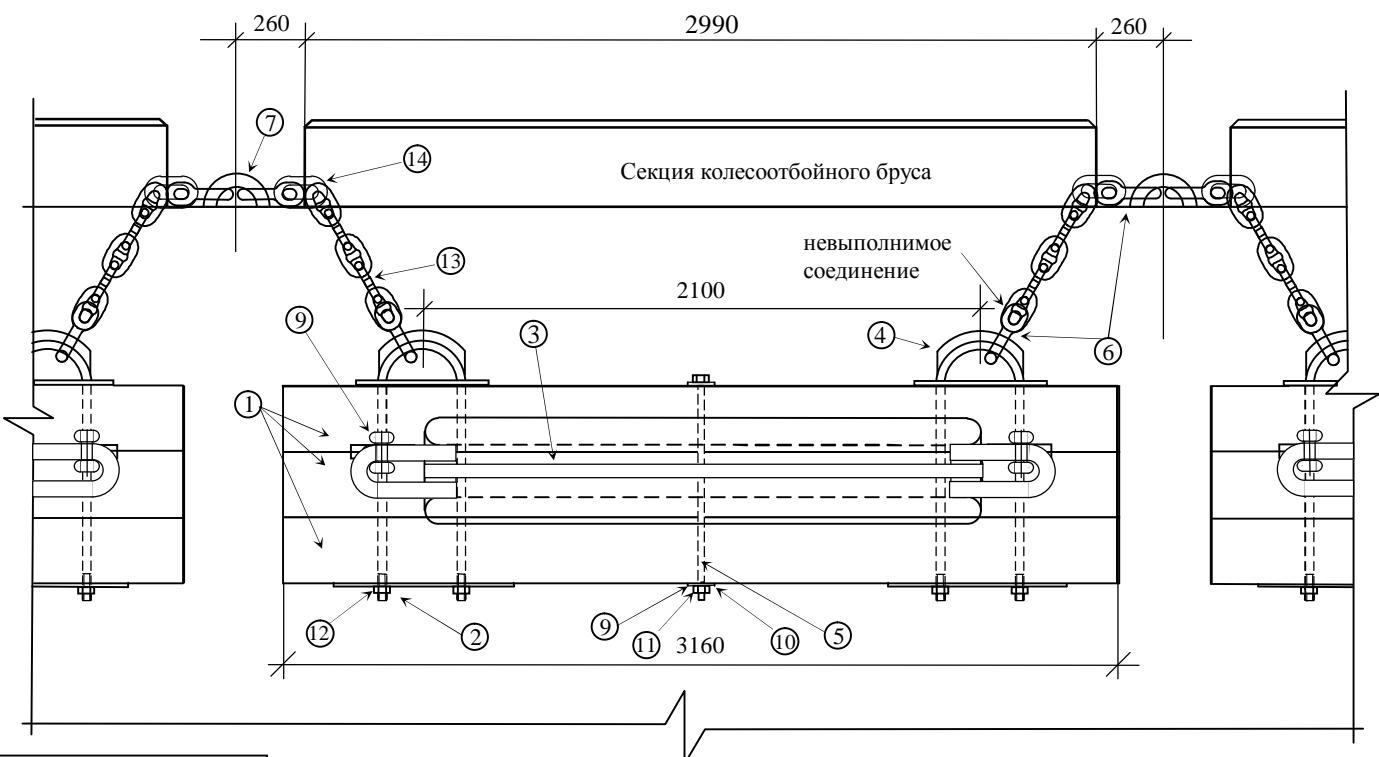
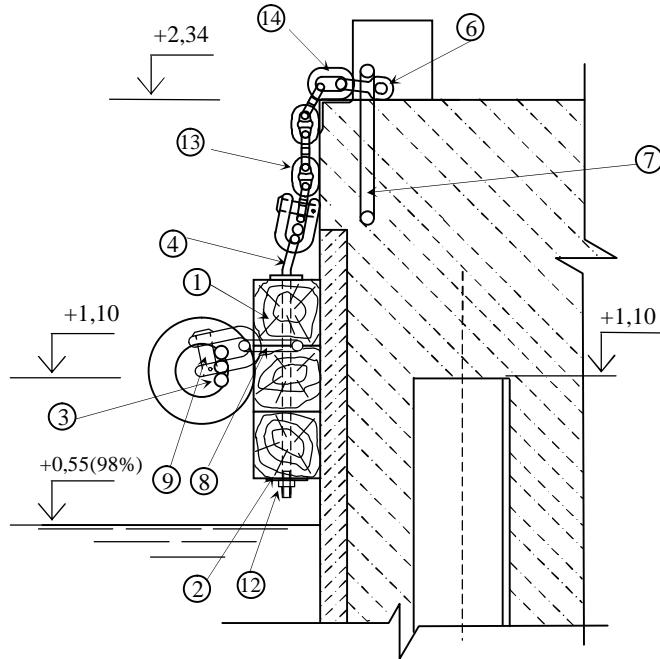
Соединительная деталь поз.2

Лист толщиной
40 мм (края
закругленные)

НРП пр.5 (Дальрыбпроект). Рым расположен на поверхности надстройки. Соединительная деталь и U-образный болт такие как на б причале. Комплект цепи подвески рамы предусматривает наличие концевого звена т.е требует специального изготовления. Подвеска двух соседних устройств за один рым экономит их количество. Невыполнимое соединение цепи подвески за счет несоответствия размеров скобы и звена цепи. Уменьшен размер деревянной рамы, за счет переноса соединительной детали на внешний стержень U-образного болта, что дает возможность уменьшить расстояние между устройствами.

Вес (кг) стальных элементов для подвески 1 ОУ
всего 250
стандартные 88,6 (35%)
изготавливаемые 161,4 (65%)

Приложение 4.8 Находкинский рыбный порт пр. №5 (Дальрыбпроект)



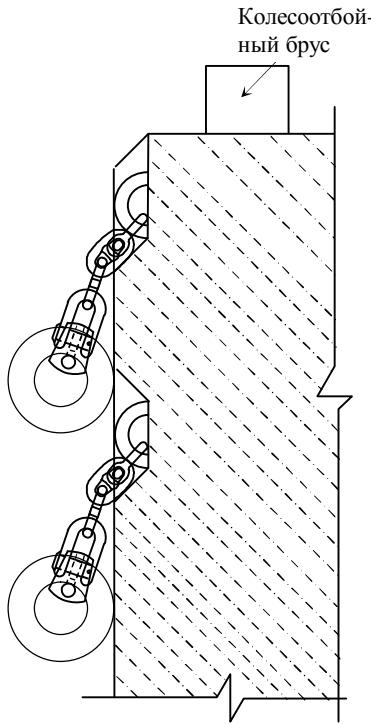
Спецификация элементов на 1 отбойное устройство и на секцию причала, при шаге развески 3,51 м.

