

**И.А.ИВАНЧЕНКО
Е.В.ПЛАТОНОВ**

**ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ
ПАРОМНЫЕ
ПЕРЕПРАВЫ**

**ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ
1943**

В ПОМОЩЬ ВОССТАНОВИТЕЛЯМ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

И. А. ИВАНЧЕНКО, Е. В. ПЛАТОНОВ

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ПАРОМНЫЕ ПЕРЕПРАВЫ

*Одобрено
Главным управлением
Военно-восстановительных работ НКПС*



Scan. Obolev 2012z

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1943

В работе даётся описание сооружения наиболее характерных типов отечественных железнодорожных переправ.

Приводятся сведения о пропускной способности и работе переправ как в летних, так и в зимних условиях.

Рассчитана на инженеров и техников-строителей и восстановителей железных дорог.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
§ 1. Назначение паромных переправ	4
§ 2. Типы паромных переправ	7
§ 3. Подходы и причальные устройства	10
§ 4. Железнодорожные паромы и буксиры	34
§ 5. Конструктивные детали	62
§ 6. Организация строительства переправ	78
§ 7. Пропускная способность паромных переправ	89
§ 8. Работа паромных переправ в летних и зимних условиях	97
§ 9. Достоинства и недостатки различных типов переправ. Пути их развития и улучшения	103
§ 10. Расчёты грузоподъёмности и остойчивости паромов	108

Редактор С. Я. Божеников

Подписано к печати 11/V 1943 г.

Форм. бум. 60×92¹/₁₆. ЖДИЗ 35336

Объём 8¹/₄ п. л. Уч.-изд. 9 л. 48 000 зн. в 1 п. л.

Л32342. Зак. 4149. Тираж 5 000 экз.

1-я тип. Трансжелдориздата НКПС

Предисловие

Устройство железнодорожных переправ через широкие судоходные реки взамен постоянных или временных мостов имеет актуальное значение, особенно в условиях военного времени.

Отсутствие моста или его повреждение при необходимости в самый короткий срок осуществить переброску подвижного состава заставляет применять на широких и глубоких водных магистралях переправы на паромах.

Практика железнодорожного строительства имеет немало случаев применения паромных переправ как в мирных условиях, так и в военное время.

Задачей настоящего труда является осветить опыт строительства переправ для целей железнодорожных перевозок, имевший место в русской практике, а также подвести некоторые итоги накопившегося опыта советского мостостроения за время отечественной войны.

Строительству паромных переправ предстоит широкое применение в области восстановления железнодорожного движения при освобождении временно захваченных областей Советского Союза от немецких оккупантов.

Неменьшее значение приобретает эта область мостостроения также и в деле развития железнодорожной сети прифронтовых районов и тыла.

§ 1. Назначение паромных переправ

Железнодорожные переправы на паромах строят как постоянные, так и временные. В обоих случаях предполагается наличие широкого водного препятствия (крупной глубокой реки, залива, пролива или озера). На нешироких водотоках такие переправы не устраиваются.

Если делать выбор между капитальным мостом и паромной переправой, то минимальная ширина водной преграды x , при которой экономически выгодна постройка паромной переправы, определится из следующего сравнения эксплуатационных расходов по переправе и постоянному мосту:

$$B < \frac{An}{100} x + a,$$

откуда

$$x > \frac{100(B - a)}{An},$$

где A —строительная стоимость 1 пог. м постоянного моста в данном месте перехода;

a —годовые расходы по содержанию постоянного моста;

B —годовые расходы по эксплуатации переправы;

n —проценты на затраченный капитал по сооружению моста.

Если принять к примеру: $A = 25\,000$ руб., $B = 2\,500\,000$ руб., $a = 120\,000$ руб., $n = 6\%$ то $x > 1\,500$ м.

Экономическая выгода паромной переправы по сравнению с мостовым переходом зависит от того, в какой мере она налажена и усовершенствована.

Приведенный численный пример показывает, что при современном индексе цен постройка постоянного моста, а тем более временного даёт большие экономические преимущества почти для всех случаев мостовых переходов длиной менее 1,5 км.

Совершенно очевидно, что такой способ подхода к решению вопроса строительства переправы или моста может быть принят только в мирной обстановке. В условиях же войны экономические соображения зачастую отходят на второй план, и вопрос постройки переправы независимо от ширины водного препятствия должен быть решён только по соображениям быстрейшего пропуска движения по мостовому переходу.

Возможны и другие случаи, когда при сооружении железной дороги пионерного значения для первых лет её эксплуатации невыгодно строить постоянный мост, а целесообразно осуществить паромную переправу временного типа.

Паромные переправы постоянного типа обычно представляют собой сложные и дорогостоящие сооружения с мощным оборудованием, рассчитанные на длительную эксплуатацию и требующие значительных затрат денежных средств, материалов и времени на строительство и монтаж механизмов.

Из осуществлённых в СССР примеров паромных переправ постоянного типа достаточно привести переправы через Волгу у Саратова Рязано-Уральской ж. д., работавшую с 1896 по 1935 гг., у Горького на линии Горький — Котельнич, работавшую с 1926 по 1936 гг., через озеро Байкал на Великом сибирском пути, работавшую с 1903 по 1915 гг.

Все эти переправы были построены по соображениям быстрейшей реализации затрачиваемых средств на строительство железных дорог, поскольку сооружение постоянных мостов (через Волгу) или обходов (вокруг озера Байкал) было связано с продолжительными проектно-изыскательскими работами, обследованием различных вариантов, не говоря уже о затрате времени на утверждение проекта и проведение самого строительства.

Так, например, решение вопроса о выборе проекта и строительстве Саратовского моста через Волгу затянулось на 37 лет (с 1892 по 1929 гг.). Очевидно, что за это время Саратовская паромная переправа себя вполне оправдала, перевозя ежегодно свыше ста тысяч вагонов.

Паромные переправы временного типа рассчитаны или на выполнение определённого задания, или строятся на время восстановления постоянного моста, или на период, предшествующий строительству нового моста. В подобных случаях выбирается такая паромная переправа, которая при максимальной пропускной способности не требует большой затраты времени на её осуществление. Недостатками её являются малое механическое вооружение и значительное количество обслуживающего персонала.

При решении вопросов, связанных с назначением отдельных составных элементов переправы, необходимо иметь в виду основные данные, определяющие её размеры и предстоящий объём работ.

а) Расчётная нагрузка

При проектировании переправ часто задаются расчётной нагрузкой из тяжёловесных вагонов, не рассчитывая на переброску паровозов мощных серий в любом их состоянии (горячем или холодном). При этом предполагается, что переправе достаточно обслуживать только переброску вагонов, а курсирование паровозов допускается лишь на подходах к переправе.

Такое ограничение расчётной нагрузки надо признать ошибочным, поскольку в процессе работы переправы возможны переброски паровозов различных серий и других тяжёловесных единиц подвижного состава, что особенно надо иметь в виду в условиях военной обстановки.

б) Пропускная способность

Пропускная способность при назначении того или иного типа паромных переправ имеет первостепенное значение. Следует отметить, что пропускная способность паромных переправ не отличается высокими показателями, и они не могут конкурировать в какой-либо мере с мостами. Из этих соображений необходимо с максимальной тщательностью подходить к вопросу удовлетворения заданной пропускной способности, основывая свои расчёты исключительно на данных практики осуществлённых переправ и учитывая все специфические особенности режима пересекаемого водотока, как гидравлические, так и метеорологические. Эти факторы в значительной мере влияют на работу переправы в течение круглого года: весной и осенью — паводки, летом — обмеление русла, ветровой и штормовой режим, зимой — ледостав и ледоход.

в) Наличие средств переправы

Проектирование и выбор типа переправы следует начинать в расчёте на определённые средства переправы и ни в коей мере не базироваться на типовые суда, которые зачастую не представляется возможным выделить для этой цели.

Наличие тех или иных средств переправы может кардинально повлиять на выбор системы и на её пропускную способность. Имеется много примеров неудачного проектирования переправ, когда все проектные расчёты базировались на получении металлических паромов определённой грузоподъёмности; отсюда получали необходимые объёмы работ на строительной площадке и расчётную пропускную способность. На деле выходило иначе: вместо металлических барж представлялось возможным получить деревянные меньшей грузоподъёмности с другими габаритными размерами. При сохранении того же числа причалов, предусмотренных по проекту, неизбежно уменьшалась пропускная способность переправы, не удовлетворявшая заданным требованиям перевозок и не соответствовавшая возможностям всех остальных устройств данного участка линии.

Эти же соображения должны относиться и к выбору тяговых средств по буксировке паромов. Отсутствие буксиров достаточной мощности и надлежащего типа может в значительной мере повлиять на выбор барж для оборудования паромов. Кроме того, тип буксиров и паромов, характеризующий осадку судов, должен быть увязан с местными условиями, и по осадке намеченных к эксплуатации судов следует выбирать местоположение причалов и предусматривать необходимый объём землечерпательных работ. Недостаточный учёт этих необходимых мероприятий приводит к тому, что акватория остаётся не подготовленной к приёму судов и при низких горизонтах неизбежен риск перерыва в эксплуатации переправы. Эти обстоятельства ещё более могут осложниться при невозможности получить своевременно снаряды для землечерпательных работ.

г) Род езды на переправе

Не всегда все требования, предъявляемые к транспорту в условиях военной обстановки, могут быть удовлетворены одной только железнодорожной переправой. Независимо от передачи по переправе железнодорожного подвижного состава встречается необходимость осуществить авто-гужевое движение и перебрасывать военную материальную часть. Приспособление железнодорожной переправы для этой цели не представляет труда, если оно предусматривается заранее при составлении проекта.

Производство такого рода работ уже в процессе эксплуатации переправы может вызвать лишь нежелательные затруднения, совершенно недопустимые в условиях военного времени.

§ 2. Типы паромных переправ

Паромные переправы классифицируются прежде всего по признаку долговременности их службы. Различают переправы постоянные и временные.

В отечественной практике осуществлялись переправы как постоянные, так и временные. Из примеров постоянных железнодорожных паромных переправ уже упоминались Байкальская, Саратовская, Горьковская. Временные переправы работали на Волге у Свяжска (Московско-Казанской ж. д.), на Южном Буге у Гурьевки (линия Водопой—Колосовка), на Десне, Днепре и Припяти, на линии Чернигов — Овруч и др.

Уже во время великой отечественной войны было осуществлено несколько временных железнодорожных переправ.

