Утверждаю
Главный инженер института
Союзморниипроект
Ю.А.Ильницкий
"16" декабря 1987 г.

И Н С Т Р У К Ц И Я

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ МОРСКИХ ПАРОМНЫХ ПЕРЕПРАВ

РД 31.31.45. -87

Главный инженер
Каспморниипроекта
Т.Г.Багирова
11 1987 г.

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАНА

Государственным проектно-изыскательским и научно-исследовательским институтом морского транспорта "Союзморниипроект"

Бакинский филиал "Каспморниипроект"

Главный инженер Т.Г.Багирова

Руководитель группы, к.т.н. В.П.Пискарев

Старший инженер по стандартизации А.А.Касюк

УТВЕРЖДЕНА

Главным инженером института "Союзморниипроект"

Ю.А.Ильницким

Инструкция по проектированию гидротехнических сооружений морских паромных переправ

РД 31.31.45-87

Вводится впервые

Срок введения в действие установлен с 01.04.88 г.

Требования настоящей инструкции должны выполняться при проектировании вновь возводимых и реконструируемых гидротехнических сооружений морских паромных переправ, обслуживающих сухопутные подвижные транспортные средства с помощью подъемно-переходных мостов.

I. КОНСТРУКЦИИ МОРСКИХ ПАРОМНЫХ ПЕРЕПРАВ

I.I. Морские паромные переправы в общем случае должны включать:

паромы;

береговые сооружения в двух пунктах побережья или более.

I.2. В состав береговых сооружений морской паромной переправы в одном порту (рис.I) надлежит включать гидротехнические сооружения, подъездные железные и автомобильные дороги, железнодорожный и автомобильный предпаромные парки, центральный пост управления, блок служебных помещений, помещение для пассажиров (для пассажирских и грузопассажирских паромов), сооружения связи и СЦБ.

Примечание. При надлежащем обосновании допускается исключать из данного состава некоторые из перечисленных сооружений или включать в этот состав другие необходимые сооружения.

I.3. К гидротехническим сооружениям морской паромной переправы (рис.2) следует относить причал, въезд на причал, ложе парома и подъемно-переходной мост.

Примечания: I. Ложе парома - часть штатной стоянки парома, примыкающая к подъемно-переходному мосту.

2. Подъемно-переходной мост - вид устройства, сопрягающего паром с берегом на период производства погрузочно-разгрузочных работ.
   Другие виды сопрягающего устройства настоящими нормами не рассматриваются.

3. Подъемно-переходной мост включает пролетные строения и опоры.

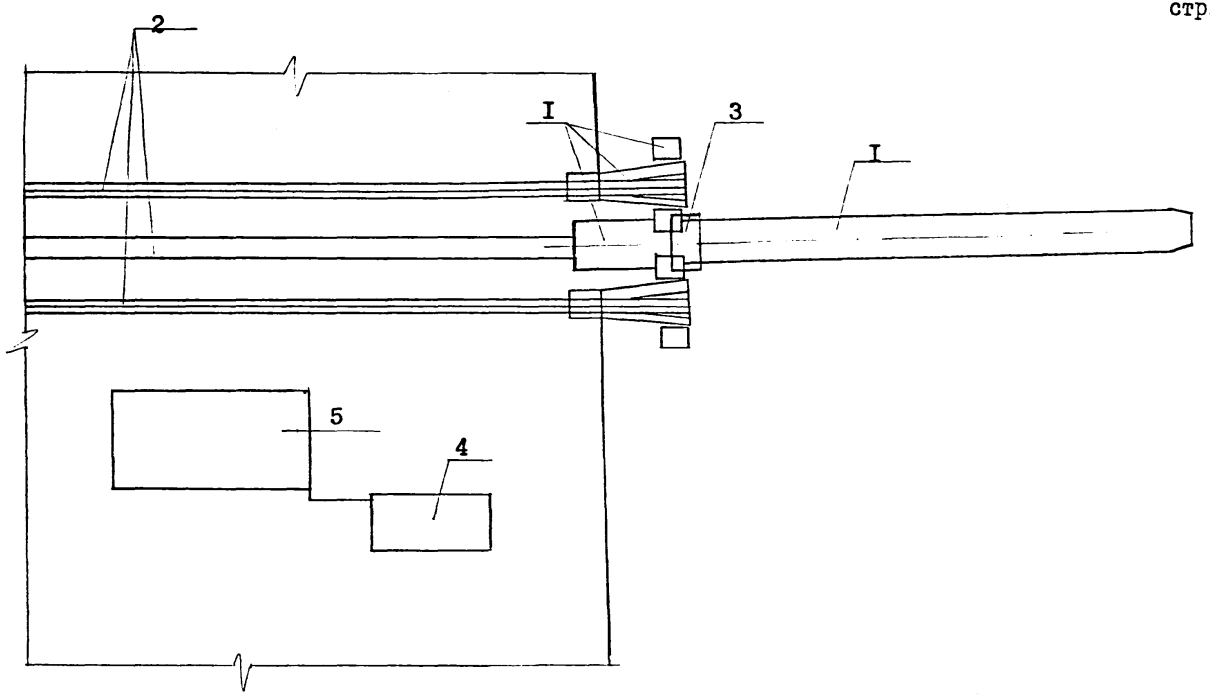


Рис. I. Примерная схема расположения береговых сооружений морской паромной переправы:

I – гидротехнические сооружения; 2 – подъездные дороги;
3 – центральный пост управления; 4 – блок служебных помещений;
5 – морской вокзал

Примечание: Предпаромные парки на схеме условно не показаны.

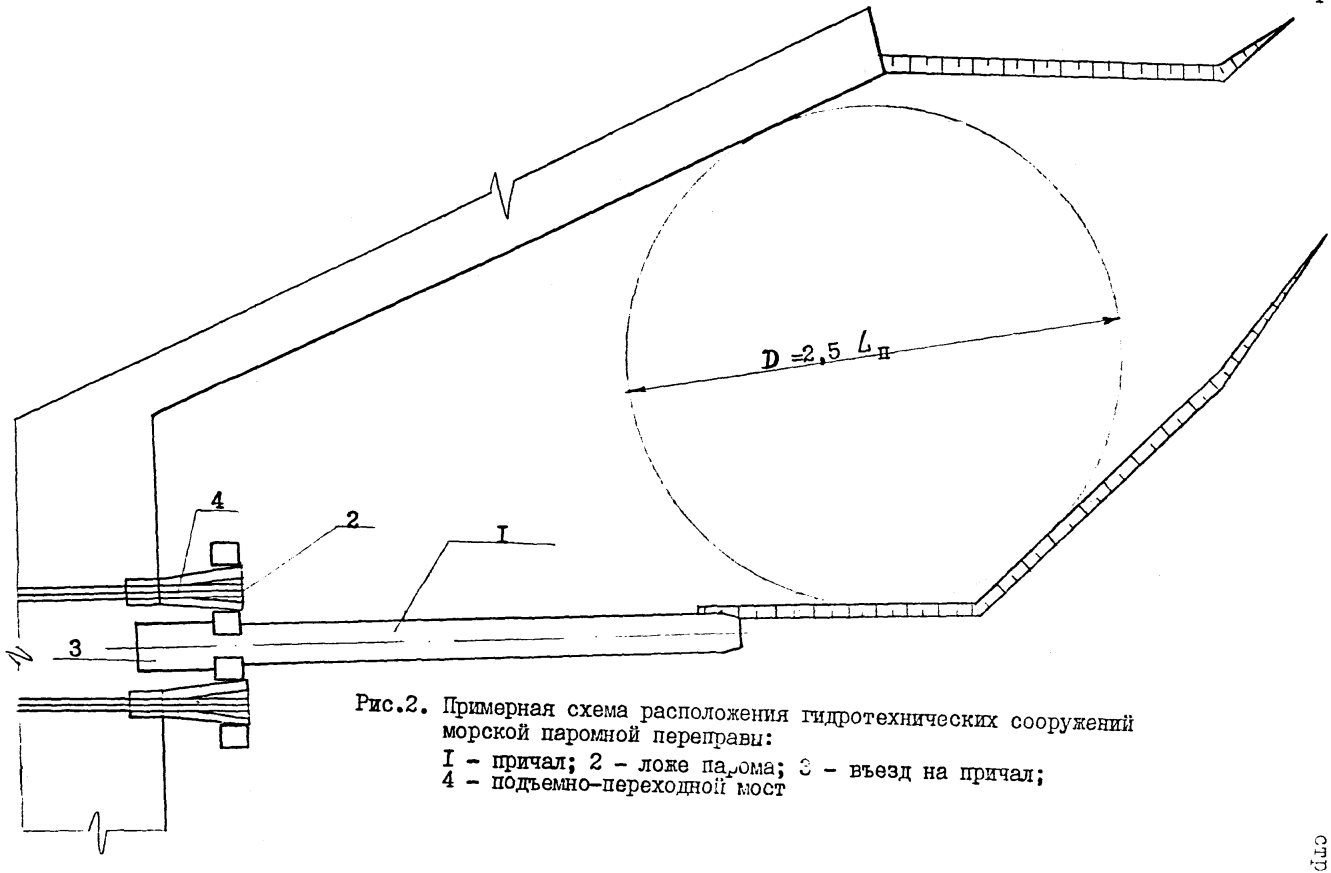


Рис.2. Примерная схема расположения гидротехнических сооружений морской паромной переправы:
I – причал; 2 – ложе парома; 3 – въезд на причал;
4 – подъемно-переходной мост

4. В зависимости от количества пролетов подъемно-переходной мост может быть однопролетным, двухпролетным и многопролетным.
5. Однопролетный мост включает морской и береговой концы пролетного строения. При этом береговой конец крепится неподвижно к береговой опоре, морской конец монтируется на подвижной (в вертикальной плоскости) опоре.
6. Двухпролетный мост состоит из берегового и морского пролетов пролетных строений, каждый из которых имеет береговой и морской концы. Мост крепится на трех опорах: береговой, промежуточной и морской.
7. Многопролетный мост состоит из берегового, промежуточных и морского пролетов, каждый из которых имеет береговой и морской концы.
8. Опоры моста устраиваются на береговом (неподвижные опоры), промежуточных и морских (подвижные опоры) устоях.
9. Подъем и опускание подвижных опор производится подъемными механизмами при отсутствии подвижного состава на мосту.
10. Морской конец морского пролета при производстве погрузочно-разгрузочных работ будучи заранее наложенным (с помощью подъемных механизмов) на корму парома непрерывно следует ее перемещениям (колебаниям).
11. Морской конец морского пролета моста в средней части снабжен специальным "клювом", входящим при опускании моста в предусмотренное в корме парома

"гнездо", для предотвращения случайного разъема системы "мост-паром" в горизонтальном направлении, либо имеет для этой цели специальные захватные устройства.

I.4. Компоновку гидротехнических сооружений необходимо производить в соответствии с требованиями "Указаний по компоновке морских портов" (Минморфлота) и с учетом следующих факторов:

на площади входного рейда могла быть вписана окружность диаметром не менее 2,5 $L_п$, где $L_п$ – наибольшая длина парома, м;

стыкование железнодорожных путей на подъемно-переходном мосту и пароме должно производиться в ложе парома;

необходимости надежного закрепления парома от горизонтальных смещений в период погрузочно-разгрузочных работ.

I.5. Гидротехнические сооружения морских паромных переправ, как правило, следует располагать на акватории при расчетной высоте волны не более I,0 м.

I.6. Возвышение кордона паромного причала следует назначать, исходя из схемы швартовки, расположения привального бруса парома и конструкций отбойных устройств. Однако оно должно быть не менее рекомендуемого РД 3I.3I.37-78/Минморфлот возвышения кордона причалов.

I.7. Уклон проезжей части въезда не должен превышать предельную величину, указанную в СНиП 2.05.02-85.

I.8. Ложе парома в плане должно иметь очертание огибающего контура, максимально приближенного к очертанию обводов кормы парома.

I.9. Ложе парома надлежит оборудовать амортизационными устройствами, способными воспринять расчетные горизонтальные нагрузки от парома при швартовке.

I.I0. Конструктивные очертания морского конца пролетных

строений подъемно-переходного моста, накладываемого на паром, должны соответствовать конструктивным очертаниям кормы парома как по горизонтали, так и по вертикали.

I.II. В состыкованном состоянии при всех положениях кормы плановое положение рельсов на мосту и пароме, а также отметки их головок в месте стыка должны совпадать (допустимое отклонение - $\pm$ 0,005 м).

I.I2. Зазоры между рельсами на подъемно-переходном мосту и пароме при производстве погрузочно-разгрузочных работ не должны превышать 0,04 м.

I.I3. Реакция R_o морского конца незагруженного подъемно-переходного моста на корму при всех его положениях в состыкованном состоянии должна быть не менее I00 кН и направлена сверху вниз.

I.I4. Предельный уклон $i'_{пр}$ подъемно-переходного моста, состыкованного с паромом и загруженного подвижным железнодорожным составом, должен быть согласован с МПС.

I.I5. Предельная алгебраическая разность уклонов $i''_{пр}$ любых двух смежных участков железнодорожного пути на берегу, на мосту и на пароме должна быть согласована с МПС.

Примечание. Алгебраическая разность уклонов - величина, определяемая как разность величин входящего в угол перелома и выходящего из него уклонов, если совмещение этих уклонов с горизонтом по меньшему углу следует производить вращением их вокруг вершины угла в одном направлении, и как сумма, если такое вращение следует производить в противоположных направлениях (рис.3).

I.I6. Предельный уклон $i'''_{пр}$ пролетов подъемно-переходного моста, состыкованного с паромом и предназначенного для пе-

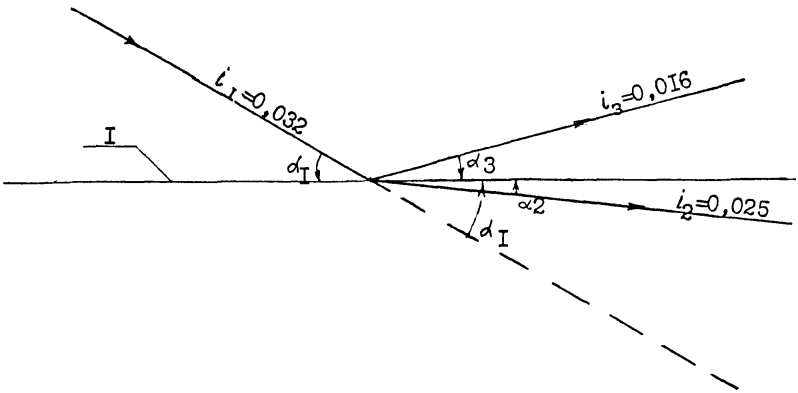


Рис.3. Схема к исчислению алгебраической разности уклонов:

I- горизонт

Примеры: $i_I - i_2 = 0,032 - 0,025 = 0,007$

$i_I - i_3 = 0,032 - (-0,016) = 0,048$

регрузки только безрельсового транспорта и техники, следует принимать в соответствии с требованиями РД 31.31.37-78/Минморфлот.

I.I7. Отметку головки рельсов на береговом устое следует назначать равной отметке головки состыкованной с мостом кормы парома в уровне, промежуточном между наивысшим и наинизшим ее возможными положениями, но не менее +2,0 м относительно отсчетного уровня, определяемого согласно требованиям п.3.6.

I.I8. Пролетные строения подъемно-переходного моста должны быть приспособлены для нормальной эксплуатации при возможных кренах парома, не превышающих 3^{0}.

I.I9. Сопряжение пролетных строений с береговым устоем подъемно-переходного моста в горизонтальном направлении надлежит снабдить амортизаторами.

I.20. Примыкание береговых железнодорожных подходов к подъемно-переходному мосту следует выполнять, как правило, в виде горизонтального (без уклонов) участка верхнего строения, имеющего конструктивные элементы, препятствующие попаданию на мост отдельных движущихся по инерции вагонов в отсутствие состыкованного парома. Длину горизонтального участка следует принять равной не менее 30 м.

I.2I. Конструкцию подъемно-переходного моста и его элементов, за исключением определения их основных размеров согласно требованиям настоящих норм, следует проектировать в соответствии с требованиями СНиП 2.05.03-84 с учетом особенностей его эксплуатации, изложенных в настоящем разделе.

I.22. В пределах расчетной амплитуды обслуживания пролетные строения подъемно-переходного моста должны иметь только вертикальные перемещения.

Для ограничения горизонтальных перемещений этих строений в устоях моста следует предусмотреть специальные вертикальные направляющие.

Примечание: Амплитуда обслуживания - область возможных вертикальных перемещений кормы парома при производстве погрузочно-разгрузочных работ, вызываемых как технологическими нагрузками и вертикальными нагрузками от подъемно-переходного моста, так и изменением уровня моря.

2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ГИДРОТЕХНИЧЕСКИМ СООРУЖЕНИЯМ

2.I. Гидротехнические сооружения следует проектировать в соответствии с конструктивными требованиями ВСН 3-80/Минморфлот. Для обеспечения паромного причала и ложа парома соответственно отбойными и амортизационными устройствами, а также защитой от размыва их оснований струей от движителей парома эти сооружения надлежит проектировать в соответствии с требованиями данного раздела.

2.2. Лицевые вертикальные стенки паромных причалов в надводной зоне необходимо предохранить от навала паромов при швартовке отбойными устройствами.

2.3. В состав отбойных устройств должны входить жесткие распределительные щиты и амортизирующие элементы.

2.4. Распределительные щиты отбойных устройств паромного причала следует устанавливать на опоры, располагаемые вдоль

кордона.

2.5. Для восприятия продольной составляющей горизонтальной нагрузки отбойные устройства должны иметь ограничительные упоры, жестко заделанные в надводную конструкцию паромного причала.

2.6. Отбойные устройства следует проектировать, как правило, в виде сплошных охранных рам, расположенных на вертикальной лицевой надстройке причала. Допускается при соответствующем обосновании создание отбойных устройств в виде отдельных секций, располагаемых вдоль кордона с расчетным шагом.

2.7. В отбойных устройствах паромного причала следует применять однотипные стандартные амортизирующие элементы.

2.8. В состав амортизационного устройства по п.I.9 должны входить распределительный щит, несущая металлическая рама и амортизирующие элементы.

2.9. В амортизационных устройствах ложа паромом следует применять однотипные амортизирующие элементы.

2.I0. Элементы отбойных и амортизационных устройств следует располагать в общей схеме сооружения таким образом, чтобы привальный брус парома при взаимодействии с ними контактировал с распределительным щитом.

2.II. Отбойные и амортизационные устройства, кроме выполнения основных функций по восприятию горизонтальных нагрузок от парома, должны обеспечивать в сочетании с швартовными устройствами плотное прижатие судна к конструкциям причала и ложа.

2.I2. Верхняя (нижняя) кромка распределительных щитов отбойных и амортизационных устройств должна располагаться не ниже верхней (не выше нижней) кромки привального бруса парома при всех возможных положениях его как при подходе, так и на стоянке у причала и при высоком (при низком) расчетном уровне, а также с учетом крена 3^{0} и расчетного дифферента парома. Расчетные

уровни при этом следует принимать согласно п.3.6.

2.I3. Распределительные щиты отбойных и амортизационных устройств следует соединять в верхней и нижней частях с надводными конструкциями причала и ложа гибкими креплениями.

2.I4. Распределительные щиты отбойных и амортизационных устройств должны сохранять пространственную неизменяемость как при швартовке паромов, так и при производстве погрузочно-разгрузочных работ.

2.I5. Лицевую сторону распределительных щитов амортизационных устройств ложа паромов следует, как правило, обшивать металлическим листом.

2.I6. В условиях воздействия струи от движителей парома следует обеспечить стабильность оснований гидротехнических сооружений, а также дна у них.

Если при естественном залегании грунтов стабильность оснований и дна не может быть обеспечена, необходимо предусматривать, как правило, защиту от размыва. Допускается при надлежащем технико-экономическом обосновании глубину заложения сооружений увеличивать с учетом глубины ожидаемого размыва основания, определяемой согласно обязательному приложению I, без устройства защиты от размыва.

2.I7. Защита от размыва основания сооружений должна перекрывать по площади зону активного маневрирования парома при выполнении швартовных операций.

2.I8. Защиту от размыва основания следует проектировать в виде крепления дна у сооружений рваным камнем, обыкновенными бетонными или железобетонными блоками, наименьшую массу которых

следует определять согласно п.4.3.

2.I9. Габаритные размеры площади и распределение по ней конструктивных элементов защиты от размыва оснований сооружений, как правило, должны соответствовать показанным на рис.4.

2.20. Во избежание проникания грунтов основания естественного залегания сквозь защиту под ней по всей площади следует предусмотреть постель из камня массой I5÷30 кг толщиной 0,5 м и щебеночный контрфильтр толщиной 0,6 м.

2.2I. Предусмотренную в проекте защиту от размыва необходимо уточнять на основе натурных наблюдений и лабораторных исследований.

3. НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ МОРСКИХ ПАРОМНЫХ ПЕРЕПРАВ

3.I. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения морских паромных переправ должны определяться в соответствии с требованиями СНиП 2.06.04-82, СНиП 2.05.03-84, а также с учетом РД 3I.3I.37-78/Минморфлот, рекомендаций Руководства по определению нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения (волновых, ледовых и от судов) (П 58-76/ВНИИГ).

3.2. Кроме того, при проектировании гидротехнических сооружений морских паромных переправ необходимо дополнительно учитывать нагрузки от подвижного железнодорожного состава и от парома, возникающие при швартовке парома и производстве погрузочно-разгрузочных работ, а также воздействие струи от движителей парома.

Примечание: Нагрузки от подвижного железнодорожного состава необходимо учитывать только при проектировании железнодорожных паромных переправ.

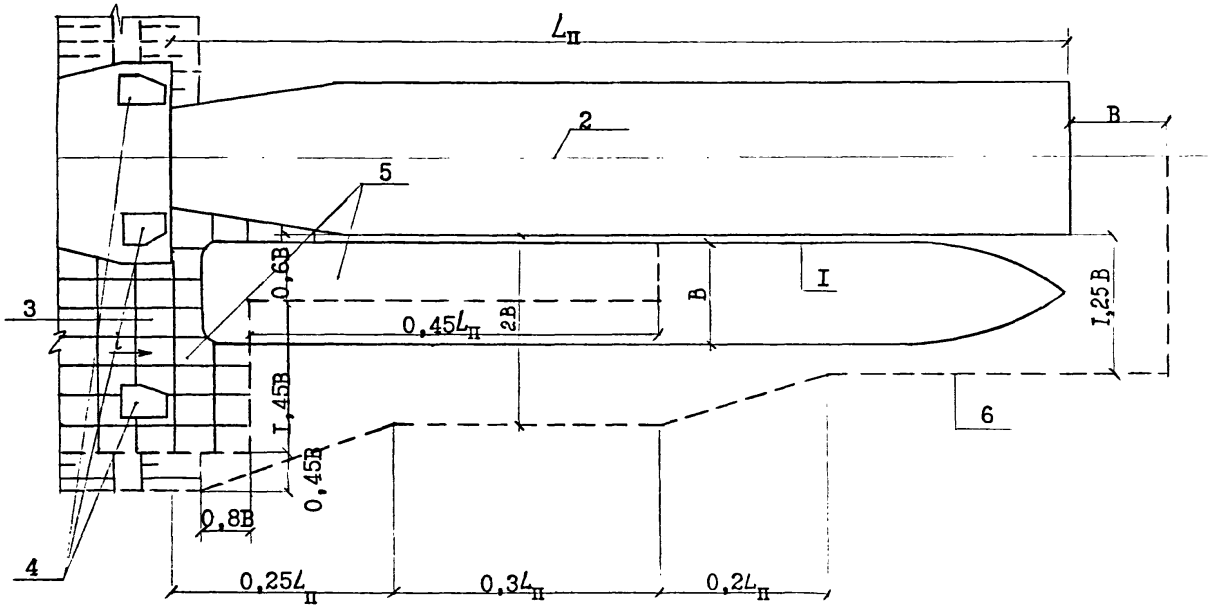


Рис.4. Схема крепления дна гидротехнических сооружений морской паромной переправы:
I – плановые контуры парома; 2 – ось симметрии паромного пирса (состоящего из двух причалов); 3 – ложе парома; 4 – морские устои подъемно-переходного моста; 5 – железобетонные блоки; 6 – граница крепления дна рваным камнем

3.3. Из перечисленных в п.3.2. нагрузок и воздействий к длительным следует относить: вертикальные нагрузки от подвижного состава и парома, воздействие струи от движителей парома.

3.4. К кратковременным нагрузкам, определяемым согласно п.3.2., следует относить горизонтальные нагрузки от подвижного состава, а также от парома при его швартовке и производстве погрузочно-разгрузочных работ.

3.5. Для акваторий морских паромных переправ отсчетный уровень должен назначаться в соответствии с требованиями РД 3I.3I.37 -78/Минморфлот.

3.6. Для проектирования гидротехнических сооружений морских паромных переправ на приливных и неприливных морях должны назначаться следующие отсчетные уровни:

высокий расчетный уровень ($У_в$) - обеспеченностью 5%;

низкий расчетный уровень ($У_н$) - обеспеченностью 95%.

3.7. Для проектирования гидротехнических сооружений паромных переправ на Каспийском море обеспеченность отсчетных уровней следует принимать в соответствии с п.3.6. и с учетом прогнозируемых на перспективу данных о возможном изменении уровня.

3.8. Отсчетные уровни для подходных каналов следует назначать в соответствии с.требованиями СНиП II-5I-74 и Норм технологического проектирования морских каналов (ВСН I9-70/Минморфлот).

Для подходных каналов на Каспийском море отсчетный уровень следует назначать по краткосрочному прогнозу.

3.9. Для определения нормативной горизонтальной нагрузки по СНиП 2.06.04-82 на паромный причал коэффициент ψ следует принимать по табл.I.

Таблица I

Конструкция причального сооружения	Коэффициент ψ
Набережные из обыкновенных или фасонных массивов, массивов-гигантов, оболочек большого диаметра и на свайных опорах с передним шпунтом	0,80
Набережные эстакадного или мостового типа, набережные на свайных опорах с задним шпунтом	0,90
Пирсы эстакадного или мостового типа	I,05

3.I0. Для расчета нормативных горизонтальных нагрузок от паромов на сооружении ложа, нормальную (к поверхности сооружения) составляющую v скорости его подхода, следует назначать с учетом способа швартовки и принимать равной в случае захода парома в ложе своим ходом - не более 0,6 м/с, в случае захода парома подтягиванием на швартовах - не более 0,2 м/с.

Коэффициент ψ по СНиП 2.06.04-82 при этом надлежит принимать в зависимости от конструкции паромного причала по табл.2.

Таблица 2

Конструкция паромного причала	Коэффициент ψ
Сквозная	I,I0
Сплошная стенка	I,00

3.II. Нормативную поперечную горизонтальную нагрузку F_q от парома при швартовке допускается определять согласно обязательному приложению 2 для заданного значения энергии навала парома E_q по СНиП 2.06.04-82.

3.I2. Коэффициент перегрузки n для горизонтальных нагрузок от парома при швартовке должен приниматься равным I,2.

3.I3. Нагрузки от безрельсового транспорта на подъемно-переходном мосту должны учитываться в соответствии с требованиями СНиП 2.05.03-84. На причале и въезде на причал эти нагрузки следует относить к Ш категории нормативных эксплуатационных нагрузок согласно требованиям РД 3I.3I.37-78/Минморфлот.

Примечание. При необходимости использования более тяжелых пневмоколесных кранов (в том числе для монтажных и ремонтных работ на причале и въезде на причал) и пожарных машин, названные нагрузки должны быть соответственно увеличены.

3.I4. Нормативную вертикальную нагрузку q от подвижного железнодорожного состава для расчетов уклонов подъемно-переходного моста, просадок парома и горизонтальных нагрузок на устои моста надлежит принимать равномерно распределенной по длине загруженных путей на берегу, подъемно-переходном мосту и пароме. Расчеты следует выполнять последовательно для значений q = 20, 40, 60 и 80 кН/м. Длину загруженных путей при этом следует определять в соответствии с технологией погрузки подвижного состава на паром и его разгрузки. В каждом отдельном случае подвижной состав, как правило, необходимо принимать однородным по длине, а значение q - постоянным.

При необходимости по технологическим соображениям допускается принимать подвижной состав неоднородным по длине.

Примечания: I. Просадка - дополнительное погружение парома от своего состояния порожнем (с запасами) под влиянием принятого балласта, реакции наложенного на корму моста и веса перегружае-

мого подвижного состава. В отличие от осадки, отсчитываемой на стоянке и на ходу, просадка отсчитывается только при стоянке у причала и производстве погрузочно-разгрузочных работ.

2. Для парома в полном грузу допускается принимать промежуточное значение нагрузки q (в том числе и дробное).

3. Если вертикальная нагрузка от железнодорожного состава $q > 80$ кН/м, следует предусматривать погрузку-разгрузку вагонов отдельными единицами, а не плетями.

3.I5. Горизонтальные нагрузки от подвижного железнодорожного состава и от парома, вызываемые ударом состава о тупиковые упоры на пароме и в период производства погрузочно-разгрузочных работ, следует определять исходя из допускаемой скорости $V_п$ наката состава, равной I м/с (3,6 км/ч). При этом следует принимать q = 80 кН/м (см.п.3.I4).

3.I6. Нормативную горизонтальную нагрузку Q на тупиковые упоры парома от наката подвижного состава (рис.5) надлежит определять по формуле

$$Q = G_1 V_п \left[(1 + A + A^2)\frac{1}{\lambda_1} - \left(\frac{3}{2}A + A^2\right)\frac{1}{\lambda_0}\sin\frac{\lambda_0}{2\lambda_1}\pi + \frac{A}{4\lambda_1}\pi\cos\frac{\lambda_0}{2\lambda_1}\pi\right], \text{ кН}, \quad (I)$$

где G_1 – коэффициент жесткости межвагонного соединения, кН/м;

$V_п$ – скорость наката подвижного железнодорожного состава по п.3.I5, м/с;

A – безразмерный параметр;

λ_1 – частота колебаний первого вагона сцепа при его накате на тупиковые упоры относительно парома, $с^{-1}$;

λ_0 – частота колебаний первого вагона сцепа при его накате на тупиковые упоры относительно остальной части сцепа, $с^{-1}$.