№ поз.	Наименование	количество на 1 ОУ	Вес кг	
			единицы	На 1 ОУ
1	Брус 250x250, L=3160	3	0,2 м ³	0,59 м ³
2	Листовая сталь δ=10	2	11,7	23,4
3	Штанга Ø50	1	77,4	77,4
4	U-образный болт	2	25,42	50,84
5	Болт M24 L=820	1	3,03	3,03
6	Скоба концевая кал. 28	4	7,5	30,0
7	Рым Ø50 L=1580	1	26,36	26,36
8	Соединительная деталь – звено концевое кал. 34	2	5,52	11,04
9	Соединительная деталь – скоба концевая кал. 30	2	9,0	18,0
10	Шайба 100×100×10	6	0,52	3,14
11	Гайка M24	1	0,11	0,11
12	Гайка M30	4	0,225	0,9
13	Цепь якорная с распорками кал. 28-5 звеньев	2	9,25	18,5
14	Звено концевое кал. 28	2	2,95	5,9
Итого на 1 ОУ			268,6	42,0
Итого на секцию причала				1912,5

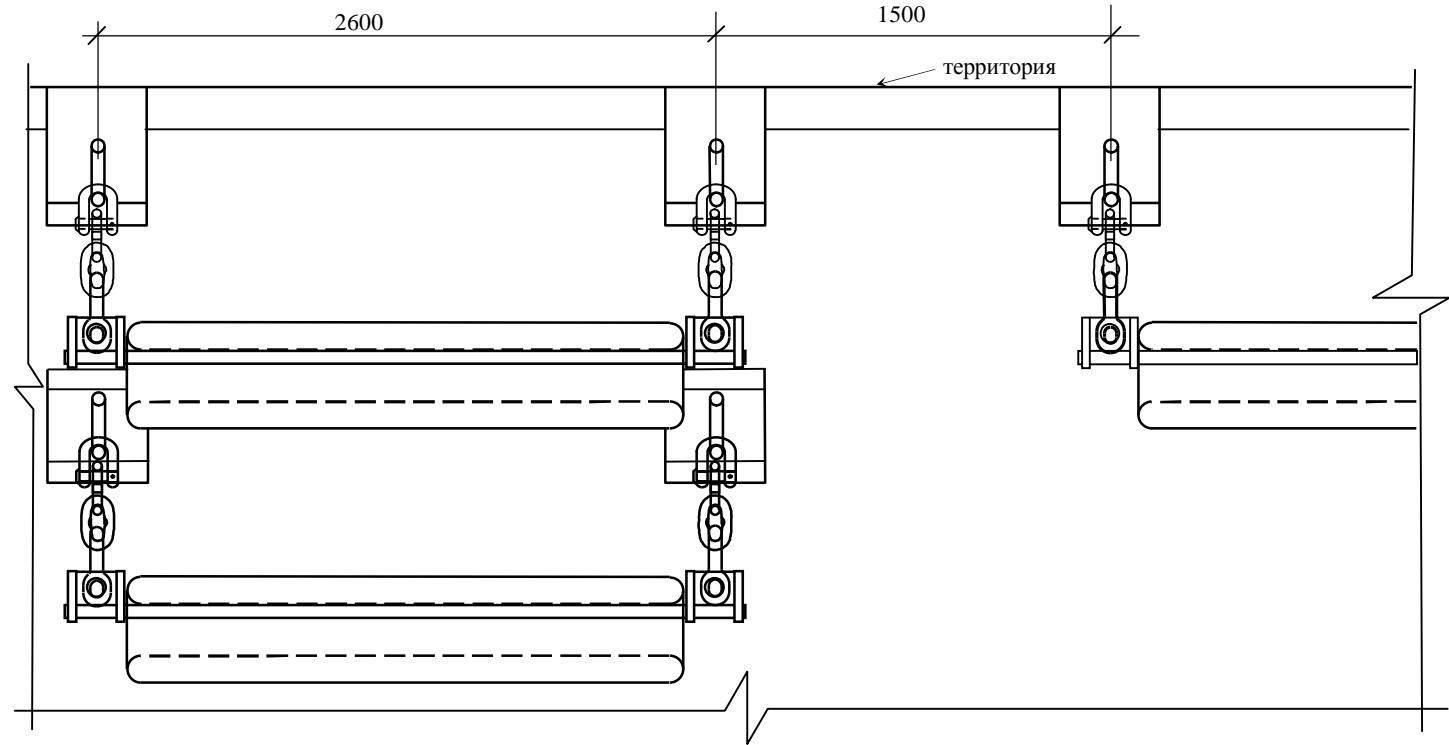
НРП пр. 5 (ПСМО). По сравнению с вариантом Дальрыбпроекта, для упрощения конструкции устройства изменена конструкция штаги и подвески цилиндра. Подвеска цилиндра в таком варианте требует большого размера втулки в брусе и соединения концевого звена и скобы при сборке рамы. Невыполнимое соединение за счет несоответствия размеров звена цепи и скобы

Вес (кг) стальных элементов для подвески 1 ОУ
всего 269
стандартные 87,5 (32%)
изготавливаемые 181 (68%)

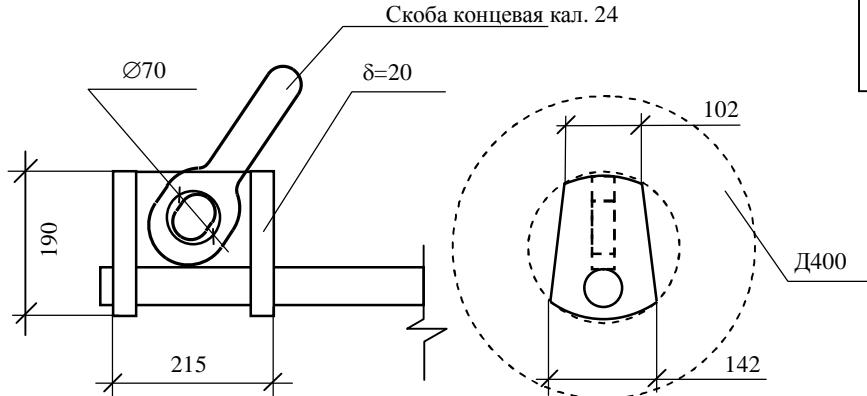
Приложение 4.9 Находкинский рыбный порт пр 5 (ПСМО)