Паромные переправы, которые предстоит строить в СССР в ближайшем будущем, будут носить преимущественно временный характер. Задачей наших переправ является быстрая замена повреждённых военными действиями мостов, дублирование существующих постоянных мостов на случай повреждения их противником и, наконец, осуществление мостовых переходов на новостроящихся железнодорожных линиях.

Во всех этих случаях в первую очередь должны быть гарантированы максимально сжатый срок строительства, преимущественное использование местных материалов — в основном леса, — минимальная затрата металла и простота выполнения конструкций.

Постоянные паромные переправы обычно представляют собой самоходные суда с металлическими или железобетонными корпусами, оборудованные мощными механизмами как для подъёмки вагонов, так и для движения самоходом.

Временные переправы отличаются от постоянных большей простотой их выполнения. Как правило, паромы временных переправ приспособляются из свободных в данном бассейне подходящих барж, причём обычно качество этих барж невысокое, так как все лучшие суда используются по прямому назначению. Причалные устройства преимущественно устраиваются в виде деревянных конструкций временного характера с использованием металла лишь в тех местах, где это безусловно необходимо.

Эксплуатация временной переправы требует в повышенном количестве обслуживающего персонала по сравнению с постоянной переправой, которая, как правило, оборудуется силовыми установками постоянного типа, обеспечивающими полную механизацию всех погрузочно-разгрузочных операций. Это можно осуществить на временной переправе лишь тогда, когда все необходимые механизмы и конструкции заранее подготовлены и могут быть в кратчайший срок подвезены и собраны на месте.

Как постоянные, так и временные переправы, отличаясь между собой в отдельных деталях, могут быть, однако, одной и той же системы, зависящей от принятого способа накатки подвижного состава: поперёк парама или вдоль него.

Сущность поперечного способа накатки подвижного состава заключается в том, что на пароме укладывается поперёк несколько железнодорожных путей, вмещающих по два-три вагона на каждом. Паром пришвартовывается бортом к причалу, имеющему Т-образную форму в плане. Погрузка подвижного состава осуществляется группами в 2—3 вагона

Фиг. 1. Паром с поперечным накатом подвижного состава

соответственно ёмкости каждого пути на пароме и одновременно производится передвижка парама вдоль пристани (фиг. 1). По такому принципу осуществлено в СССР несколько паромных переправ.

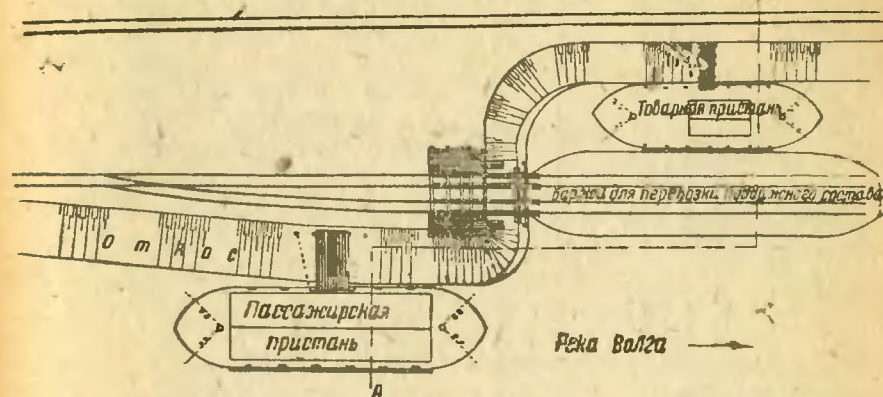
В системе, предусматривающей продольную накатку подвижного состава, на парамах укладывается в зависимости от их ширины несколько железнодорожных путей, из которых каждый вмещает число вагонов соответственно длине парама и отличается от причалов поперечной схемы (фиг. 2) главным образом расположением их в плане по отношению к береговой линии и направлению течения. Преимущество этой схемы заключается в том, что число вагонов в каждой подаче значительно превышает таковое при поперечной накатке; кроме того, паром с продольно расположенными путями не требуется перемещать во время погрузки или разгрузки подвижного состава. При поперечной схеме погрузка или разгрузка осуществима только с одновременной передвижкой парама в определённой последовательности.

Практика строительства переправ с продольным накатом весьма обширна. Как за рубежом, так и у нас в СССР постоянные переправы преимущественно были осуществлены по такой именно схеме. Имеется много примеров временных переправ с продольным накатом, что сви-

детельствует о том, что эта схема содержит значительные преимущества по сравнению со схемой фиг. 1.

В целях безошибочной ориентировки при выборе того или иного типа паромной переправы необходимо учитывать следующие соображения. Продольная схема, как правило, применима в случае устройства паромов на одиночных баржах. Это допустимо в тех случаях, когда имеется возможность использовать баржи достаточной грузоподъёмности, что освобождает от соединения двух или даже трёх барж в один паром. Наличие барж небольшой грузоподъёмности приводит к необходимости применения поперечной накатки подвижного состава.

С другой стороны, продольная схема может дать существенный эффект в том случае, когда судно, приспособляемое под паром, даёт возможность разместить продольно не один, а два или более путей;



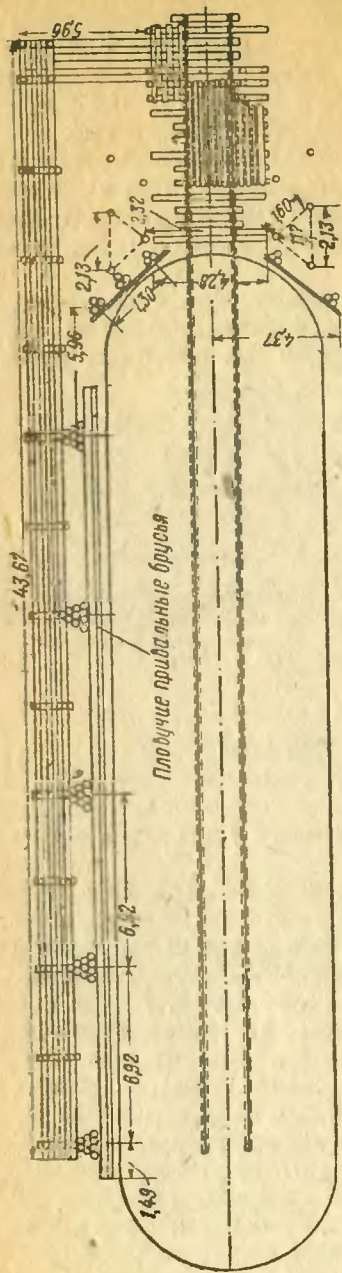
Фиг. 2. План причала переправы через Волгу у Свияжска

только при таком условии будет рационально и эффективно использована палуба парама и соответственно этому—его грузоподъёмность.

Исходя из сказанного, можно сделать следующие выводы о применении того или другого типа переправы. Выбор в основном зависит от величины используемых для паромов судов. Малые суда целесообразно приспособлять для поперечного, а крупные суда—для продольного типа. Отсюда очевидны и пределы применения обоих типов переправ. Там, где задана большая пропускная способность, безусловно, следует применять паромы с продольными путями.

Устройство поперечного наката на судах большой грузоподъёмности вплоть до спаривания последних не может дать ощутимых результатов в целях повышения заданной предельной пропускной способности. Выигрыш в количестве вагонов, размещаемых поперёк на длинном пароме (даже на спаренных баржах), будет мало ощущаться из-за проигрыша во времени, затрачиваемого на передвижки парама от одного положения к другому.

Следует учесть ещё одно обстоятельство, имеющее серьёзное значение в переправах поперечного типа. Длинные паромы



Фиг. 3. План причала переправы через Южный Буг у села Гурьевка

с большим количеством поперечных путей нельзя полностью использовать при загрузке их с грузёным подвижным составом; при загрузке всякого судна сосредоточенными грузами, а тем более длинного должна соблюдаться подача грузов в определённой последовательности с обязательным пропуском некоторых путей, оставляемых без загрузки.

Такой порядок подачи груза требует соблюдения передвижки парома в два тура (вверх и вниз по течению), а следовательно, связан с большой потерей времени на стоянку парома у причалов.

При проектировании переправ иногда выпадают в ошибку, выбирая поперечную схему только потому, что для паромов используются несамоходные баржи. Как утверждают авторы некоторых проектов, продольный тип переправы возможен лишь на самоходных паромах, допускающих маневренность около Г-образных причалов.

Такое ошибочное утверждение ничем не обосновано и не раз приводило к нежелательным результатам в части несоответствия переправы заданным требованиям. Несамоходные паромы могут с успехом пришвартовываться к Г-образным причалам, как это имело место на переправах через Волгу у Свяжска (фиг. 2), через Южный Буг у Гурьевки (фиг. 3) и на других переправах. Совершенно не обязательно доводить буксирующее судно непосредственно к причалу, а достаточно подвести паром настолько, чтобы можно было с него бросить швартовые канаты на причал.

§ 3. Подходы и причальные устройства

В состав каждой паромной переправы кроме паромов входят причальные устройства и подходы к ним. Обычно причалы принято распо-

лагать на таком уровне, чтобы обеспечить пришвартовку парома соответственно его размерам, осадке и одновременно дать возможность эксплуатировать переправу независимо от колебаний уровня воды, что имеет место в той или иной мере на всех реках.

Трассирование подходов и назначение причалов должны быть в первую очередь поставлены в зависимость от сезонных колебаний уровня воды применительно к местным условиям.

Кроме сезонных колебаний горизонтов воды, связанных с временем года, необходимо брать в расчёт и суточные колебания уровня воды, происходящие от ветровой, нагонной волны, что имеет место в устьях рек, озёрах, морских заливах и лиманах.

Режим больших русских рек, как Волга, Днепр, Дон и др., характеризуется резкими амплитудами колебания весеннего и межлетнего горизонтов воды. Разница этих горизонтов доходит в некоторых местах до 14 м, и для обеспечения эксплуатации переправы в течение круглого года требуется устройство нескольких причалов в разных уровнях. В соответствии с таким решением усуграиваются подходы к каждому причалу и необходимое путевое развитие для производства станционных операций.

Характерным примером расположения подходов и причалов разных уровней может служить переправа через Волгу у Горького на линии Горький—Котельнич. При большой разнице колебания уровня воды было построено на каждом берегу шесть причалов в разных уровнях.