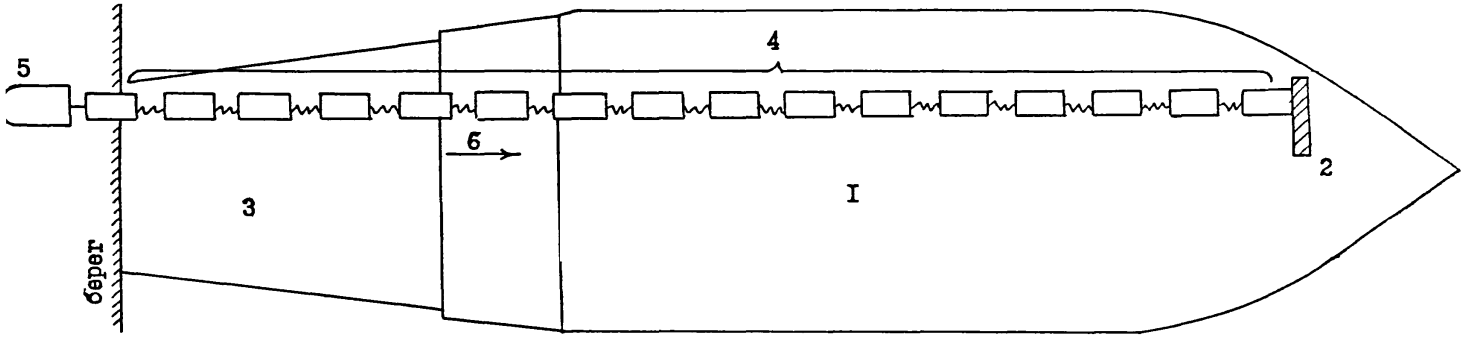


Рис.5. Схема наката подвижного состава через переходной мост на главную палубу парома:

I – паром; 2 – тупиковый упор парома; 3 – подъемно-переходной мост; 4 – вагоны подвижного состава; 5 – локомотив; 6 – направление движения локомотива и вагонов.

Значения величин, входящих в формулу (I), определяются следующими отношениями:

$$G_1 = \frac{G_0}{2}; \tag{2}$$

$$A = \frac{\lambda_0^2}{\lambda_0^2 - \lambda_1^2}; \tag{3}$$

$$\lambda_1 = \sqrt{G_1 \frac{m+M}{mM}}; \tag{4}$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{2G_1}{m}}, \tag{5}$$

где G_0 – коэффициент жесткости поглощающего аппарата автосцепного устройства вагона, принимаемый по его технической характеристике, кН/м;

m – масса одного железнодорожного вагона, т ;

M – масса парома, т .

Масса:

$$M = \frac{\mathcal{D}_{вз}}{g} = \frac{\gamma W_c}{g}. \tag{6}$$

Здесь $\mathcal{D}_{вз}$ – вес парома в момент взаимодействия с подвижным составом, кН ;

g – ускорение свободного падения, $м/с^2$;

γ – объемный вес воды, $кН/м^3$;

W_c – объемное водоизмещение парома в момент взаимодействия с подвижным составом, $м^3$;

Вес парома

$$\mathcal{D}_{вз} = \mathcal{D}_{пор} + R_м + q\, l_{загр}, \tag{7}$$

где $\mathcal{D}_{пор}$ – вес парома без груза (с запасами и балластом), кН ;

$R_м$ – реакция морского конца подъемно-переходного моста, загруженного расчетным подвижным составом, на корму парома, кН ;

q – то же, что в п.3.I5;

$l_{згр}$ – общая длина загруженных железнодорожных путей на пароме в момент воздействия подвижного состава на тупиковые упоры, $м$.

Примечание. Сцеп – группа сцепленных между собой вагонов и локомотива, движущихся одновременно, на берегу, подъемно-переходном мосту и пароме при производстве погрузочно-разгрузочных работ.

3.I7. Нормативную горизонтальную нагрузку $Q_б$ на береговой устой, возникающую при ударе подвижного состава в тупиковые упоры на пароме (см.рис.5), следует определять по формуле

$$Q_б = \frac{G G_1 v_п}{M}\left[(B-C)\frac{1}{\lambda}\sin\lambda t_{max} - B\frac{1}{\lambda_1}\sin\lambda_1 t_{max} + C\frac{1}{\lambda_0}\sin\lambda_0 t_{max} + \right.$$
$$\left. + D\left(\frac{1}{\lambda_0}\sin\lambda_0 t_{max} - t_{max}\cos\lambda_0 t_{max}\right)\right], \qquad (8)$$

где G – коэффициент жесткости береговых амортизаторов, $кН/м$

$G_1, v_п, M, \lambda_1, \lambda_0$ – то же, что в п.3.I6;

B, C и D – параметры, $с^2$;

λ – частота колебаний парома относительно берегового устоя при накате сцепа на тупиковые упоры, $с^{-1}$;

t_{max} – время максимального перемещения парома с момента начала взаимодействия со сцепом, $с$.

Значения величин, входящих в формулу (8), необходимо определять по следующим соотношениям:

$$B = \frac{1 + A + A^2}{\lambda_1^2 - \lambda^2}; \qquad (9)$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{G}{M}}; \qquad (I0)$$

$$C = \frac{1}{\lambda_0^2 - \lambda^2}\left(A^2 + \frac{A\lambda_0^2}{\lambda_0^2 - \lambda^2} + A\right); \qquad (II)$$

$$D = \frac{A}{2(\lambda_0^2 - \lambda^2)}, \qquad (I2)$$

где A – то же, что в п.3.I6.

Значение t_{max} следует находить из уравнения

$$(B-C)\cos\lambda t_{max} - B\cos\lambda_1 t_{max} + C\cos\lambda_0 t_{max} + 2\lambda_0 t_{max}\sin\lambda_0 t_{max} = 0, \quad (13)$$

корнем которого оно является.

3.18. Количество одновременно взаимодействующих с паромом подвижных составов следует принимать равным двум при двух и более железнодорожных путях на подъемно-переходном мосту и равным одному - при одном таком пути.

3.19. При учете двух подвижных составов горизонтальные нагрузки от них на тупиковые упоры парома и береговой устой следует применять коэффициент сочетаний $n_c = 0,85$, при учете одного состава $n_c = 1,00$.

3.20. Коэффициент перегрузки n для горизонтальных нагрузок от наката подвижного состава на тупиковые упоры парома и береговой устой должен приниматься равным 1,00.

3.21. Воздействие струи от движителей парома на основания гидротехнических сооружений морских паромных переправ следует учитывать ее размывающим действием, характеристики которого необходимо определять согласно обязательному приложению 1.

4. РАСЧЕТЫ КОНСТРУКЦИЙ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ

4.1. Отбойные устройства паромного причала надлежит рассчитывать на нагрузки, определяемые согласно п.п.3.9, 3.11 и 3.12.

4.2. Защиту от размыва оснований причалов необходимо предусматривать при условии

$$v_{g,max} > v_{g,adm}, \quad (14)$$

где $v_{g,max}$ - максимальная донная скорость струи от движителей судна согласно обязательному приложению 1, м/с;

$V_{в,adm}$ – допускаемое значение неразмывающих донных скоростей, принимаемое в соответствии с требованиями СНиП 2.06.04-82, м/с.

4.3. При проектировании защиты основания причалов от размыва струей от движителей паромов массу элементов верхнего слоя из рваного камня, обыкновенных бетонных или железобетонных блоков следует определять по формуле

$$m = 3{,}14 \cdot 10^{-4} \frac{\rho_m V_{в,max}^6}{(\rho_m/\rho - 1)^3}, \text{ кг}, \qquad (15)$$

где ρ_m – плотность материала элемента, кг/м3;

$V_{в,max}$ – то же, что в п.4.2;

ρ – плотность воды, кг/м3.

Примечание. Массу элементов защиты необходимо уточнять на основе натурных наблюдений и лабораторных исследований.

4.4. Опоры отбойных и амортизационных устройств гидротехнических сооружений паромных переправ должны иметь несущую способность, достаточную для восприятия расчетных нагрузок от собственного веса этих устройств и эксплуатационных нагрузок.

4.5. Количество амортизирующих элементов в отбойных и амортизационных устройствах гидротехнических сооружений паромных переправ следует назначать согласно обязательному приложению 2.

4.6. Прочность распределительного щита отбойных и амортизационных устройств сооружений паромных переправ и его конструктивных элементов следует рассчитывать в соответствии с требованиями СНиП II-23-81, СНиП II-25-80 на расчетные усилия, (изгибающие моменты и поперечные силы), развивающиеся в соответствии со схемой работы в результате воздействия на него: со стороны парома – внешней горизонтальной нагрузки, а со стороны причала – реакций амортизирующих элементов устройств, определяемых согласно обязательному приложению 2.

4.7. При определении расчетных усилий в элементах распределительного щита отбойных и амортизационных устройств следует учитывать, что паромы при подходе одновременно воздействуют с горизонтальным участком сплошного распределительного щита, протяженность которого принята по конструктивным соображениям, или с одной отдельно стоящей секцией таких устройств.

4.8. Амортизационные устройства ложа паромов необходимо рассчитывать на нагрузки, определяемые согласно требованиям п.п.3.10 - 3.12.

4.9. Усилия в элементах амортизационных устройств следует определять согласно обязательному приложению 2 с учетом того, что паром, заходя в ложе, взаимодействует со всеми его амортизационными устройствами одновременно.

4.10. Глубину в ложе парома следует определять в соответствии с требованиями РД 31.31.37-78/Минморфлот с учетом запаса на просадку кормы при производстве погрузочно-разгрузочных работ, а также крена парома согласно п.1.18.

4.11. Запас z_s на просадку кормы при производстве погрузочно-разгрузочных работ следует определять по формуле

$$z_s = \Delta T_{kmax} + T_0 - T, \qquad (16)$$

где ΔT_{kmax} - наибольшая просадка кормы при погрузке-разгрузке подвижных составов, м;

T_0 и T - осадка парома соответственно порожнем (с запасами) и в полном грузу, м.

4.12. Характеристики расчетных посадок парома необходимо определять согласно обязательному приложению 3.

Каждую расчетную посадку парома следует различать по коэффициенту K_{iqy} просадки его кормы и значению этой просадки ΔT_{iqy}, определяемых согласно обязательному приложению

3 и приводимых затем в табл.3.

Здесь i - номер расчетной посадки парома по табл.3;

q_y - значение уменьшенной в 10 раз вертикальной нагрузки, принимаемой согласно п.3.14.

Для двухярусного подъемно-переходного моста характеристики расчетных посадок парома следует определять раздельно для каждого яруса.

Примечания: 1. Для двухярусного подъемно-переходного моста паром оборудуется двумя главными грузовыми палубами. В этом случае расчеты по табл.3 следует производить для каждого яруса раздельно, учитывая, что погрузочно-разгрузочные работы:

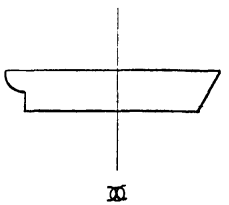
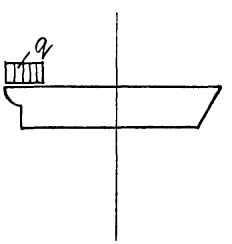
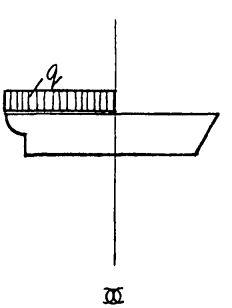
- на нижней палубе производятся при полностью незагруженной верхней;
- на верхней палубе производятся при полностью загруженной нижней.

В соответствии с такой схемой работ для каждой палубы в таблице необходимо установить свою исходную расчетную посадку парома, в зависимости от которой могут быть определены характеристики всех остальных расчетных посадок.

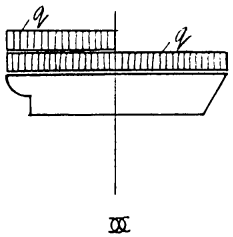
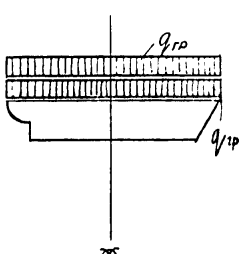
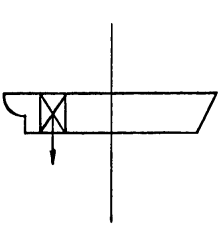
2. Все нижеприведенные требования в случае двухярусного моста следует относить к каждому ярусу отдельно.

4.13. Определяя необходимую общую длину подъемно-переходного моста, следует учитывать расчетные посадки парома в зависимости от его загрузки по табл.3.

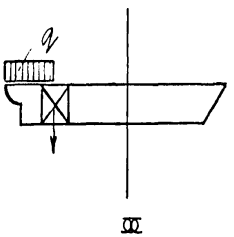
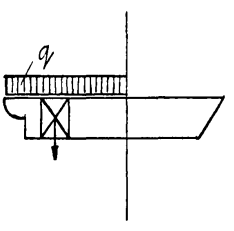
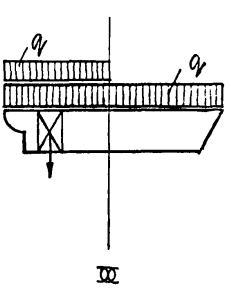
Таблица 3

i	Характеристики нагрузок на пароме в расчетной посадке	Схема расположения нагрузок в расчетной посадке	Обозначение величины просадки ΔT_{iqy}	Обозначение коэффициента просадки K_{iqy}
I	2	3	4	5
1	Исходная расчетная посадка. Нагрузки согласно п.2 обязательного приложения 3		ΔT_{10}	K_{10}
2	Паром (с запасами), без балласта, на каждом главном пути расположен один вагон в корме		ΔT_{22} ΔT_{24} ΔT_{26} ΔT_{28}	K_{22} K_{24} K_{26} K_{28}
3	Паром (с запасами), без балласта, нагрузка q расположена на каждом главном пути от кормы до плоскости миделя, остальные пути всех грузовых палуб не загружены		ΔT_{32} ΔT_{34} ΔT_{36} ΔT_{38}	K_{32} K_{34} K_{36} K_{38}

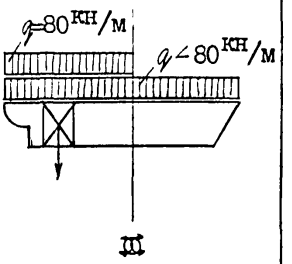
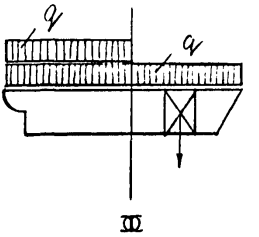
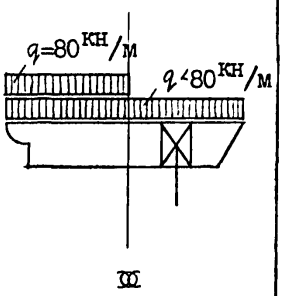
Продолж.табл.3

I	2	3	4	5
4	Паром (с запасами) без балласта, нагрузка q расположена на каждом главном пути от кормы до плоскости миделя и на остальных путях всех грузовых палуб на всем их протяжении		ΔT_{42} ΔT_{46} ΔT_{48}	K_{42} K_{46} K_{48}
5	Паром (с запасами) в полном грузу, без балласта (см.примечание п.4)		$\Delta T = T - T_0$	$K_{тр}$
6	Паром порожнем (с запасами) с балластом в корме		ΔT_{60}	K_{60}

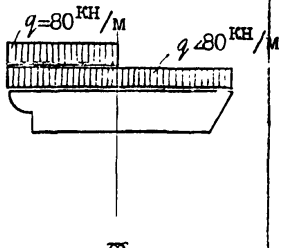
Продолж.табл.3

I	2	3	4	5
7	Паром (с запасами), с балластом в корме, на каждом главном пути расположен один вагон в корме		ΔT_{72}	K_{72}
8	Паром (с запасами), с балластом в корме, нагрузка q расположена на каждом главном пути от кормы до плоскости миделя, остальные пути всех грузовых палуб не загружены		ΔT_{82}	K_{82}
9	Паром (с запасами), с балластом в корме, нагрузка q расположена на каждом главном пути от кормы до плоскости миделя и на остальных путях всех грузовых палуб на всем протяжении		ΔT_{92} ΔT_{94} ΔT_{96}	K_{92} K_{94} K_{96}

Продолж.табл.3

I	2	3	4	5
I0	Паром (с запасами), с балластом в корме, q =80 кн/м расположена на каждом главном пути от кормы до плоскости миделя и на остальных путях всех грузовых палуб, дополняющая водоизмещение парома до его полной загрузки		ΔT_{I08}	K_{I08}
II	Паром (с запасами), с балластом в носовой части, нагрузка q расположена на каждом главном пути от кормы до плоскости миделя и на остальных путях всех грузовых палуб на всем протяжении		ΔT_{II2} ΔT_{II4} ΔT_{II6}	K_{II2} K_{II4} K_{II6}
I2	Паром (с запасами), с балластом в носовой части, q= 80 кн/м расположена на каждом главном пути от кормы до плоскости миделя и на остальных путях всех грузовых палуб, дополняющая водоизмещение парома до его полной загрузки		ΔT_{I28}	K_{I28}

Продолж.табл.3

I	2	3	4	5
I3	Паром (с запасами), без балласта, нагрузка q =80 кн/м расположена на каждом главном пути от кормы до плоскости миделя и на остальных путях всех грузовых палуб, дополняющая водоизмещение парома до его полной загрузки		T_{I38}	K_{I38}

Примечания: I. Главная грузовая палуба парома – палуба, на которую накладывается морской конец подъемно-переходного моста. грузовой

2. Главные пути – железнодорожные пути моста и главной палубы парома, которые загружаются накатом сплошных плетей подвижного состава в последнюю очередь или разгружаются тем же способом – в первую очередь.

3. При определении просадок ΔT_{iq_y} должен быть учтен возможный крен парома согласно п.I.I8.

4. В расчетной посадке 5 подразумевается, что все пути всех грузовых палуб загружены нагрузкой $q_{гр}$. Величина $q_{гр}$ определяется формулой

$$q_{гр} = \frac{Д_с - Д_{пор}}{L_{пут}},$$

где $Д_с$ и $Д_{пор}$ – водоизмещение парома соответственно в полном грузу и порожнем, кН;

$L_{пут}$ – общая длина железнодорожных путей на пароме, м.

5. В данной таблице могут быть рассмотрены и другие расчетные посадки парома с нагрузками, положение на пароме и величина которых определяется необходимостью изменения принятой технологии производства погрузочно-разгрузочных работ.

6. На схемах расположения нагрузок в расчетной посадке парома знаком ⋈ условно показаны положения миделя.

4.I4. При проектировании подъемно-переходного моста согласно обязательному приложению 3 следует установить расчетные посадки парома с технологической нагрузкой на борту:

с наивысшим положением кормы;

с наинизшим положением кормы.

4.I5. Прочность и устойчивость подъемно-переходного моста и его элементов следует рассчитывать в соответствии с требованиями СНиП 2.05.03-84, а также с учетом требований настоящих Норм.

4.I6. В зависимости от схемы опирания и типа подъемных механизмов следует различать три принципиальных конструктивных схемы подъемно-переходного моста;

со свободно перемещающимися противовесами;

с противовесами, плавающими в колодцах;

мост-понтон.

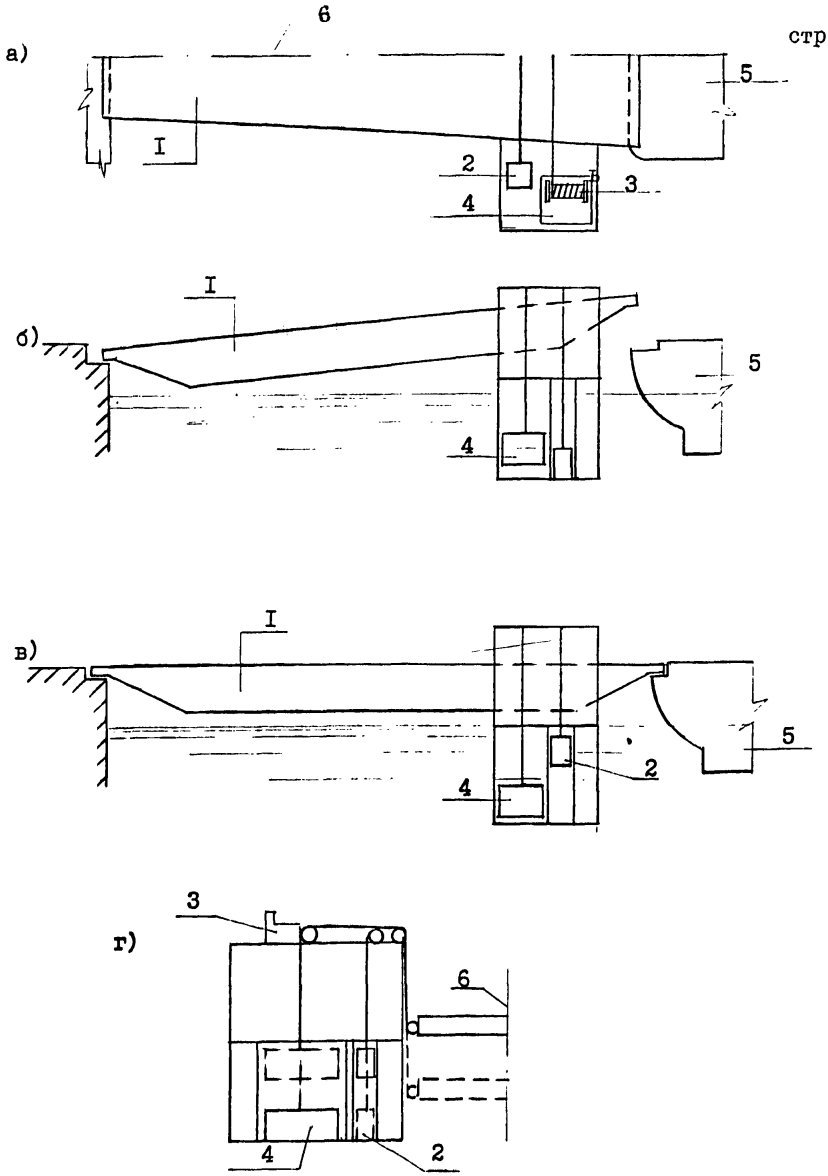
Подъемно-переходной мост необходимо предусматривать, как правило, по схеме со свободно перемещающимися противовесами (рис.6).

При надлежащем обосновании, учитывающем особенности строительства и эксплуатации паромных переправ в условиях установившегося грузопотока (стесненность акватории или территории, сезонность грузопотока, ограниченность сроков навигации), допускается принимать подъемно-переходные мосты по схеме с противовесами, плавающими в колодцах (см.рекомендуемое приложение 4), или схеме моста-понтона (см.рекомендуемое приложение 5).

4.I7. Для расчетов подъемно-переходного моста и его элементов в соответствии с требованиями настоящего раздела приняты следующие условные обозначения:

R_o - то же, что в п.I.I3;

q - то же, что в п.3.I4;



6. План (а), продольные разрезы соответственно в нерабочем (б) и рабочем (в) положениях и поперечный разрез по оси подъемной балки (г) подъемно-переходного моста со свободно перемещающимися противовесами:

I – пролетное строение; 2 – противовес подъемного механизма; 3 – лебедка; 4 – противовес основной; 5 – паром; 6 – плоскость симметрии моста

$L_м$ - длина подъемно-переходного моста, принимаемая для предварительных расчетов равной 30÷40 м и уточняемая в ходе последующих расчетов;

n - количество одновременно загружаемых главных путей парома, принимаемое согласно технологии погрузочно-разгрузочных работ;

ΔT_{min} - просадка кормы парома в расчетной посадке его с технологической нагрузкой на борту с наивысшим положением кормы, определяемая согласно обязательному приложению 3, м;

K_{min}, K_{max} - коэффициенты просадки кормы парома в расчетной посадке с технологической нагрузкой на борту соответственно с наивысшим и наинизшим положением кормы, $м/кН$, определяемые согласно обязательному приложению 3;

ΔT_{max} - просадка кормы парома в расчетной посадке с технологической нагрузкой на борту с наинизшим положением кормы, определяемая согласно обязательному приложению 3, м;

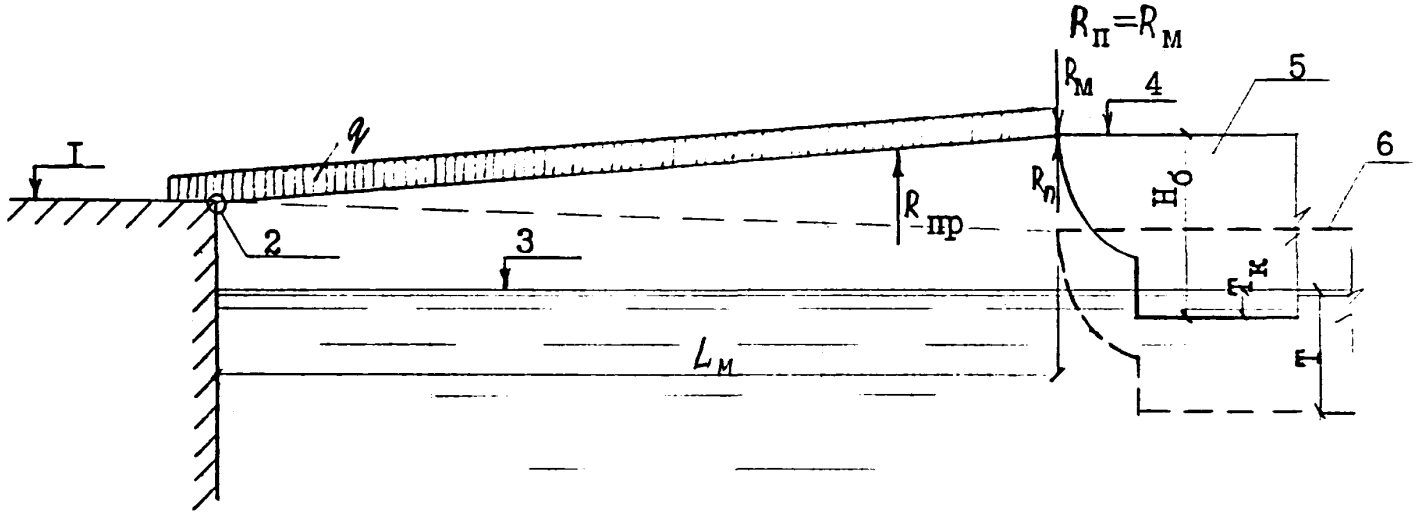
$H_б$ - высота борта от основной линии до линии главной грузовой палубы, м (рис.7);

T_o, T - то же, что в п.4.II;

q_{max}, q_{min} - вертикальные технологические нагрузки, принимаемые согласно п.3.I4, при которых достигается соответственно наиболее высокое и наиболее низкое положение кормы парома при производстве погрузочно-разгрузочных работ согласно обязательному приложению 3;

ℓ - расстояние от продольной оси подъемной балки пролетного строения подъемно-переходного моста до оси береговой опоры, м;

а)



б)

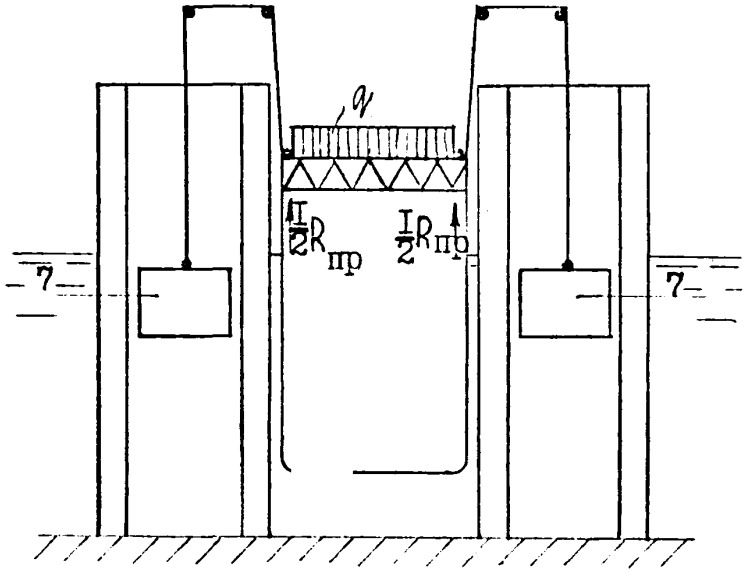


Рис.7. Расчетные схемы подъемно-переходного моста со свободно-перемещающимися противовесами:

а - вдоль продольной оси подъемно-переходного моста; б - вдоль продольной оси подъемной балки пролетного строения; 1 - отметка головки рельса на береговом устое ($\Gamma_б$); 2 - центр вращения моста при производстве погрузочно-разгрузочных работ; 3 - расчетный уровень; 4 - отметка головки рельсов в корме парома; 5 - паром в расчетной посадке; 6 - контуры парома в полном грузу; 7 - основные противовесы

$P_м$ – собственный вес пролетного строения подъемно-переходного моста, принимаемый согласно чертежам, $кН$;

$P_б$ – вес твердого балласта, который может быть вложен в пролетное строение подъемно-переходного моста для его утяжеления при высоком расчетном уровне воды, $кН$;

a – расстояние центра тяжести пролетного строения подъемно-переходного моста от оси береговой опоры, определяемое по его конструктивным чертежам, м;

α – отношение водной поверхности в колодцах, не занятой противовесами, к общей площади колодцев для противовесов;

$K_{гр}$ – коэффициент просадки кормы парома в полном грузу, $м/кН$;

$P_{пр}$ – вес противовесов, располагаемых в колодцах, $кН$;

ω – площадь ватерлинии противовесов, $м^2$;

$h_{пр}$ – высота противовесов, $м$;

Δh – запас высоты на непотопляемость противовесов, $м$: (принимается равным не менее 0,4 м);

S_{iq} – слабина тросов противовесов в установочном положении для парома порожнем, $м$;

K_{i0} – коэффициент просадки кормы парома в исходной посадке, $м/кН$ (см.табл.3);

$\Delta T_{гр}$ – просадка парома кормой под воздействием загруженного моста, $м$;

$\Delta T_{iqy}, K_{iqy}$ – то же, что в п.4.12;

$R_{пр}$ – реакция противовесов на мост, $кН$;

t – осадка противовесов, $м$;

Δt – перемещение противовесов по вертикали, отсчитываемое от установочного положения для парома порожнем, м;

$T_к$ и $T_н$ – полная осадка парома соответственно кормой и носом, м ;

$A_{км}$ – максимально возможное вертикальное перемещение морского конца подъемно-переходного моста, м ;

$A_{пр}$ – амплитуда вертикальных перемещений противовесов, м ;

$H_к$ – глубина колодцев для противовесов, м ;

$V_о$ – объем воды в колодцах противовесов в нерабочем положении моста, $м^3$;

$P_{пост}$ – подъемная сила верхней части понтона, кН ;

$\omega_{пост}$ – площадь ватерлинии верхней части понтона; $м^2$;

$i'_{пр}$ – предельный уклон участков железнодорожного пути на подъемно-переходном мосту и на пароме;

$i''_{пр}$ – допускаемая алгебраическая разность уклонов двух смежных участков железнодорожного пути;

$C_к$ – седловатость кормы парома;

$Г_б$, $Г_к$ – отметки головки рельсов железнодорожных путей соответственно на береговом устое и в корме парома, м ;

$i_{пв}$, $i_{пн}$ – уклоны главной палубы парома соответственно при наименьшей и наибольшей просадках парома кормой, определяемых согласно обязательному приложению 3 по известному значению $R_м$ согласно п.4.19.