Узел подвески штанги

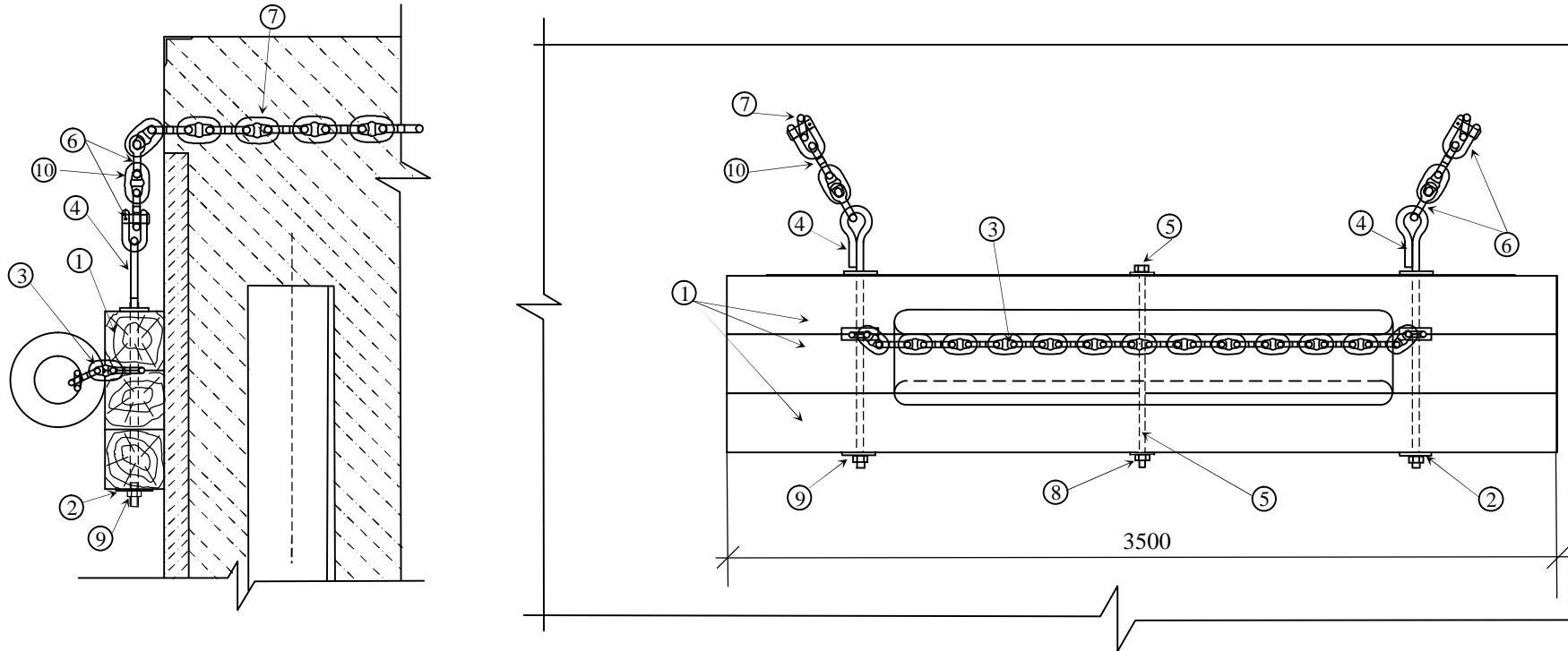


п. Восточный пр. 13. Для лучшего поглощения энергии на секции причала установлены 12 цилиндров (против обычных 8). Применены короткие цепи подвески из 2 звеньев, причем у одного звена вырезана распорка для соединения с утолщением ветви скобы. Для подвески цилиндра использована штанга упрощенного изготовления. Штанга состоит из прямолинейного отрезка стержня и приваренных на концах узлах подвески, состоящих из листа толщиной 2 см. Рымы установлены заподлицо с поверхностью надстройки в нишах без облицовки металлом. Проектные данные по подвеске не известны.



Вес (кг) стальных элементов для подвески 1 ОУ
всего 161
стандартные 37 (23 %)
изготавливаемые 124 (77 %)

Приложение 4.10 п. Восточный пр. 13



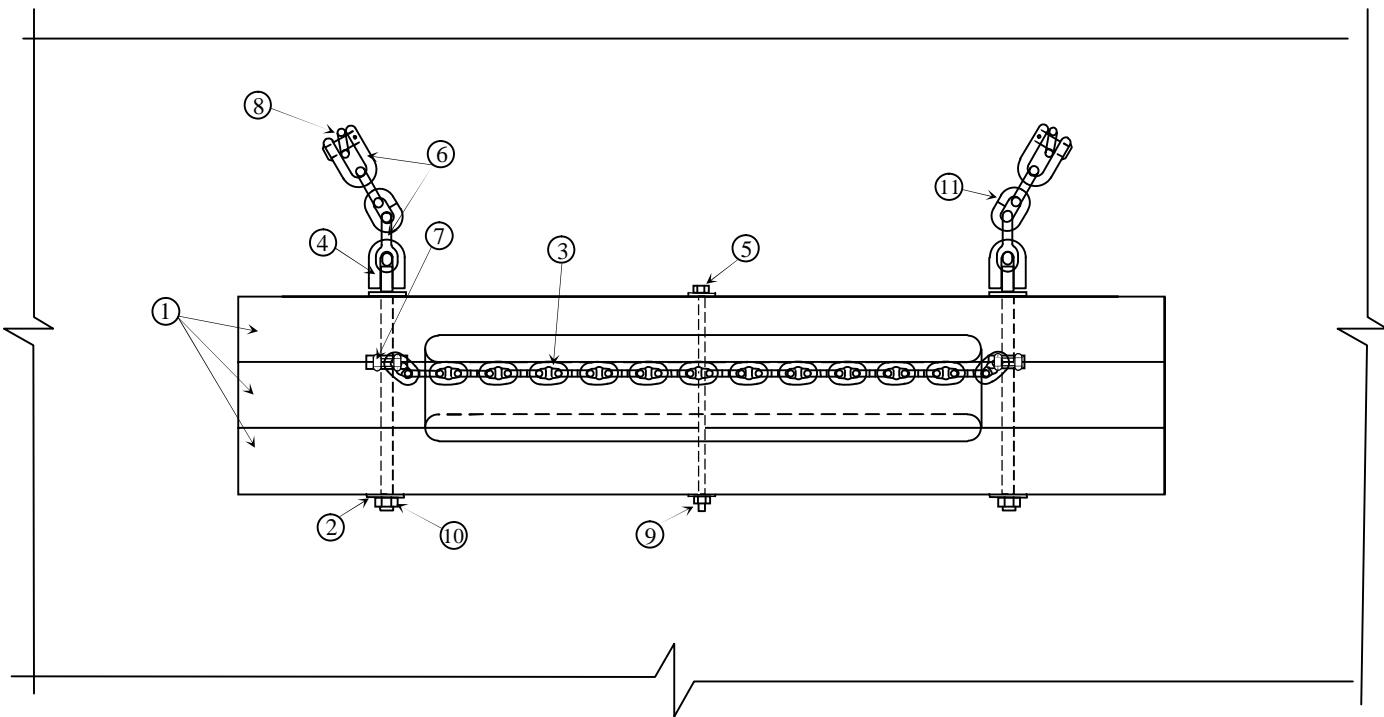
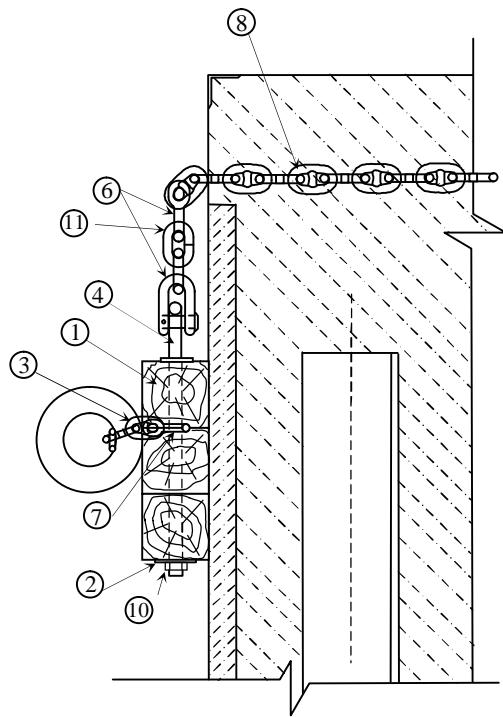
Спецификация элементов на 1 отбойное устройство и на секцию причала, при шаге развески 5 м