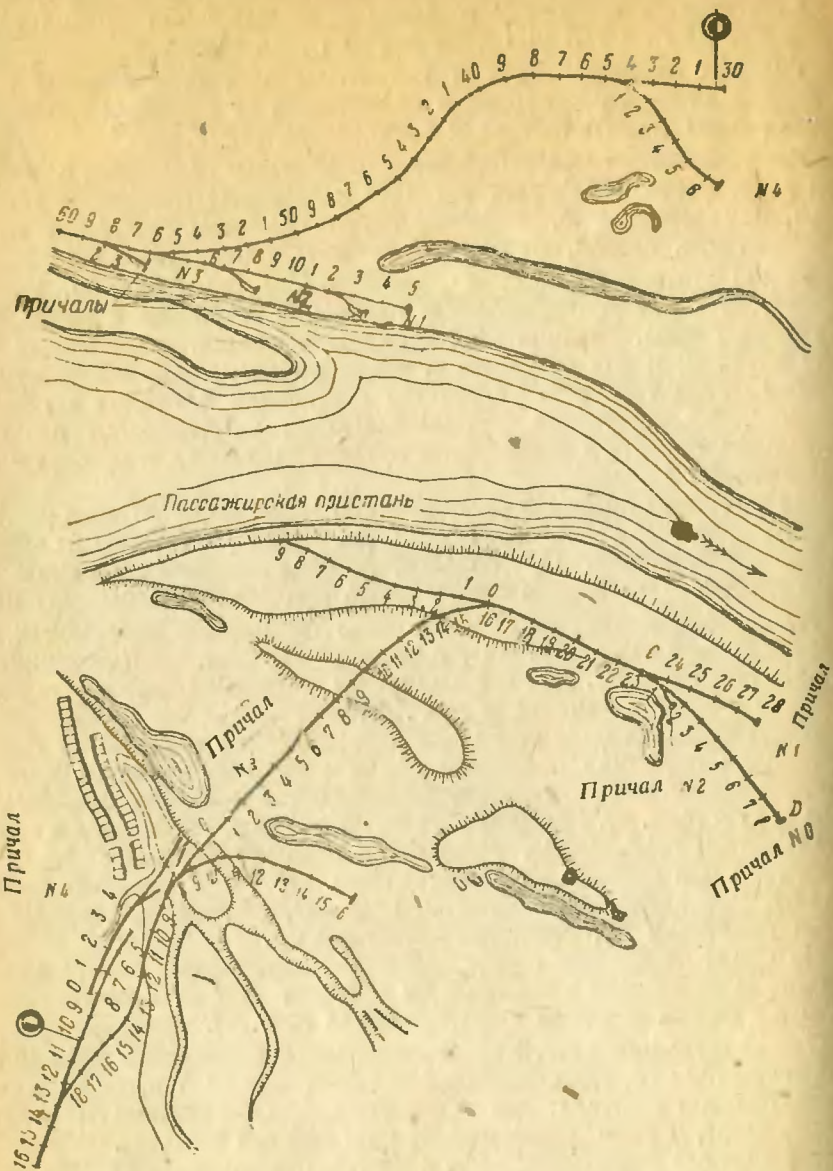
На переправе через Волгу у Свяжска (Московско-Казанской ж. д.) каждый берег был оборудован четырьмя причалами, расположенными на различной высоте. Полная амплитуда колебания горизонтов воды составляет здесь свыше 10 м (фиг. 4).

В Сарагове, где функционировала до постройки моста через Волгу постоянная паромная переправа, были построены причалы в двух уровнях соответственно наибольшей амплитуде колебания горизонтов воды в 14 м (фиг. 5). Низководный причал Г-образной формы в плане затапливался (фиг. 6); он обслуживал паромы в течение большей части года при межнем горизонте воды. Причал Г-образной формы в плане был расположен в высоком уровне, обслуживал паромы во время половодья и никогда не затапливался.

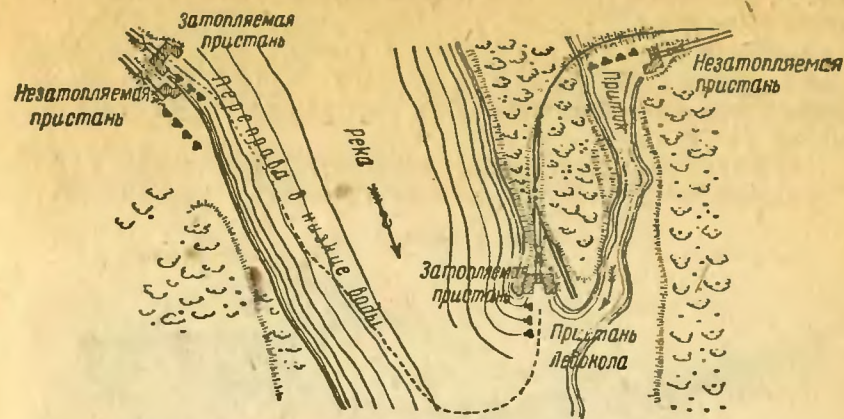
На одной из недавно осуществлённых железнодорожных переправ амплитуда колебания воды принята в расчёт 12,3 м, в соответствии с чем построены причалы в двух уровнях (фиг. 7).

При сооружении другой железнодорожной переправы, где амплитуда колебания горизонтов воды составляет только 5 м, были предусмотрены три причала: два низководных, действующих в период август—март, и один, действующий круглый год (фиг. 8). В данном случае разница горизонтов в 5 м позволила ограничиться одним причалом, объединённым с подъёмной эстакадой, полностью рассчитанной на всю амплитуду колебания уровня воды. Два остальных (низководных) причала без подъёмной эстакады были построены для обеспечения заданной пропускной способности.

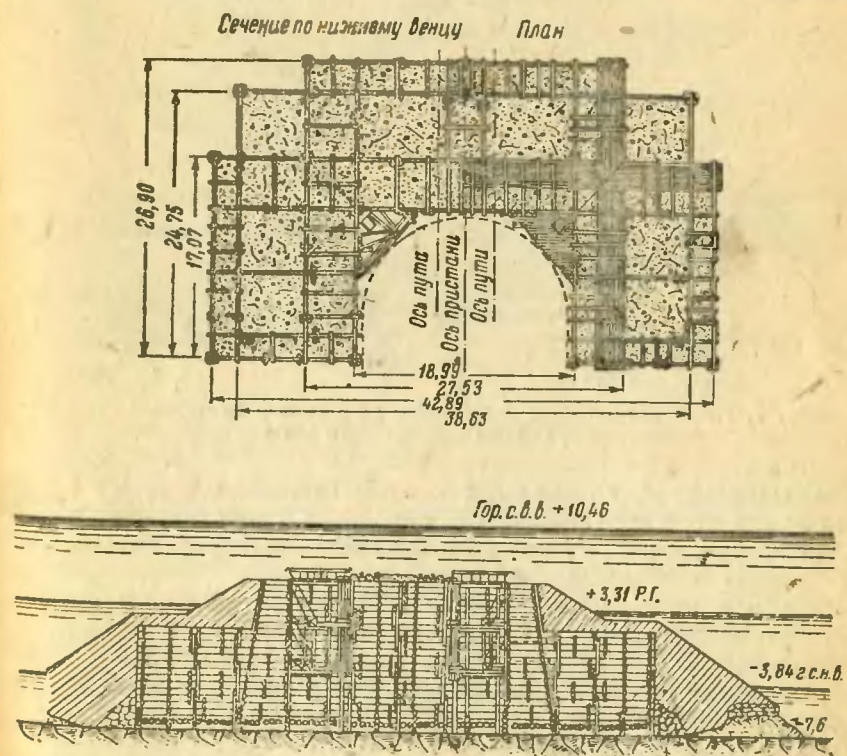
На одной из строившихся в 1941 г. переправ был осуществлён только один причал с подъёмной эстакадой, которым предусматривалось



Фиг. 4. План расположения причалов переправы через Волгу у Свяжска



Фиг. 5. План расположения причалов переправы через Волгу у Саратова

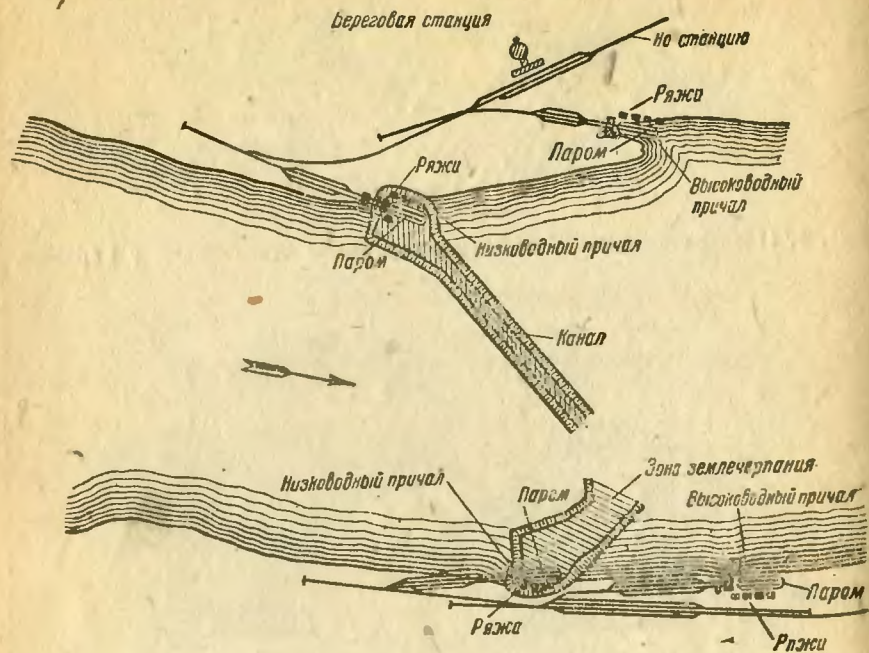


Фиг. 6. Затопляемый ряжевый причал

обеспечить работу паромной переправы в течение круглого года (фиг. 9). Амплитуда колебания уровня воды составляет в этом месте 3 м.

В тех местах, где разница в уровнях воды незначительна, подъёмная эстакада получает минимальную длину соответственно разнице осадки парама в грузёном и порожнем состоянии. Примером такого решения может служить переправа, построенная в 1941 г. и показанная на фиг. 10.