Примечания: 1. Коэффициент просадки парома кормой – отношение значения просадки кормы парома к значению силы, вызвавшей ее и приложенной в корме парома в месте опирания морского конца подъемно-переходного моста.

2. Установочное положение – фиксированное положение незагруженного морского пролета подъемно-переходного моста. Следует различать рабочие и нерабочие установочные положения. Мост в установочные поло-

жения приводится с помощью подъемных механизмов, вращением морского пролета в вертикальной плоскости вокруг неподвижного шарнира.

Рабочие установочные положения означают готовность моста и парома к погрузке или выгрузке подвижного состава. В этих положениях мост состыкован с загруженным или с незагруженным паромом. В нерабочих установочных положениях мост с паромом не соединен. При этом возможны 2 положения:

при отсутствии парома;

при заходе парома в ложе.

В последнем случае клюв моста располагается на 0,5 м выше кормы парома (загруженного или незагруженного).

3. Седловатость - конструктивный уклон грузовой палубы в корме парома на ровном киле.

Подъемно-переходной мост со свободно перемещающимися противовесами

4.18. В этой конструктивной схеме моста необходимо иметь в виду, что в нерабочих установочных положениях мост удерживается подъемными механизмами или специальными выдвижными упорами, а в рабочих положениях - паромом. Перевод из одного установочного положения в другое производится только подъемными механизмами и только при отсутствии подвижного состава на пролетных строениях моста.

Собственный вес пролетных строений воспринимается противовесами, которые к ним подвешены с обеих сторон с помощью тросов, переброшенных через блоки (см.рис.6 и рис.7).

4.19. Реакцию $R_м$ морского конца подъемно-переходного моста, состыкованного с кормой парома и загруженного технологичес-

кой нагрузкой, следует определять по формуле

$$R_м = R_о + \frac{q L_м n}{2}. \qquad (17)$$

4.20. Наименьшую просадку $\Delta T_{кmin}$ парома кормой, при которой происходит погрузка-выгрузка подвижных составов по мосту с предельно допустимым уклоном, необходимо определять по формуле

$$\Delta T_{кmin} = \Delta T_{min} + к_{min} R_м. \qquad (18)$$

4.21. Наибольшую просадку $\Delta T_{кmax}$ парома кормой, при которой происходит погрузка-выгрузка подвижных составов по мосту с предельно допустимым уклоном, следует определять по формуле

$$\Delta T_{кmax} = \Delta T_{max} + к_{max} R_м. \qquad (19)$$

4.22. Отметку $Г_{кв}$ головки рельсов кормы парома в наивысшем ее положении следует определять по формуле

$$Г_{кв} = У_в + Н_б - Т_о - \Delta T_{кmin}. \qquad (20)$$

4.23. Отметку $Г_{кн}$ головки рельсов кормы парома в наинизшем ее положении следует определять по формуле

$$Г_{кн} = У_н + Н_б - Т_о - \Delta T_{кmax}. \qquad (21)$$

4.24. Длину $L_м$ подъемно-переходного моста в первом приближении надлежит определять в соответствии со схемой на рис.8 по следующим формулам:

для паромов с седловатостью главной палубы в корме (рис.9)

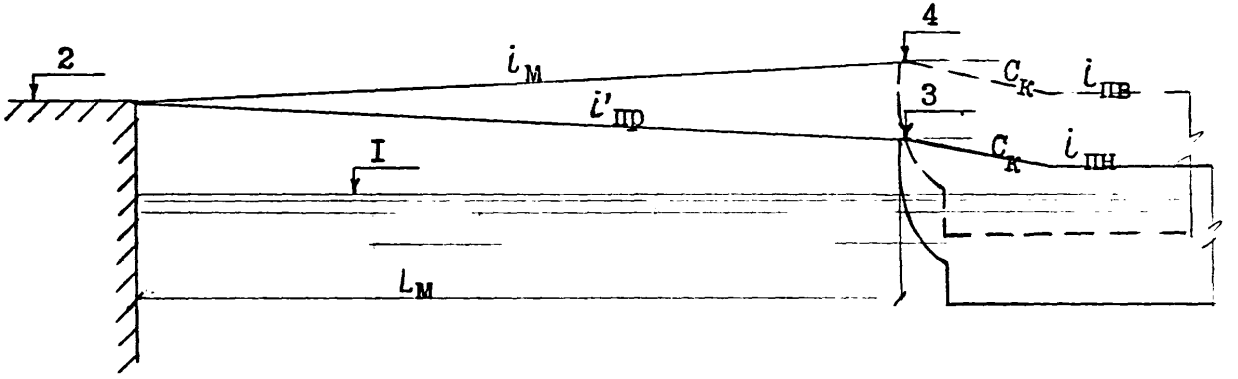
$$L_м \geq \frac{Г_{кв} - Г_{кн}}{i'_{пр} + i''_{пр} - с_к + i_{нв}}; \qquad (22)$$

для паромов без седловатости в корме (рис.10)

$$L_м \geq \frac{Г_{кв} - Г_{кн}}{i'_{пр} + i''_{пр} - i_{кн}}. \qquad (23)$$

В тех случаях, когда длина моста, рассчитанная по формулам (22) или (23), превышает 42 м, следует при определении отметок согласно п.п.4.22 и 4.23 учесть балластировку парома кормой, а при необходимости и носом. Способ учета балластировки следует

а)



б)

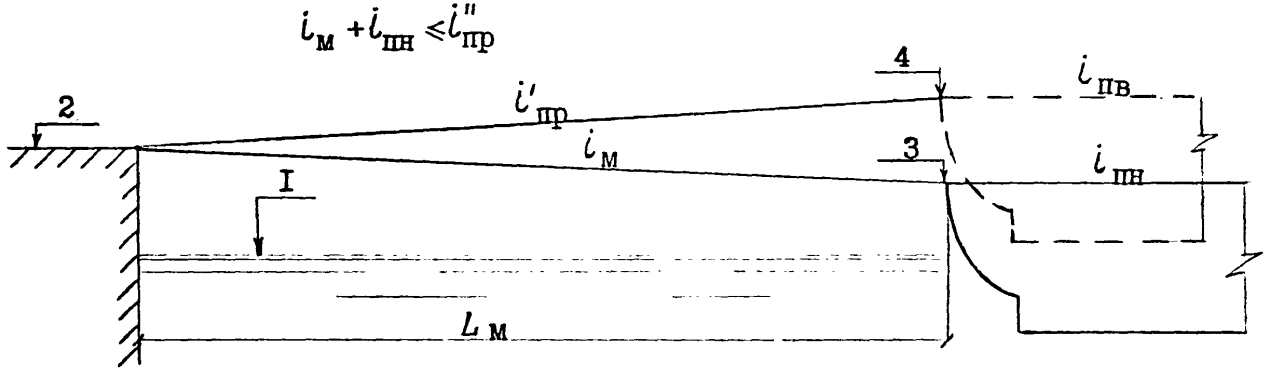


Рис.8. Схемы к определению длины подъемно-переходного моста:
а,б – для парома соответственно с седловатостью и без седловатости главной палубы в корме; I – расчетный уровень;
2 – отметка головки рельсов на береговом устое ($Г_б$);
3 и 4 – отметки головки рельсов в корме парома соответственно в наинизшем ($Г_{кн}$) и наивысшем ($Г_{кв}$) ее положениях

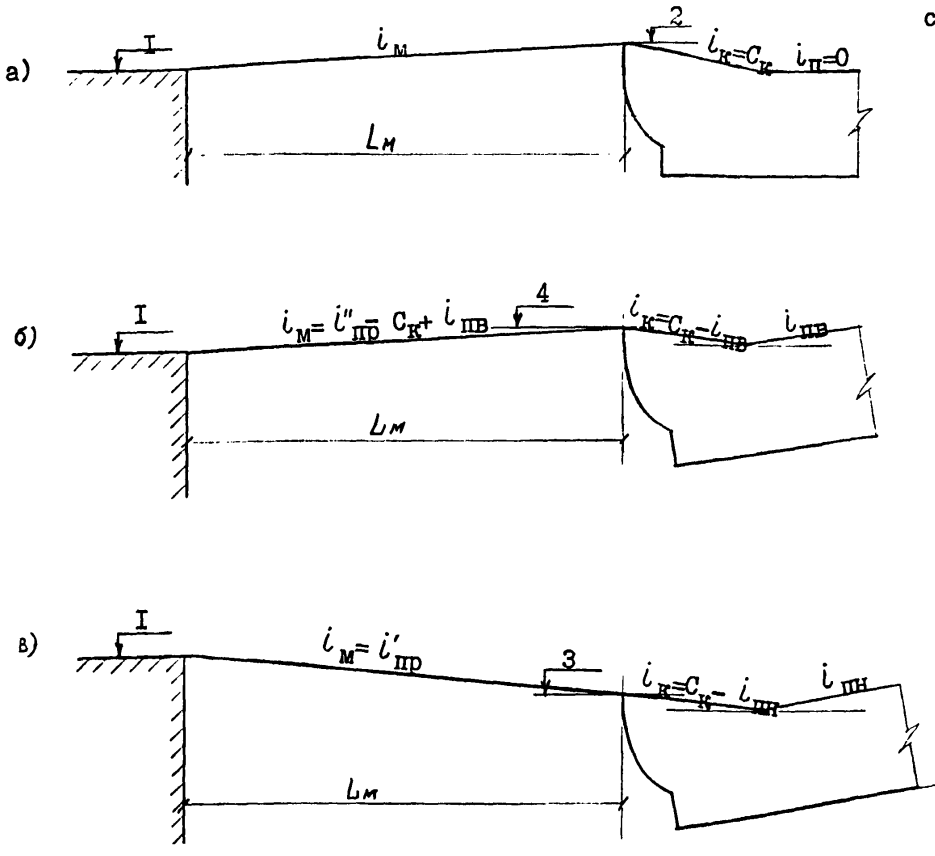


Рис.9. Схемы уклонов железнодорожных путей на подъемно-переходном мосту и пароме с седловатостью главной палубы в корме:

а – мост и паром в посадке с горизонтальной палубой; б и в – мост и паром соответственно в наивысшем и наинизшем положениях кормы; I – отметка головки рельсов на береговом устое; 2 – отметка головки рельсов в корме парома; 3 и 4 – отметки головки рельсов кормы соответственно в наинизшем и наивысшем ее положениях

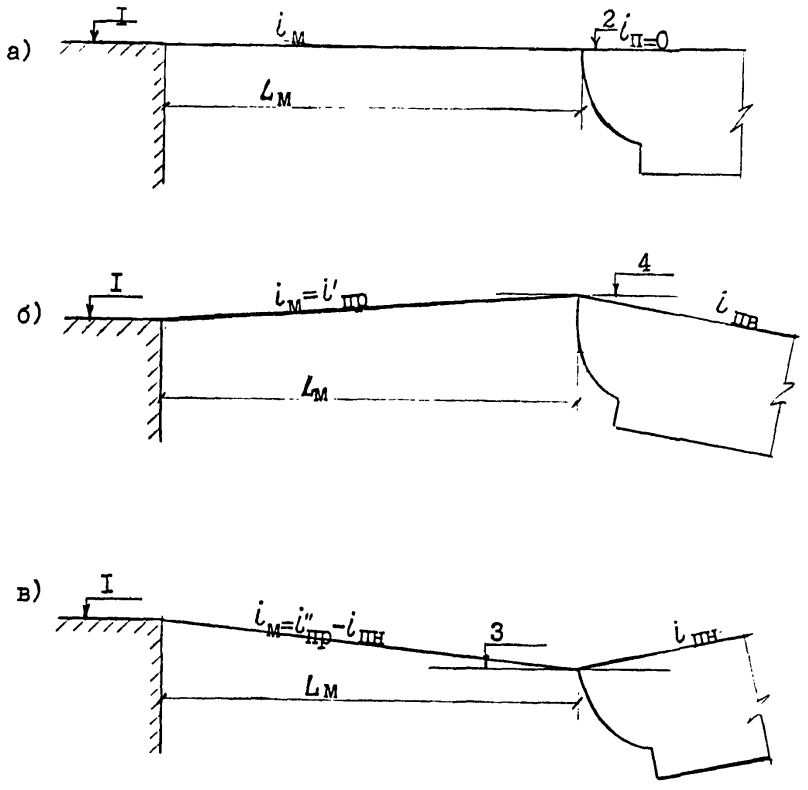


Рис.IO. Схемы уклонов железнодорожных путей на подъемно-переходном мосту и пароме без седловатости в корме:

а – мост и паром в посадке с горизонтальной палубой; б и в – мост и паром соответственно в наивысшем и наинизшем положениях кормы;
I – отметка головки рельсов на береговом устое;
2 – отметка головки рельсов на пароме;
3 и 4 – отметки головки рельсов кормы соответственно в наинизшем и наивысшем ее положениях

принимать согласно обязательному приложению 3. Если необходимый объем балластировки превышает 200 м3 (для паромов водоизмещением $W < 10$ тыс.м^3) и 500 м3 (для паромов с $W \geq 10$ тыс.м^3), следует проектировать, как правило, многопролетную систему подъемно-переходного моста. В этом случае при соответствующем технико-экономическом обосновании допускается уменьшать количество пролетов моста с учетом применения перебалластировки парома из кормы в нос и обратно, производимой параллельно с процессом погрузки-выгрузки.

4.25. Отметку головки рельсов берегового устоя $\Gamma_б$ следует определять согласно п.I.I7 по формулам:

для паромов с седловатостью главной палубы в корме (см.рис.9)

$$\Gamma_б = \frac{\Gamma_{кв} i'_{пр} + \Gamma_{кн}(i''_{пр} - c_к + i_{пв})}{i'_{пр} + i''_{пр} - c_к + i_{пв}}; \qquad (24)$$

для паромов без седловатости в корме (см.рис.I0)

$$\Gamma_б = \frac{(i''_{пр} - i_{пн})\Gamma_{кв} + i'_{пр}\Gamma_{кн}}{i'_{пр} + i''_{пр} - i_{пн}}. \qquad (25)$$

4.26. При необходимости проектирования двухпролетного моста верхнюю $П_в$ и нижнюю $П_н$ отметки головки рельсов на промежуточной опоре следует определять по формулам:

для паромов с седловатостью главной палубы в корме (рис.IIа)

$$П_в = \Gamma_{кв} - (i''_{пр} - c_к + i_{пв}) L_м; \qquad (26)$$

$$П_н = \Gamma_{кн} + i'_{пр} L_м; \qquad (27)$$

для паромов без седловатости в корме (рис.IIб)

$$П_в = \Gamma_{кв} - i'_{пр} L_м; \qquad (28)$$

$$П_н = \Gamma_{кн} + (i''_{пр} - i_{пн}) L_м. \qquad (29)$$

4.27. Отметку головки рельсов берегового устоя $\Gamma_{б2}$ двухпролетного подъемно-переходного моста (см.рис.II) допускается определять согласно п.I.I7 по формуле

$$\Gamma_{б2} = \frac{П_в + П_н}{2}. \qquad (30)$$

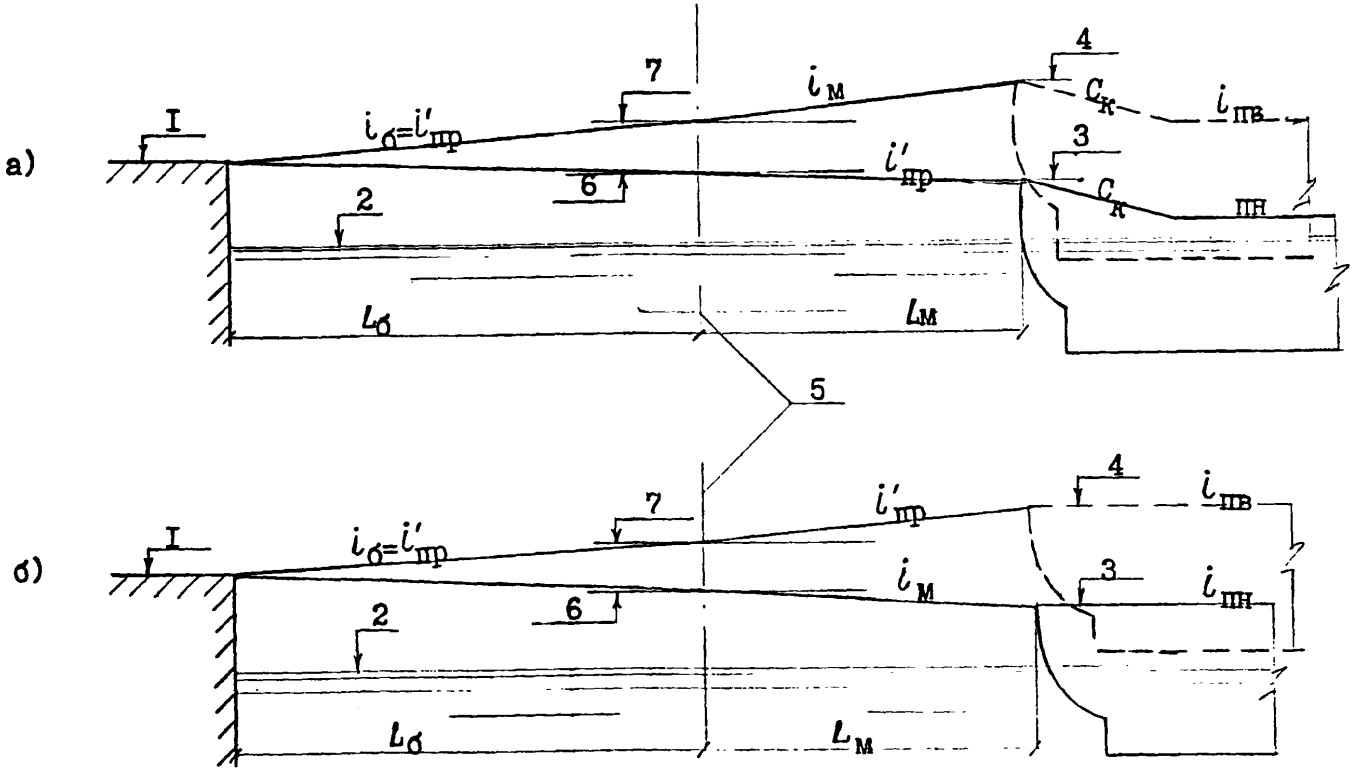


Рис.II. Схемы к определению размеров двухпролетного подъемно-переходного моста:
а и б – для паромов соответственно с седловатостью и без нее главной палубы в корме; I – отметка головки рельсов на береговом устое; 2 – расчетный уровень; 3 и 4 – отметки головки рельсов кормы соответственно в наинизшем и наивысшем ее положениях; 5 – ось промежуточной опоры моста; 6 и 7 соответственно нижняя и верхняя отметки головки рельсов моста на промежуточной опоре

4.28. Длину берегового пролета двухпролетного подъемно-переходного моста следует определять по формуле

$$L_б = \frac{П_в - Г_{б2}}{V_{пр}} \qquad 31)$$

В случае, если определенная по формуле (31) длина берегового пролета превышает 33 м, следует проектировать трехпролетную систему подъемно-переходного моста.

Начальник отдела портов
и гидротехнических сооружений
Каспморниипроекта — В.Н.Кучков

Руководитель темы — В.П.Пискарев

Старший инженер
по стандартизации — А.А.Каскк

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(обязательное)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗМЫВАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ СТРУИ ОТ ДВИЖИТЕЛЕЙ ПАРОМА

I. Скорость струи от гребного винта в начальном сечении (рис.I П-I) необходимо определять по формуле

$$V_0 = \frac{0{,}14\,Ne}{\rho\, n^2\, r_0^4} \qquad (I.I)$$

где Ne – эксплуатационная мощность на валу двигателя, определяемая по техническим характеристикам парома, ;

ρ – плотность морской воды, ;

n – номинальная частота вращения винта, ;

r_0 – радиус винта, .

2. Количество источников возмущения струи от движителей парома следует принимать в зависимости от вида акватории по табл. I.П-I.

3. Скорость в любой точке скоростного поля с началом координат в месте расположения движителей (винтов) (см.рис.I.П-I) должна определяться по формуле

(I.9)

где – то же, что в п.2;

– основание натуральных логарифмов;

– продольная координата точки (расстояние от точки до плоскости движителя, т.е. до начального сечения), м;

– поперечная координата (расстояние от точки до оси абсцисс, т.е. до оси движителя или до оси системы движителей), м.

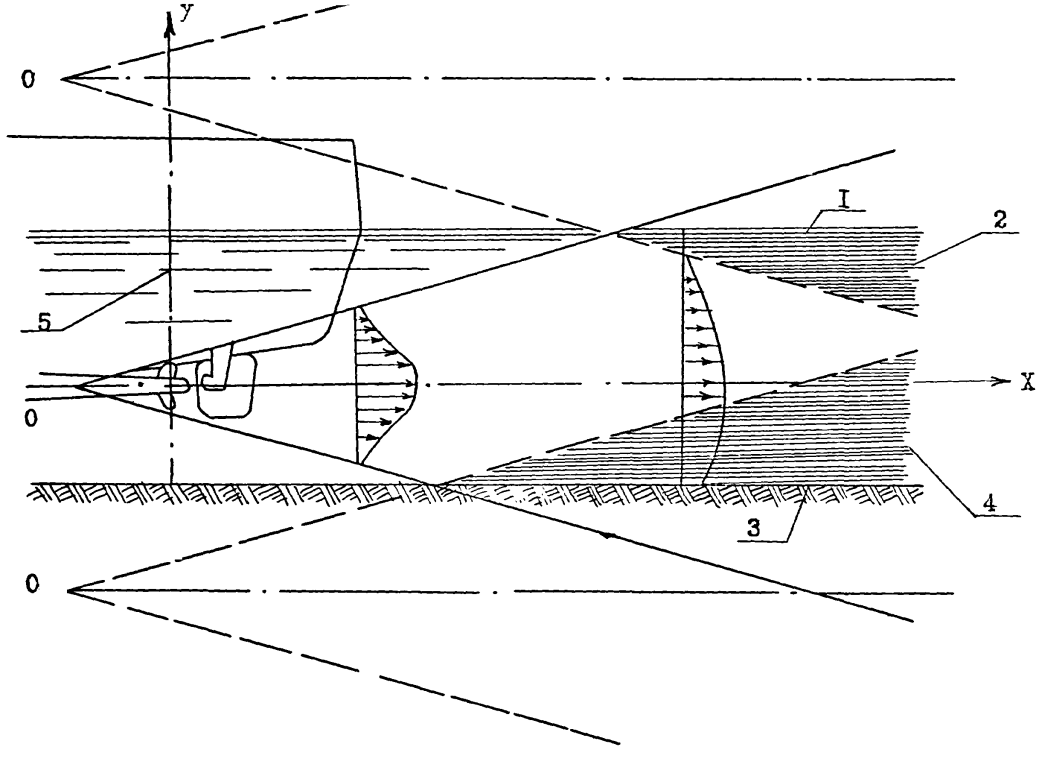


Рис.III-I. Схема поля скоростей в струе, отбрасываемой движителем парома:
I – свободная поверхность; 2 – зона влияния свободной поверхности; 3 – дно; 4 – зона влияния дна; 5 – начальное сечение струи

Таблица I.II-I

Виды акваторий		Наименьший плановый размер акватории $\mathcal{D}_{min}$, м	Минимальная глубина акватории $d_{g,min}$, м	Количество источников возмущения (расчетное) K
Плановая характеристика	Характеристика по глубине			
Открытая акватория	с неограниченной глубиной	$\mathcal{D}_{min} \geq \frac{z_0}{2\alpha}\left(\frac{v_0\sqrt{K}}{v_{g,adm}} - 1\right)$ (1.2)	$d_{g,min} \geq h_g + z_0\left(\frac{2,57 v_0\sqrt{K}}{v_{g,adm}\sqrt{g}} - 1,57\right)$ (1.3)	$K = K_{gg}$ (1.4)
	с ограниченной глубиной		$d_{g,min} < h_g + z_0\left(\frac{2,57 v_0\sqrt{K}}{v_{g,adm}\sqrt{g}} - 1,57\right)$ (1.5)	$K = 2K_{gg}$
Стесненная акватория		$\mathcal{D}_{min} < \frac{z_0}{2\alpha}\left(\frac{v_0\sqrt{K}}{v_{g,adm}} - 1\right)$ (1.6)		$K = 2K_{gg}(K_{on}+1)$ (1.7)
	с неограниченной глубиной		$d_{g,min} \geq z_0\left(\frac{2,57 v_0\sqrt{K}}{v_{g,adm}\sqrt{g}} - 1,57\right) + h_g$	$K = (K_{on}+1)K_{gg}$ (1.8)

В таблице использованы следующие обозначения:

z_0, v_0 – то же, что в п.I;

α – безразмерный коэффициент, равный 0,028;

$v_{g,adm}$ – то же, что в п.4.2;

h_g – заглубление движителей парома, м;

K_{gg} – количество движителей парома;

K_{on} – максимальное количество ограничивающих поверхностей, в которые одновременно может упереться струя от движителей при перемещениях парома по стесненной акватории.

ПРИЛОЖЕНИЕ I
продолж.

4. Максимальную донную скорость $v_{в,max}$ струи от движителей следует определять по формуле

$$v_{в,max} = \frac{z_0 v_0 \sqrt{\kappa}}{(z_0 + 0{,}2\,a\,L)\sqrt{e}}, \qquad (I.10)$$

где L - длина парома, м.

5. Координаты точки (x_{max}; y_{max}), в которой струя от движителей развивает максимальную донную скорость, следует определять по формулам

$$\begin{cases} x_{max} = 0{,}1\,L \\ y_{max} = z_0 + 5{,}14\,a\,x_{max}. \end{cases} \qquad (I.11)$$

6. Глубину $h_{разм}$ воронки ожидаемого размыва дна, сложенного грунтами естественного залегания, от воздействия струи от движителей при условии (I4) следует определять формулой

$$h_{разм} = \frac{z_0 v_0 \sqrt{\kappa}}{v_{в,adm}\sqrt{e}} - y_{max}. \qquad (I.12)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
(обязательное)

РАСЧЕТ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАГРУЗОК ОТ ПАРОМА ПРИ ЕГО ШВАРТОВКЕ

I. При определении нормативной поперечной горизонтальной нагрузки F_q от парома при его швартовке к причалу или при заходе в ложе необходимо учитывать жесткость сочетающихся в точке контакта соединений.

Примечания: I. Поперечная горизонтальная нагрузка F_q от парома при его швартовке к причалу или при заходе в ложе в дальнейшем именуется "нагрузка F_q".

2. Соединения - части корпуса парома и гидротехнического сооружения (в том числе отбойных и амортизационных устройств), участвующие в поглощении кинетической энергии движущегося парома.

3. Точка контакта - место соприкосновения корпуса парома и гидротехнического сооружения при их взаимодействии в период швартовки или при заходе парома в ложе. Связь соединений в точке контакта в дальнейшем именуется сочетанием.

4. По характеру взаимодействия соединений их сочетания следует подразделять на последовательные, параллельные и комбинированные (рис. I П-2).

5. По характеру зависимости между силой и деформацией, вызванной этой силой, соединения следует подразделять на линейно деформируемые и нелинейно деформируемые.

Линейно деформируемое соединение - соединение, величина деформации которого линейно зависит от величины

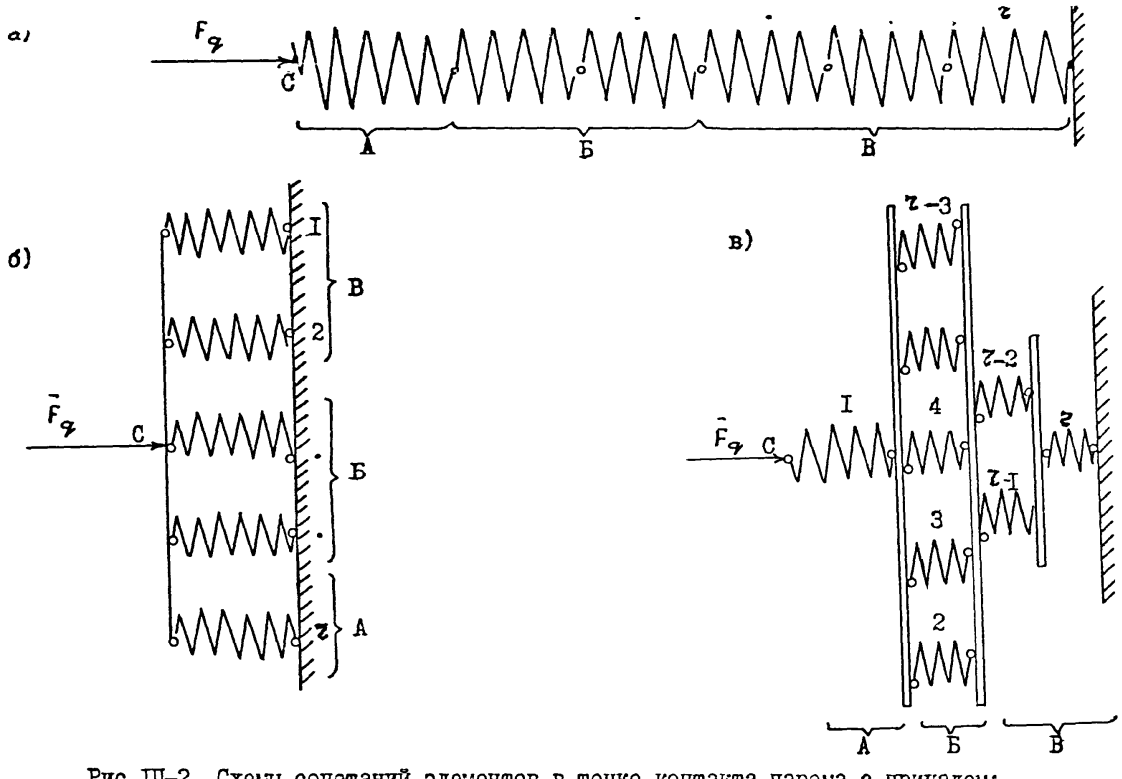


Рис.III-2. Схемы сочетаний элементов в точке контакта парома с причалом:

а - последовательное; б - параллельное; в - комбинированное (пример);
I,2 ..., z - номера сединений в сочетании;
А - паром; Б - отбойное устройство; В - причальное сооружение;
F_q - горизонтальная нагрузка от швартующегося парома;
C - точка приложения нагрузки F_q.