№ поз.	Наименование	количество на 1 ОУ	Вес кг		
			единицы	На 1 ОУ	На секцию
1	Брус 250×250, L=3500	3	0,2 м ³	0,59 м ³	2,95 м ³
2	Шайба 100×100×10	6	0,52	3,14	15,7
3	Отрезок цепи кал. 24 – 27 шт звеньев	1	32,9	32,9	164,5
4	Подвесной болт, загнутый петлей Ø30	2	12,3	24,6	123
5	Болт M24 L=820	1	3,03	3,03	15,2
6	Скоба концевая кал. 20	4	3,4	13,6	68,0
7	Замоноличенный отрезок цепи кал. 30 – 10 шт звеньев	2	23,5	47,0	235
8	Гайка M24	1	0,11	0,11	0,55
9	Гайка M30	2	0,225	0,45	2,25
10	Цепь якорная с распорками кал. 28 -2 звена	2	3,7	7,4	37
Итого на 1 ОУ				132,2	
Итого на секцию причала					661,2

Типовой образец с загнутым болтом. Вместо рымма использован закладной отрезок цепи. Подвеска цилиндра выполнена на отрезке цепи с распорками, которая заводится за стяжные болты при сборке рамы. Стяжные болты из-за необходимости приварки загнутого конца имеют недостаточную прочность на изгиб. Скобы подвески рамы для соединения с небольшими отверстиями звеньев цепи и стяжного болта имеют малые размеры и как следствие недостаточную прочность.

Вес (кг) стальных элементов для подвески 1 ОУ
всего 132
стандартные 104 (78%)
изготавливаемые 28 (22%)

Приложение 4.11 Типовой образец ОУ с загнутым болтом, использован на причалах до 9,75 м в портах Находка, Владивосток, Ванино и т. д.



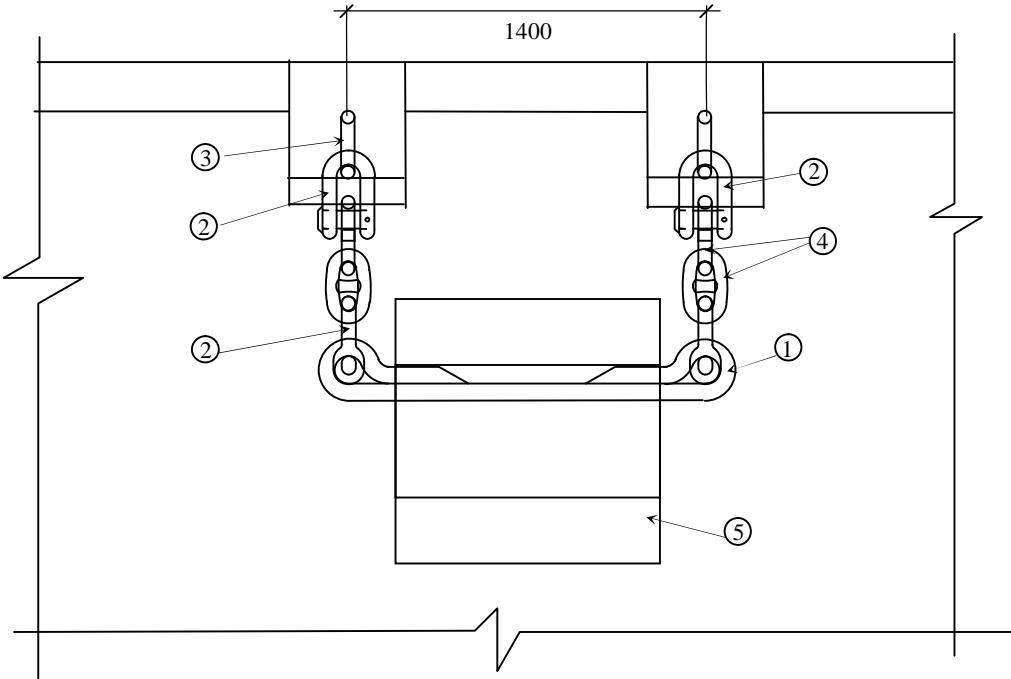
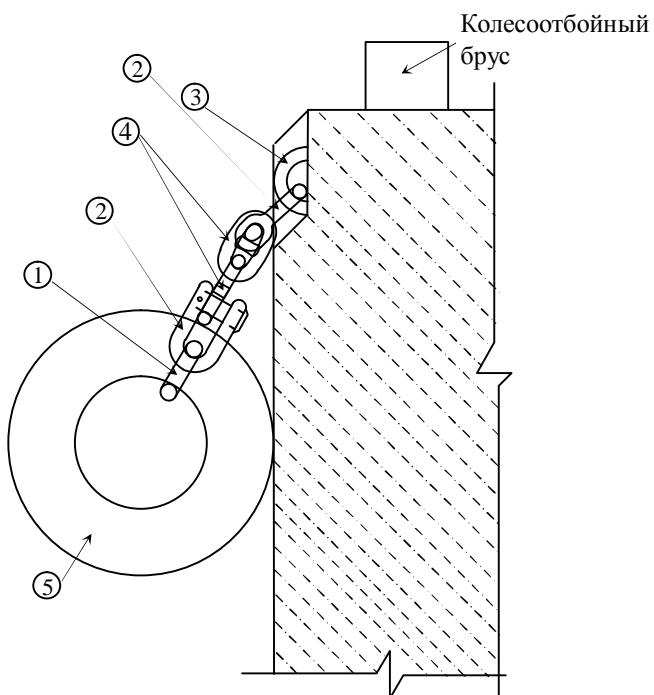
Спецификация элементов на 1 отбойное устройство и на секцию причала, при шаге развески 5 м