Как видно из приведённых примеров осуществлённых переправ, в зависимости от местных условий приходится трассировать под-



Фиг. 7. План расположения ряжевых причалов и береговых станций переправы продольного типа

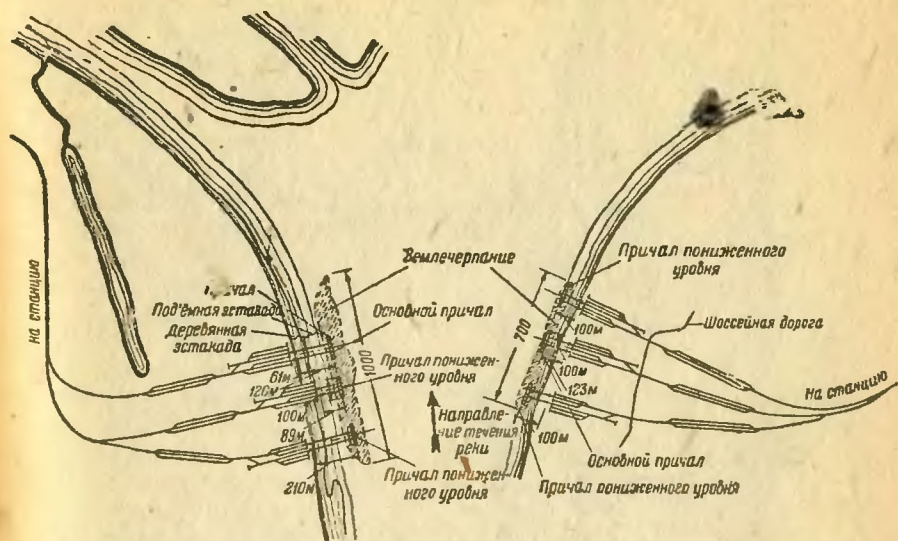
ходы к переправе, спускаясь с крутых берегов, устраивая путевое развитие в виде разветвлений к отдельным причалам. Предельный уклон на таких разветвлениях выбирается соответственно заданным весу поезда и пропускной способности.

Во избежание больших объёмов работ по путевому развитию следует придерживаться норм, установленных Основными техническими требованиями ГУВВР НКПС 1942 г., предусматривающими для подходов уклон не более 12‰ и радиус кривых 200 м. В особо трудных случаях эти нормы для уклона могут быть повышены с разрешения НКПС

Практически допустимым уклоном следует считать уклон не более 20‰. На переправе через Южный Буг у Гурьевки уклон на подходах правого берега был применён в 35‰. На левом, более крутом берегу был устроен спуск в виде бремсберга, но которому вагоны поодиночке

спускались при помощи троса и паровоза. Предельный состав поезда на правом берегу был установлен в 8 вагонов.

Подходы к каждому причалу следует устраивать двухпутными (фиг. 11) независимо от того, какого типа намечена переправа (с поперечным или продольным накатом). Наличие двух путей на причале облегчает маневрирование с паромом. Действительно, при продольной схеме паром во время загрузки подвижного состава остаётся неподвижным, а при поперечной схеме число передвижек снижается, так как загрузку можно производить одновременно с двух путей.



Фиг. 8. План расположения причалов и береговых станций переправы поперечного типа

Размер междупутья на причалах должен быть увязан с принятым междупутьем на пароме. При продольной схеме междупутье как на причале, так и на пароме остаётся одинаковым (фиг. 2), а при поперечной схеме размер междупутья на причале должен быть кратным междупутью на пароме. Если принять допускаемое техническими нормами расстояние между путями на пароме равным 3,60 м, то междупутье на причале принимается равным 10,80 м. Трёхкратное междупутье по сравнению с паромным принимается по соображениям более равномерной одновременной загрузки парама.

Специфика работ паромной переправы вызывает необходимость достаточного путевого развития на каждом берегу. Обработка подвижного состава у переправы состоит из следующих операций: приём и отправление поездов с участка; расформирование поездов и формирование групп для подачи на паромы; формирование поездов для отправления на участок; подача вагонов на выставочные тупики и далее на причалы; снятие вагонов с паромов на выставочные тупики; обгон

канала. Глубина канала выбирается соответственно осадке намеченных для эксплуатации судов (паромы, буксиры и ледоколы) с запасом не менее 0,5 м под днищем судна. Типичным примером осуществления такого канала может служить канал, прорытый для паромной переправы (фиг. 9).

Если в переправе поперечного типа причалы должны располагаться перпендикулярно горизонталям подводного откоса берега, для того чтобы по всей длине пристани были соблюдены по возможности одинаковые расчётные глубины, то в переправе продольного типа причальную эстакаду предпочтительно размещать под малым углом к береговой линии. На фиг. 7 показано размещение подходов и причалов применительно к переправе продольного типа. Путевое



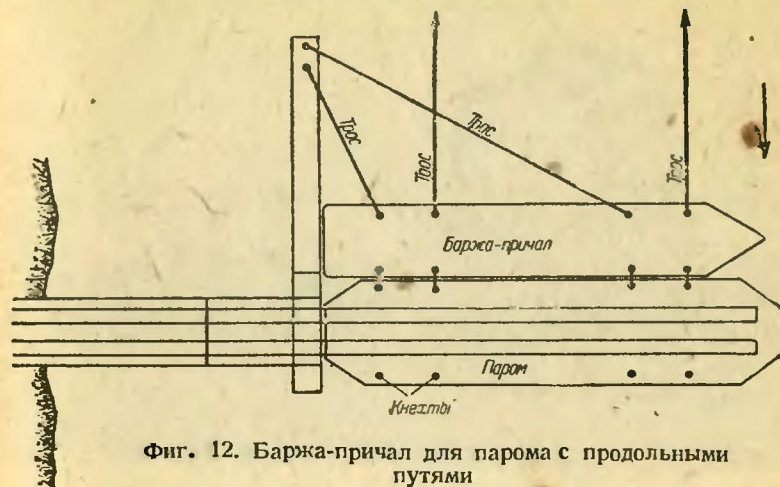
Фиг. 11. Двухпутная стационарная эстакада

развитие состоит из двух причальных станций: высоководной и низководной соответственно двум причалам. Каждая станция имеет по четыре пути, включая главный, из остальных трёх два пути предусмотрены для приёма и отправления поездов и один путь — для формирования поездов и передач на паромы. Для обеспечения приёма подготовленных для погрузки на паромы групп вагонов и отправления на участок вагонов, снятых с паромов, предназначена специальная станция с тремя путями. Экипировка паровозов и формирование поездов по общепринятому плану производится станцией, вынесенной на коренной берег в 4,5 км от причалов и обслуживающей нормальное по длине тяговое плечо.

Причальные и пристанские устройства служат промежуточными звеньями переправы между паромом и земляным полотном.

Пришвартовка паромов осуществима лишь при наличии пристанских устройств, располагаемых параллельно продольной оси паромов, который всегда становится бортом вдоль пристани; причальная эстакада, подводящая железнодорожные пути к пристани, располагается при накате подвижного состава поперёк паромов перпендикулярно пристани, а при продольном накате её следует располагать в одну линию с продольной осью пришвартованного к пристани паромов.

Возможны и такие случаи, когда из-за конфигурации берега (пологое, на большом протяжении мелкое дно) представляется единственно целесообразным для переправы продольного типа построить причальную эстакаду перпендикулярно береговой линии.



Фиг. 12. Баржа-причал для паромов с продольными путями

При таком решении причал получает ту же Г-образную схему согласно фиг. 12. Для пришвартовки паромов может быть приспособлена баржа, закрепляемая на надёжных якорях. В подобном решении есть свои отрицательные стороны, связанные с неудобством установки паромов поперёк течения. При слабом течении такая установка не представляет трудностей.

Причальные эстакады могут иметь различную конструкцию в зависимости от выбранной системы подъёмника, составляющего необходимую часть каждой паромной переправы. Подъёмная часть причальной эстакады служит переходным элементом между берегом и паромом, меняющим свое положение как в процессе загрузки или выгрузки, так и от колебания уровня воды в течение суток или в течение года.

В других случаях подъёмная часть исключается из причальной эстакады и придаётся парому.

То или иное решение принимается в зависимости от величины колебания уровня воды и условий осуществления всего сооружения в целом (возможности получения подъёмного оборудования и материалов, сроков выполнения и т. п.).

В постоянных переправах целесообразно устраивать подъёмники в виде лифтов, в которых вагоны подаются с эстакады постоянного уровня на палубу парома. Такие лифты могут быть помещены или на берегу или непосредственно на пароме (как это имело место на самоходных паромах, работавших на переправе через Волгу у Саратова Рязано-Уральской ж. д., фиг. 13). Подъёмник на пароме «Саратовская переправа» представляет собой металлическую решётчатую башню, оборудованную гидравлическим подъёмным механизмом.



Фиг. 13. Самоходный паром «Саратовская переправа»

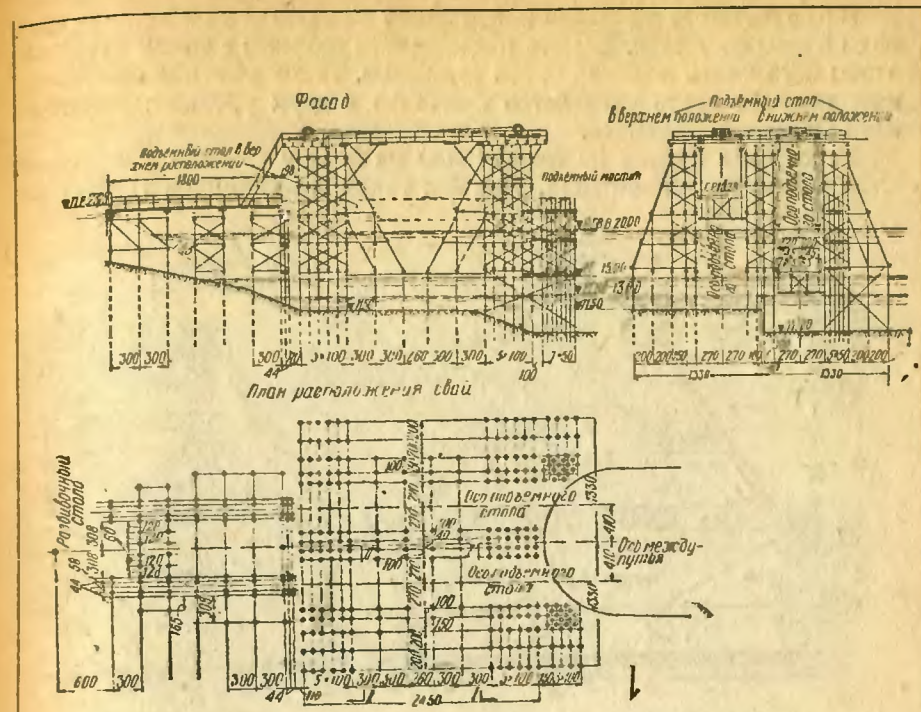
Пример устройства причала, содержащего вертикальный подъёмник¹, приведён на фиг. 14. В состав причала кроме подъёмника входят береговая эстакада и упорные кусты, к которым паром пристаёт своим бортом.