статически приложенной к ним нагрузки (Закон Гука).

Нелинейно деформируемое соединение - соединение, величина деформации которого зависит от величины статически приложенной к ним нагрузки нелинейно.

2. Взаимодействие сочетания линейно деформируемых и сочетания нелинейно деформируемых соединений в точке контакта следует принимать последовательным (см.рис. I П-2). При этом расчет коэффициента жесткости сочетания соединений необходимо находить из условия

$$F_q = F_{q\,лд} = F_{q\,нлд}, \qquad (2.1)$$

где $F_{q\,лд}, F_{q\,нлд}$ - поперечные горизонтальные нагрузки, воспринимаемые соответственно линейно деформируемыми и нелинейно деформируемыми соединениями в период действия нагрузки F_q, кН.

3. Зависимость между поперечной нагрузкой F_{qi} и деформацией f_i для i-го линейно деформируемого соединения надлежит принимать по формуле

$$F_{qi} = \kappa_i f_i, \qquad (2.2)$$

где κ_i - коэффициент поперечной жесткости рассматриваемого соединения, кН/м.

4. Для нелинейно деформируемого соединения зависимость между поперечной нагрузкой F_{qp} и деформацией f_p должна устанавливаться по формуле

$$F_{qp} = \kappa_p f_p^n, \qquad (2.3)$$

где κ_p и n - показатели соответственно количества и качества соединения.

Значения показателей κ_p и n следует принимать по табл.I П-2 (D и d - соответственно наружный и внутренний

Таблица I П-2

РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ ОТБОЙНЫХ УСТРОЙСТВ

Тип отбойного устройства	Материал и форма	D, м	d, м	l, м	H, м	Зависимость $F_{zp} = K_p f_p^n$: K_p, кН/м^n	Зависимость $F_{zp} = K_p f_p^n$: n	Величина предельной деформации f_{max}, м	Энергия предельной деформации E_o, кДж/с	Усилие сжатия до предельной деформации F_o, кН	Коэффициент жесткости сжатого до предельной деформации элемента $K_{пр}$, кН/м
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
Д=300	Резиновый полый цилиндр	0,30	0,I5	3,0	-	I20230	3,00	0,I6	20	490	63740
Д=400	То же	0,40	0,20	2,0	-	78790	3,I5	0,22	35	667	45600
Д-600	-"-	0,60	0,30	3,0	-	74825	3,49	0,33	II5	I559	58300
Д-800	-"-	0,80	0,40	2,0	-	I7400	3,I8	0,44	I33	I275	38930
	-"-	-"-	-"-	3,0	-	26090	3,I8	0,44	20I	I9I2	58350
	-"-	-"-	-"-	4,0	-	34770	3,I8	0,44	270	2560	77820
Д-I000	-"-	I,00	0,50	2,0	-	7940	3,06	0,55	I73	I275	38930
	-"-	-"-	-"-	3,0	-	II920	3,06	0,55	259	I9I2	58350
	-"-	-"-	-"-	4,0	-	I5890	3,06	0,55	345	2550	77820

Продолжение табл. I П-2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
Д-I200	Резиновый полый цилиндр	I,20	0,60	2,0	-	5I30	2,98	0,66	246	I49I	38930
	-"-	-"-	-"-	3,0	-	7700	2,98	0,66	370	2236	58350
	-"-	-"-	-"-	4,0	-	I0260	2,98	0,66	492	297I	77820
V600H	Резиновая полая трапеция	-	-	I,5	0,60	I550	0,66	0,30	I27	700	23800
	-"-	-	-	2,0	0,60	2000	0,64	0,30	I70	926	32260
	-"-	-	-	2,5	-"-	2275	0,58	0,30	2I5	II32	37285
V800H	-"-	-	-	2,5	0,80	2720	0,63	0,40	375	I525	49030
	-"-	-	-	3,0	-"-	3270	0,63	0,40	450	I834	57350
	-"-	-	-	3,5	-"-	39I0	0,65	0,40	523	2I56	66490
V1000H	-"-	-	-	2,5	I,00	3I60	0,56	0,50	686	2I42	
	-"-	-	-	3,0	-"-	3940	0,56	0,50	857	2670	
	-"-	-	-	3,5	-"-	4600	0,56	0,50	I000	3I20	

диаметр элемента; $\mathcal{L}$ - длина стандартного элемента; H - высота поперечного сечения элемента).

5. Коэффициент K поперечной жесткости сочетания из z линейно деформируемых соединений необходимо определять по следующим формулам:

для последовательного сочетания

$$K = \frac{1}{\sum_{i=1}^{z} \frac{1}{K_i}}; \qquad (2.4)$$

для параллельного сочетания

$$K = \sum_{i=1}^{z} K_i . \qquad (2.5)$$

Для комбинированного сочетания коэффициент K определяется в зависимости от действительной конструктивной схемы сооружения.

6. Зависимость между нагрузкой $F_{q\,1\,3}$ и деформацией f сочетания линейно деформируемых соединений должна приниматься по формуле

$$F_{q\,1\,3} = K f . \qquad (2.6)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
продолж.

При этом для последовательного сочетания

$$f = \sum_{i=1}^{z} f_i ; \qquad (2.7)$$

для параллельного сочетания

$$f = f_{iн} , \qquad (2.8)$$

где $f_{iн}$ - деформация соединения, расположенного на одном уровне с точкой контакта, $м$.

7. Зависимость между нагрузкой $F_{фнлд}$ и деформацией f сочетания z нелинейно деформируемых соединений следует принимать по формуле

$$F_{фнлд} = \varphi f^{n} . \qquad (2.9)$$

Здесь для последовательного сочетания

$$\varphi = \frac{\beta K_p}{z^n} ; \qquad (2.10)$$

для параллельного сочетания

$$\varphi = \beta z K_p \gamma_c , \qquad (2.11)$$

где $\beta = \frac{\ell}{\mathcal{L}}$ - отношение расчетной длины ℓ соединения к стандартной длине $\mathcal{L}$ элемента;

γ_c - коэффициент неравномерности сжатия расположенного в уровне точки контакта соединения в сочетании, следует принимать согласно п.8;

f - следует определять по формулам (2.7) или (2.8) в зависимости от вида сочетания.

Примечания: I. Расчетная дина ℓ элемента принимается в общем случае неравной его стандартной длине $\mathcal{L}$. Она выбирается на основе технико-экономических расчетов, по полученному значению коэффициента β.

2. При $z<3$ предпочтительнее пользоваться обычными методами строительной механики.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
продолж.

8. Коэффициент γ_c неравномерности сжатия нелинейно деформируемого соединения, расположенного в параллельном сочетании на уровне точки контакта, должен приниматься в зависимости от эксцентриситета e приложения нагрузки F_q относительно горизонтали, проходящей параллельно кордону причала через середину сочетания, по формулам:

а) при $e=0$

$$\gamma_c = 1; \qquad (2.12)$$

б) при $0 < |e| < \frac{A}{2}\frac{n}{n+2}$ (случай малых эксцентриситетов)

$$\gamma_c = \frac{\left[1-\left(\frac{A}{2}+e\right)\mu\right]^{n+1}}{1-(n+1)\left(\frac{A}{2}-e\right)\mu}; \qquad (2.13)$$

в) при $|e| = \frac{A}{2}\cdot\frac{n}{n+2}$ (случай треугольной эпюры деформаций)

$$\gamma_c = \frac{(n+2)^n}{(n+1)^{n+1}}\cdot\frac{1}{1+\frac{n(n-1)}{24(\beta z)^2}\left(\frac{n+2}{n+1}\right)^2}; \qquad (2.14)$$

г) при $\frac{A}{2}\cdot\frac{n}{n+2} < |e| \le \frac{A}{2}$ (случай больших эксцентриситетов) γ_c следует определять в соответствии с перераспределением нагрузки между соединения и гибкими связями для этого случая.

В приведенных формулах

A - размер (длина вдоль кордона или высота) распределительного щита, передающего нагрузку F_q соединениям, м;

$$\mu = \frac{t_g\alpha}{f} - \qquad (2.15)$$

действительный корень уравнения

$$\mu^3 + b\mu^2 + c\mu + d = 0, \qquad (2.16)$$

в котором

$$b = -1{,}5\,e\,(1+\eta)\,\varkappa;$$
$$c = \frac{1+3\eta}{n-1}\,\varkappa;$$
$$d = -\frac{12\,e}{A^2 n(n-1)}\,\varkappa.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
продолж.

Здесь

$$p = \left(\frac{2e}{A}\right)^2;$$

$$\varkappa = \frac{40}{A^2(n-2)(1+10p+5p^2)} - \text{параметр, м}^{-2};$$

α - угол отклонения распределительного щита от равновесного положения в период взаимодействия с привальным брусом парома при швартовке.

9. Нагрузку F_q следует определять по формулам:

а) при $\sqrt[n+1]{\frac{E_q(n+1)}{\varphi}} \le f_{p\max}$, (2.17)

при этом для последовательного сочетания

$$f_{p\max} = 2 f_{\max}, \quad (2.18)$$

для параллельного сочетания

$$f_{p\max} = f_{\max}\sqrt[n+1]{\gamma_c}, \quad (2.19)$$

где $f_{\max}$ - предельная деформация одного соединения, м, (следует принимать по табл. I П-2),

если $0{,}1K \ge \sqrt[n+1]{\varphi^2(n+1)^{2n}E_q^{n-1}}$,

то $H_x = \sqrt[n+1]{\varphi(n+1)^n E_q^n}$; (2.20)

если $0{,}1K < \sqrt[n+1]{\varphi^2(n+1)^{2n}E_q^{n-1}}$,

то $F_q = \varphi f_{1\max}^n$. (2.21)

Здесь

$$f_{1\max} = \sqrt[n]{\frac{K}{\varphi(n+1)}}\left(\sqrt{f_{1\max}^2 + \frac{2E_q(n+1)^2}{K}} - f_{1\max}\right). \quad (2.22)$$

Значение $f_{1\max}$ следует определять методом итераций с использованием первоначального значения $f_{\max} = \sqrt[n+1]{\frac{E_q(n+1)}{\varphi}}$ до тех пор, пока не будет соблюдено неравенство

$$|f_{1\max(j+1)} - f_j| \le 0{,}001 \text{ м}, \quad (2.23)$$

где j - порядковый номер вычислений;

б) при $\sqrt[n+1]{\frac{E_q(n+1)}{\varphi}} > f_{p\max}$

для последовательного сочетания нелинейно деформируемых соединений

$$F_q = \sqrt{\frac{2E_q(n+1)+\varphi K_p f_{p\max}^{2n}(n+1)\frac{1}{K_{np}} - 2\varphi f_{p\max}^{n+1}}{\left(\frac{1}{K}+\frac{1}{\beta^2 K_{np}}\right)(n+1)}}; \qquad (2.24)$$

для параллельного сочетания нелинейно деформируемых соединений

$$F_q = \sqrt{\frac{2E_q(n+1)+\frac{\beta^2 K_p^2}{\gamma^{2n-1}} f_{p\max}^{2n}(n+1)\frac{1}{K_{np}} - 2\varphi f_{p\max}^{n+1}}{\frac{1}{K}+\frac{\gamma(n+1)}{\beta K_{np}}}}, \qquad (2.25)$$

где K_{np} - коэффициент жесткости одного сжатого до предела соединения, $кН/м$, следует принимать по табл. I П-2.

I0. Количество $\gamma_л$ линейно деформируемых соединений сочетания следует устанавливать по конструктивной схеме сооружения.

II. Количество $\gamma_{нл}$ нелинейно деформируемых соединений сочетания необходимо определять по формулам:

для последовательного сочетания

$$\gamma_{нл} = \left(\frac{E_q}{E_o} - \frac{F_o^2}{2E_q K}\right)\frac{1}{\beta}; \qquad (2.26)$$

для параллельного сочетания

$$\gamma_{нл} = \frac{\gamma_c K(n+1) f_{p\max}}{F_o(n+2)}\left(\sqrt{1+\frac{2E_q(n+2)^2}{K f_{p\max}^2}} - 1\right), \qquad (2.27)$$

где E_q - то же, что в п.3.II;

E_o - энергоемкость одного сжатого до предела соединения, $кДж$;

F_o - усилие, воспринимаемое этим соединением при максимально возможной степени сжатия, $кН$.

Величины E_o и F_o следует принимать по табл.I II-2.

I2. Показатели K_p и n соединений, не представленных в табл. I П-2, следует определять по их графическим техническим характеристикам, выполняя S попарных измерений (f_i, F_i), составления и решения системы

$$\begin{cases} S \lg K_p + n \sum_{i=1}^{S} \lg f_i = \sum_{i=1}^{S} \lg F_i \\ \lg K_p \sum_{i=1}^{S} \lg f_i + n \sum_{i=1}^{S} (\lg f_i)^2 = \sum_{i=1}^{S} \lg f_i \lg F_i . \end{cases} \qquad (2.28)$$

Примечание. Графическая техническая характеристика - график зависимости между нагрузкой F_q, $кН$, и деформацией f_p, $м$, нелинейно деформируемого соединения.

I3. Для линейно деформируемых отбойных устройств следует принимать $n = 1$.

I4. Из двух рассматриваемых типов амортизирующих элементов с техническими характеристиками в виде $F_q = K_{p1} f_p^{n_1}$ и $F_q = K_{p2} f_p^{n_2}$ для установки в отбойные и амортизационные устройства надлежит применить тип элемента с показателем n_1, если соблюдается условие

$$K < \sqrt[n_1 - n_2]{K_{p1}^{1-n_2} K_{p2}^{n_1 - 1}} , \qquad (2.29)$$

где K_{p1}, K_{p2} - показатели количества сочетаний амортизирующих элементов.

I5. Реакция i-го из $z_{нл}$ одновременно взаимодействующих в параллельном сочтании с привальным брусом парома амортизирующих элементов отбойных устройств должна определяться по формуле

$$R_i = \frac{[2 z_{нл}(1-\mu e) + A_M(2i - 1 - z_{нл})]^n}{\sum_{i=1}^{z_{нл}} [2 z_{нл}(1-\mu e) + A_M(2i - 1 - z_{нл})]^n} F_q , \qquad (2.30)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
продолж.

где i - порядковый номер элемента (отсчитывается, начиная с отрицательного фланга распределительного щита).

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
(обязательное)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОСАДКИ ПАРОМА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ

I. К характеристикам посадки парома (рис.I.П-3) при производстве погрузочно-разгрузочных работ следует относить следующие величины: осадку кормой, $T_к$, м ; осадку носом, $T_н$, м ; просадку кормой, ΔT_{iq}, м ; просадку носом, $\Delta T_н$, м ; дифферентующий момент, m, кН·м ; абсциссу центра водоизмещения, x_c, м ; вес , D_c, кН ; уклон главной палубы $i_п$.

2. Исходной следует считать расчетную посадку парома порожнем с технологическими запасами без балласта (см.п.4.I2). Расчетное значение запасов должно быть указано в задании на проектирование.

Примечания: I. Технологические запасы (или запасы) - запасы топлива, воды и пр., необходимые для обеспечения нормальной эксплуатации парома.

2. Балласт - забортная вода, которая принимается в специальные (балластировочные) отсеки парома для изменения его просадок при производстве погрузочно-разгрузочных работ или для изменения осадок его на ходу (с целью увеличения остойчивости).

3. Просадки кормы и носа вверх от исходной посадки парома необходимо считать отрицательными (см.рис. 1б П-3).

4. Дифферентующий момент при вызываемом им дифференте парома на нос надлежит считать положительным.

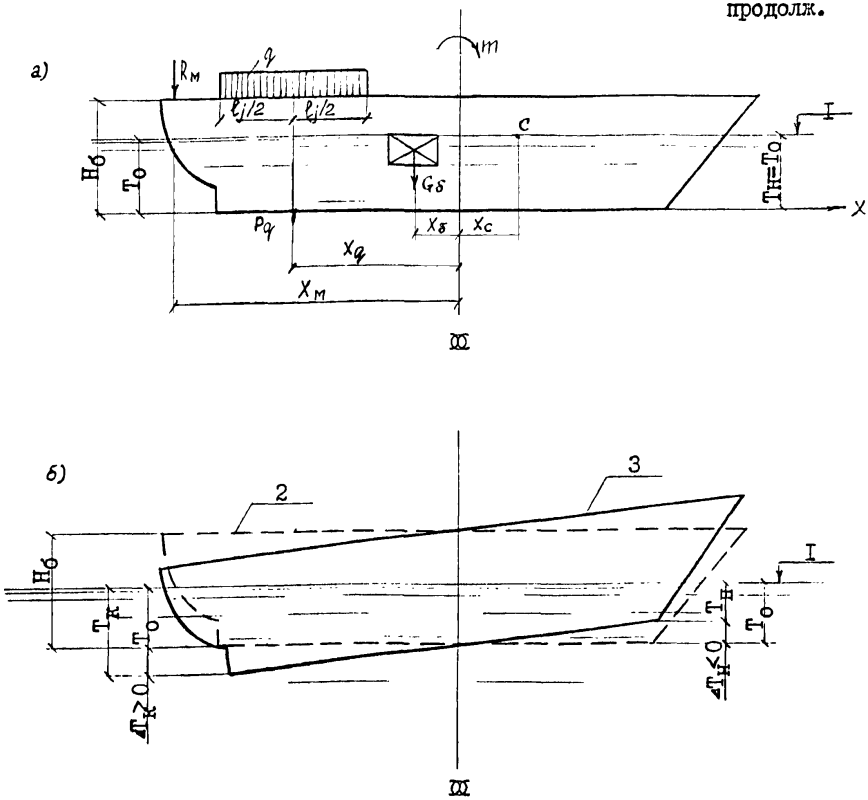


Рис.III-3. Схемы к расчету характеристик посадки парома;
а – схема нагрузок и размеров; б – схема положения парома в расчетной посадке;
I – расчетный уровень воды; 2,3 – соответственно исходная и расчетная посадки парома

5. Абсциссу x_c следует считать положительной, если она отложена от плоскости миделя в сторону носа.

6. Характеристики посадки парома должны определяться для каждой схемы загрузки исходя из принципа зависимости действия активных сил.

7. К активным силам, действующим на паром в расчетной посадке, надлежит относить технологическую нагрузку q (см.п.3.I4), вес балласта G_δ и реакцию $R_м$ морского конца подъемно-переходного моста (работающего под нагрузкой q или без нее).

8. При исходной посадке необходимо принимать следующие характеристики парома:

$$T_к = T_н = T_o; \quad \Delta T_{iq} = \Delta T_н = 0;$$
$$x_c = x_{co}; \quad \mathcal{D}_c = \mathcal{D}_{co}; \quad m = m_o;$$
$$G_\delta = 0; \quad i_n = 0,$$

где T_o - то же, что в п.4.II;

x_{co} - абсцисса центра водоизмещения парома порожнем (с запасами), $м$;

$\mathcal{D}_{co}, m_o$ - соответственно вес и дифферентующий момент парома порожнем (с запасами), соответственно $кН$ и $кН \cdot м$.

9. Вес парома в расчетной посадке следует определять по формуле

$$\mathcal{D}_c = \mathcal{D}_{co} + R_м + q L_{гр} + G_\delta, \qquad (3.I)$$

где $L_{гр}$ - общая длина путей на пароме в расчетной посадке, работающих под нагрузкой q, $м$.

Длина

$$L_{гр} = \sum_{i=1}^{f} l_j, \qquad (3.2)$$

где f - общее количество участков путей на пароме в расчетной посадке, загруженных одновременно;

ℓ_j - длина участка, $м$;

j - номер участка путей.

10. Дифферентующий момент парома в расчетной посадке надлежит определять по формуле

$$m = m_0 + R_м x_м + \sum_{j=1}^{f} q\, \ell_j x_{qj} + G_б x_б, \qquad (3.3)$$

где $x_м$ - абсцисса точки приложения реакции моста, $м$;

x_{qj} - абсцисса центра тяжести j - го участка нагрузки q, $м$;

$x_б$ - абсцисса центра тяжести балласта, $м$.

Примечание: Величины $G_б$ и $x_б$ следует назначать в зависимости от требуемой балластировки парома в расчетной посадке с учетом технических характеристик его балластировочной системы.

11. Зависимость между водоизмещением парома W_c, абсциссой центра водоизмещения x_c и осадками носом $T_н$ и кормой $T_к$ для всех расчетных посадок парома следует представлять в виде диаграммы, построенной с использованием масштаба Бонжана (рис.2 П-3).

12. Абсциссу центра водоизмещения парома в расчетной посадке необходимо определять по формуле

$$x_c = \frac{m}{\mathcal{D}_c}. \qquad (3.4)$$

13. Осадки парома кормой и носом в расчетной посадке надлежит определять по диаграмме (см.рис. 2 П-3) с учетом значений веса $\mathcal{D}_c$ согласно п.9 и абсциссы x_c центра водоизмещения согласно п.12.

14. Просадку парома кормой в расчетной посадке следует находить по формуле

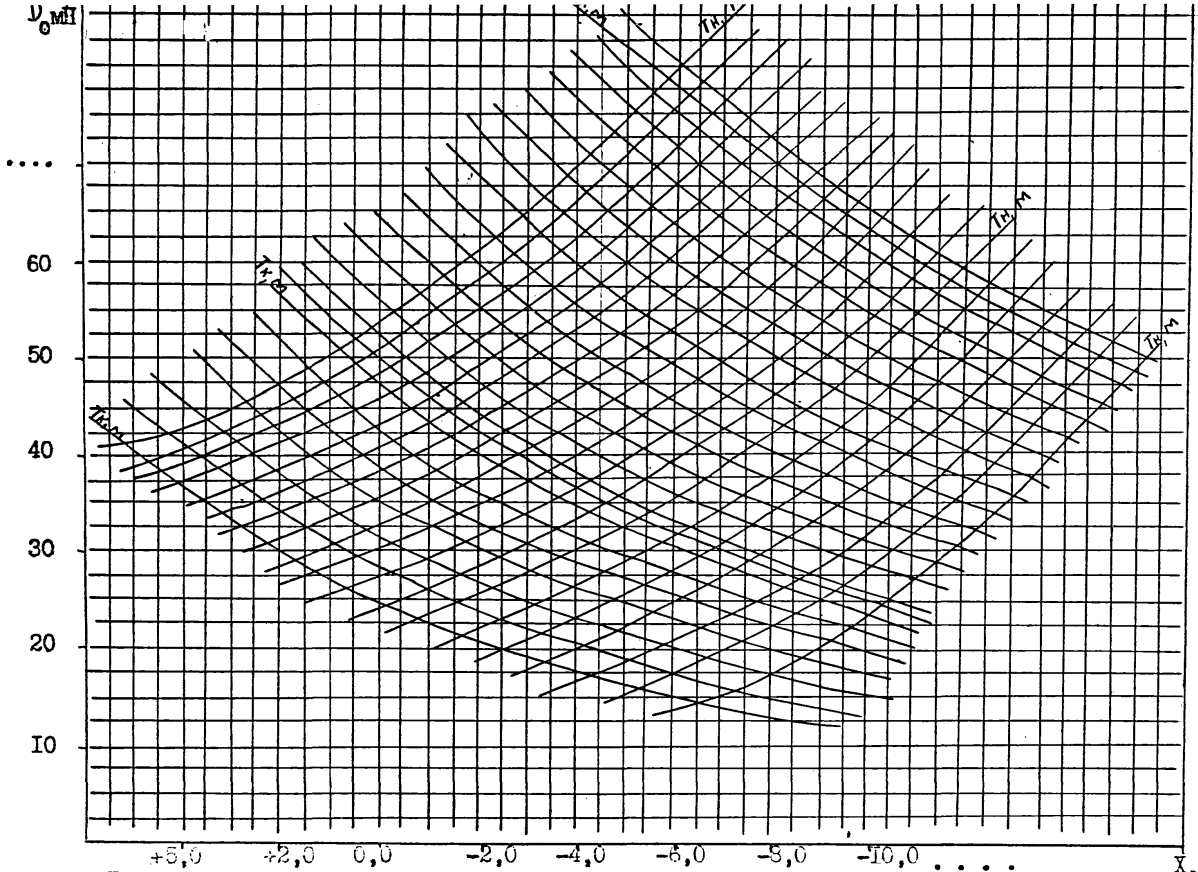


Рис.И-3. Пример построения зависимости между водоизмещением D_c парома, абсциссой X_c центра водоизмещения и осадками носом $T_н$ и кормой $T_к$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
продолж.

$$\Delta T_{iq} = T_к - T_о. \qquad (3.5)$$

I5. Просадка парома носом в расчетной посадке должна определяться по формуле

$$\Delta T_{Н_{грузовой}} = T_Н - T_о. \qquad (3.6)$$

I6. Уклон главной палубы парома в расчетной посадке слудет определять по формуле

$$i_п = \frac{T_к - T_Н}{L_⊥}, \qquad (3.7)$$

где $L_⊥$ - длина парома между перпендикулярами, $м$.

I7. Коэффициент K_{iq} просадки парома кормой в расчетной посадке должен определяться как среднеарифметическое значение его S определений по формуле

$$K_{iq} = \frac{\sum_{1}^{S} K_{iqn}}{S}, \qquad (3.8)$$

где $n = 1, 2, 3 \ldots S$;

K_{iqn} - коэффициент просадки парома кормой в n-ом определении.

Значение

$$K_{iqn} = \frac{\Delta T_{iqn}}{R_{мп}}, \qquad (3.9)$$

где ΔT_{iqn}- просадка парома кормой в n-ом определении согласно п.I4 под влиянием воздействия силы $R_{мп}, М$;

$R_{мп}$- реакция морского конца подъемно-переходного моста на корму парома, вызывающая ее просадку $\Delta T_{iqn}, кН$.

Реакция $R_{мп}$ для $n = 1, 2, \ldots S$ составляет соответственно $0; 0,5; 1,0 \ldots\ldots 3,5$ МН.

I8. Расчетная посадка парома с технологической нагрузкой на борту при наивысшем положении кормы должна определяться по табл.3 и характеризоваться наименьшим табличным значением ΔT_{iq} просадки кормы по формуле

$$\Delta T_{min} = \{\Delta T_{iq}\}_{min}, \qquad (3.10)$$

а также соответствующим ему в табл.3 (п.4.12) коэффициентом K_{iq} просадки по формуле

$$K_{min} = \{K_{iq}\}_{\Delta T min}. \qquad (3.11)$$

19. Расчетная посадка парома с технологической нагрузкой на борту при наинизшем положении кормы должна определяться также по табл.3 (п.4.12) и характеризоваться наибольшим табличным значением ΔT_{iq} просадки кормы по формуле

$$\Delta T_{max} = \{\Delta T_{iq}\}_{max}, \qquad (3.12)$$

а также соответствующим этому значению в таб.3 коэффициента K_{iq} просадки кормы по формуле

$$K_{max} = \{K_{iq}\}_{\Delta T max}. \qquad (3.13)$$

20. При расчете длины подъемно-переходного моста значения технологической нагрузки q (см.п.3.14) должны соответствовать экстремальным расчетным посадкам, т.е.

$$q_{min} = \{q\}_{\Delta T min}; \qquad (3.14)$$

$$q_{max} = \{q\}_{\Delta T_{max}}. \qquad (3.15)$$

При выборе по табл.3 экстремальных расчетных посадок парома следует учитывать необходимость балласта на пароме и его наличие.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
(рекомендуемое)

СТАТИСТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДЪЕМНО-ПЕРЕХОДНОГО МОСТА С ПРОТИВОВЕСАМИ, ПЛАВАЮЩИМИ В КОЛОДЦАХ (рис.I П-4 и рис.2 П-4)

I. Длину подъемно-переходного моста, следует определять по формулам:

для парома с седлозатостью главной палубы в корме (см.рис.8 и рис.9)

(4.I)

для парома без седлозатости в корме (см.рис.8 и рис.I0)

(4.2)

В случае, если полученная по формулам (4.I) и (4.2) длина моста превышает 42 м, следует произвести ее перерасчет с учетом балластировки парома, определяемой согласно обязательному приложению 3. При перерасчете необходимо учитывать, что в случае балластировки кормы парома в формулах (4.I) и (4.2) следует изменить величины , а в случае балластировки носа - величины . При соответствующем технико-экономическом обосновании допускается применение комплексной балластировки парома кормой и носом с учетом перебалластировки, производимой параллельно перегрузочному процессу. В этом случае в формулах (4.I) и (4.2) следует изменить все четыре величины

2. Подъемную балку пролетного строения подъемно-переходного моста следует располагать на расстоянии от оси береговой опоры.