№ поз	Наименование	количество на 1 ОУ	Вес кг		
			единицы	На 1 ОУ	На секцию
1	Брус 250×250, L=3500	3	0,2 м ³	0,59 м ³	2,95 м ³
2	Шайба 100×100×10	6	0,52	3,14	15,7
3	Отрезок цепи кал. 24 – 25 шт звеньев	1	30,5	30,5	152,5
4	Подвесной болт с проушиной Ø44	2	18,6	37,2	186
5	Болт M24 L=820	1	3,03	3,03	15,2
6	Скоба концевая кал. 26	4	6,4	25,6	128
7	Скоба концевая кал. 20	2	3,4	6,8	34
8	Замоноличенный отрезок цепи кал. 30 – 10 шт звеньев	2	23,5	47,0	235
9	Гайка M24	1	0,11	0,11	0,55
10	Гайка M44	2	0,225	0,45	2,25
11	Цепь сварная коротковенная (без распорок) кал. 34 -2 звена	2	2,68	5,37	26,8
Итого на 1 ОУ			159,2		
Итого на секцию причала			796		

Типовой образец ОУ, стяжной болт с проушиной. Вместо рыма использован закладной отрезок цепи. Из-за необходимости иметь большое отверстие для скобы проушина выполнена из круглой стали диаметром 44 мм. Цепь подвески цилиндра соединена со стяжным болтом через скобу.

Вес (кг) стальных элементов для подвески 1 ОУ
всего 159
стандартные 119 (75 %)
изготавливаемые 40 (25 %)

Приложение 4.12 Типовой образец ОУ (стяжной болт с проушиной) применяется на причалах до 9,75 м в портах Владивосток, Находка, Ванино и т. д.



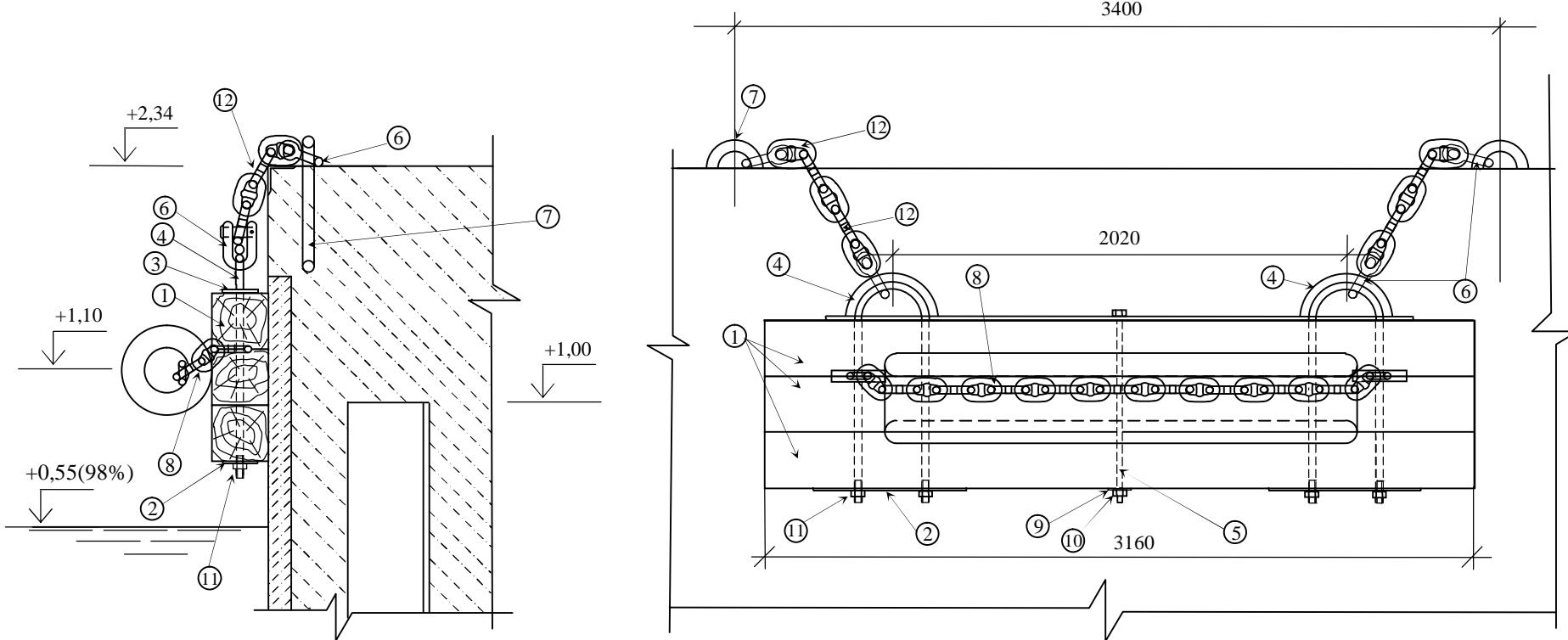
Спецификация элементов на 1 отбойное устройство и на секцию причала,
при шаге развески 8,3 м.

№ поз.	Наименование	количество на 1 ОУ	Вес кг		
			единицы	На 1 ОУ	На секцию
1	Штанга Ø70 L=2100	1	60,4	60,4	181,2
2	Скоба концевая кал. 34	4	12,0	48,0	144
3	Рым Ø70 L=1580	2	47,7	95,5	286,4
4	Цепь якорная с распорка- ми кал. 48	4 звена	9,55	38,2	114,6
5	Резиновый цилиндр Д1000				3 шт
	Итого на 1 ОУ			242,1	
	Итого на секцию причала				726,2

Типовой образец подвески Д1000 применен на причалах 11,5 м и более в портах Восточный, Находка, Владивосток. Для выполнения такого варианта установки ОУ необходимо в нижнем якорном звене подвески вырезать распорку.