Пролёты эстакады приняты по 3 м. Вертикальный подъёмник представляет собой деревянную конструкцию на сваях, приспособленную для приёмки подвижного состава с двух путей. Подъёмная платформа состоит из металлического сварного пролётного строения длиной 23,6 м, что позволяет разместить три двухосных вагона или один четырёхосный и один двухосный. Допускается подъём паровозов любых серий. Подъём платформы осуществляется посредством электрических лебёдок грузоподъёмностью 5,5 т в комбинации с полиспадами.

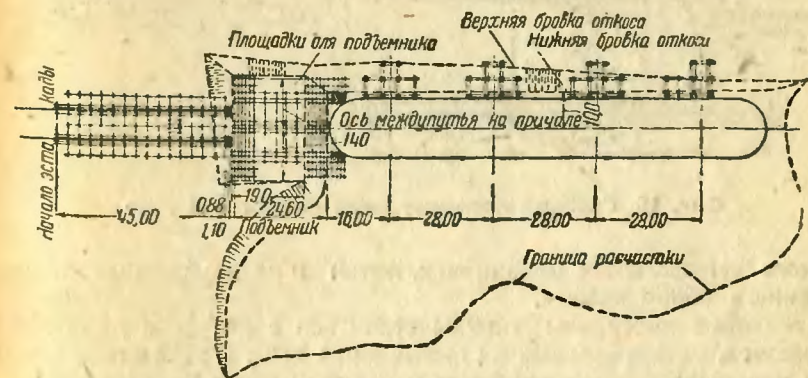
Потребная мощность электроэнергии для питания подъёмников на двух причалах выражается в 240 *квт* на каждый берег.

Для пришвартовывания парома предусмотрены четыре причальных куста из 40 свай в каждом (фиг. 15—17).

¹ По проекту Трансмостпроекта НКПС.]



Фиг. 14. Береговой механический подъёмник для передачи вагонов с берега на паром



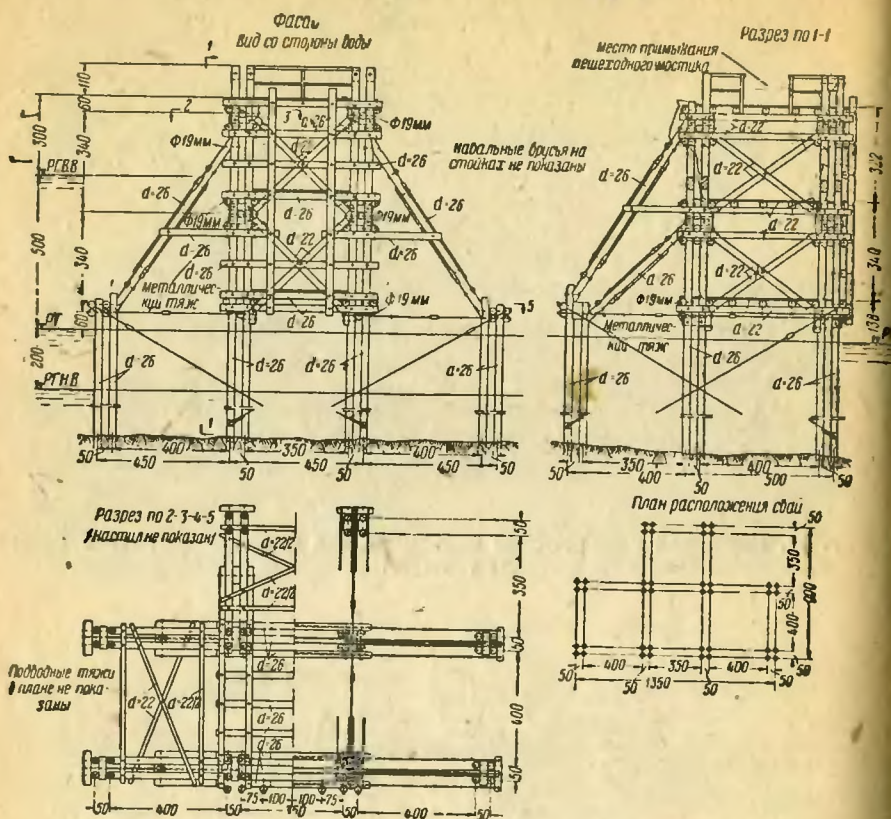
Фиг. 15. План расположения свайных причальных кустов и механического подъёмника

В приведённых примерах наибольшая амплитуда колебания уровня воды превышает 14 м. Высота подъёмников принята с таким расчётом, чтобы обслужить половину этой величины. Такое решение обуславливает необходимость устройства причалов в двух уровнях: затопляемого и незатопляемого.

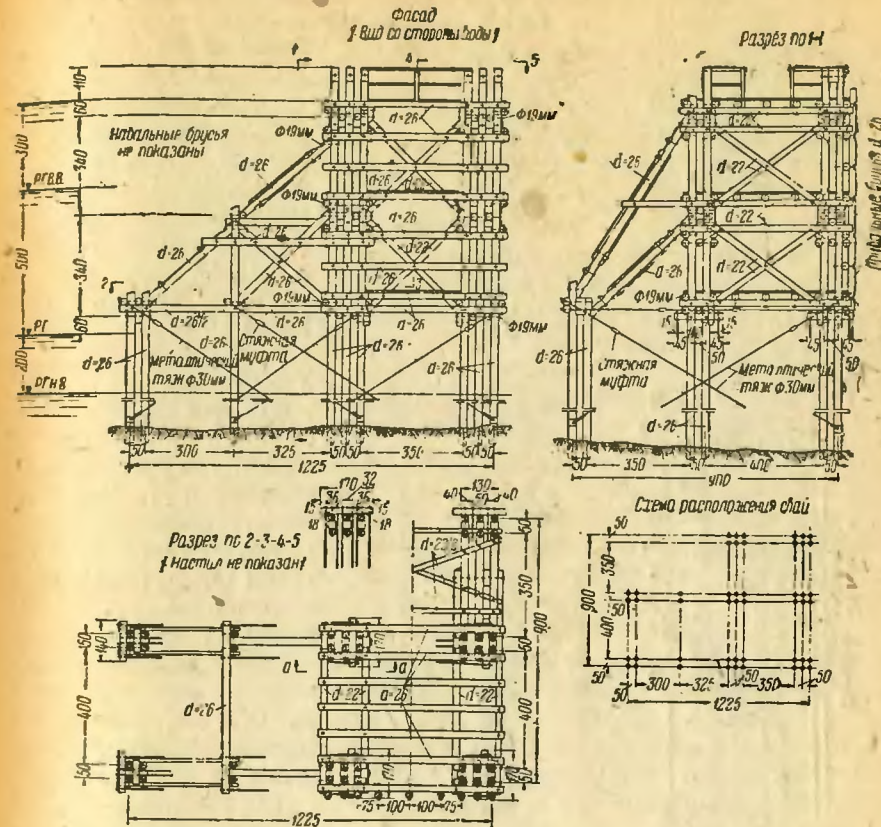
Устройство лифтов на пароме или на берегу связано с известной сложностью их выполнения. Монтаж таких подъёмников требует за-

При таком решении вся причальная эстакада делится на стационарную и подъёмную части.

Стационарная часть эстакады обычно представляет собой деревянную конструкцию на сваях, стойках или ряжах в зависимости от характера грунтов, залегающих в месте расположения эстакады, и режима водотока (размывы, ледоход, волнение). Пролёты эстакады, как правило, делаются балочными длиной 2—4 м.



Фиг. 16. Свайный промежуточный причальный куст



Фиг. 17. Крайний причальный свайный куст

водского изготовления механизмов, литья и разнообразных деталей подъёмного оборудования.

Временные переправы должны строиться с расчётом применения механизмов, употребляемых в строительном деле. С этой точки зрения более предпочтительно устройство подъёмной части причальной эстакады путём установки подъёмных переходных мостиков.

Высота подъёма при этом ограничивается определённым пределом в зависимости от использования простейших подъёмных механизмов и допустимого уклона на мостиках, позволяющего подачу подвижного состава маневровым паровозом.

В подъёмной части пролёты желательно делать металлическими из двутавровых балок или рельсов. Длины пролётов выбираются в пределах 12—15 м по размерам прокатываемых на заводах балок (фиг. 18).

Длина подъёмной части эстакады определяется по предельному уклону и амплитуде колебания воды. Допустимый уклон на эстакаде принимается на практике в пределах 3—5‰. Подъёмная эстакада в целом предусматривается для обслуживания переправы в течение круглого годового колебания уровня воды, включая изменения уровня проезжей части парома от его осадки под полезным грузом. Часть этой эстакады (головная) в процессе её эксплуатации

должна подниматься и опускаться в связи с колебаниями горизонта воды за суточный период и осадкой парама под полезным грузом. В пределах остальной длины эстакада поднимается или опускается периодически по мере накопления изменений от сезонных колеба-

ний уровня воды в пределах определённой высоты, обслуживаемой данным причалом.

При отсутствии в достаточном количестве металла для пролётов всей подъёмной эстакады достаточно применить металл лишь для её головной части; для последней не требуется больше одного пролёта в 15 м.

Если принять осадку парама под полезным грузом в среднем 1 м, а суточные колебания горизонта воды в пределах 0,5 м, то полная амплитуда возможного колебания парама по высоте составит 1,5 м. После установки береговой опоры подъёмного мостика в среднее положение, при котором мостик может отклоняться вверх или вниз на 0,75 м, уклон его выразится не более $0,75 : 15 = 0,05$.

Приведённые цифры являются предельными. Большой частью осадка парама практически составляет 0,70—0,80 м, а суточные колебания не превышают 0,10—0,20 м. Тогда полная амплитуда колебаний

ияет эксплуатацию эстакады, замедляя процесс её подъёмки и опускания, а также требует более тщательного ухода за надлежащим её состоянием в профиле и плане.

Одним из примеров осуществлённых эстакад может служить эстакада, приведённая на фиг. 18 и входившая в состав переправы с поперечным накатом вагонов. Стационарная часть длиной 33,75 м (на противоположном берегу 88 м) состоит из деревянных балочных пролётов по 3 м; подъёмная часть — из двух пролётов по 15 м, составленных из пакетов двутавровых балок № 55.