Расстояние

(4.3)

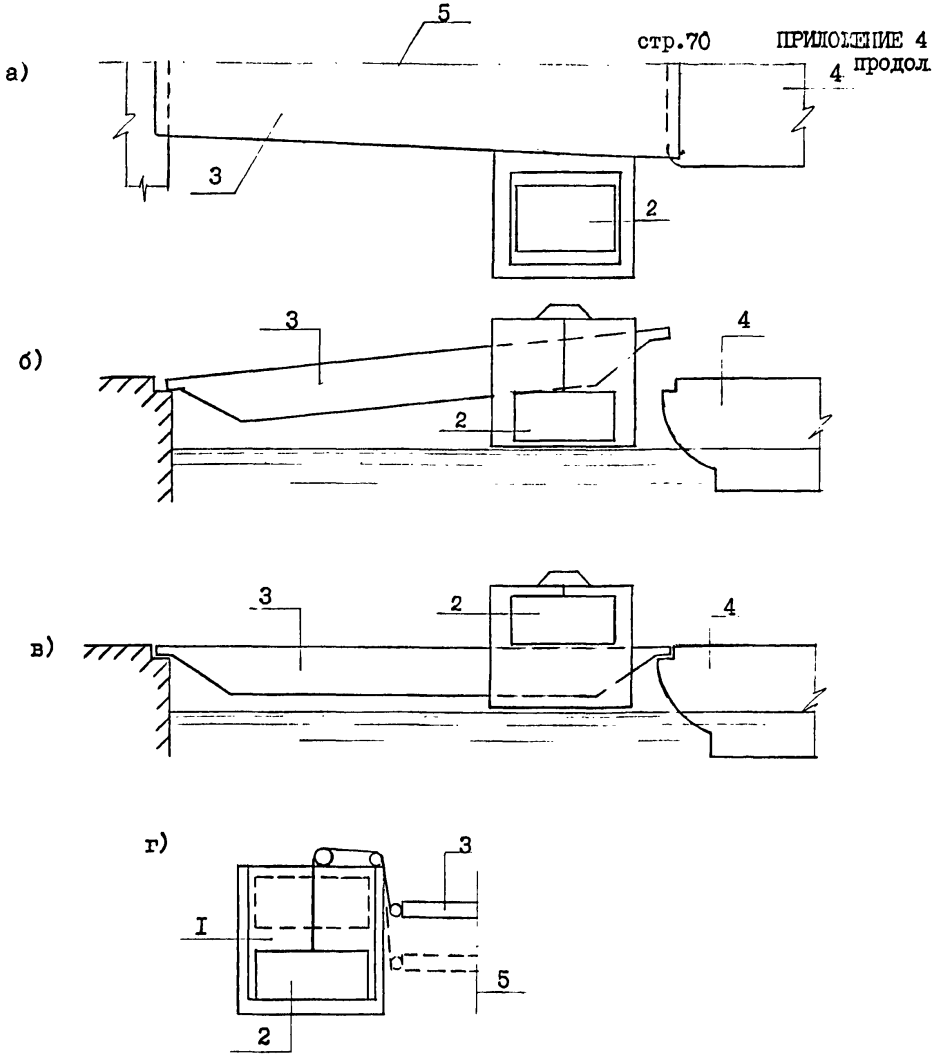
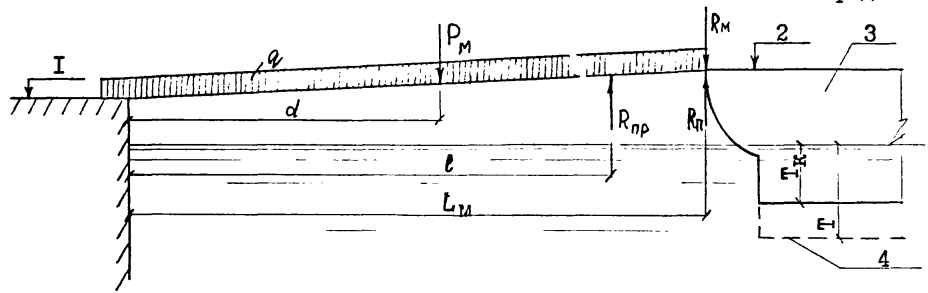
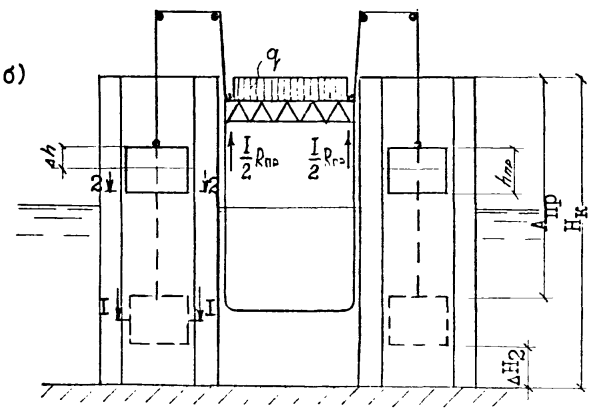


Рис.III-4. План (а), продольные разрезы соответственно в нерабочем (б) и рабочем (в) положениях и поперечный разрез по оси подъемной балки (г) подъемно-переходного моста с противовесами, плавающими в колодцах:
I – колодец; 2 – противовес; 3 – пролетное строение; 4 – паром; 5 – плоскость симметрии моста

а)


I
q
$P_м$
$R_м$
2
3
d
$R_{пр}$
$R_п$
$T_к$
e
$L_м$
E_1
4

б)


q
$\frac{I}{2}R_{пр}$
$\frac{I}{2}R_{пр}$
Δh
2
h_2
I
I
$h_{пр}$
$A_{пр}$
$H_к$
ΔH_2

I–I


$\frac{I}{2}\omega$

2–2

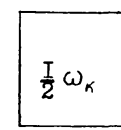

$\frac{I}{2}\omega_к$

Рис.2П-4. Расчетные схемы подъемно-переходного моста с противовесами, плавающими в колодцах:
а – вдоль продольной оси подъемно-переходного моста; б – вдоль продольной оси подъемной балки пролетного строения;
I – отметка головки рельсов на береговом устое; 2 – отметка головки рельсов в корме парома; 3 – паром в расчетной посадке;
4 – контур парома в полном грузу

3. При $y_в$ для утяжеления подъемно-переходного моста в его пролетное строение допускается вложить твердый балласт с центром тяжести по оси подъемной балки. Вес $P_б$ твердого балласта следует определять по формуле

$$P_б = 0{,}4\,P_м. \tag{4.4}$$

Примечания: I. Для предварительных расчетов величину $P_м$ следует принимать по формуле

$$P_м = 80\,L_м. \tag{4.5}$$

2. Необходимость применения твердого балласта следует определять технико-экономическими расчетами.

3. В тех случаях, когда твердый балласт на мосту не применяется, в формулах следует принимать $P_б = 0$.

4. Вес $P_{пр}$ противовесов, располагаемых в колодцах, должен определяться по формулам:

для парома с седловатостью главной палубы в корме

$$P_{пр} \geq P_б + P_м\frac{d}{\ell} + \frac{1}{2}nq_{max}\frac{L_м^2}{\ell} + \frac{y_в - y_н}{K_{max}}\cdot\frac{L_м}{\ell} + \\ + \frac{\Delta T_{max} - \Delta T_{min}}{K_{max}}\cdot\frac{L_м}{\ell} - \frac{i'_{пр} + i''_{пр} - c_к + i_{пр}}{K_{max}}\cdot\frac{L_м^2}{\ell}; \tag{4.6}$$

для парома без седловатости в корме

$$P_{пр} \geq P_б + P_м\frac{d}{\ell} + \frac{1}{2}nq_{max}\frac{L_м^2}{\ell} + \frac{y_в - y_н}{K_{max}}\cdot\frac{L_м}{\ell} + \frac{\Delta T_{max} - \Delta T_{min}}{K_{max}} \times \\ \times\frac{L_м}{\ell} - \frac{i'_{пр} + i''_{пр} - i_{пн}}{K_{max}}\cdot\frac{L_м^2}{\ell}. \tag{4.7}$$

5. Площадь ω ватерлинии противовесов надлежит определять по формуле

$$\omega = \frac{\alpha\left(R_o - P_м\frac{d}{L_м} + P_{пр}\frac{\ell}{L_м}\right)}{\gamma\left(\frac{\ell}{L_м}\right)^2\left[\Delta T_{max} + K_{max}\left(\frac{1}{2}nq_{max}L_м + P_м\frac{d}{L_м} - P_{пр}\frac{\ell}{L_м}\right) + T_o - T - K_{гр}R_o\right]}. \tag{4.8}$$

Здесь

$$\alpha = 1 - \frac{\omega}{\omega_к}, \tag{4.9}$$

где $\omega_к$ -общая площадь колодцев противовесов, м2,
(см. рис.2 П-4).

Значение α обычно принимается равным 0,3÷0,4.

Общая площадь колодцев определяется по формуле

$$\omega_к = \frac{\omega}{1-\alpha}. \qquad (4.10)$$

6.Отметка головки рельсов берегового устоя $\Gamma_б$ должна определяться по формулам:

для паромов с седловатостью главной палубы в корме

$$\Gamma_б = y_н + H_з - T_о - \Delta T_{max} - \kappa_{max}\left(\frac{1}{2} n q_{max} L_м + \rho_м \frac{a}{L_м} - \rho_{пр}\frac{l}{L_м}\right) + i'_{пр} L_м \quad (4.11)$$

для паромов без седловатости главной палубы в корме

$$\Gamma_б = y_в + H_з - T_о - \Delta T_{min} - \kappa_{min}\left(\frac{1}{2} n q_{min} L_м + \rho_м \frac{a}{L_м} + \rho_б \frac{l}{L_м}\right) - i'_{пр} L_м. \quad (4.12)$$

7.Высота $h_{пр}$ противовесов должна определяться по формуле

$$h_{пр} = \frac{\rho_{пр} - \rho_б}{\gamma \omega} + \Delta h, \qquad (4.13)$$

где Δh - запас высоты на непотопляемость противовесов, (принимается равным не мене 0,4 м).

8. Установочную осадку противовесов $t^{пр}_{уст}$ для парома порожнем (рис. 3 П-4) следует определять по формуле

$$t^{пр}_{уст} = \frac{\rho_{пр} - \rho_б}{\gamma \omega}. \qquad (4.14)$$

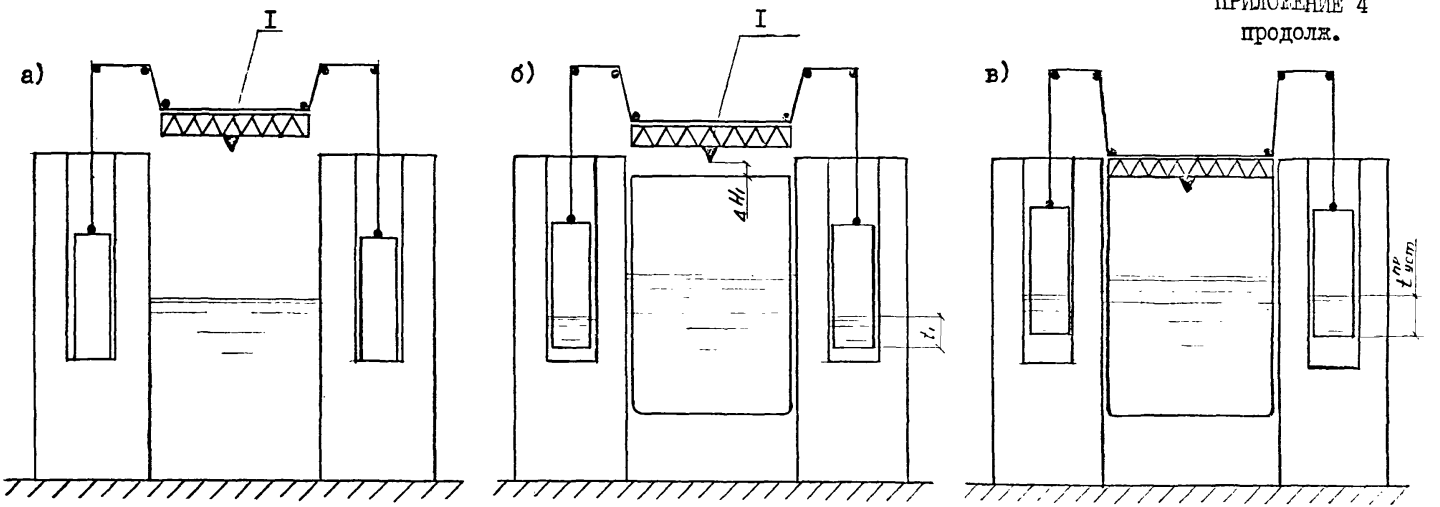


Рис.3П-4. Схемы установочных положений подъемно-переходного моста с противовесами, плавающими в колодцах:

а – при отсутствии парома; б – при заходе кормы парома в ложе;
в – мост состыкован с паромом и подготовлен к началу погрузки-разгрузки;
I – клюв

Примечания: I. В данной конструктивной схеме моста противовесы, кроме своего обычного предназначения воспринять собственный вес пролетных строений моста, играют роль подъемных механизмов. Они выполнены в виде понтонов, плавающих в колодцах, и связаны тросо-блочной системой с подъемной балкой пролетных строений. Изменение положения пролетных строений здесь производится подачей в колодцы или откачкой из них воды.

Установочная осадка - осадка противовесов в рабочих установочных положениях (см.п.4.I7).

2. На рис. 3 П-4,а) и б) показаны нерабочие установочные положения моста по п.4.I7, а на рис. 3 П-4, в) - рабочее установочное положение в общем случае.

При этом в положении а) противовесы вследствие удаления воды из колодцев садятся на дно колодца и собственным весом поднимают морской конец пролетного строения. При этом

$$R_{пр} > P_м \frac{d}{e},$$

$$R_м = 0.$$

В положении б) изображено другое, упомянутое в п.4.I7, нерабочее установочное положение, при котором паром вошел в ложе. В колодец подается вода, и при осадке противовесов t_1, обеспечивающей равенство весов его и моста, происходит опускание морского конца последнего до положения, при котором клюз моста располагается на 0,5 м выше кормы парома. При этом

$$R_{пр} = P_м \frac{d}{e}; \quad R_м = 0.$$

В положении в) в колодец продолжается подача воды, морской конец моста, опускаясь, стыкуется с паромом. Подача воды прекращается в момент, когда противовес достигает установочной осадки $t_{уст}$, давление морского конца моста на корму достигает величины $R_{уст}$. При этом

$$R_м = R_{уст} > 0.$$

9. Реакцию $R^{n}_{уст}$ морского конца моста в установочном положении для парома порожнем необходимо определять по формулам:

при $У_в$

$$R^{n}_{уст} = P_м \frac{d}{L_м} + P_б \frac{l}{L_м}; \qquad (4.15)$$

при $У_н$

$$R^{n}_{уст} = P_м \frac{d}{L_м}. \qquad (4.16)$$

10. Слабину S_{iq} тросов противовесов (рис.4 П-4) в установочном положении для парома порожнем следует определять по формулам:

при $У_в$

$$S_{iq} = [\Delta T_{iq} + K_{iq}(q L_м \frac{n}{2} + P_м \frac{d}{L_м} + P_б \frac{l}{L_м}) - K_{io}(P_м \frac{d}{L_м} + P_б \frac{l}{L_м})]\frac{l}{L_м}; \qquad (4.17)$$

при $У_н$

$$S = \frac{l R_o}{L_м A} + \frac{l}{L_м}(T - T_o + K_{тр} P_o) - \frac{d l}{L_м^2} P_м \left(\frac{1}{A} + K_{io}\right), \qquad (4.18)$$

где A - коэффициент пропорциональности, определяемый по формуле

$$A = \frac{\gamma \omega}{\alpha}\left(\frac{l}{L_м}\right)^2. \qquad (4.19)$$

Примечания: 1. Слабина придается тросам, соединяющим натяжные грузы с противовесами (см.рис. 4 П - 4,а)), с целью отключить из работы противовесы и собственным весом моста максимально пригрузить корму парома при $У_в$, обеспечив ее благоприятное (для данного случая) понижение. Придание слабины тросам осуществляется подачей воды в колодец до тех пор, пока величина слабины не достигнет расчетного значения. При этом

$$R_{пр} = 0; \quad R_м = P_м \frac{d}{L_м};$$

$$t^{n}_{уст} = \frac{P_{пр}}{\gamma \omega}.$$

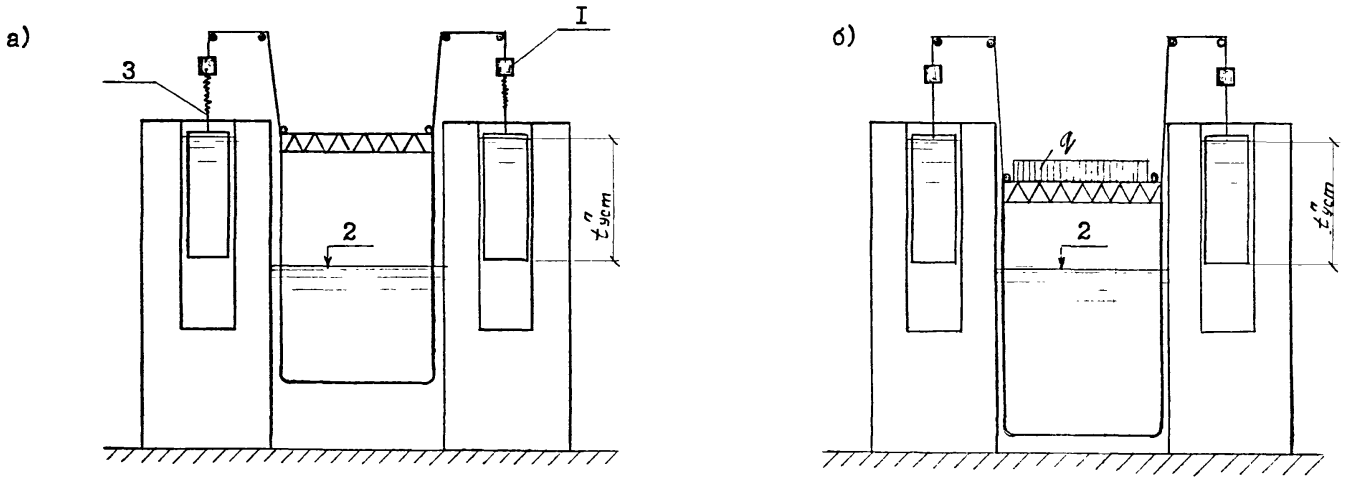


Рис.4П-4. Схемы рабочих положений подъемно-переходного моста с противовесами, плавающими в колодцах, при высоком расчетном уровне:

а – установочное; б – при производстве погрузочно-разгрузочных работ в момент максимальной просадки кормы;
I – натяжной груз; 2 – отметка высокого расчетного уровня;
3 – слабина тросов

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
продолж.

2. На рис. 4 П-4, б) показано одно из рабочих положений, когда слабина в тросах отсутствует, но противовесы выключены из работы. Погрузка производится при максимальном давлении моста на корму парома. В этом случае:

$$R_{пр}=0;\quad R_{м}=P_{м}\frac{d}{e_{м}}+\frac{1}{2}qL_{м}h;\quad s=0.$$

Это положение является одним из определяющих длину $L_{м}$ моста.

II. Установочную осадку $t^{гр}_{уст}$ противовесов для парома в полном грузу (см.рис. 3 П-4) следует определять по формулам:

при $У_{в}$

$$t^{гр}_{уст}=\frac{P_{пр}-P_{б}}{\gamma\omega}-\frac{(T-T_{0}-s_{iq}\frac{L_{м}}{e})\frac{L_{м}}{e}A-A(K_{10}-K_{гр})(P_{б}+P_{м}\frac{d}{e})}{\gamma\omega(1+AK_{гр})},\qquad(4.20)$$

при $У_{н}$ (рис. 5 П-4)

$$t^{гр}_{уст}=\frac{P_{пр}}{\gamma\omega}-\frac{(T-T_{0}-s\frac{L_{м}}{e})\frac{L_{м}}{e}A-A(K_{10}-K_{гр})P_{м}\frac{d}{e}}{\gamma\omega(1+AK_{гр})}.\qquad(4.21)$$

Примечание. На рис. 5 П-4, а) показано одно из рабочих установочных положений моста. Это положение может возникнуть при $У_{н}$ и максимальной загрузке парома подвижным составом. Оно является также одним из определяющих длину $L_{м}$ моста. Противовесам подачей воды в колодцы придается осадка $t^{гр}_{уст}$, при которой обеспечен их выход из воды при максимальной просадке парома в ходе предстоящих разгрузочно-погрузочных работ (паром подошел в полном грузу). При этом

$$R_{пр}\le P_{м}\frac{d}{e}.$$

На рис. 5 П-4, б) изображено рабочее положение моста, когда противовесы выходят из воды и производят максимальное разгружающее действие, уменьшая просадку кормы парома.

В этом случае

$$R_{пр}>P_{м}\frac{d}{e}.$$

На рис. 5 П-4, в) показано рабочее положение моста пос-

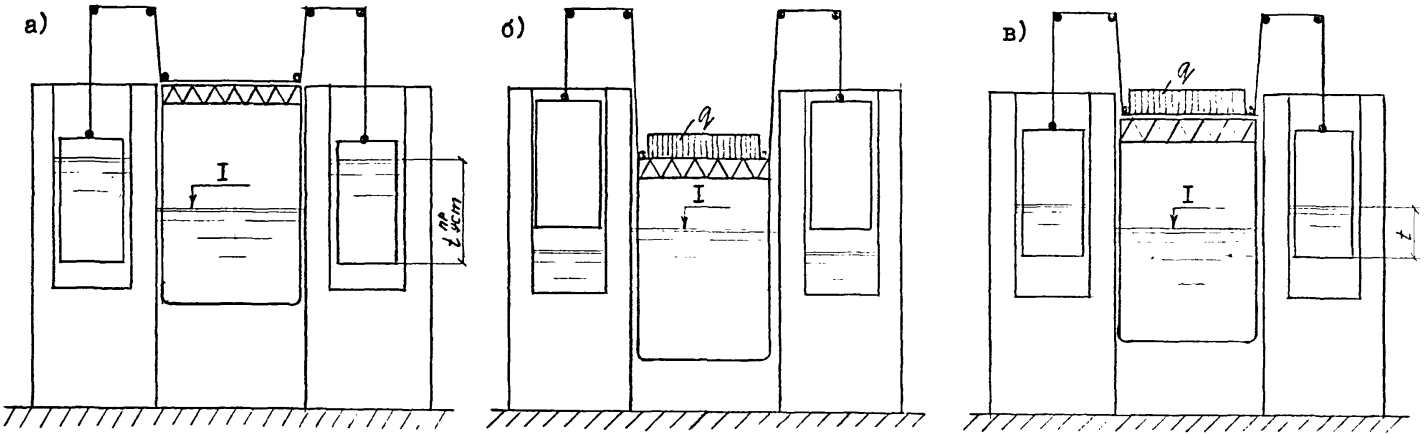


Рис.5П-4. Схемы рабочих положений подъемно-переходного моста с противовесами, плавающими в колодцах, при низком расчетном уровне:

а) – установочное при пароме порожнем; б – в период производства погрузо-разгрузочных работ при максимальной просадке кормы парома;
в – после окончания погрузочных работ:
I – отметка низкого расчетного уровня

ле окончания погрузочных работ при $У_н$. Осадка кормы парома уменьшилась. Противовес, опускаясь, погружается в воду и достигает осадки $t \le t_{уст}^{гр}$. При этом

$$R_м = R_о.$$

I2. Реакцию $R_{уст}^{гр}$ морского конца моста в установочном положении для парома в полном грузу следует находить по формуле

$$R_{уст}^{гр} = \frac{P_м \frac{d}{L_м}(1+AK_{то}) - (T-T_о)A + AS\frac{L_м}{e}}{1+AK_{гр}} \qquad (4.22)$$

I3. Установочная просадка $\Delta T_{уст}$ кормы должна определяться по формулам:

для парома порожнем

$$\Delta T_{уст}^{п} = K_{то} R_{уст}^{п}; \qquad (4.23)$$

для парома в полном грузу

$$\Delta T_{уст}^{гр} = K_{гр} R_{уст}^{гр}. \qquad (4.23')$$

I4. Просадку $\Delta T_{гр}$ парома кормой при любой его посадке в состыкованном с нагруженным мостом положении надлежит определять по формуле

$$\Delta T_{гр} = \frac{\Delta T_{iq} + K_{iq} q \frac{h}{2} L_м^2 + K_{iq} R_{уст} + AK_{iq}\left(\Delta T_{уст} + S\frac{L_м}{e}\right)}{1+AK_{iq}} \qquad (4.24)$$

I5. Реакция $R_м$ морского конца моста на корму парома в любом загруженном положении должна определяться по формуле

$$R_м = \frac{\Delta T_{гр} - \Delta T_{iq}}{K_{iq}}. \qquad (4.25)$$

I6. Реакция противовесов на мост $R_{пр}$ в любом его загруженном положении должна определяться по формуле

$$R_{пр} = P_м \frac{d}{e} + q\frac{L_м^2}{e}\cdot\frac{h}{2} - R_м\frac{L_м}{e} + P_S. \qquad (4.26)$$

I7. Осадку t противовесов в любом загруженном положении моста следует определять по формуле:

$$t = \frac{P_{пр} - R_{пр}}{\gamma w}. \qquad (4.27)$$

I8. Перемещение Δt противовеса, отсчитываемое по вертикали от установочного для парома порожнем положения, надлежит определить по формуле

$$\Delta t = \alpha (t^{n}_{уст} - t). \qquad (4.28)$$

I9. Полная осадка $T_к$ парома кормой при любом загруженном положении моста, состыкованного с паромом, должна определяться по формуле

$$T_к = T_о + \Delta T_{гр}. \qquad (4.29)$$

20. Осадку $T_н$ парома носом при любом загруженном положении моста, состыкованного с паромом, следует определять согласно обязательному приложению 3.

2I. Отметки $Г_к$ головки рельсов в корме парома при любом загружении моста и парома в состыкованном состоянии при любом стоянии уровня надлежит определять по формуле

$$Г_к = H_б + У - T_к, \qquad (4.30)$$

где $У$ - отметка уровня, м.

22. Уклон $i_к$ кормы парома с седловатостью следует определять по формуле

$$i_к = C_к - i_п. \qquad (4.3I)$$

23. Наибольшее вертикальное перемещение $A_{к\,max}$ морского конца подъемно-переходного моста, состыкованного для обеспечения всех возможных грузовых положений с кормой парома, следует определять по формуле

$$A_{к\,max} = У_в - У_н + H_{кл} + \Delta T_{к\,max} + \Delta H_1, \qquad (4.32)$$

где $H_{кл}$ - превышение головки рельсов морского конца моста над низом клюва, принимаемое по конструктивным чертежам моста, м;

ΔH_1 - запас (см.рис. ЗБП-4,) между низом клюва моста и верхом головки рельсов на пароме порожнем в несостыкованном с мостом положении, м (принимается равным 0,5 м);

24. Амплитуда $A_{пр}$ перемещений противовесов между небольшим и наинизшим их возможными положениями должна определяться по формуле

$$A_{пр} = A_{км} \frac{l}{L_м}. \qquad (4.33)$$

25. Глубину $H_к$ колодцев для противовесов надлежит определять по формуле

$$H_к = h_{пр} + A_{пр} + \Delta H_2, \qquad (4.34)$$

где ΔH_2 - запас глубины под днищем противовесов для размещения технологических трубопроводов и устройств, (принимается равным 0,4 м).

26. Объем V_o воды в колодцах противовесов при $У_н$ до подхода парома необходимо определять по формуле

$$V_o = \omega_к \left(H_к - \alpha t^{п}_{уст} - \frac{\delta l}{L_м} - S - h_{пр} + \frac{\rho_{пр} - \rho_м \frac{d}{l}}{\gamma \omega}\right) - \frac{\rho_{пр} - \rho_м \frac{d}{l}}{\gamma}, \qquad (4.35)$$

где δ - высота подъема моста при расстыковке с паромом, м.

Значение

$$\delta = \Delta T_{min} + H_{кл} + \Delta H_1 + \kappa_{min} R_м. \qquad (4.36)$$

27. Объем $V^{н}_{уст}$ воды при $У_н$ в колодцах противовесов в установочном положении следует определять по формуле

$$V^{н}_{уст} = \omega_к [H_к - h_{пр} + t^{п}_{уст}(1-\alpha)] - \omega t^{п}_{уст}. \qquad (4.37)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
продолж.

28. Объем $V^{в}_{уст}$ воды при $\gamma_в$ в колодцах противовесов в установочном положении необходимо определять по формуле

$$V^{в}_{уст} = V^{н}_{уст}\,\omega_к\left(\frac{\gamma_в-\gamma_н}{L_м}\ell - s_{iq} + s - \frac{\Delta T_\delta}{L_м}\ell - \frac{\rho_\delta}{L_м^2}K_{\delta_0}\right), \qquad (4.28)$$

где T_δ - просадка парома порожнем кормой от принятого на борт балласта, $м$ (определяется согласно обязательному приложению 3);

K_{δ_0} - коэффициент просадки парома порожнем с балластом кормой, $м/кН$ (определяется согласно обязательному приложению 3).

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
(рекомендуемое)

СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ МОСТА-ПОНТОНА

I. Длину $L_м$ подъемно-переходного моста следует определять по формулам:

для парома с седловатостью главной палубы в корму (см.рис.8 и рис.9)

$$L_м = \frac{Y_в - Y_н + \Delta T_{max} - \Delta T_{min}}{i'_{пр} + i''_{пр} - c_к + i_{пв} + (4{,}9 q_{min} n + 82) K_{min} - (0{,}5 q_{max} n - 28) K_{max}}, \quad (5.1)$$

для парома без седловатости в корме (см.рис.8 и рис.I0)

$$L_м = \frac{Y_в - Y_н + \Delta T_{max} - \Delta T_{min}}{i'_{пр} + i''_{пр} - i_{пн} + (4{,}9 q_{min} n + 82) K_{min} - (0{,}5 q_{max} n - 28) K_{max}}. \quad (5.2)$$

Если длина моста, рассчитанная по формулам (5.I) и (5.2), оказалась больше 42 м, при ее определении в дальнейшем следует руководствоваться п.I рекомендуемого приложения 4.

2. Необходимую (для поддержания морского конца пролетных строений в течение погрузочно-разгрузочных работ) подъемную силу $P_{понт}$ верхней части понтона следует определять по формулам:

для парома с седловатостью главной палубы в корму

$$P_{понт} \geq \frac{Y_в - Y_н}{K_{max}} \cdot \frac{L_м}{\ell} + \frac{\Delta T_{max} - \Delta T_{min}}{K_{max}} \cdot \frac{L_м}{\ell} + q_{max} \frac{L_м^2}{\ell} - \frac{K_{min}}{K_{max}} \left(p_м \frac{d}{\ell} + P_{понт}^{общ} + q_{min} \frac{L_м^2}{\ell} \right) - \frac{i'_{пр} + i''_{пр} - c_к + i_{пв}}{K_{max}} \cdot \frac{L_м^2}{\ell}; \quad (5.3)$$

для парома без седловатости в корме

$$P_{понт} \geq \frac{Y_в - Y_н}{K_{max}} \cdot \frac{L_м}{\ell} + \frac{\Delta T_{max} - \Delta T_{min}}{K_{max}} \cdot \frac{L_м}{\ell} + q_{max} \frac{L_м^2}{\ell} - \frac{K_{min}}{K_{max}} \left(p_м \frac{d}{\ell} + P_{понт}^{общ} + q_{min} \frac{L_м^2}{\ell} \right) - \frac{i'_{пр} + i''_{пр} - i_{пн}}{K_{max}} \cdot \frac{L_м^2}{\ell} \quad (5.4)$$

Примечания: I. В данной конструктивной схеме подъемно-переходного моста (рис. I П-5) в роли подъемных механизмов выступает понтон, расположенный симметрично относительно оси подъемной балки пролетных строений. Понтон состоит из двух частей: нижней и верхней. Обе части понтона соединены металлическими стойками (в дальнейшем - стойки).

Изменение положения морского конца подъемно-переходного моста производится набором в нижнюю часть понтона или откачкой из нее забортной воды (балласта). Верхняя часть понтона в течение всего срока службы никогда не балластируется.

2. Расчетная схема и различные схемы положений понтона приведены на рис. 2 П-5.