Вес (кг) стальных элементов для подвески 1 ОУ
всего 242
стандартные 86,2 (36%)
изготавливаемые 156 (64%)

Приложение 4.13 Типовой образец подвески Д1000



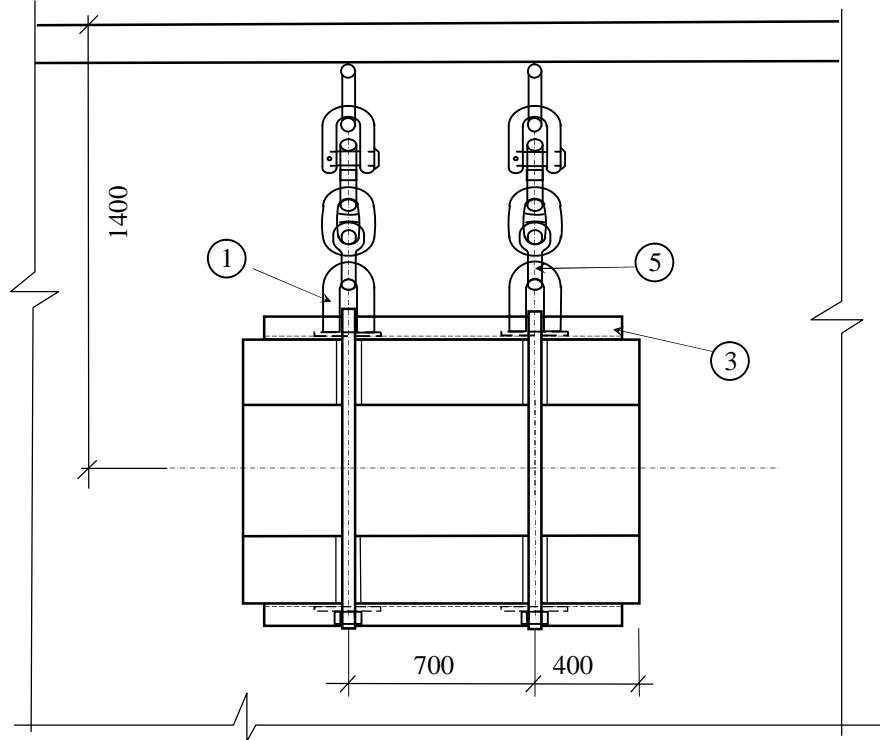
Спецификация элементов на 1 отбойное устройство и на секцию причала, при шаге развески 3,51 м.

№ поз	Наименование	количество на 1 ОУ	Вес кг		
			единицы	На 1 ОУ	На секцию
1	Брус 250×250, L=3160	3	0,2 м ³	0,59 м ³	4,2 м ³
2	Нижние пластины Листовая сталь δ=10	2	11,7	23,4	166,7
3	Верхняя пластина Листовая сталь δ=12	1	46,7	46,7	331,6
4	U-образный болт Ø30+40	2	27,2	54,4	387,0
5	Болт M24 L=820	1	3,03	3,03	21,6
6	Скоба концевая кал. 26	4	6,4	25,6	179,2
7	Рым Ø50 L=1580	1	26,36	26,36	187,7
8	Подвеска цилиндра Цепь якорная кал. 30 -21 звено	1	49,35	49,35	350,4
9	Шайба 100×100×10	1	0,52	0,52	3,69
10	Гайка M24	1	0,11	0,11	0,78
11	Гайка M30	4	0,225	0,9	6,4
12	Подвеска рамы Цепь якорная кал. 36 - 5 звеньев	2	20,45	40,9	290,4
Итого на 1 отбойное устройство				271,3	
Итого на секцию причала				1925,5	

Рекомендуемый вариант ОУ отличается от ранее использованных повышенной прочностью подвески и деревянной рамы. Так же при его сборке не используются дорогие и сложного изготовления элементы.

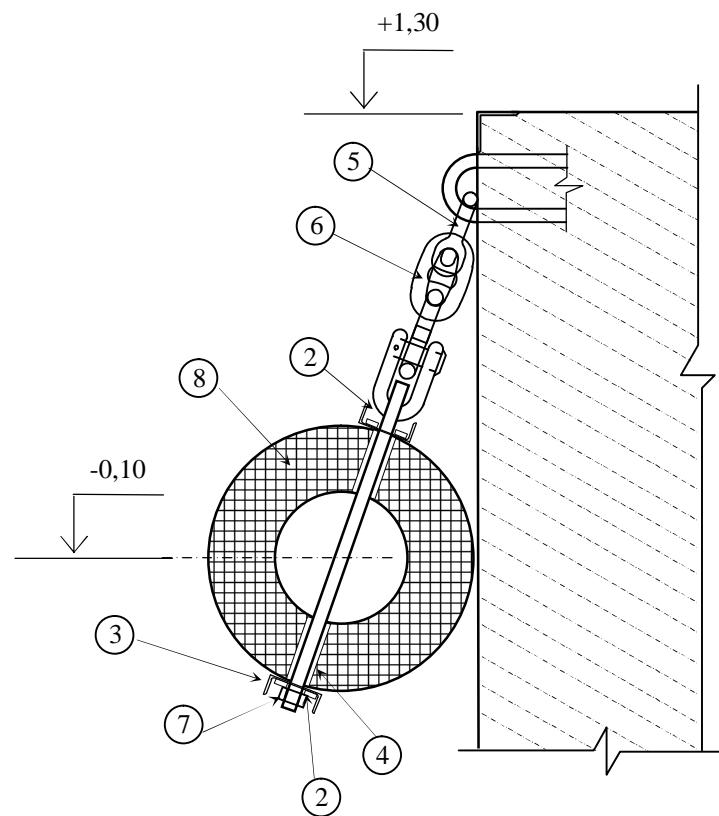
Вес (кг) стальных элементов для подвески 1 ОУ
всего 271
стандартные 187 (69 %)
изготавливаемые 84 (31 %)

Приложение 4.14 Рекомендуемый вариант ОУ с цилиндром Д400



Спецификация элементов на 1 отбойное устройство и на секцию причала (25м),
при шаге развески 5 м.

№ поз.	Наименование	количество на 1 ОУ	Вес кг		
			един.	На 1 ОУ	На сек- цию
1	Шпилька с проушиной Ø48	2	12,1	24,2	121,0
2	Подкладка	4	1,2	4,8	24,0
3	Швеллер №18	2	11,0	21,9	109,5
4	Труба 63,5×3,5	4	0,35	1,4	7,0
5	Скоба концевая А-24 1/1а	4	5,4	21,6	108,0
6	Цепь якорная с распорками кал. 32	4 звена	2,85	11,4	57,0
7	Гайка М48	2	0,5	1,0	5,0
8	Резиновый цилиндр Д1000×1500	1	1053	1053	5265
Итого стали на 1 ОУ				86,3	
Итого стали на секцию причала					431,5