Практически работал лишь первый головной пролёт, рассчитанный на разницу уровня подошвы рельса парама в порожнем состоянии при максимальном наблюдаённом горизонте воды и в гружёном его состоянии при минимальном горизонте. Второй пролёт был установлен стабильно на среднее положение, от которого второй, головной мостик принимал в процессе эксплуатации уклон или подъём в зависимости от разгрузки или загрузки парама.

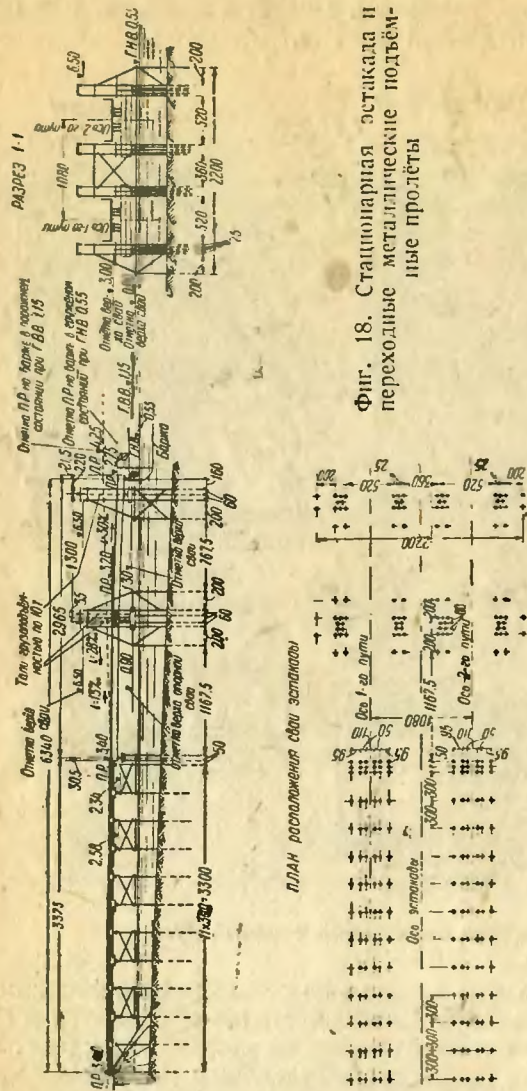
Для подъёмки переходных мостиков служат подъёмные вышки, на которых подвешиваются тали (блоки Людерса), устанавливаются лебёдки с полиспастами или винтовые домкраты (кессонные винты). В приведённом на фиг. 18 проекте были предусмотрены для подъёма тали грузоподъёмностью по 7,5 т, но из-за отсутствия таковых они были заменены лебёдками грузоподъёмностью 3 т в комбинации с двухроликовыми блоками-полиспастами.

Ближайшая к парому вышка служит для подъёма головного мостика во время передвижек парама, а также для поддержания мостика на время отсутствия парама. При разгрузке или загрузке мостик опирается на паром, а подъёмный механизм на первой вышке полностью исключается из работы. Рассмотренная причальная эстакада была построена в месте, где колебание горизонтов воды незначительно, а необходимость во втором мостике была спорной.

Как было сказано выше, во многих осуществлённых примерах переправ для обслуживания полной амплитуды колебания воды строили несколько причалов. Каждый из них был рассчитан на определённую часть всей амплитуды и во время паводка последовательно затопливался. В некоторых случаях возможно и другое решение.

Причальная эстакада обслуживает всю амплитуду колебания горизонтов воды, в силу чего подъёмная её часть получает довольно значительную длину. Пример такой осуществлённой эстакады приведён на фиг. 19 и 20. Она состоит из трёх частей: стационарной, подъёмной, составленной из 17 пролётов (деревянных пакетов по 6 м), и переходной из металлического пролёта $l = 13$ м. Подъём и опускание этого пролёта производятся при помощи вышек, на которых установлены лебёдки грузоподъёмностью 3 т.

Чтобы не строить отдельные вышки для каждого мостика и не ставить на каждой лебёдку, была принята сплошная эстакада с верхним ярусом, предназначенным для движения катучих лебёдок с порталным краном, последовательно поднимающим мостики до требуемого уклона. При таком решении представляется возможным значительно уменьшить число устанавливаемых лебёдок, тем более что



Фиг. 18. Стационарная эстакада и переходные металлические пролёты

ПЛАН расположения всей эстакады

парама будет находиться в пределах 1 м, а при мостике длиной 12 м уклон его не превысит $4^{\circ}/_{00}$.

Остальная часть подъёмной эстакады, исключая головную, при недостатке металлических балок может быть устроена из деревянных пакетов пролётом 6 м. Такое решение является вынужденным и услож-

использование этих лебёдок будет нерациональным, так как подъёмка мостиков совершается периодически по мере накопления сезонных изменений уровня воды.

Возможны и другие решения в конструкции подъёмных мостиков. Так, например, во временной переправе через Волгу у Свияжска переходный мостик под два пути между паромом и берегом состоял из четырёх металлических ферм со сплошной стенкой переменной высоты и длины 11,2 м (фиг. 21)¹. Подъёмный мостик одним концом опирался на паром, а другим — на береговую эстакаду. На время отсутствия парома наружный конец поддерживался двумя стрелами журав-



Фиг. 20

лёвого типа посредством составной брусчатой поперечной балки. Стрелы нижними концами упирались шарнирно в кусты свай, а верхние концы их удерживались цепями, натянутыми через блок чугунными противовесами, спрятанными в колодце. Угол наклона мостика можно было менять путём изменения положения противовеса.

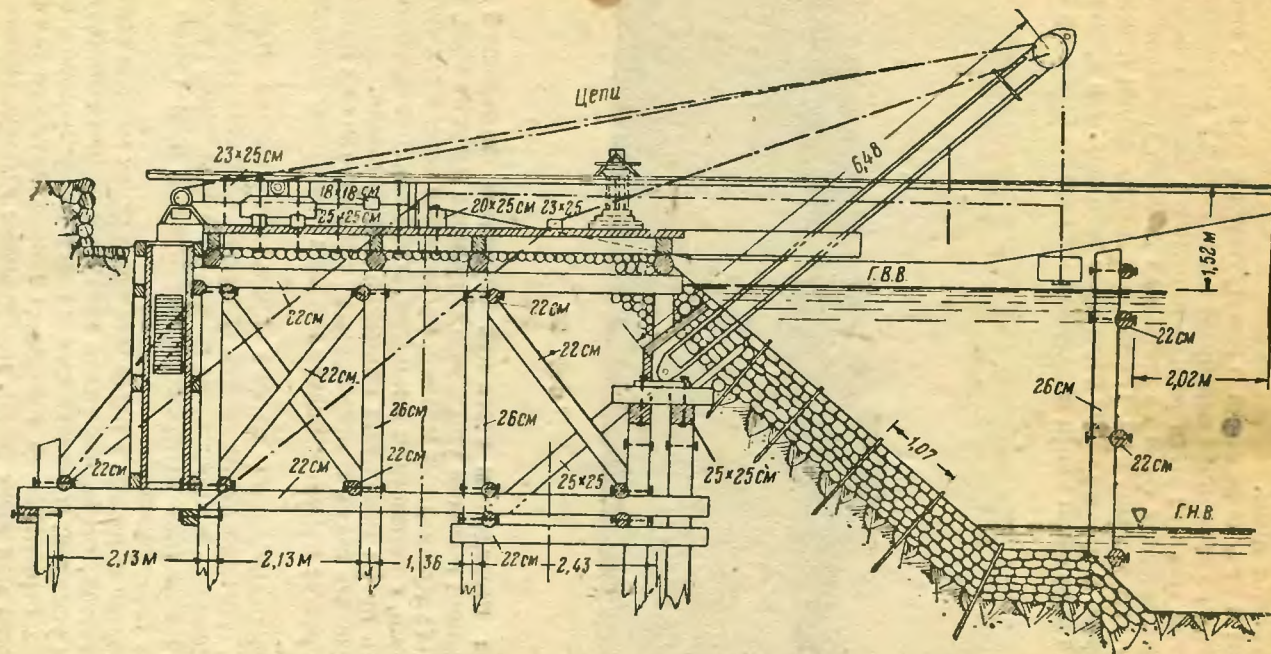
Рекомендовать такую конструкцию не следует, так как имеется другое, более простое решение: подъём мостика непосредственно лебёдкой или талями.

Для пришвартования парома предусматриваются пристанские устройства, располагаемые вдоль длинной стороны парома. Они должны примыкать к причальным эстакадам под прямым углом в виде буквы Т в плане (при поперечных переправах) или буквы Г (при продольных переправах).

Конструкция пристани в паромных переправах должна выбираться с таким расчётом, чтобы оказывать надёжное сопротивление всем динамическим усилиям, проявляющимся при подходе парома к причалу.

Практика строительства пристаней показывает, что построенные свайные кусты или даже ряжи, необходимые для удержания парома

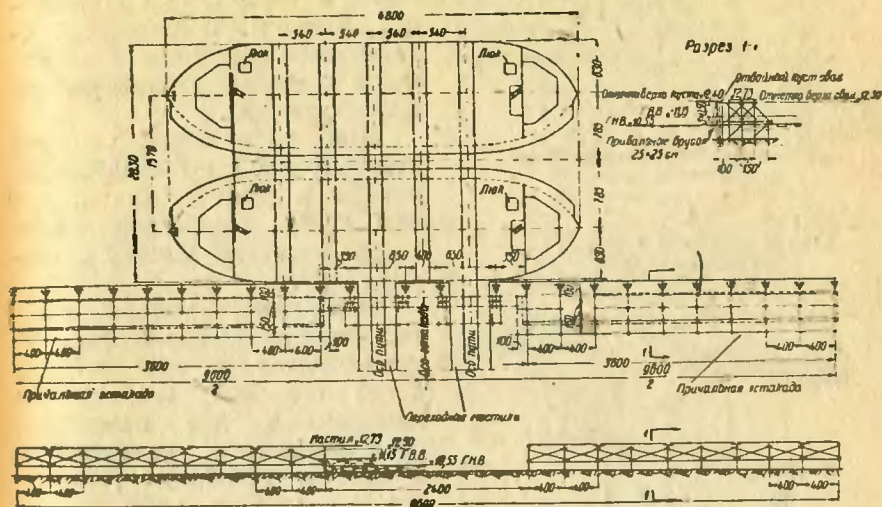
¹ Проф. Е. О. Патон. Восстановление мостов. Ч. II, стр. 86, 1924.