3. Площадь $\omega_{понт}$ ватерлинии верхней части понтона надлежит определять по формуле

$$\omega_{понт} = \frac{P_{понт} L_м}{\gamma l [\Delta T_{max} + K_{max} (\frac{1}{2} q_{max} n L_м - P_{понт} \frac{l}{L_м}) + T_0 - T]}. \quad (5.5)$$

4. Отметку $\Gamma_б$ головки рельсов берегового устоя необходимо находить по формулам:

для паромов с седловатостью главной палубы в корме

$$\Gamma_б = Y_н + H_б - T_0 - \Delta T_{max} - K_{max} (\frac{1}{2} q_{max} n L_м - P_{понт} \frac{l}{L_м}) + i'_{пр} L_м; \quad (5.6)$$

для паромов без седловатости главной палубы в корме

$$\Gamma_б = Y_в + H_б - T_0 - \Delta T_{min} - K_{min} (\frac{1}{2} q_{min} n L_м + P_м \frac{d}{L_м} + P_{понт}^{общ} \frac{l}{L_м}) - i'_{пр} L_м, \quad (5.7)$$

где $P_{понт}^{общ}$ - вес понтона, кН.

Вес понтона принимается по формуле

$$P_{понт}^{общ} = 0,6 P_м. \quad (5.8)$$

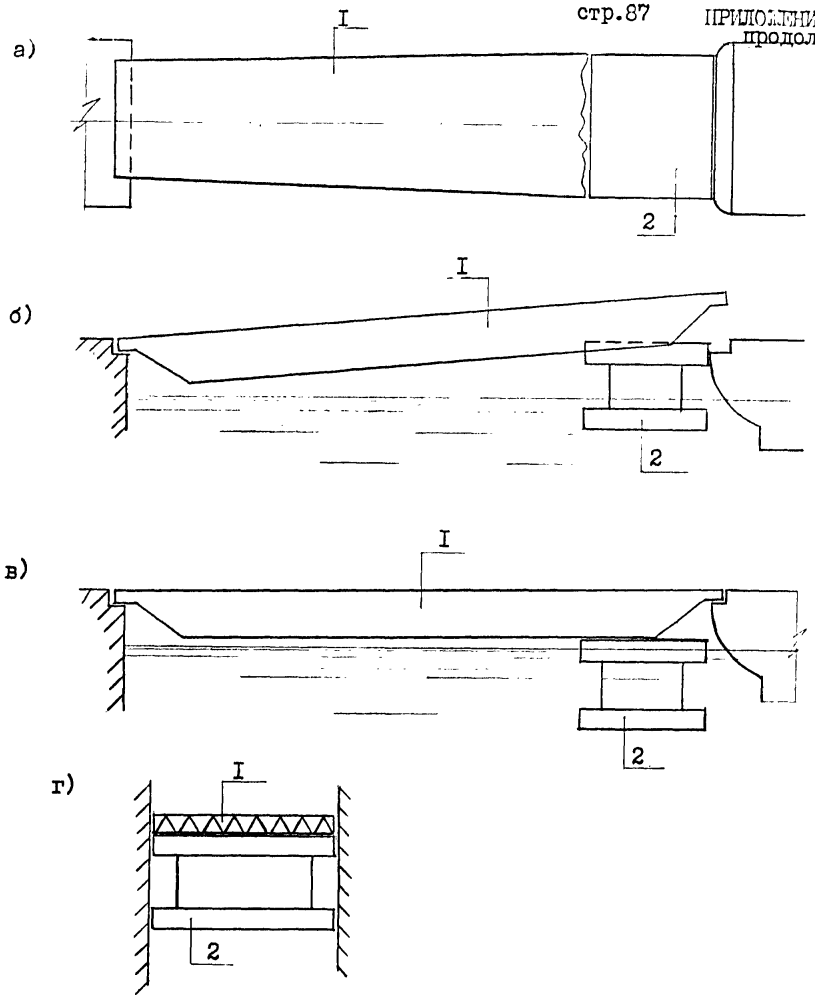


Рис.III-5. План (а), продольные разрезы соответственно в нерабочем (б) и рабочем (в) и поперечный разрез по оси подъемной балки (г моста-понтона:
I – пролетное строение; 2 – понтон

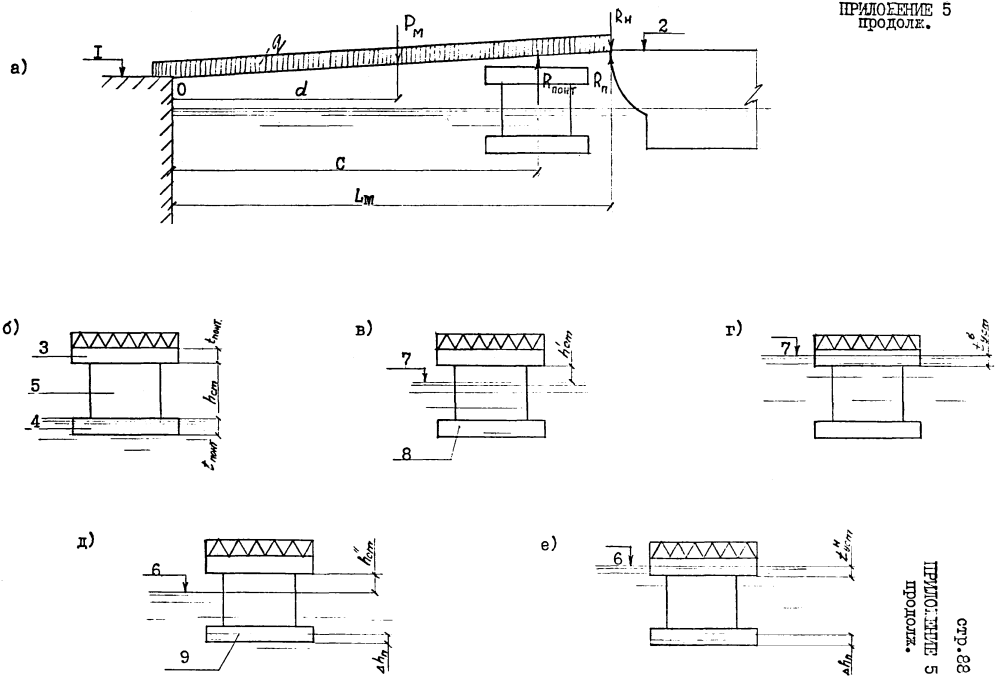

а)
I
q
$P_м$
$R_н$
2
0
d
$R_{понт}$
$R_п$
C
$L_м$
б)
3
5
4
$t_{понт}$
$h_{ст}$
$t_{понт}$
в)
7
8
$h'_{ст}$
г)
7
$t^{в}_{уст}$
д)
6
9
$h''_{ст}$
$\Delta h_п$
е)
6
$t^{н}_{уст}$
$\Delta h_п$

Рис.2П-5. Расчетная схема моста-понтона:

а – в продольном направлении; б–е – в поперечном направлении по оси понтона в установочных положениях без парома (б), при $У_В$ и пароме порожнем (в), при $У_В$ и пароме в полном грузу (г), при $У_Н$ и пароме порожнем (д), при $У_Н$ и пароме в полном грузу (е);

I – отметка головки рельсов на береговом устое; 2 – отметка головки рельсов в корме парома; 3,4 – соответственно верхняя и нижняя части понтона; 5 – понтон без балласта; 6,7 – отметки соответственно низкого и высокого расчетных уровней; 8 – забалластированный понтон; 9 – балласт

5. Высоту $h_{понт}$ верхней части понтона следует рассчитывать по формуле

$$h_{понт} = \frac{P_{понт}}{\gamma \omega_{понт}}. \qquad (5.9)$$

6. Высоту $t_{понт}$ нижней части понтона необходимо определять по формуле

$$t_{понт} = \frac{P_м \frac{d}{L_м} + P^{общ}_{понт}}{\gamma \omega_{понт}}. \qquad (5.10)$$

7. Высоту $h_{ст}$ стоек следует определять по формуле

$$h_{ст} = (H_{кл} + \Delta H_1 + T - T_0)\frac{\ell}{L_м}, \qquad (5.11)$$

где $H_{кл}, \Delta H_1$ - то же, что в рекомендуемом приложении 4.

8. Надводную высоту $h'_{ст}$ стоек для установочных положений понтона при $У_в$ необходимо определять для парома порожнем по формуле

$$h'_{ст} = \left[T - T_0 - K_{10}\left(P_м \frac{d}{L_м} + P^{общ}_{понт}\frac{\ell}{L_м}\right)\right]\frac{\ell}{L_м}. \qquad (5.12)$$

Для парома в полном грузу при $У_в$ следует определять установочную осадку верхней части понтона по формуле

$$t^{в}_{уст} = \frac{P_м \frac{d}{L_м} + P^{общ}_{понт}\frac{\ell}{L_м}}{\gamma \omega_{понт} \cdot \frac{\ell}{L_м} + \frac{1}{K_{гр}} \cdot \frac{L_м}{\ell}}. \qquad (5.13)$$

9. Реакция $R^{н}_{м}$ морского конца моста в наинизшем положении кормы парома при погрузочно-разгрузочных работах должна определяться по формуле

$$R^{н}_{м} \geq P_м \frac{d}{L_м} + \frac{1}{2} q_{таж} L_м n - \gamma \frac{\ell}{L_м}\left[(h_{понт} + t_{понт})\omega_{понт} - h_{ст}\omega_{ст}\right], \qquad (5.14)$$

где $\omega_{ст}$ - суммарная площадь ватерлиний стоек, $м^2$ (принимается равной 0,08 $\omega_{понт}$).

I0. Установочная осадка $t^{н}_{уст}$ верхней части понтона для парома в полном грузу при $\gamma_н$ должна определяться по формуле

$$t^{н}_{уст} = h_{понт} - \frac{\ell}{L_м}\left(\Delta T_{max} + k_{max} R^{н}_{м} + T_0 - T - k_{гр} R_0\right). \qquad (5.I5)$$

II. Высоту $\Delta h_п$ балласта в понтоне при установочном положении для парома в полном грузу при $\gamma_н$ следует определять по формуле

$$\Delta h_п = t_{понт} + t^{н}_{уст} + \frac{R_0}{\gamma \omega_{понт}} \cdot \frac{L_м}{\ell} - \frac{P_м}{\gamma \omega_{понт}} \cdot \frac{d}{\ell} - \frac{P^{общ}_{понт}}{\gamma \omega_{понт}}. \qquad (5.I6)$$

I2. Общий вес $P'_{понт}$ понтона с балластом в установочных положениях моста при $\gamma_н$ необходимо определять по формуле

$$P'_{понт} = P^{общ}_{понт} + \gamma \omega_{понт} \Delta h. \qquad (5.I7)$$

I3. Реакция $R_{понт}$ понтона на мост в установочном положении для парома порожнем при $\gamma_н$ должна определяться по формуле

$$R_{понт} = \gamma\left(t_{понт}\omega_{понт} + h_{ст}\omega_{ст} + h_{понт}\omega_{ст}\right) - \gamma\omega_{ст}\frac{\ell}{L_м}\left(\Delta T_{max} - k_{max} R^{н}_{м}\right). \qquad (5.I8)$$

I4. Реакцию $R^{н}_{уст}$ морского конца моста в установочном положении для парома порожнем при $\gamma_н$ следует определять по формуле

$$R^{н}_{уст} = P_м \frac{d}{L_м} - \left(R_{понт} - P'_{понт}\right)\frac{\ell}{L_м}. \qquad (5.I9)$$

I5. Надводную высоту $h^{н}_{ст}$ стоек понтона в установочном положении для парома порожнем при $\gamma_н$ необходимо рассчитывать по формуле

$$h''_{ст} = \left(\Delta T_{max} + k_{max} R^{н}_{м} - k_{I0} R^{н}_{уст}\right)\frac{\ell}{L_м} - h_{понт}. \qquad (5.20)$$

16. Реакция $R^{в}_{уст}$ морского конца моста на корму парома в установочном положении для парома порожнем при $\gamma_в$, следует рассчитывать по формуле

$$R^{в}_{уст} = p_м \frac{d}{L_м} + p^{общ}_{понт} \frac{l}{L_м}. \qquad (5.21)$$

17. Установочную просадку $\Delta T^{i}_{уст}$ кормы парома для парома порожнем следует рассчитывать по формуле

$$\Delta T^{i}_{уст} = K_{10} R^{i}_{уст}. \qquad (5.22)$$

18. Просадку $\Delta T_{гр}$ кормы парома при любой его посадке в состыкованном с нагруженным мостом положении надлежит рассчитывать по формуле

$$\Delta T_{гр} = \frac{1}{1+A K_{iq}} \left[\Delta T_{iq} + K_{iq} q L_м \frac{n}{2} + K_{iq} R^{i}_{уст} + A K_{iq} \left(\Delta T^{i}_{уст} + h^{i}_{ст} \frac{L_{ст}}{e} \right) \right], \qquad (5.23)$$

где A – коэффициент, принимаемый согласно рекомендуемому приложению 4 при условии $\alpha = 1$ и $\omega = \omega_{понт}$;

$h^{i}_{ст}$ – надводная высота стоек понтона в установочном положении для парома порожнем, определяемая согласно п.8 и п.15.

19. Реакцию $R_м$ морского конца моста на корму парома в любом загруженном положении следует определять согласно п.15 рекомендуемого приложения 4.

20. Реакция $R^{гр}_{понт}$ понтона на мост в любом загруженном положении моста и парома должна рассчитываться по формулам:

при $\gamma_в$ и полностью забалластированной нижней части понтона

$$R^{гр}_{понт} = p^{общ}_{понт} - \gamma t'_{понт} \omega_{понт}; \qquad (5.24)$$

при $У_н$ и высоте балласта $\Delta h_п$ в нижней части понтона

$$P^{гр}_{понт} = \gamma w_{понт}(t_{понт} - \Delta h_п + t'_{понт}) + \gamma w_{ст}(h_{ст} - h''_{ст}) - P^{общ}_{понт}, \quad (5.25)$$

где $t'_{понт}$ - высота погруженной в воду верхней части понтона, $м$ (определяется для каждого случая расчетом);

$\Delta h_п$ - то же, что в п.II (при отсутствии балласта в нижней части понтона принимается $\Delta h_п = 0$);

$h''_{ст}$ - то же, что в п.I5 (при полном погружении стоек в воду принимается $h''_{ст} = 0$).

2I. Полную осадку $T_к$ парома кормой при любом загруженном положении моста и парома следует определять согласно п.I9 рекомендуемого приложения 4, принимая значение просадки $\Delta T_{гр}$ согласно п.I8.

22. Осадку $T_н$ парома носом при любом загруженном положении моста, состыкованного с паромом, необходимо определять согласно обязательному приложению 3 к настоящей инструкции.

23. Отметку $Г_к$ головки рельсов в корме парома при любом загружении моста и парома в состыкованном состоянии при любом стоянии уровня надлежит определять в соответствии с п.2I рекомендуемого приложения 4, принимая значение $T_к$ в соответствии с п.2I.

24. Уклон $i_к$ кормы парома с седловатостью надлежит рассчитывать в соответствии с п.22 рекомендуемого приложения 4

25. Наибольшее вертикальное перемещение $Я_{кпая}$ морского конца моста, состыкованного с кормой парома, следует определять в соответствии с п.23 рекомендуемого приложения 4.

26. Амплитуду $A_{понт}$ перемещений понтона надлежит рассчитывать в соответствии с п.24 рекомендуемого приложения 4. При этом принимается $A_{понт} = A_{пр}$.

27. Отметку $\Gamma_д$ дна котлована для понтона необходимо определять по формуле

$$\Gamma_д = У_н - h_{понт} - h_{ст} - t_{понт} - \Delta h_з, \quad (5.26)$$

где $\Delta h_з$ – запас глубины, принимаемый равным 0,5÷0,7 м.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
(рекомендуемое)

Примеры расчетов

Пример I
Определение характеристик размывающего действия струи от движителей парома.

Исходные данные

Расчетное судно:

Паром "Мукран" (линия СССР-ГДР).

Эксплуатационная мощность на одном гребном валу двигателя $N_e = 3{,}8 \times 10^6$ Вт.

Длина наибольшая $L = 190{,}9$ м.

Ширина по шпангоутам $B = 26{,}0$ м.

Осадка в полном грузу $T_{гр} = 7{,}18$ м.

Число гребных винтов $K_{дв} = 2$.

Заглубление движителей $h_e = 5{,}03$ м.

Радиус гребного винта $r_0 = 2{,}0$ м.

Номинальная частота вращения винта $n = 2{,}83\ с^{-1}$.

Наименьший плановый размер акватории $D_{min} = 250$ м.

Минимальная глубина акватории $d_{в,min} = 9{,}5$ м.

Плотность воды $\rho = 1015$ кг/м3.

Допускаемое значение неразмывающей скорости по СНиП 2.06.04-82 - $v_{в,adm} = 1{,}5$ м/с.

Размывающее действие струи от движителей парома

(по обязательному приложению I)

Скорость струи от одного гребного винта в начальном сечении

$$v_0 = \frac{0{,}14 N_e}{\rho n^2 r_0^4} = \frac{0{,}14 \times 3{,}8 \times 10^6}{1015 \times 2{,}83^2 \times 2{,}0^4} = 4{,}08 \text{ м/с.}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

Вид акватории по неравенствам табл.I.II-I:

$$\mathcal{D}_{min} \geq \frac{z_0}{2a}\left(\frac{V_0\sqrt{K}}{V_{в,adm}} - 1\right)$$

$$300 > \frac{2}{2 \times 0{,}028}\left(\frac{4{,}08 \quad 2}{1{,}5} - 1\right)$$

$$300 > 102$$

$$d_{в,min} \geq h_в + z_0\left(\frac{2{,}57\, V_0\sqrt{K}}{V_{в,adm}\sqrt{e}} - 1{,}57\right)$$

$$9{,}5 < 5{,}03 + 2\left(\frac{2{,}57 \times 4{,}08 \times \sqrt{2}}{1{,}5 \times \sqrt{e}} - 1{,}57\right)$$

$$9{,}5 < 13{,}88.$$

Акватория - открытая с ограниченной глубиной.

Следовательно, расчетное количество источников возмущения

$$к = 2К_{дв} = 2 \times 2 = 4.$$

Максимальная донная скорость струи от движителей

$$V_{в,max} = \frac{z_0 V_0 \sqrt{K}}{(z_0 + 0{,}2aL)\sqrt{e}} = \frac{2 \times 4{,}08 \times \sqrt{4}}{(2+0{,}2x0{,}028x190{,}9)\sqrt{e}} = 3{,}23 \text{ м/с.}$$

Глубина воронки ожидаемого размыва дня при

$$y_{max} = z_0 + 5{,}14\, a\, x_{max} = 2{,}0+5{,}14x0{,}028x0{,}1x190{,}9 = 4{,}75 \text{ м}$$

будет равна

$$h_{разм} = \frac{z_0 V_0 \sqrt{K}}{V_{в,adm}\sqrt{e}} - y_{max} = \frac{2 \times 4{,}08 \times \sqrt{4}}{1{,}5 \times \sqrt{e}} - 4{,}75 = 1{,}85 \text{ м.}$$

Пример 2

Расчет элементов защиты от размыва струей
от движителей парома

Исходные данные по примеру I.

Без устройства защиты от размыва согласно п.2.16 допускается увеличивать глубину заложения сооружений на величину глубины

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

$h_{разм}$ ожидаемого размыва, определенную в примере I:

$$h_{разм} = 1{,}85 \text{ м}.$$

Необходимо лишь определить, что будет экономически целесообразнее: увеличение глубины заложения сооружений ложа парома на I,85 м или устройство защиты от размыва (см.рис.4).

Плановые размеры защиты определяются по значениям ℓ и B, приведенным в исходных данных.

Масса элементов защиты (при $\rho_m = 2100$ кг/м3) по п.4.3:

$$m = 3{,}14 \times 10^{-4} \frac{\rho_m V_{e,max}^6}{(\rho_m/\rho - 1)^3} = 3{,}14 \times 10^{-4} \times$$

$$\times \frac{2100 \times 3{,}23^6}{(\frac{2100}{1015} - 1)^3} = 613 \text{ кг}.$$

Принимаем массу элементов равной 600 кг.

Пример 3

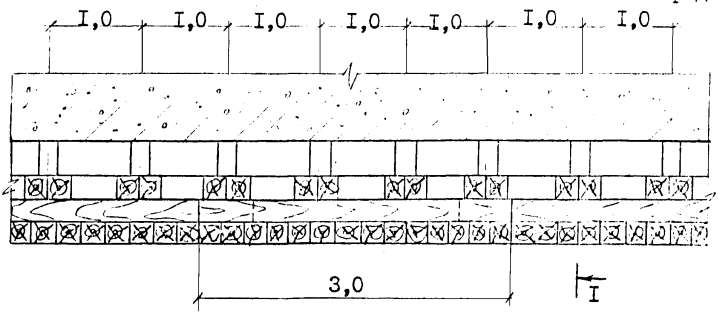
3.I. Расчет горизонтальных нагрузок от навала парома при швартовке

Исходные данные

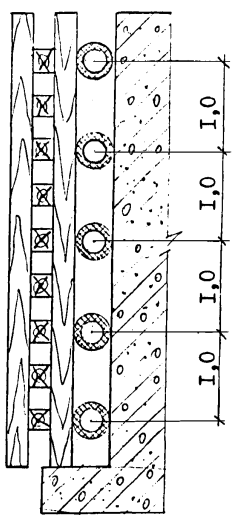
Паромный причал представляет тонкую стенку из металлического шпунта с ж/б оголовком с песчаной обратной засыпкой.

Схема конструкции охранной рамы показана на рис.III-6 и 2П-6. Она представляет собой распределительный щит из брусьев, опирающийся на резиновые элементы из труб диаметром 400 мм. Количество и длину их следует определить расчетом. Отметка центра щита - плюс 4,0 м.

Паром имеет водоизмещение:



I-I



Сечение всех брусьев – 0,25 х 0,25

Толщина досок – 0,05

Рис.I.II-6. Схема конструкции охранной рамы (размеры в м)

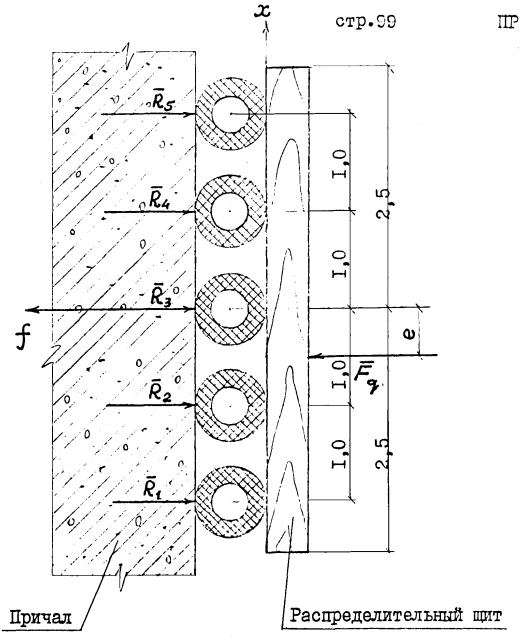


Рис.2П-6. Расчетная схема охранной рамы

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

Д = 6500 тс – на ходу в полном грузу;

Д = 3500 тс – на ходу порожнем.

Привальный брус парома находится на отметках:

в грузу – от плюс I,65 м до плюс 4,0 м;

порожнем – от плюс 4,I5 м до плюс 6,35 м.

По СНиП 2.06.04-82 для судна с водоизмещенимм Д = 6500 т находим $\mathcal{V}$ = 0,I44 м/с; для судна с водоизмещением Д = 3500 т – $\mathcal{V}$ = 0,I85 м/с.

По табл.I принимаем коэффициент $\mathcal{Y}$ = 0,8.

По СНиП 2.06.04-82 определяем кинетическую энергию навала парома при подходе его к причалу:

$$E_q = \mathcal{Y} \frac{\mathcal{D} v^2}{2}$$

$$E_{q1} = \frac{0,8 \times 6500 \times 0,I44^2}{2} = 53,9 \ кДж.$$

$$E_{q2} = \frac{0,8 \times 3500 \times 0,I85^2}{2} = 47,9 \ кДж.$$

Прочность охранной рамы должна быть рассчитана исходя из указанных в условиях примера положений привального бруса и соответствующих им величин энергии E_q, подсчитанных ранее. Величина же горизонтальной нагрузки непосредственно на причал должна определяться по максимальному значению энергии парома.

Кинетическая энергия навала в процессе взаимодействия парома с причалом превращается в потенциальную энергию деформаций соединений, создающих жесткость точки контакта корпуса парома с отбойными устройствами:

– корпуса парома в месте расположения привального бруса с коэф. жесткости K_I;

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

- распределительного щита из деревянных брусьев с коэф. жесткости K_2;
- резиновых элементов из труб;
- конструкций самого причала с коэф.жесткости K_4.

Методами строительной механики и сопротивления материалов определяем коэф. жесткости:

K_I = 66700 кН/м; $K_2 = 3 \times 10^5$ кН/м; $K_4 = 1 \times 10^6$ кН/м.

Поскольку соединения в точке контакта сочетаются последовательно, то согласно формуле 2.4 должны суммироваться величины, обратно пропорциональные их коэф.жесткости:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{66700} + \frac{1}{3 \times 10^5} + \frac{1}{1 \times 10^6}} = 51800 \text{ кН/м.}$$

По таблице I.П-2 для трубы диаметром Д=400 мм и длиной ℓ = 2000 мм имеем зависимость силы ее сжатия от величины деформации:

$$F_{qp} = 78790 \times f_p^{3,15} \quad (K_p = 78790; \ n = 3,15).$$

По той же таблице имеем также величину деформации сжатых до предела резиновых элементов:

$$f_{max} = 0,22 \text{ м}$$

и величину коэф. их жесткости за пределами деформации

$$K_{пр} = 45600 \text{ кН/м.}$$

Решая в начале задачу методом подбора в предположении, что разрезка стандартных труб по длине излишня, принимаем, что распределительный щит охранной рамы опирается на 5 сплошных резиновых труб, расположенных горизонтально, длиной ℓ = 3,0 м, т.е. по всей длине щита в плане.

Указанный в п.7 коэффициент

$$\beta = \frac{3,0}{2,0} = 1,5.$$

Горизонтальная нагрузка достигает максимальной величины в случае, когда эксцентриситет (п.8) $e = 0$, тогда $\gamma_c = 1$.

По формуле 2.II находим коэф. φ_1

$$\varphi_1 = 1,5 \times 5 \times 78790 \times 1 = 590925,$$

где индекс I – обозначает номер варианта.

Деформация резиновых элементов в первом приближении по п.8

$$f_{max} = \sqrt[4,15]{\frac{53,9 \times 4,15}{590925}} = \sqrt[4,15]{0,00038} = 0,149 \text{ м} < f_{max} = 0,22 \text{ м}.$$

Производим проверку неравенства (2.20)

$$0,1K = 0,1 \times 51800 = 5180 \text{ кН/м}.$$

$$\sqrt[4,15]{590925^2 \times 4,15^{6,3} \times 53,9} = 13707,3.$$

Выполняется неравенство (2.21).

Деформация резиновых элементов во II приближении по (2.22)

$$f_{1max} = \sqrt[3,15]{\frac{51800}{590925 \times 4,15} \left(0,149^2 + \frac{2 \times 53,9 \times 4,15^2}{51800} - 0,149 \right)} =$$

$$= \sqrt[3,15]{0,021 \times 0,09} = \sqrt[3,15]{0,00193} = 0,137 \text{ м}.$$

$$f_{2max} = \sqrt[3,15]{\frac{51800}{590925 \times 4,15} \left(0,137^2 + \frac{2 \times 53,9 \times 4,15^2}{51800} - 0,137 \right)} =$$

$$= \sqrt[3,15]{0,00203} = 0,139.$$

Принимаем $f_{max} = 0,138$ м.

Горизонтальная нагрузка на причал достигает своего максимума по (2.21)

$$F_q = 590925 \times 0,138^{3,15} = 1153,8 \text{ кН}.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

Для расчетов прочности распределительного щита необходимо рассмотреть его загружение при всех возможных положениях привального бруса, указанных в условиях примера, и выбрать из них наиболее неблагоприятные по прочности.

Рассмотрим случай как определяется нагрузка при некоторых эксцентриситетах ее приложения к щиту.

Для случая $e = -1{,}0$ м

Величина (8.б)

$$\frac{A}{2}\,\frac{n}{n+2} = \frac{5}{2} \times \frac{3{,}15}{5{,}15} = 1{,}53 \text{ м}.$$

Следовательно, в этом случае:

$$|e| < 1{,}53 \text{ м}.$$

По (2.I6) находим коэф. $\eta, \varkappa, \beta, c$ и d.

Решаем кубическое уравнение (2.I6)

$$\mu^3 + 0{,}887\mu^2 + 0{,}351\mu + 0{,}0361 = 0$$

$$\mu = -0{,}15.$$

По (2.I3) определяем коэф. γ_c

$$\gamma_c = \frac{\left[1 - \left(\frac{5}{2} - 1\right)(-0{,}15)\right]^{4{,}15}}{1 - (3{,}15+1)\left(\frac{5}{2} + 1\right)(-0{,}15)} = \frac{1{,}225^{4{,}15}}{3{,}18} = 0{,}73.$$

По (2.II)

$$\varphi = 1{,}5 \times 5 \times 78790 \times 0{,}73 = 431375{,}2.$$

Деформация резиновых элементов в месте приложения загрузки определяется в первом приближении по (2.I7):

$$f_{2max} = \sqrt[4{,}15]{\frac{53{,}9 \times 4{,}15}{431375{,}2}} = 0{,}16 \text{ м}.$$

Максимально возможная деформация резиновых элементов для этого случая определяется по (2.I8)

$$f_{pmax} = 0,22 \times \sqrt[4,15]{0,73} = 0,2 \text{ м}.$$

Неравенство $f_{max} \leq f_{pmax}$ выполняется, а также выполняется неравенство

$$0,1K < \sqrt[n+1]{\varphi^2 (n+1)^{2n} E_q^{n-1}}.$$

Величину деформации резиновых элементов во II приближении определяем по (2.22)

$$f_{2max} = \sqrt[3,15]{\frac{5I800}{43I375,2 \times 4,I5}} \left(\sqrt{0,I6^2 + \frac{2x53,9x4,I5^2}{5I800}} - 0,I6\right) = 0,I$$

Принимаем $f_{2max} = 0,I55$ м.

Горизонтальная нагрузка на причал достигает своего максимума по (2.2I)

$$F_q = 43I375,2 \times 0,I55^{3,I5} = I2I4,5 \text{ кН}.$$

Для случая $e = -I,53$ м

В данном случае:

$$|e| = \frac{A}{2} \cdot \frac{n}{n+2}.$$

При этом распределительный щит имеет треугольную опору перемещений, нижние резиновые элементы при этом имеют наибольшее сжатие, верхние - наименьшие.