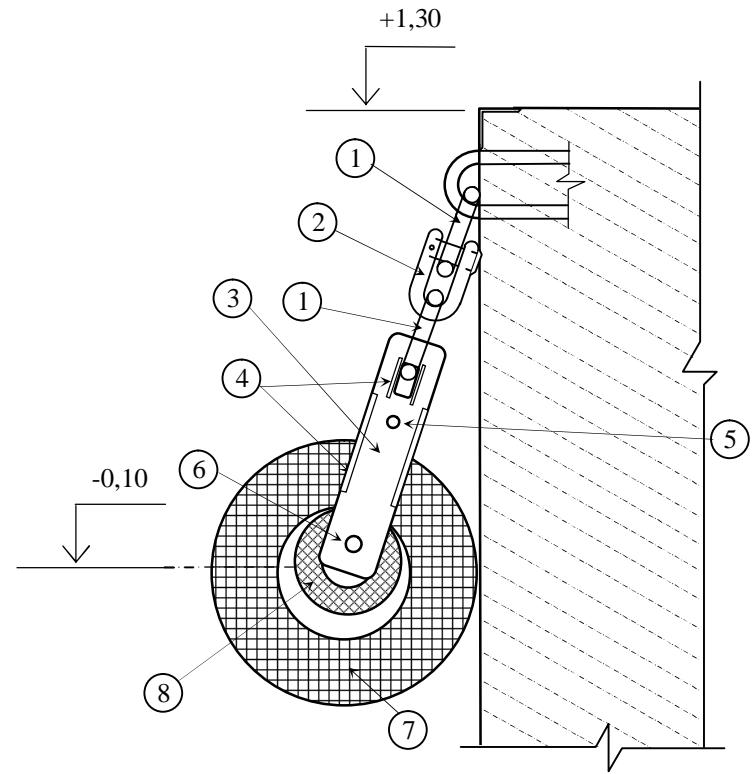
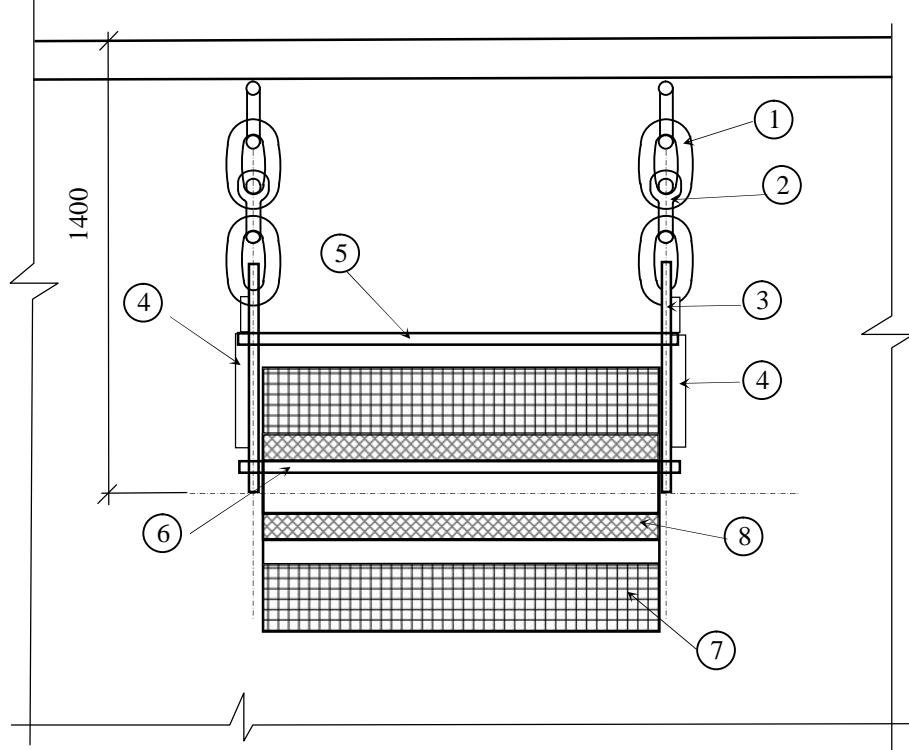


ОУ по авторскому свидетельству № 1361234 (авторы Л.Ф.Штанько, Г.М.Кузьмин) предполагает кроме упрощения подвески увеличение энергоемкости цилиндра за счет охватывания его рамой из швеллеров и стержней. В процессе эксплуатации данного ОУ обрывов не наблюдалось.

Вес (кг) стальных элементов для подвески 1 ОУ
всего 86
стандартные 57 (67%)
изготавливаемые 29 (33%)



Приложение 4.15. Причал 15-16 Владивостокский
МТП Подвеска Д1000 по а/с 1361234



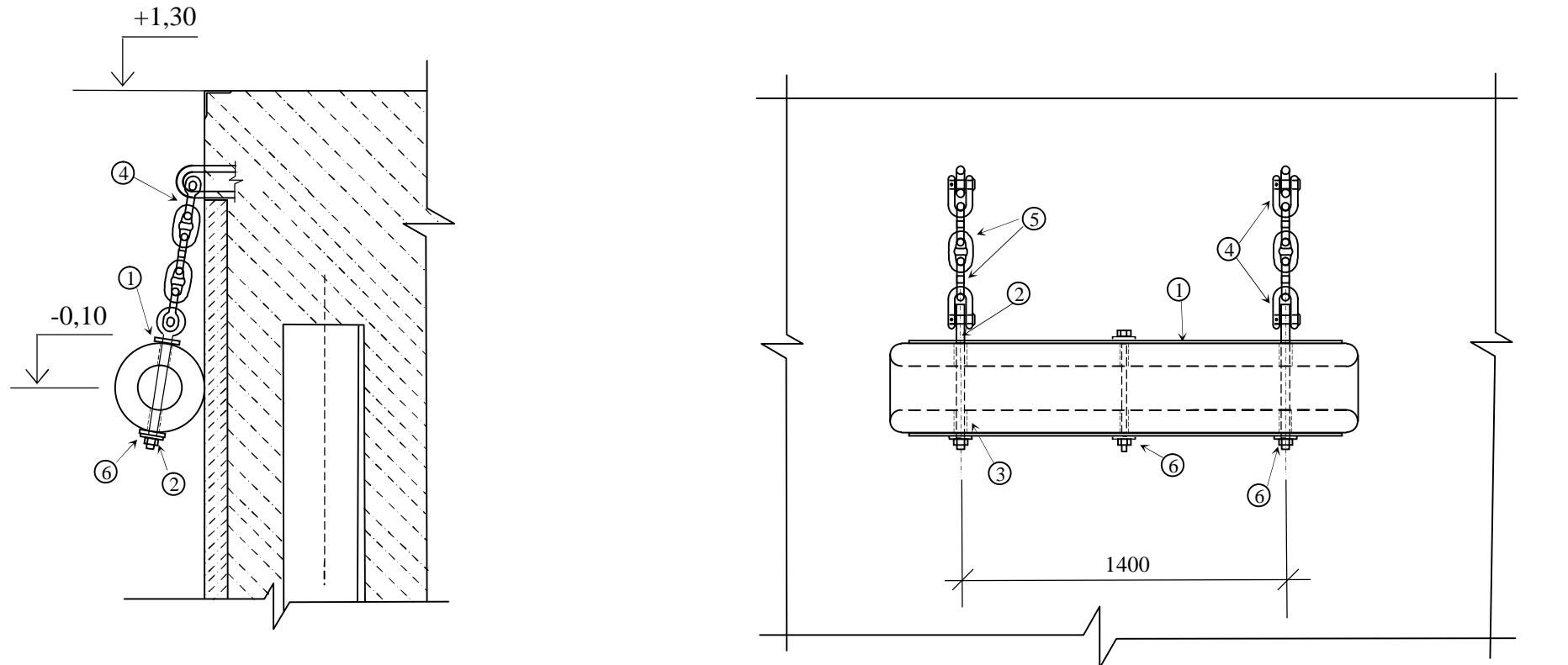
Спецификация элементов на 1 отбойное устройство и на секцию причала (25м),
при шаге развески 5 м.