Фиг. 21. Подъемный переходный мостик переправы через Волгу у Свяжеска

при причаливании, оказываются недостаточными. Очень часто под действием движущейся массы парама свайные кусты ломаются, а ряжи сдвигаются в стороны. На фиг. 22 приведена осуществлённая пристань со свайными кустами, состоящими из шести свай.

Кустовые сваи скреплены друг с другом в горизонтальном направлении болтами. Отдельные кусты сваи связаны вдоль пристани четырьмя привальными брусьями; стыки брусьев приходятся как раз в пределах кустов. Со стороны берега за кустами расположена свайная эстакада, на которой установлены чугунные кнехты для швартования парама и имеется настил для прохода обслуживающего персонала.



Фиг. 22. Причалная пристань переправы поперечного типа

По концам пристаней в случае поперечной переправы устанавливаются ручные лебёдки для передвижки парама вдоль пристани.

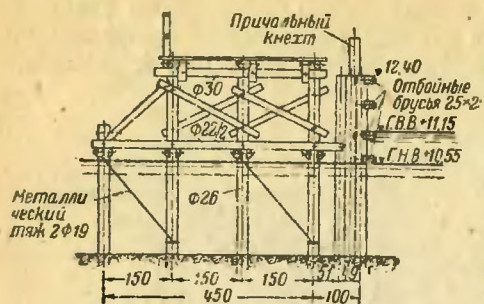
Существенным недостатком такого типа пристани следует считать отсутствие достаточно жёсткой связи между привальными кустами и пристанью. При обычном навале парама даже в спокойную воду эти кусты свободно раскачиваются, будучи связанными лишь в одном направлении привальными брусьями. При ветре, когда возникают трудности в причаливании парама, а тем более в штормовую погоду от навала парама упорные кусты ломались, а пристань сворачивалась в сторону.

Вместе с тем ширина пристани принята чрезмерной. В действительности движение людей по ней не происходит, за исключением береговых боцманов, принимающих концы швартовых канатов, и рабочих на лебёдках, передвигающих паром вдоль пристани.

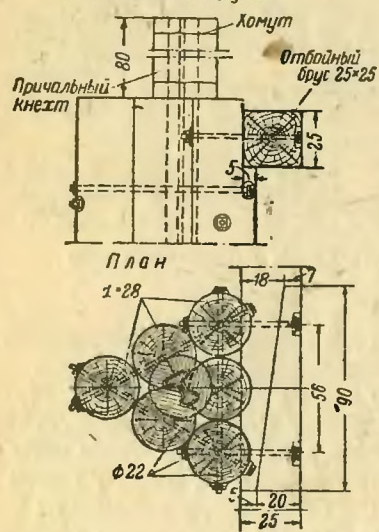
Чугунные кнехты очень полезны в работе, но без них на временных переправах можно обойтись; достаточно использовать сваи упорных кустов, не срезая в каждом из них одну для использования в качестве кнехта.

Более рациональное использование лесоматериала и свай будет иметь место в том случае, если вместо показанной на фиг. 22 пристани ограничиться отдельными упорными кустами пространственного, а не стоечного типа.

В пределах каждого куста должна быть соблюдена связь в разных направлениях посредством подводных схваток или металлических тяжей, не считая обычных связей над уровнем воды. В зависимости от глубины воды и характера грунта размеры в плане и число свай в кусте будут различны. В качестве рекомендуемых образцов свайного куста приводятся примеры согласно фиг. 23.



Деталь отбойного куста свай и отбойного бруса



Фиг. 23. Свайный одиночный причальный куст

проектом чугунные кнехты в трёх ярусах, имеющих ступенчатый вид. При осуществлении такой пристани были внесены изменения: два верхних яруса доведены до линии упорных кустов, чтобы обеспечить обслуживание причала непосредственно у причальной линии.

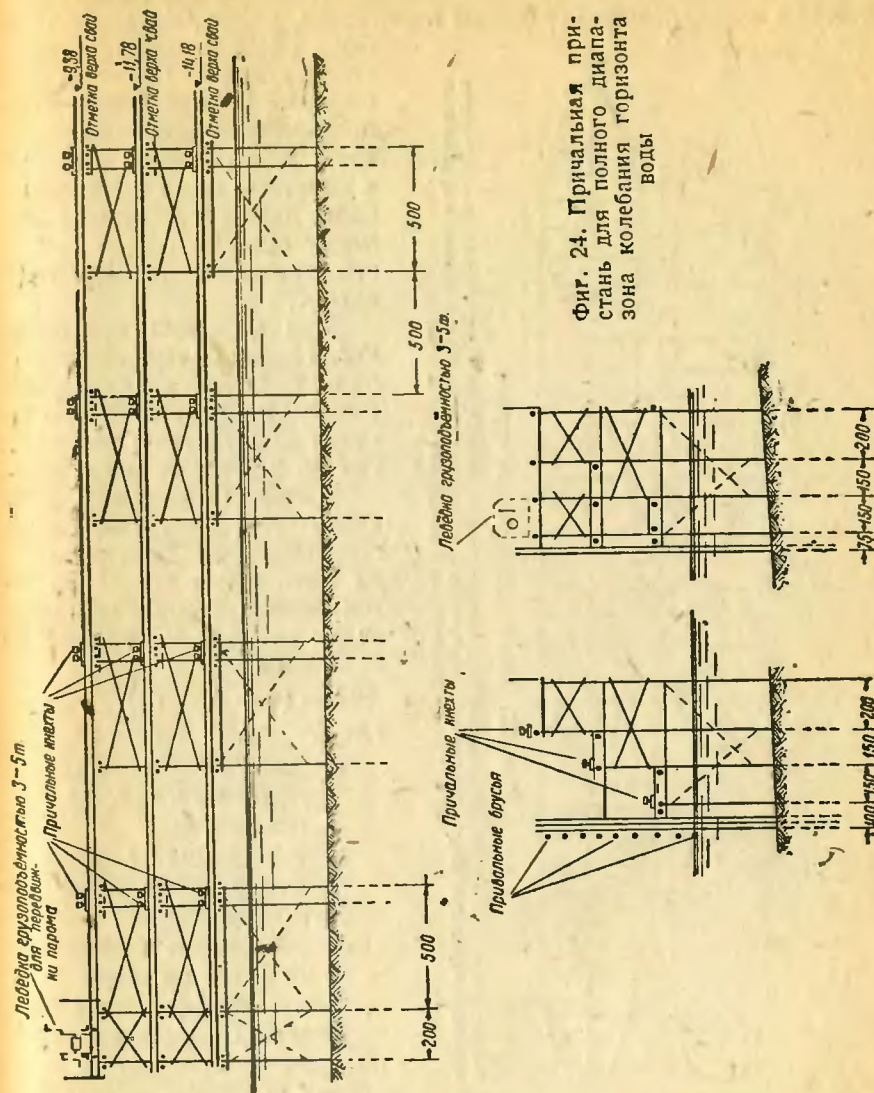
Чугунные кнехты были заменены горизонтальными коротышами, прикреплёнными к сваям упорных кустов. Этот причал имеет все

Для укрепления упорных кустов между сваями забивались рельсы в расчёте на то, что при нагале паромы последние воспрепятствуют излому кустовых свай.

Ненадёжность упорных свайных кустов согласно фиг. 22 усугубляется в том случае, когда подобная конструкция применяется для пристаней, обслуживающих значительную амплитуду колебания горизонтов воды. При этом высоты упорных свайных кустов становятся настолько значительными, что оставление их без надёжного крепления ведёт неизбежно к систематическим авариям причалов.

Обслуживание одной пристанью большого диапазона горизонтов причаливания требует устройства многоярусного причала соответственно фиг. 24. В данном случае упорные кусты поставлены на всю высоту пристани, а для причаливания паромов были предусмотрены

отрицательные стороны подобной пристани, приведённой на фиг. 22, и в этом случае основной дефект—отсутствие какой-либо связи между упорными кустами и остальной деревянной конструкцией пристани.



Фиг. 24. Причалная пристань для полного диапазона колебания горизонта воды

Подводная связь между сваями, безусловно, необходима как в пристанской части причала, так и в причальной эстакаде. При глубине воды свыше 3 м следует ставить подводные схватки или металлические тяжи. Последние должны иметь стяжные муфты диаметром 20—25 мм с винтовой нарезкой. Не всегда можно быстро изготовить тяжи с такими муфтами в условиях полевой мастерской. Чтобы не прибегать

после забивки свай к водолазной станции для постановки тяжей под водой, имеет смысл забивать сваи одновременно с прикреплёнными к ним на болтах деревянными раскосами из пластин.

Следует сказать о длине пристанских устройств. Для обеспечения удобств в эксплуатации переправы необходимо, чтобы длина пристани

была предусмотрена соответственно длине применяемого парома. Неопределённость в получении требуемого типа барж иногда может привести к тому, что из-за применения более длинных барж причалы могут оказаться короче, чем это предусматривалось проектом.

При коротких причалах, когда баржа сильно выступает за их пределы, очень трудно бывает притянуть её к пристани вплотную и держать так во всё время погрузки.