По (2.I4) определяем коэффициент γ_c

$$\gamma_c = \frac{(n+2)^n}{(n+1)^{n+1}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{n(n-1)}{24(\beta\gamma)^2} \cdot \left(\frac{n+2}{n+1}\right)^2} =$$

$$= \frac{(3,I5+2)^{3,I5}}{(3,I5+I)^{4,I5}} \times \frac{I}{I + \frac{3,I5(3,I5-I)}{24(I,5x5)^2} \times \left(\frac{3,I5+2}{3,I5+I}\right)^2} = 0,47.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

По (2.II) коэффициент φ_3:

$$\varphi_3 = 1{,}5 \times 5 \times 78790 \times 0{,}47 = 277734{,}7.$$

Деформация резиновых элементов в первом приближении по (2.I7)

$$f_{3\,max} = \sqrt[n+1]{\frac{E_q(n+1)}{\varphi_3}}$$

$$f_{3max} = \sqrt[4{,}15]{\frac{53{,}9 \times 4{,}15}{277734{,}7}} = 0{,}179 \text{ м}.$$

Максимально возможная деформация по (2.I8)

$$f_{Pmax} = f_{max} \sqrt[n+1]{\mu_c}.$$

$$f_{Pmax} = 0{,}22 \sqrt[4{,}15]{0{,}47} = 0{,}183 \text{ м}.$$

Находим деформацию резиновых элементов во II приближении по (2.22):

$$f_{3max} = \sqrt[n]{\frac{\kappa}{\varphi(n+1)} \left(\sqrt{f_{3max}^2 + \frac{2E_q(n+1)^2}{\kappa}} - f_{3max} \right)}$$

$$f_{3max} = \sqrt[3{,}15]{\frac{5I800}{277734{,}7 \times 4{,}15} \left(\sqrt{0{,}179^2 + \frac{2 \times 53{,}9 \times 4{,}15^2}{5I800}} - 0{,}179 \right)} = 0{,}168.$$

$$f'_{3max} = \sqrt[3{,}15]{\frac{5I800}{277734{,}7 \times 4{,}15} \left(\sqrt{0{,}168^2 + \frac{2 \times 53{,}9 \times 4{,}15^2}{5I800}} - 0{,}168 \right)} = 0{,}17I.$$

Принимаем $f_{3max} = 0{,}169_{M_3}$, тогда будет выполняться неравенство $f_{3max} \leq f_{P\,max}$, и горизонтальная нагрузка определяется по формуле

$$F_q = \varphi f_{3max}^n.$$

$$F_q = 277734{,}7 \times 0{,}169^{3{,}15} = 1027 \text{ кН}.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

Определяем оптимальное количество резиновых элементов по

(2.27)
$$z_{нл}=\frac{\gamma_c \kappa (n+1) f_{p\,max}}{F_o (n+2)}\left(\sqrt{1+\frac{2E_q(n+2)^2}{\kappa f_{p\,max}^2}}-1\right).$$

$$z_{нл}=\frac{0,47\text{x}5I800\text{x}4,I5\text{x}0,22}{Ix667\text{x}5,I5}\left(\sqrt{I+\frac{2\text{x}53,9(3,I5+2)^2}{5I800\ \text{x}\ 0,22^2}}-I\right)=3,0.$$

Так как по $z_{нл}=\beta z$ то, принимая по высоте щита $z=5$ рядов резиновых труб, получим, что:

$$\beta=\frac{3}{5}=0,6.$$

Из пункта 2.II коэф. $\beta=\frac{l}{\mathcal{L}}$, откуда

$$l=\beta\mathcal{L}=0,6\ \text{x}\ 2=I,2\ \text{м}.$$

Этот расчет показывает, что применение сплошных резиновых труб по длине щита необязательно. Если принять, что по длине щита располагаются 4 отрезка резиновых труб, то длина одного отрезка будет равна:

$$l_{отр}=\frac{I,2}{4}=0,3\ \text{м}.$$

Подсчитаем теперь горизонтальные нагрузки для тех же случаев ее приложения, что и в предыдущем пункте.

Для случая = 0.

По пункту 2.I2 имеем $\gamma_c=I$.

По (2,II) коэф. $\varphi=\beta z\kappa_p\gamma_c$

$$\varphi=\frac{I,2}{2}\ \text{x}\ 5\ \text{x}\ 78790\ \text{x}\ I=236370.$$

Деформация резиновых элементов в первом приближении по формуле

$$f_{max}=\sqrt[n+1]{\frac{E_q(n+1)}{\varphi}}.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

$$f_{max} = \sqrt[4,15]{\frac{53,9 \times (3,I5+I)}{236370}} = 0,I86 \text{ м.}$$

Максимально возможная деформация резиновых элементов по

$$f_{Pmax} = f_{max} \sqrt[n+1]{\gamma_c}$$

$$f_{Pmax} = 0,22 \times I = 0,22 \text{ м.}$$

Поскольку выполняется неравенство $f_{max} \leq f_{Pmax}$, горизонтальную нагрузку определяем по пункту 9.

Проверка неравенства (2.20)

$$0,1K \geq \sqrt[n+1]{\varphi^2 (n+1)^{2n} E_q^{n-1}};$$

$$0,IK = 0,Ix5I800 = 5I80 \text{ кН/м;}$$

$$\sqrt[n+1]{\varphi^2 (n+1)^{2n} E_q^{n-1}} = \sqrt[4,15]{236370^2 \times 4,I5^{6,3} x 53,9^{2,I5}} = 26608 \text{ кН/м.}$$

Выполняется неравенство

$$0,IK < \sqrt[n+1]{\varphi^2 (n+1)^{2n} E_q^{n-1}}.$$

Поэтому нагрузка F_q определяется по формуле (2.2I).

Деформация резиновых элементов во II-м приближении:

$$f_{Imax} = \sqrt[n]{\frac{K}{\varphi(n+1)}} \left(\sqrt{f_{max}^2 + \frac{2E_q(n+1)^2}{K}} - f_{Imax} \right);$$

$$f_{Imax} = \sqrt[3,I5]{\frac{5I800}{236370 \times 4,I5}} \left(\sqrt{0,I86^2 + \frac{2x53,9x4,I5^2}{5I800}} - 0,I86 \right) =$$

$$= 0,I75 \text{ м;}$$

$$f'_{Imax} = \sqrt[3,I5]{\frac{5I800}{236370 \times 4,I5}} \left(\sqrt{0,I75^2 + \frac{2x53,9x4,I5^2}{5I800}} - 0,I75 \right) = 0,I78 \text{м.}$$

Принимаем $f_{1max} = 0,1765$ м.

Горизонтальная нагрузка

$$F_q = 236370 \times 0,1765^{3,15} = 1002 \text{ кН}.$$

Для случая $e = -1,0$ м

Коэффициент γ_c подсчитан в предыдущем пункте. Он действителен и здесь, поскольку он зависит только от эксцентриситета приложения нагрузки: $\gamma_c = 0,73$.

По (2.11)

$$\varphi = \frac{1,2}{2} \times 5 \times 78790 \times 0,73 = 172550,1.$$

Деформация резиновых элементов в 1-ом приближении по

$$f_{2max} = \sqrt[n+1]{\frac{E_q(n+1)}{\varphi}};$$

$$f_{2max} = \sqrt[4,15]{\frac{53,9 \times 4,15}{172550}} = 0,201 \text{ м}.$$

Максимально возможная деформация резиновых элементов по формуле

$$f_{Pmax} = f_{max} \sqrt[n+1]{\gamma_c};$$

$$f_{Pmax} = 0,22 \sqrt[4,15]{0,73} = 0,204 \text{ м}.$$

Поскольку выполняется неравенство

$$f_{max} \leq f_{Pmax},$$

горизонтальная нагрузка определяется по п.9.

Проверка неравенства (2.20)

$$0,1K \geq \sqrt[n+1]{\varphi^2 (n+1)^{2n} E_q^{n-1}}$$

$$\sqrt[n+1]{\varphi^2 (n+1)^{2n} E_q^{n-1}} = \sqrt[4,15]{172550^2 \times 4,15^{6,3} \times 53,9^{2,15}} = 22863.$$

Выполняется неравенство $0,1K \leq \sqrt[n+1]{\varphi^2 (n+1)^{2n} E_q^{n-1}}$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

Определим деформацию резиновых элементов во П-м приближении по (2.22)

$$f_{2max} = \sqrt[3,15]{\frac{5I8000}{I72550 \times 4,I5}}\left(\sqrt{0,20I^2 + \frac{2x53,9x4,I5^2}{5I800}} - 0,20I\right) = 0,I9I \text{ м}$$

$$f'_{2max} = \sqrt[3,15]{\frac{5I800}{I72550 \times 4,I5}}\left(\sqrt{0,I9I^2 + \frac{2x53,9x4,I5^2}{5I800}} - 0,I9I\right) = 0,I93 \text{ м}$$

Принимаем $f_{2max} = 0,I92$ м и горизонтальная нагрузка

$$F_q = \varphi f_{2max}^{n} = I72550 \times 0,I92^{3,I5} = 953 \text{ кН}.$$

Для случая $e = -I,53$ м

Коэффициент $\gamma_c = 0,47$ (по предыдущему пункту).

$$\varphi_3 = \beta z K_p \gamma_c$$

$$\varphi_3 = \frac{I,2}{2} \times 5 \times 78790 \times 0,47 = III094.$$

Деформация резиновых элементов в I-ом приближении

$$f_{3max} = \sqrt[n+1]{\frac{E_q(n+1)}{\varphi_3}};$$

$$f_{3max} = \sqrt[4,15]{\frac{53,9 \times 4,I5}{III094}} = 0,224 \text{ м}.$$

Максимально возможная деформация для этого случая (подсчитана в предыдущем пункте)

$$f_{pmax} = 0,I77 \text{ м}.$$

Поскольку здесь выполняется неравенство $f_{max} > f_{pmax}$, нагрузку следует определять по (2.24)

$$F_q = \sqrt{\frac{2E_q(n+1) + \varphi K_p f_{pmax}^{2n}(n+1)\frac{1}{K_{np}} - 2\varphi f_{pmax}^{n+1}}{\left(\frac{1}{K} + \frac{1}{\beta z K_{np}}\right)(n+1)}};$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

$$F_q = \sqrt{2x53,9x4,15+III094x78790x0,I77^{6,3}x4,15 \times \frac{I}{456000} - 2xIII094x \times 0,I77^{4,15}} = I63I \text{ кН}.$$

$$\left(\frac{I}{5I800} + \frac{I}{0,6 \times 5x45600}\right) \times 4,15$$

Результаты сведем в таблицу

№ пп	Методы	Деформация f_{pmax}, м			Нагрузка F_q, кН		
		$e=0$	$e=-I,0$м	$e=-I,53$м	$e=0$	$e=-I,0$м	$e=-I,5$м
I.	Подбора	0,I38	0,I7I	0,2I4	II54	I2I4,5	I027
2.	При определении оптимального количества резиновых элементов	0,I76	0,2II	0,22	I002	953	I63I

Из рассмотрения таблицы получается, что по 2-му варианту резиновые элементы используются экономичнее, так как в отбойных устройствах этого варианта резиновых элементов в 2,5 раза меньше, чем в I-ом варианте. Это также означает, что по I-ому варианту отбойные устройства обладают излишней энергоемкостью.

Основой расчета на прочность распределительного щита являются изгибающие моменты и поперечные силы, развивающиеся в его элементах в результате действия на него внешней силы F_q и реакций резиновых элементов. Реакции в резиновых элементах определяются с помощью формулы (2.30) для всех возможных положений привального бруса. При этом нужно учитывать, что на отметках +4,I5 м ÷ 6,35 м происходит швартовка парома с кинетической энергией E_q = 47,9 кДж, а на отметках +I,65 ÷ 4,0 м – с энергией E_q = 53,9 кДж. Положение привального бруса фикси-

руется в формуле (2.30) эксцентриситетом e.

Здесь покажем, как определяются реакции для случая e =-I,0м (рис.3П-6).

Выше определен коэффициент

$$\mu = -0{,}15\,\frac{I}{M}.$$

Задавая последовательно значения индексу $i = 1,2 \ldots z$, определим реакции резиновых элементов:

$$R_i = \frac{\left[2 z_{нл}(1-\mu e) + A\mu(2i-1-z_{нл})\right]^n}{\sum_{i=1}^{z_{нл}} \left[2 z_{нл}(1-\mu e) + A\mu(2i-1-z_{нл})\right]^n} F_q ;$$

$$R_1 = \frac{\left[2x5x(1-0{,}15x1)-5x0{,}15(2x1-1-5)\right]^{3{,}15} x\ 1214{,}5}{\sum_{i=1}^{5}\left[2x5\ (1-0{,}15x1)-5x0{,}15\ (2x\,i-1-5)\right]^{3{,}15}} =$$

$$= \frac{11{,}5^{3{,}15} x\ 1214{,}5}{11{,}5^{3{,}15} + 10^{3{,}15} + 8^{3{,}15} + 7^{3{,}15} + 5{,}5^{3{,}15}} = \frac{2664376{,}9}{4979{,}9} = 535 \text{кН};$$

$$R_2 = \frac{10^{3{,}15} x\ 1214{,}5}{4979{,}9} = 344 \text{ кН};$$

$$R_3 = \frac{8^{3{,}15} x\ 1214{,}5}{4979{,}9} = 170{,}5 \text{ кН};$$

$$R_4 = \frac{7^{3{,}15} x\ 1214{,}5}{4979{,}9} = 112 \text{ кН};$$

$$R_5 = \frac{5{,}5^{3{,}15} x\ 1214{,}5}{4979{,}9} = 52{,}4 \text{ кН}.$$

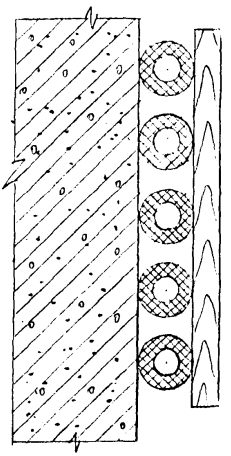
Проверка: $\sum_{i=1}^{5} R_i = 52{,}4+112+171+344+535 = 1214$ кН $= F_q$,

т.е. вычисления произведены верно.

Для других эксцентриситетов вычисления проводятся аналогично.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

а)



б)

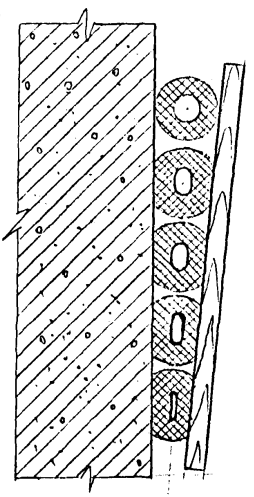


Рис.3П-6. Схема деформаций резиновых амортизаторов и перемещений распределительного щита охранной рамы

а) - состояние рамы в статическом равновесии

б) - состояние рамы в момент максимального сжатия амортизаторов

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

3.2. Расчет количества пружинных амортизаторов для установки в ложе паромов с целью поглощения их энергии захода.

Судно водоизмещением Д=6500 т.

Схема амортизационных устройств ложа паромного причала с расчетной схемой и технической характеристикой амортизатора показаны на рис.4П-6 и 5П-6.

Скорость захода парома в ложе по п.3.I0

$$V = 0{,}6 \text{ м/с.}$$

Коэф. Ψ принимаем по табл.2 $\Psi = 1{,}1$.

По СНиП 2.06.04-82 определяем кинетическую энергию захода парома в ложе:

$$E_q = \Psi \frac{\mathcal{D} v^2}{2};$$

$$E_q = 1{,}1 \times \frac{6500 \times 0{,}6^2}{2} = 1287 \text{ кДж.}$$

Коэф. жесткости одного пружинного амортизатора согласно его технической характеристике:

$$K_{пр} = \frac{350}{0{,}19} = 1840 \text{ кН.}$$

По расчетной схеме рис. 5П-6 равнодействующая сил будет равна

$$N = 2F(\sin\alpha_o + \mu\cos\alpha_o),$$

где $\mu = 0{,}6$ - коэф. трения дерева по металлу;

$\alpha_o = 23^0$ - угол, показанный на рис. 5П-6.

При $F = K_{ay} f$ и $N = K_N f_N$ последнее уравнение принимает вид

$$K_N f_N = 2 K_{ay} f (\sin\alpha_o + \mu\cos\alpha_o), \qquad (1)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

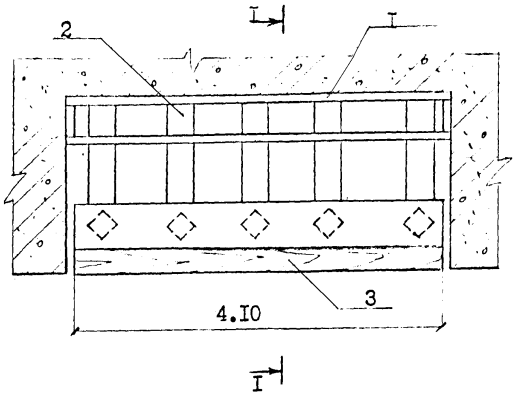
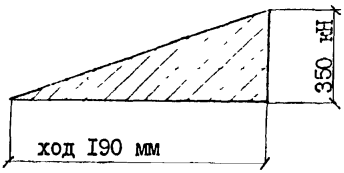


Рис.4П-6. Схема конструкции амортизационного устройства ложа паромов

I. Металлическая рама (кассета)
2. Амортизаторы
3. Распределительный щит

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

Техническая характеристика амортизатора



Размещение устройств в ложе

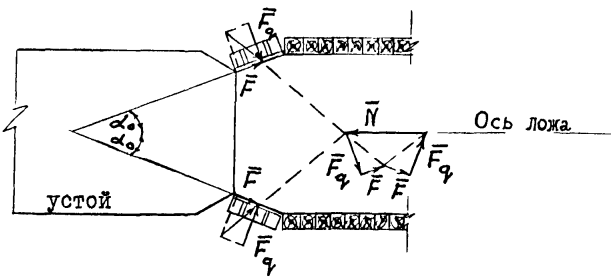


Схема перемещений кормы парома в ложе (план)

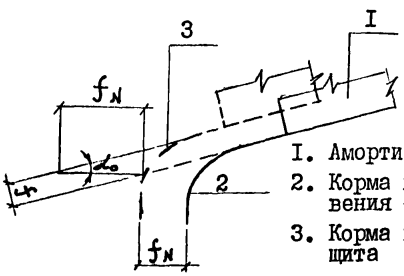


Рис.5П-6. Расчетная схема амортизационных устройств ложа паромов

I. Амортизационное устройство
2. Корма парома в момент соприкосновения со щитом
3. Корма парома после перемещения щита

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

где K_{ay} – коэф. жесткости амортизационного устройства с одного борта парома;

K_N – коэф. жесткости общей системы амортизационных устройств в направлении силы N.

По рис.5П-6, кроме того, имеем

$$f = f_N \sin\alpha_0. \qquad (2)$$

Подставляем значение f в (I):

$$K_N = 2K_{ay}\sin\alpha_0\,(\sin\alpha_0 + \mu\cos\alpha_0). \qquad (3)$$

Для одного пружинного амортизатора:

$K_N = 2\text{x}1840\text{x}\sin 23^0(\sin 23^0 + 0{,}6\cdot\cos 23^0) = 1356$ кН.

Методами строительной механики находим коэф. жесткости:

- корпуса парома $K_1 = 66670$ кН/м;
- устоя ложа $K_2 = 9{,}091 \text{ x } 10^5$ кН/м;
- распределительного щита $K_3 = 3{,}03 \text{ x } 10^5$ кН/м.

Суммарный коэф. жесткости определяем по формуле (2.4)

$$K = \frac{1}{\sum_{i=1}^{3}\frac{1}{K_i}}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{66670} + \frac{1}{9{,}091 \text{ x } 10^5} + \frac{1}{3{,}03 \text{ x } 10^5}} = 51600 \text{ кН/м}.$$

По аналогии с (3) приведем суммарный коэф. жесткости к оси парома:

$K_{оп} = 2\text{x}51600 \text{ x } \sin 23^0 (\sin 23^0 + 0{,}6\cdot\cos 23^0) = 38100$ кН.

Из (2) имеем:

$$f_N = \frac{f}{\sin\alpha_0}.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

При максимально возможном ходе пружинного амортизатора $f_{max} = 0,I9$ м максимально возможный ход парома по этому равенству составит:

$$f_{pmax} = \frac{0,I9}{\sin 23^0} = 0,486 \text{ м}.$$

Оптимальное количество амортизирующих элементов в отбойных устройствах ложа может быть определено по формуле (2.27)

$$z_{нл} = \frac{\gamma_c K (n+1) f_{pmax}}{F_o (n+2)} \left(\sqrt{1 + \frac{2E_q (n+2)^2}{K f_{pmax}^2}} - 1 \right),$$

в которой необходимо принять следующие значения величин (согласно п.I3):

$$n = 1; \quad F_o = K_N f_{pmax}; \quad K = K_{оп};$$

$$\gamma_c = \frac{(n+2)^n}{(n+1)^{n+1}} = \frac{3}{4} \qquad \text{по (2.I4)};$$

$$\beta = I.$$

При этих обозначениях формула (2.27) приобретает вид:

$$z_{нл} = 0,5 \frac{K_{оп}}{K_N} \left(\sqrt{1 + \frac{I8 E_q}{K_{оп} f_{pmax}^2}} - 1 \right),$$

который дает возможность определить оптимальное количество пружинных амортизаторов в отбойных устройствах ложа парома. Оно составит:

$$z_{нл} = 0,5 \times \frac{38I00}{I356} \left(\sqrt{I + \frac{I8 \times I287}{38I00 \times 0,486^2}} - I \right) = I2,5 \text{ шт.}$$

Принимаем $z_{нл} = I3$ шт.

Таким образом, в ложе паромов необходимо установить I3 пружинных амортизаторов с каждого борта парома вместо 25 штук, установленных согласно расчетам по методу подбора.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

Пример 4

Определение характеристик посадки парома

Исходные данные

Паром "Сов.Азербайджан".

Длина парома между перпендикулярами $L_{\perp}$ = I27,2 м.

Вес парома порожнем (с технологическими запасами) $\mathcal{D}_{co}$=3871O кН.

Дифферентующий момент парома порожнем (с технологическими запасами) m_o=-I00I20 кНм.

Абсцисса центра водоизмещения парома порожнем (с технологическими запасами) x_{co}= - 2,59 м.

Количество одновременно загружаемых главных путей парома n = 2.

Высота борта парома от основной линии до линии грузовой главной палубы Нб= 7,37 м.

Осадка парома порожнем (с технологическими запасами) T_o= 3,I2 м.

Осадка парома в полном грузу T = 4,30 м.

Абсцисса точки приложения реакции моста $X_м$=-65,00 м.

Абсцисса центра тяжести балласта $X_б$=-47,80 м.

Седловатость кормы парома $C_к$= 0,048.

Предельный уклон железнодорожных путей на мосту и пароме $i'_{пр}$= 0,05.

Допускаемая алгебраическая разность уклонов двух смежных участков железнодорожного пути $i''_{пр}$= 0,05.

Зависимость между весовым водоизмещением $Д_c$ парома, абсциссой X_c центра водоизмещения и осадками носом $T_н$ и кормой $T_к$ представлена диаграммой на рис.6П-6.

Высокий расчетный уровень $У_в$ = -0,20 м.

Низкий расчетный уровень $У_н$ = -2,I0 м.

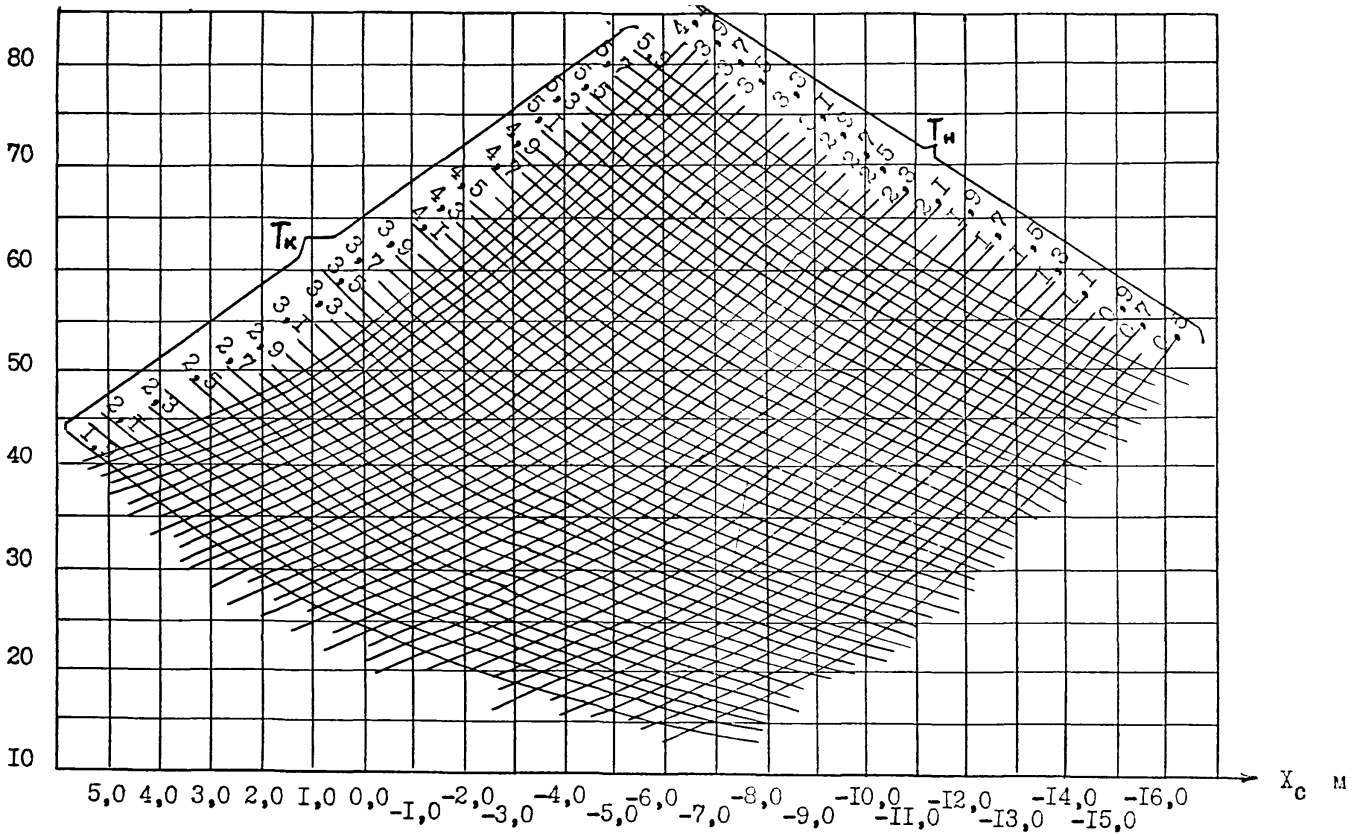


Рис.6П-6. Диаграмма зависимости между водоизмещением $Д_с$ парома "Советский Азербайджан", абсциссой $X_с$ центра его водоизмещения и осадками кормой $T_к$ и носом $T_н$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

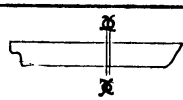
Характеристики посадок

Определение по обязательному приложению 3 просадки и коэффициента просадки кормы парома в исходной посадке производим в табличной форме:

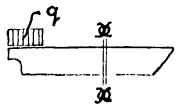
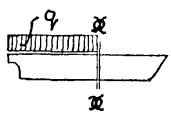
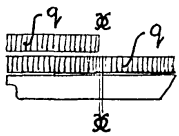
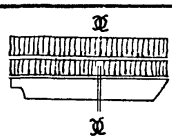
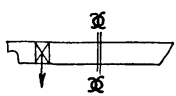
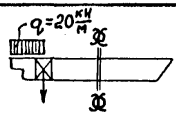
$R_{мп}$, МН	$x_м$, м	$\mathcal{D}_c$, кН	x_c, м	m, кНм	$T_к$,м по диаграмме	$T_н$,м по диаграмме	ΔT_{io}, м	K_{io}, м/кН
		387I0	-2,59	-I00I20	3,I2	3,I2	0	-
$R_{м1}$ = 0,50	-65,0	392I0	-3,38	-I32620	3,28	2,40	0,I6	0,00032
$R_{м2}$ = I,0	-"-	397I0	-4,I6	-I65I20	3,44	2,30	0,32	0,00032
$R_{м3}$ = I,5	-"-	402I0	-4,9I	-I97620	3,60	2,20	0,48	0,00032
$R_{м4}$ = 2,0	-"-	407I0	-5,65	-230I20	3,75	2,I0	0,63	0,000315
$R_{м5}$ = 2,5	-"-	4I2I0	-6,37	-262620	3,93	2,00	0,8I	0,000324
							K_{I0} =0,00032 (по ф-ле 3.8)	

Аналогично определяем просадки и коэффициенты просадок кормы парома для других расчетных посадок и заполняем таблицу (см.табл.3):

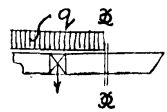
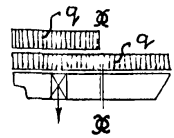
Таблица III-6

Номер расчетн. посадки i	Расчетная посадка	Схема расчетной посадки	Просадка ΔT_{iq}, м	Коэффициент просадки K_{iq}, м/кН
I	2	3	4	5
I	Исходная		ΔT_{I0} = 0	K_{I0}=0,00032

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

I	2	3	4	5
2	Паром (с запасами), без балласта, на каждом главном пути расположен один вагон в корме		ΔT_{22} = 0,I8 ΔT_{24} = 0,39 ΔT_{26} = 0,55 ΔT_{28} = 0,70	K_{22}=0,00030 K_{24}=0,00028 K_{26}=0,00027 K_{28}=0,00027
3	Паром (с запасами), без балласта, нагрузка расположена на каждом главном пути от кормы до плоскости миделя, остальные пути всех грузовых палуб не загружены		ΔT_{32} = 0,46 ΔT_{34} = 0,88 ΔT_{36} = I,24 ΔT_{38} = I,57	K_{32}=0,00028 K_{34}=0,00026 K_{36}=0,00024 K_{38}=0,00026
4	Паром (с запасами), без балласта, нагрузка расположена на каждом главном пути от миделя и на остальных путях всех грузовых палуб на всем их протяжении		ΔT_{42} = 0,63 ΔT_{44} = I,I8 ΔT_{46} = I,66	K_{42} = 0,0002 K_{44}=0,00024 K_{46}=0,00023
5	Паром (с запасами), в полном грузу, без балласта		$\Delta T_5 = T - T_0 =$ =I,I8	$K_{гр}$=0,00023
6	Паром порожнем (с запасами) с балластом в корме		ΔT_{60} = 0,50	K_{60}=0,00028
7	Паром (с запасами), с балластом в корме, на каждом главном пути расположен один вагон в корме		ΔT_{72} = 0,65	K_{72}=0,00027

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

I	2	3	4	5
8	Паром (с запасами)с балластом в корме, нагрузка $q=20\frac{кН}{м}$ расположена на каждом главном пути от кормы до плоскости миделя, остальные пути всех грузовых палуб не загружены		ΔT_{82} = 0,90	K_{82} =0,00025
9	Паром (с запасами), с балластом в корме, нагрузка $q=20\frac{кН}{м}$ расположена на каждом главном пути от кормы до плоскости миделя и на остальных путях всех грузовых палуб на всем протяжении		ΔT_{92} = I,04	K_{92} =0,00024

В расчетной посадке 5 подразумевается, что все пути загружены нагрузкой

$$q_{зр} = \frac{Д_с - Д_{пор}}{4 \times I20} = \frac{(6000 - 3871) \times I0}{4 \times I20} = 4,5 \frac{кН}{м}.$$

Наименьшее значение просадки по приложению 3:

- без балласта в корме ΔT_{min} = 0,I8 м (ΔT_{22} по табл.III-6);
- с балластом в корме ΔT_{min} = 0,65 м (ΔT_{72} по табл.III-6).