№ поз.	Наименование	количество на 1 ОУ	Вес кг		
			един.	На 1 ОУ	На сек- цию
1	Сварное звено кал. 36	4	4,1	16,4	82,0
2	Скоба концевая А-24 1/1а	2	5,4	10,8	54,0
3	Лист δ=15	2	23,6	47,1	235,5
4	Косынки жесткости δ=10	8	0,35	2,8	14,0
5	Фиксирующая штанга Ø30	1	9,44	9,44	47,2
6	Несущая штанга Ø50	1	26,2	26,2	131,1
7	Резин. цилиндр Д1000×1500	1	1053	1053	5265
8	Резин. цилиндр Д400×1500 (обрезан)	1	166,8	166,8	834
Итого стали на 1 ОУ				112,74	
Итого стали на секцию причала					563,8

Подвеска Д1000+Д400 для усиления энергоемкости и вылета ОУ. Для усиления жесткости листов и отверстий приварива-
лись косынки. Деформация цилиндра ограничивалась фикси-
рующей штангой

Вес (кг) стальных элементов для подвески 1 ОУ
всего 112
стандартные 63 (56%)
изготавливаемые 49 (44%)

Приложение 4.16. Причал 15-16 Владивостокский
МТП Подвеска Д1000+Д400.

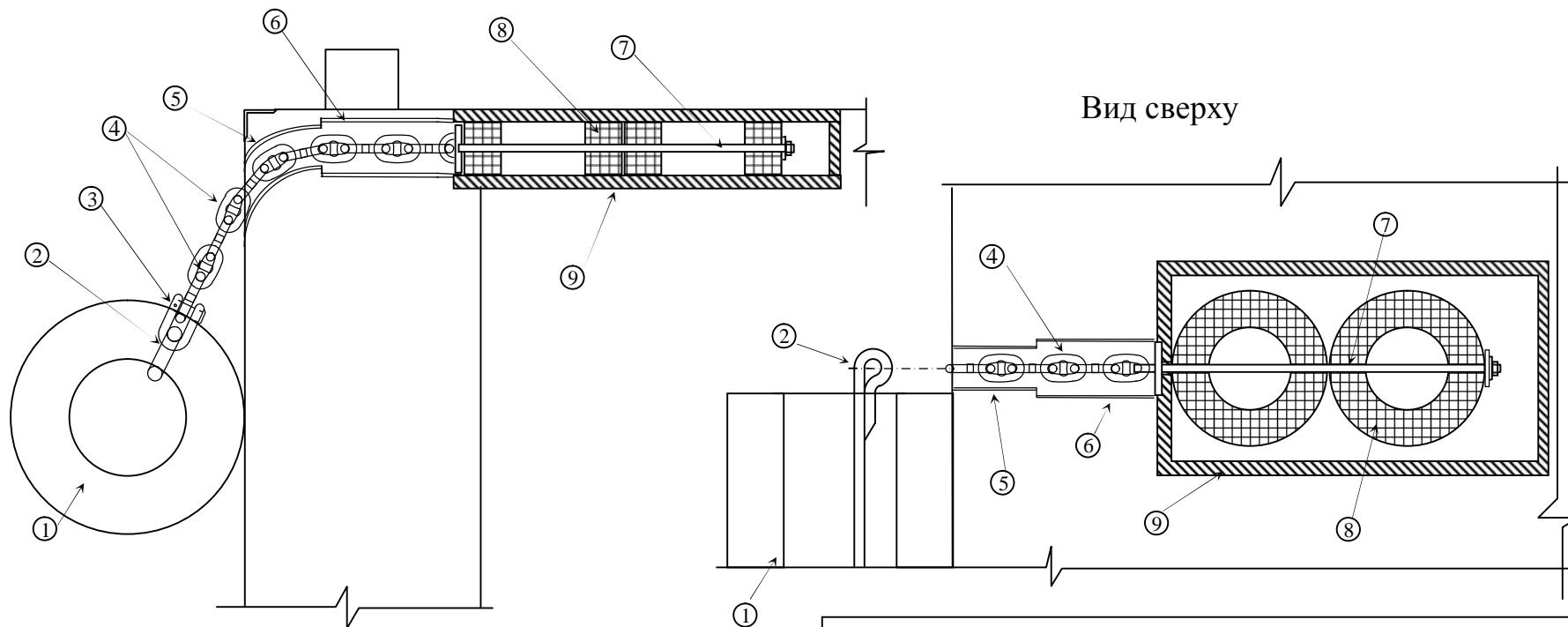


Спецификация элементов на 1 отбойное устройство и на секцию причала, при шаге развески 5 м					
№ поз.	Наименование	количество на 1 ОУ	Вес кг		
			единицы	На 1 ОУ	На секцию
1	Планка 12×120×1900	2	21,5	43,0	214,8
2	Шпилька	2	12,3	24,6	123,0
2а	Шпилька	1	4,44	4,44	22,2
3	Труба	6	0,488	2,9	14,64
4	Скоба концевая А28-1/1а	4	7,5	30,0	150,0
5	Звено с распоркой 32-1/1а	6	2,85	17,1	85,5
6	Гайка М30, М48	3	0,3	0,9	4,5
	Резиновый цилиндр Д400×2000		222		
	Всего на 1 ОУ			122,94	
	Всего на секцию				614,6

ОУ по авторскому свидетельству № 1361234 (авторы Л.Ф. Штанько – Г.М. Кузьмин). Экономичная подвеска резинового цилиндра, увеличивающая энергоемкость цилиндра за счет сдавливания пластинами, насаженными на шпильки.

Вес (кг) стальных элементов для подвески 1 ОУ
всего 122
стандартные 51 (42%)
изготавливаемые 71 (58%)

Приложение 4.17 ОУ с цилиндром Д400 по а/с №1361234



Экспликация

№ поз.	Наименование
1	Резиновый цилиндр Д1000
2	Штанга цилиндра
3	Соединительная скоба
4	Цепь якорная с распорками кал
5	Закругленный участок трубы меньшего диаметра
6	Прямой участок трубы большего диаметра
7	Штанга для гибких элементов
8	Гибкие элементы – обрезки цилиндров или покрышки набитые резиной
9	Контейнер для установки гибких элементов

Подвеска ОУ Д1000 по авторскому свидетельству №1278384.
Обеспечивает значительное уменьшение нагрузок на цепи подвески
ОУ тем самым увеличивая ее долговечность.

Приложение 4.18 Подвеска цилиндра Д1000 по а/с № 1278384