Соответствующие коэффициенты просадки:

- без балласта в корме $K_{min} = K_{22}$ = 0,00030 $\frac{м}{кН}$;
- с балластом в корме $K_{min} = K_{72}$ = 0,00027 $\frac{м}{кН}$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

Наибольшее значение просадки (без балласта в корме):

$$\Delta T_{max} = T_{46} = 1{,}66 \text{ м.}$$

Соответствующий ему коэффициент просадки:

$$K_{max} = 0{,}00023 \frac{\text{м}}{\text{кН}} .$$

Соответствующие экстремальным характеристикам посадки парома значения технологической нагрузки:

$$q_{min} = 20 \frac{\text{кН}}{\text{м}}; \quad q_{max} = 60 \frac{\text{кН}}{\text{м}} .$$

Пример 5
Подъемно-переходной мост со свободно перемещающимися противовесами

Исходные данные по примеру 4.

Для предварительных расчетов согласно п.4.I7 принимаем $L_м = 33$ м (см.СНиП 2.05.03-84).

Реакция морского конца моста по п.4.I9:

$$R_м = 100 + \frac{20 \times 33 \times 2}{2} = 760 \text{ кН.}$$

Наименьшая просадка парома кормой по п.4.20

- без балласта в корме $\Delta T_{кmin} = 0{,}18+0{,}00030 \times 760 = 0{,}41$ м;
- с балластом в корме $\Delta T_{кmin} = 0{,}65+0{,}00027 \times 76 = 0{,}86$ м.

Наибольшая просадка парома кормой по п.4.2I

$$\Delta T_{кmax} = 1{,}66 + 0{,}00023 \times 2080 = 2{,}14 \text{ м}$$

$$\left(R_м = 100 + \frac{60 \times 33 \times 2}{2} = 2080 \text{ кН}\right).$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

Отметка головки рельсов кормы парома в наивысшем ее рабочем положении при $У_в$ = - 0,20 м

- без балласта в корме $Г_{кв}$ = -0,20+7,37-3,I2-0,4I=3,64 м;
- с балластом в корме $Г_{кв}$ = -0,2+7,37-3,I2-0,86=3,I9 м.

Отметка головки рельсов кормы парома в наинизшем ее рабочем положении при $У_н$ = - 2,I0 м

$$Г_{кн} = - 2,I0+7,37-3,I2-2,I4 = 0,0I \text{ м}.$$

Длина подъемно-переходного моста в первом приближении по п.4.24

$$L_м \geqslant \frac{3,64 - 0,0I}{0,05+0,05-0,048+0,007I} = 6I,4 \text{ м}.$$

Длина моста во втором приближении (с учетом балластировки кормы парома в размере 200,0 м3)

$$L_м \geqslant \frac{3,I9 - 0,0I}{0,05+0,05-0,048+0,0I3I} = 49 \text{ м}.$$

Поскольку получилось, что $L_м$ = 49 м > 42 м, то необходимо принять систему двухпролетного подъемно-переходного. При этом длину морского пролета принимаем $L_м$ = 33 м.

Отметки головки рельсов на промежуточной опоре по п.4.26:

- верхняя $П_в$ = 3,I9-(0,05-0,048+0,0I3I) 33,0 = 2,69 м;
- нижняя $П_н$ = 0,0I+0,05x33,0 = I,66 м.

Отметка головки рельсов берегового устоя

$$Г_{б2} = \frac{П_в + П_н}{2} = \frac{2,69 + I,66}{2} = 2,I8 \text{ м}.$$

Длина берегового пролета

$$L_б = \frac{2,69 - 2,I8}{0,05} = I0,2 \text{ м}.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

Принимаем $L_б$ = I2 м (по СНиП 2.05.03-84).

Таким образом, определилась система подъемно-переходного моста со свободно перемещающимися противовесами: двухпролетная по схеме (I2 + 33)м.

Пример 6
Подъемно-переходной мост с противовесами, плавающими в колодцах (см.рекомендуемое приложение 4)

Исходные данные.

Предельный уклон железнодорожных путей на мосту и пароме $i'_{пр}$ = 0,030.

Допускаемая алгебраическая разность уклонов двух смежных участков железнодорожного пути $i''_{пр}$ = 0,030.

Остальные исходные данные по примеру 4.

Длина моста

$$L_м \geq \frac{-0,20+2,I0+I,66-0,65}{0,030+0,030-0,048+0,0I3I+0,00027(67,3+4,9x20x2)-0,00023x}$$

$$\frac{}{x(0,5x60x2-37,4)} = 32 \text{ м}.$$

Принимаем $L_м$ = 33 м (по СНиП 2.05.03-84).

Расстояние от подъемной балки до оси береговой опоры

$$\ell = 0,83 \times 33 = 27,5 \text{ м}.$$

Предварительно принимаем собственный вес пролетного строения моста

$$P_м = 80 \times 33 = 2640 \text{ кН}.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

Принимаем также вес твердого балласта на мосту $P_б = 0$.

Вес противовесов, располагаемых в колодцах, будет равен (при d = I7,3 м):

$$P_{пр} \geqslant 2640 \times 0,63 + \frac{I}{2} 2 \times 60 \times \frac{33^2}{27,5} + \frac{-0,20+2,I0}{0,00023} \times \frac{33}{27,5} +$$

$$+ \frac{I,66-I,30}{0,00023} \times \frac{33}{27,5} - \frac{0,05+0,05-0,048+0,02I}{0,00023} \times \frac{33^2}{27,5} = 3262 \text{ кН}.$$

В последней формуле принято

$$\Delta T_{min} = 0,65 + K_{min}\left(R_o + \frac{q l_м n}{2} + P_м \frac{d}{l}\right) =$$

$$= 0,65+0,00027(I00+\frac{20 \times 33 \times 2}{2} +2640 \times 0,63) = I,30 \text{ м}.$$

В той же формуле принята величина $i_{пр}$ согласно следующему расчету:

	P_c кН	x_c м	m кНм	$T_к$ м	$T_н$ м
Паром с балластом, вагон в корме, q = 20 кН/м	4I350	-5,63.	-232640	(по диаграмме)	
Реакция от собственного веса моста и вагонов на мосту	I332	-65,00	-I29480		
	660	-65,00			
	43342	-8,36	-362320	4,32	I,7(

Уклон $i_{пр}$ (по формуле 3.7)

$$i_{пр} = \frac{4,32 - I,7}{I27,2} = 0,02I.$$

Принимаем предварительно: $\alpha = 0,35$.

Площадь ватерлинии противовесов по п.5

$$\omega = \frac{0,35\left(100 - 2640 \cdot \frac{17,3}{33,0} + 3262 \cdot \frac{27,5}{33,0}\right)}{10\left(\frac{27,5}{33,0}\right)^2\left[1,66 - 0,00023\left(\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 60 \cdot 33 + 2640\frac{17,3}{33,0} - 3262\frac{27,5}{33,0}\right) + 3,12 - 4,30 - 0,00023 \cdot 100\right]} = 228 м^2$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

Общая площадь колодцев для противовесов

$$\omega_к = \frac{228}{I-0,35} = 35I \text{ м2.}$$

Площадь одного колодца:

$$\frac{\omega_к}{2} = \frac{35I}{2} = I70,5 \text{ м2.}$$

Размер колодца в плане:

$$a = \sqrt{I70,5} \simeq I3 \text{ м.}$$

Уточним значение α:

$$\omega_к = 2 \times I3^2 = 338 \text{ м2.}$$

$$\alpha = I - \frac{228}{338} = 0,3254.$$

Отметка головки рельсов берегового устоя

$$\Gamma_б = -2,I0+7,37-3,I2-I,66-0,00023\left(\frac{I}{2}x2x60x33+2640\frac{I7,3}{33,0}-3262\frac{27,5}{33,0}\right)+$$

$$+0,05x33 = I,99 \text{ м.}$$

Высота противовесов

$$= \frac{3262 - 0}{I0 \times 228} + 0,4 = I,83 \text{ м.}$$

Установочная осадка противовесов для парома порожнем

$$t_{уст}^{пр} = \frac{3262}{I0x228} = I,43 \text{ м.}$$

Реакция морского конца моста в установочном положении для парома порожнем

$$R_{уст}^{пр} = 2640\ \frac{I7,3}{33,0} = I384 \text{ кН.}$$

Слабина тросов противовесов в установочном положении для парома порожнем

- при высоком расчетном уровне определяется дифференцированно в зависимости от величины q по формуле (4.I7);
- при низком расчетном уровне

$$S = \frac{27,5 \times 100}{33,0 \times 4865,8} + \frac{27,5}{33,0}(4,30-3,12+0,00023 \times 100) - \frac{173 \times 27,5}{33,0^2} 2640 \times$$

$$\times \left(\frac{1}{4865,8} + 0,00032 \right) = 0,41 \text{ м.}$$

В последней формуле коэффициент

$$A = \frac{10 \times 228}{0,3254} \left(\frac{27,5}{33,0} \right)^2 = 4865,8.$$

Установочную осадку противовесов для парома в грузу

- при высоком расчетном уровне следует определять по формуле (4.20) дифференцированно в зависимости от величины q и слабины тросов S_{iq};
- при низком расчетном уровне определяем по (4.2I)

$$t_{уст}^{гр} = \frac{3262}{10 \times 228} - \frac{(4,30-3,12-0,41\frac{33}{27,5})\frac{33}{27,5}4865,8-4865,8(0,00032-}{10 \times 228(1+4865,8 \times 0,00023)}$$

$$\frac{-0,00023)\ 2640\ \frac{17,3}{27,5}}{} = 0,45 \text{ м.}$$

Реакция морского конца моста в установочном положении для парома в полном грузу по формуле (4.22)

$$R_{уст}^{гр} = \frac{2640\ \frac{17,3}{33,0}(1+4865,8 \times 0,00032)-(4,30-3,12)4865,8+4865,8 \times}{1 + 4865,8 \times 0,00023}$$

$$\frac{\times 0,41\ \frac{33,0}{27,5}}{} = 90 \text{ кН.}$$

Установочная просадка кормы

- для парома порожнем $\Delta T_{уст}^{п} = 0,00032 \times 1384 = 0,44$ м;
- для парома в полном грузу $\Delta T_{уст}^{гр} = 0,00023 \times 90 = 0,02$ м.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

Просадка парома кормой в расчетной просадке при $iq = 44$ определяется по формуле (4.24)

$$\Delta T_{zp(44)} = \frac{1{,}18 + 0{,}00024 \times 40 \times \frac{2}{2} \; 33 + 0{,}00024 \times 1384 + 4865{,}8 \times 0{,}00024 (0{,}44 +}{1 + 4865{,}8 \times 0{,}00024}$$

$$\frac{+ 0{,}41 \frac{33}{27{,}5}}{} = 1{,}35 \text{ м.}$$

В этом случае реакция морского конца моста на корму парома

$$R_m = \frac{1{,}35 - 1{,}18}{0{,}00024} = 691 \text{ кН.}$$

Реакция противовесов на мост при этом

$$R_{пр} = 2640 \frac{17{,}3}{27{,}5} + 40 \times \frac{33^2}{27{,}5} \times \frac{2}{2} - 691 \times \frac{33}{27{,}5} + 0 = 2416 \text{ кН.}$$

Осадка противовесов

$$t = \frac{3262 - 2416}{10 \times 228} = 0{,}37 \text{ м.}$$

Перемещение противовесов

$$\Delta t = 0{,}3254 \; (1{,}43 - 0{,}37) = 0{,}34 \text{ м.}$$

Полная осадка парома кормой в расчетной посадке

$$T_к = 3{,}12 + 1{,}35 = 4{,}47 \text{ м.}$$

Определение осадки парома носом в рассматриваемой посадке произведем в табличной форме

	$\mathcal{D}_c$ кН	x_c м	m кНм	$T_м^к$ по диаграмме	$T_м^н$ по диаграмме
	52040	-5,02	-261410		
$R_м$	691	-65,00	-44850		
Σ	52731	-5,81	-306260	4,47	2,7

Как видно из последней таблицы осадка парома кормой равна вычисленной выше.

Уклон палубы парома

$$i_п = \frac{4,47 - 2,70}{127,20} = 0,014.$$

Уклон кормы парома

$$i_к = 0,048 - 0,014 = 0,034.$$

Отметка головки рельсов в корме парома в расчетной посадке при низком уровне

$$Г_к = 7,37 - 2,10 - 4,47 = 0,8 \text{ м}.$$

Уклон моста при этом

$$i_м = \frac{1,99 - 0,8}{33} = 0,036.$$

Наибольшее вертикальное перемещение морского конца моста, состыкованного с кормой парома

$$A_{к max} = - 0,2+2,10+0,7+1,66+0,5 = 4,76 \text{ м}.$$

Амплитуда перемещений противовесов

$$A_{пр} = 4,76 \frac{27,5}{33,0} = 3,97 \text{ м}.$$

Глубина колодцев для противовесов

$$Н_к = 1,83 + 3,97 + 0,4 = 6,20 \text{ м}.$$

Высота подъема моста при расстыковке

$$\delta = 0,18+0,7+0,5+0,0003x1384 = 1,80 \text{ м}.$$

Объем воды в колодцах противовесов при низком расчетном уровне до подхода парома

$$V_o = 338\left(6,2-0,3254\cdot1,43-1,8\frac{27,5}{33,0}-0,41-1,83+\frac{3262-2640\frac{17,3}{27,5}}{10\cdot228}\right) -$$

$$- \frac{3262-2640\cdot\frac{17,3}{27,5}}{10} = 652 \text{ м}^3.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

Объем воды в колодцах при низком расчетном уровне в установочном положении

$$V^{н}_{уст} = 338 \times [6,2-I,83+I,43(I-0,3254)] - 228 \times I,43 = I477 \text{ м3}.$$

Слабина тросов в расчетной посадке iq = I2 по (4.I7):

$$S_{I2} = \left[0,65+0,0003\left(20 \times 33 \times \frac{2}{2} + 2640 \times \frac{I7,3}{33,0}\right) - 0,00032 \times 2640 \times \frac{I7,3}{33,0}\right] \frac{27,5}{33,0} =$$

$$= 0,68 \text{ м}.$$

Объем воды в колодцах при высоком расчетном уровне в установочном положении для погрузки подвижного состава $q = 20 \frac{кН}{м}$

$$V^{в}_{уст} = I477 - 338\left(\frac{-0,20+2,I0}{33} \times 27,5 - 0,68+0,4I-0,5 \times \frac{27,5}{33,0}\right) = II74 \text{ м3}.$$

По приведенной в данном примере схеме производится определение всех расчетных величин для каждой расчетной посадки парома (по таблице III-6).

Пример 7

Мост - понтон
(см.рекомендуемое приложение 5)

Исходные данные.

Высокий расчетный уровень	= -0,20 м.
Низкий расчетный уровень	= -2,00 м.

Остальные исходные данные по примеру 4.

Длина моста

$$L_м \geq \frac{-0,2 + 2,00 + I,66 - 0,I8}{0,05+0,05-0,048+0,007I+(4,9 \times 20 \times 2+82)0,00027-(0,5 \times 60 \times 2-28)0,000} =$$

$$= 26,7 \text{ м}.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

Принимаем по СНиП 2.05.03-84 $L_м$ = 33 м.

Необходимая подъемная сила верхней части понтона (для поддержания морского конца моста)

$$P_{понт} \geq \frac{-0,2+2,00}{0,00023} \times \frac{33,0}{27,5} + \frac{I,66-0,65}{0,00023} \times \frac{33,0}{27,5} - \frac{0,00027}{0,00023}\left[2640\left(\frac{I7,3}{27,5}+\right.\right.$$

$$\left.\left.+\ 0,6\right) + 20 \times \frac{33,0^2}{27,5}\right] - \frac{0,05+0,05-0,048+0,CI3I}{0,00023} \times \frac{33,0^2}{27,5} =$$

$$= I090 \text{ кН.}$$

Площадь ватерлинии верхней части понтона:

$$\omega_{понт} = \frac{I090 \times 33}{I0 \times 27,5\left[I,66+0,C0023\left(0,5x60x2x33-I090x\frac{27,5}{33,0}\right)+3,I2-4,30\right]} =$$

$$= I80 \text{ м2.}$$

Отметка головки рельсов берегового устоя

$$\Gamma_б = -2,C0+7,37-3,I2-I,66-0,00023\left(0,5x60x2x33-I090x\frac{27,5}{33,0}\right) +$$

$$+0,05 \times 33 = I,99 \text{ м.}$$

Вес понтона (при весе моста $P_м$ = 80x33 = 2640 кН)

$$P_{понт}^{общ} = 0,6 \times 2640 = I584 \text{ кН.}$$

Высота верхней части понтона

$$h_{понт} = \frac{I090}{I0 \times I80} = 0,6I \text{ м.}$$

Высота нижней части понтона

$$t_{понт} = \frac{2640\ \frac{I7,3}{33,0} + I584}{I0 \times I80} = I,65 \text{ м.}$$

Высота стоек

$$h_{ст} = (0,7+0,5+4,30-3,I2) \times \frac{27,5}{33,0} = I,98 \text{ м.}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

Надводная высота стоек для установочного положения при $У_в$ для парома порожнем

$$h'_{ст} = \left[4{,}30-3{,}12-0{,}00032\left(2640\frac{17{,}3}{33{,}0}+1584\,\frac{27{,}5}{33{,}0}\right)\right]\frac{27{,}5}{33{,}0} = 0{,}26 \text{ м}.$$

Установочная осадка верхней части понтона при $У_в$ для парома в полном грузу

$$t^{в}_{уст} = \frac{2640\,\frac{17{,}3}{33{,}0}+1584\,\frac{27{,}5}{33{,}0}}{10\times180\,\frac{27{,}5}{33{,}0}+\frac{1}{0{,}00023}\times\frac{33{,}0}{27{,}5}} = 0{,}40 \text{ м}.$$

Реакция морского конца моста в наинизшем положении кормы парома (при погрузочно-разгрузочных работах)

$$R^{н}_{м}=2640\,\frac{17{,}3}{33{,}0}+0{,}5\times60\times33\times2-10\,\frac{27{,}5}{33{,}0}\left[(0{,}61+1{,}65)180-1{,}98\times0{,}08\times180\right] =$$

$= 211{,}6$ кН.

Установочная осадка верхней части понтона для парома в полном грузу при $У_н$

$$t^{н}_{уст}= 0{,}61-\frac{27{,}5}{33{,}0}(1{,}66+0{,}00023\times211{,}6+3{,}12-4{,}30-0{,}00032\times100)=0{,}19 \text{ м}.$$

Высоту балласта в понтоне при установочном положении для парома в полном грузу при $У_н$

$$\Delta h_{п}= 1{,}65+0{,}19+\frac{100}{10\times180}\times\frac{33{,}0}{27{,}5}-\frac{2640}{10\times180}\times\frac{17{,}3}{27{,}5}-\frac{1584}{10\times180}= 0{,}10 \text{ м}.$$

Общий вес понтона с балластом в установочных положениях моста при $У_н$

$$P'_{понт}= 1584 + 10\times180\times0{,}1 = 1760 \text{ кН}.$$

Реакция понтона на мост в установочном положении для парома порожнем при $У_н$

$R_{понт}$ = I0(I,65xI80+I,98x0,08xI80+0,6Ix0,08xI80)-I0x0,08xI80x

x $\frac{27,5}{33,0}$ (I,66-0,00023x2II,6) = 3I49,6 кН.

Реакция морского конца моста на корму в установочном положении для парома порожнем при $У_н$

$R^{н}_{уст}$ = 2640 $\frac{I7,3}{33,0}$ - (3I49,6 - I760) $\frac{27,5}{33,0}$ = 226 кН.

Надводная высота стоек понтона в установочном положении для парома порожнем при $У_н$

$h''_{ст}$ = (I,66+0,00023x2II,6-0,00032x226) $\frac{27,5}{33,0}$ - 0,6I = 0,75 м.

Реакция морского конца моста на корму в установочном положении для парома порожнем при $У_в$

$R^{в}_{уст}$ = 2640 $\frac{I7,3}{33,0}$ + I584 $\frac{27,5}{33,0}$ = 2704 кН.

Установочная просадка кормы для парома порожнем при $У_н$

$\Delta T^{н}_{уст}$ = 0,00032 x 226 = 0,07 м;

при $У_в$

$\Delta T^{в}_{уст}$ = 0,00032 x 2704 = 0,87 м.

Просадка кормы парома при $У_н$ для посадки iq = 22 в состыкованном с нагруженным мостом положении (как пример)

/A = $\frac{I0 \text{ x } I80}{I,0}$ x ($\frac{27,5}{33,0}$)^2 = I250/

$\Delta T_{гр} = \frac{I}{I+I250x0,00027}$ [0,I8+0,00027x20x33x$\frac{2}{2}$ + 0,00027x226 +

+I250x0,00027 (0,07+0,75 x $\frac{33,0}{27,5}$)] = 0,54 м.

Реакция морского конца моста на корму парома при посадке iq = 22

$R_м = \frac{0,54 - 0,I8}{0,00027}$ = I333,3 кН.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

Высота погруженной в воду верхней части понтона

$$t'_{понт} = (T - T_o + \kappa_{гр} R_o - \Delta T_{max} - \kappa_{max} R^{н}_{м}) \frac{l}{L_м} - h_{понт} =$$

$$= (4,30 - 3,I2 + 0,00032 \times I00 - I,66 - 0,00023 \times 2II,6) \frac{27,5}{33,0} + 0;6I = 0,20 \text{ м}.$$

Реакция понтона на мост в посадке $iq = 46$ при $У_в$ и полностью забалластированной нижней части понтона

$$R^{2р}_{понт} = I584 - I0 \times 0,20 \times I80 = I224 \text{ кН}.$$

Реакция понтона на мост в любой посадке при $У_н$ и с балластом глубиной $\Delta h_п$ в нижней части понтона

$$R^{2р}_{понт} = I0 \times I80 (I,65 - 0,I0 + 0,20) + I0 \times 0,08 \times I80 (I,98 - 0,75) - I584 = I743 \text{ кН}.$$

Полная осадка парома кормой в посадке $iq = 22$ с наложенным на нее и загруженным мостом

$$T_к = 3,I2 + 0,54 = 3,66 \text{ м}.$$

Осадку носом определяем в табличной форме

$Д_с$ кН	$X_с$ м	m кНм	$T_к$ м	$T_н$ м
387I0	-2,59	-I00I20	3,I2	2,40
I333,3	-65,00	-86664,5		
40043	-4,66	-I86784,5	3,66	2,I0

Уклон палубы парома

$$i_п = \frac{3,66 - 2,I0}{I27,2} = 0,0I23.$$

Уклон кормы парома

$$i_к = 0,048 - 0,0I23 = 0,0357.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

Отметка головки рельсов в корме парома в посадке $iq = 22$ при $У_н$

$$Г_к = 7,37 - 2,00 - 3,66 = I,7I \text{ м}.$$

Уклон моста

$$i_м = \frac{I,99 - I,7I}{33,0} = 0,0085.$$

Наибольшее вертикальное перемещение морского конца моста

$$A_{к\,max} = -0,2+2,00+0,7+I,66+0,00023xI743+0,5 = 5,06 \text{ м}.$$

Амплитуда перемещений понтона

$$A_{понт} = 5,06 \times \frac{27,5}{33,0} = 4,22 \text{ м}.$$

Отметка дна котлована для понтона

$$Г_Д = -2,00-0,6I-I,98-I,65-0,6 = -6,84 \text{ м} \simeq -7,00 \text{ м}.$$

Производим проверку уклонов и углов переломов железнодорожного пути на берегу, мосту и пароме при $У_в$ для посадки парома $iq = 22$.

Просадка кормы парома

$$\Delta T_{гр} = \frac{I}{I+I250x0,0003}\left[0,I8+0,0003x20x33x\frac{2}{2}+0,0003x2704+\right.$$

$$\left.+ I250x0,0003(0,87+0,26x\frac{33,0}{27,5})\right] = I,I9 \text{ м}.$$

Реакция морского конца моста на корму парома

$$R_м = \frac{I,I9 - 0,I8}{0,0003} = 3364 \text{ кН}.$$

Полная осадка кормы

$$T_к = 3,I2 + I,I9 = 4,3I \text{ м}.$$

Осадки по диаграмме

387I0 640 3364	-2,59 -58,00 -65,00	-I00I20 -37I20 -2I8660	$T_к$	$T_н$
427I4	-8,33	-355900	4,3I	I,68

Отметка головки рельсов в корме

$$Г_к = -0,2+7,37-4,31 = 2,86 \text{ м.}$$

Уклон моста ($i_м = \frac{Г_к - Г_б}{L_м}$)

$$i_м = \frac{2,86 - 1,99}{33,0} = 0,0264.$$

Уклон палубы парома

$$i_п = \frac{4,31 - 1,68}{127,2} = 0,0207.$$

Уклон в корме парома

$$i_к = 0,0480 - 0,0207 = 0,0272.$$

Угол перелома в месте сопряжения моста и кормы

$$i = 0,0264 + 0,0272 = 0,0536 > i''_{пр} = 0,05.$$

Таким образом, при $У_В$ в посадке $iq = 22$ условие $i < i''_{пр}$ не выполняется. Для того, чтобы оно выполнялось, необходимо принять в корму балласт. Поэтому рассматриваем посадку парома $iq = 72$.

В этом случае:

Просадка кормы парома

$$\Delta T_{гр} = \frac{1}{1+1250x0,00027}\left[0,65+0,00027x20x33x\frac{2}{2}+0,00027x2704+\right.$$

$$\left.+1250x0,00027\ (0,87+0,26\ x\frac{33}{27,5})\right] = 1,46 \text{ м.}$$

Реакция морского конца моста

$$R_м = \frac{1,46 - 0,65}{0,00027} = 3000 \text{ кН.}$$

Полная осадка кормы

$$T_к = 3,12 + 1,46 = 4,58 \text{ м.}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

Отметка головки рельсов в корме

$$Г_к = -0,2 + 7,37 - 4,58 = 2,59 \text{ м}.$$

Уклон моста

$$i_м = \frac{2,59 - I,99}{33,0} = 0,0I8.$$

Осадки по диаграмме

	387I0	- 2,59	-I00I20		
балласт	2000	- 47,8	-95600		
вагон в корме	640	- 58,0	-37I20		
реакция моста	3000	- 65,0	-I95000	$T_к$	$T_н$
	44350	- 9,65	-427840	4,58	I,53

Уклон палубы

$$i_п = \frac{4,58 - I,53}{I27,2} = 0,0240.$$

Уклон в корме

$$i_к = 0,0480 - 0,0240 = 0,0240.$$

Угол перелома в месте сопряжения моста и кормы

$$i = 0,0I80+0,0240 = 0,042 < i''_{пр} = 0,050.$$

Таким образом, условие $i < i''_{пр}$ здесь выполнено.

Аналогичным образом определяются уклоны и углы переломов для всех других расчетных посадок паромов из таблицы II-6.

На рис.7П-6 показана технологическая схема понтона для моста с размерами, полученными в результате настоящего расчета.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
продолж.

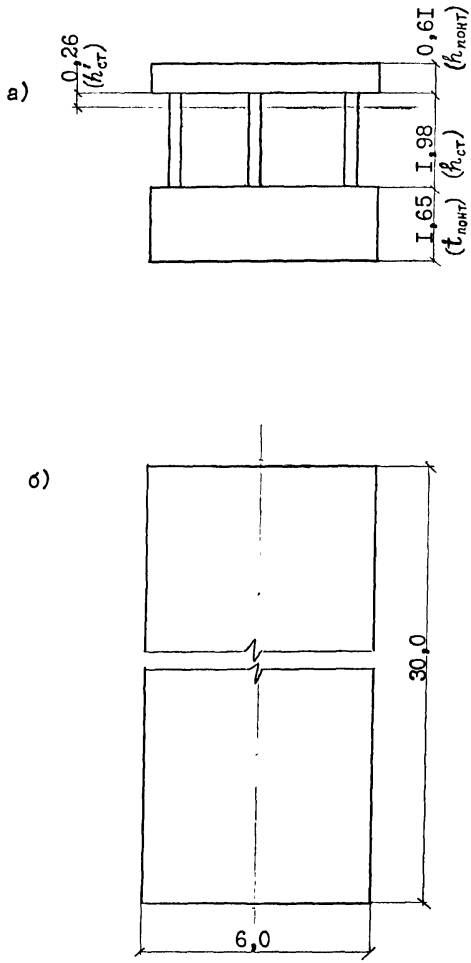


Рис.7П-6. Технологическая схема понтона (размеры в м)
а) - поперечный разрез; б) - план

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
I. Конструкция морских паромных переправ	2
2. Конструктивные требования к гидротехническим сооружениям	I0
3. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения морских паромных переправ	I3
4. Расчеты конструкций и их элементов	22
Приложение I (обязательное). Определение характеристик размывающего действия струи от движителей парома .	46
Приложение 2 (обязательное). Расчет горизонтальных нагрузок от парома при его швартовке	50
Приложение 3 (обязательное). Определение характеристик посадки парома при производстве погрузочно-разгрузочных работ	62
Приложение 4 (рекомендуемое). Статистический расчет элементов подъемно-переходного моста с противовесами, плавающими в колодцах	69
Приложение 5 (рекомендуемое). Статистический расчет элементов моста-понтона	85
Приложение 6. (рекомендуемое). Примеры расчетов	95

gost.e-ecolog.ru