Длина Г-образной пристани для удобства пришвартования парома не должна быть менее длины парома; длина Т-образной пристани должна быть не менее величины

$$2[L - (a + b + d)],$$

где L —длина парома;

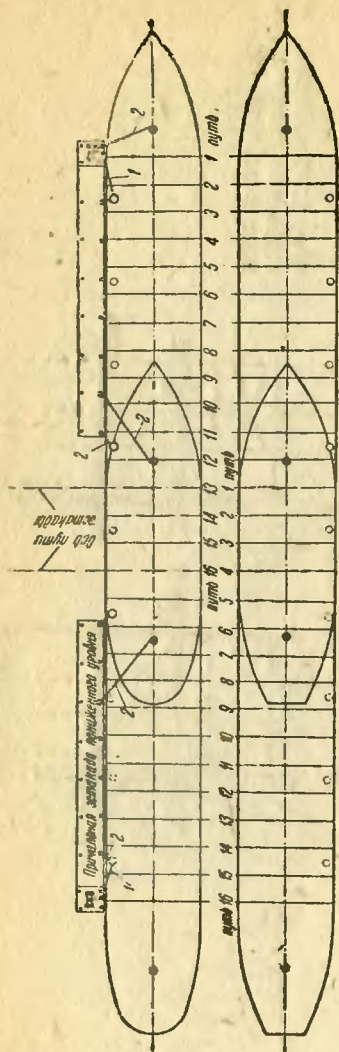
a —расстояние от крайнего поперечного пути до носа парома;

b —расстояние от крайнего поперечного пути до кормы парома;

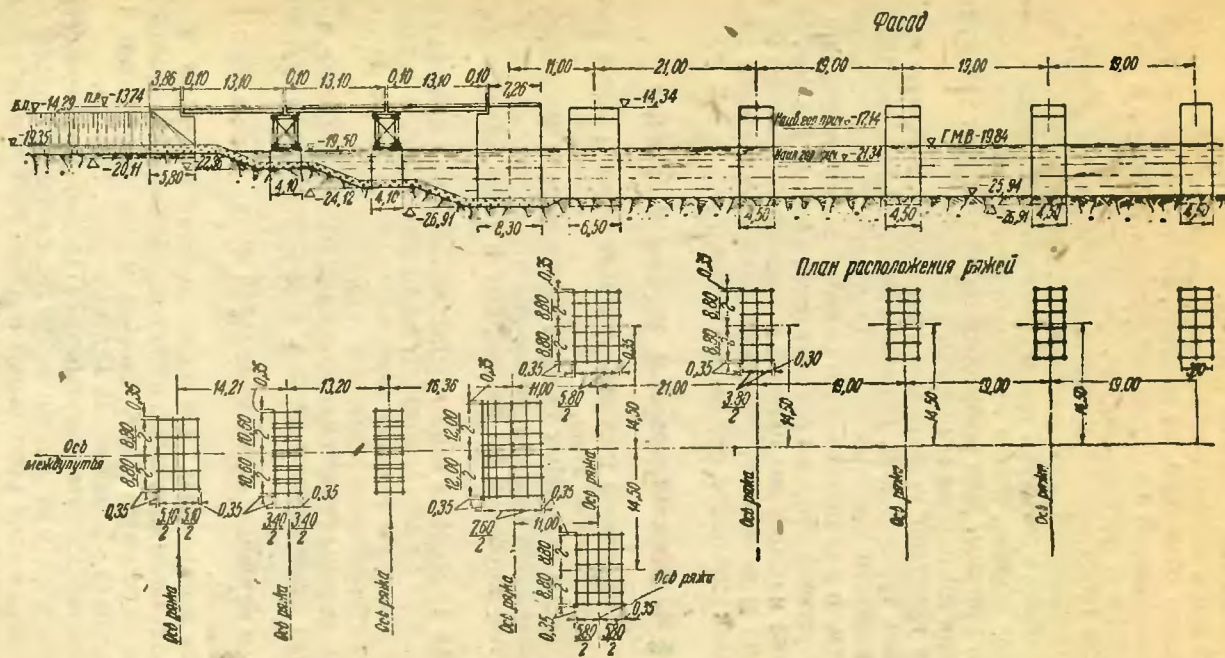
d —расстояние между осями путей на причальной эстакаде (не менее 7,2 м).

Причаливание самоходных паромов к продольным пристаням осуществляется обычными приёмами и средствами, какими пользуются при

швартовании всяких самоходных судов. На пристани должны быть поставлены надёжные кнехты, на которые набрасываются петли канатов, бросаемых с судна. Наличие на судне паровых шпилей или электрических лебёдок позволяет подтянуться на канатах и стать вплотную к причалам.



Фиг. 25. Схема пришвартовки парома.
1—трос для перетяжки парома, закрепляемый одним концом на лебелке, а другим концом — на кнехте парома; 2—трос для швартовки парома, одним концом закрепляемый на кнехте парома, а другим концом — на кнехте причала



Фиг. 26. Ряжевый причал для переправы продольного типа

При проектировании свайных причалов, обслуживающих самоходные паромы, необходимо назначать глубину забивки свай пристани с достаточным запасом в расчёте на подмыв свай в результате вращения гребных винтов парома.

В несамоходных паромках отсутствуют тяговые механизмы, которые тогда приходится размещать на причале. В простейших случаях ограничиваются установкой на причалах ручных лебёдок, а на паромках остаются кнехты и ручные шпили.

На фиг. 25 приведена схема швартования парома с поперечными путями. По концам причалов поставлены лебёдки грузоподъёмностью 3—5 т, от которых протянуты тросы диаметром 19—22 мм, закреплённые на кнехтах парома. Этими лебёдками осуществляется передвижка парома вдоль причала. Для швартовки парома служат тросы, идущие от ручных спиелей парома к кнехтам причала.

Не всегда пристани устраиваются на сваях. В случае залегания в русле слабых грунтов или, наоборот, наличия каменистых берегов применяются вместо упорных свайных кустов ряжи, заполняемые внутри камнем, и для придания им большей устойчивости они дополнительно с береговой стороны обваливаются камнем. На фиг. 26 представлены схема и общий вид причала и подходов эстакады на ряжах применительно к переправе, обслуживаемой самоходными паромками с продольными железнодорожными путями.

§ 4. Железнодорожные паромы и буксиры

По своему назначению железнодорожные паромы могут быть постоянного и временного типа.

Для переправ постоянных следует пользоваться металлическими или железобетонными судами; временные переправы обслуживаются большей частью паромками на деревянных баржах и реке на металлических баржах.

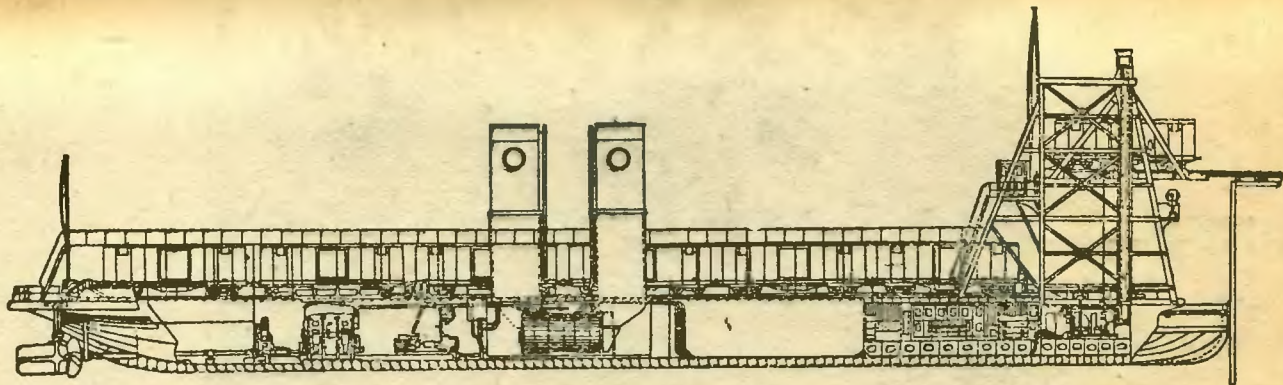
Постоянные переправы чаще осуществляются на самоходных паромках, временные — на несамоходных, но не исключается возможность в обстановке военного времени использования паромов постоянных на других переправах временного значения.

Временные паромы строятся одиночными или спаренными, когда не представляется возможным получить баржи требуемой грузоподъёмности.

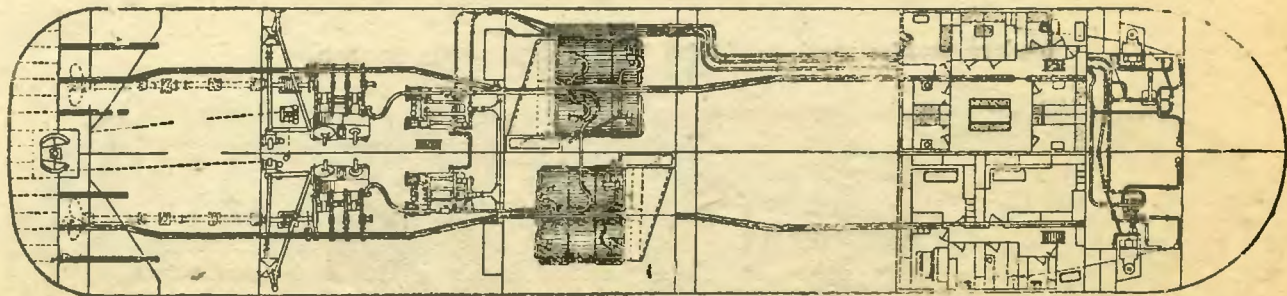
Постоянные паромы представляют собой суда, строящиеся по специальным заказам.

Для железнодорожных переправ через Волгу у Саратова в 1895—1896 гг. были построены в Англии самоходный паровой паром «Саратовская переправа» (фиг. 27—29) и для буксировки парома в период ледостава «Саратовский ледакол» (фиг. 30—32).

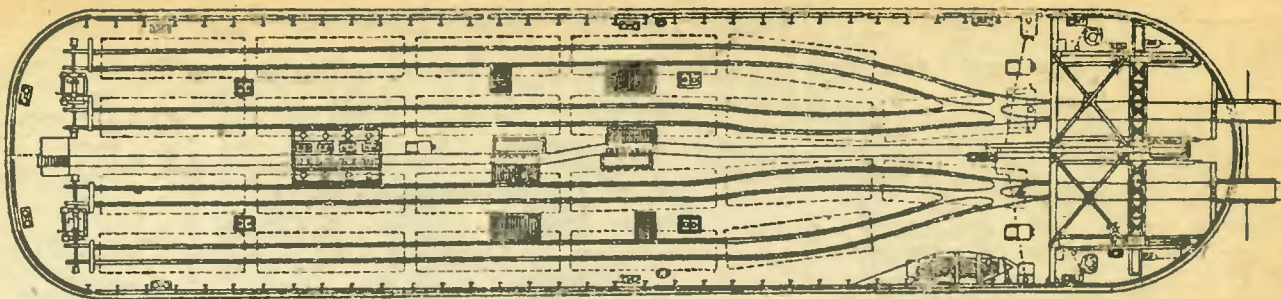
Паром — металлическое двухвинтовое судно, приводимое в движение двумя паровыми машинами по 700 ЛС с четырьмя паровыми котлами. Паром имеет одну продольную и шесть поперечных водонепроницаемых переборок, образующих четырнадцать взаимно изолированных отсеков. Продольное крепление судна дополнено двумя решётчатыми фермами.



Фиг. 27. Паром «Саратовская переправа» (продольный разрез)



Фиг. 28. Паром «Саратовская переправа» (разрез по машинному отделению)

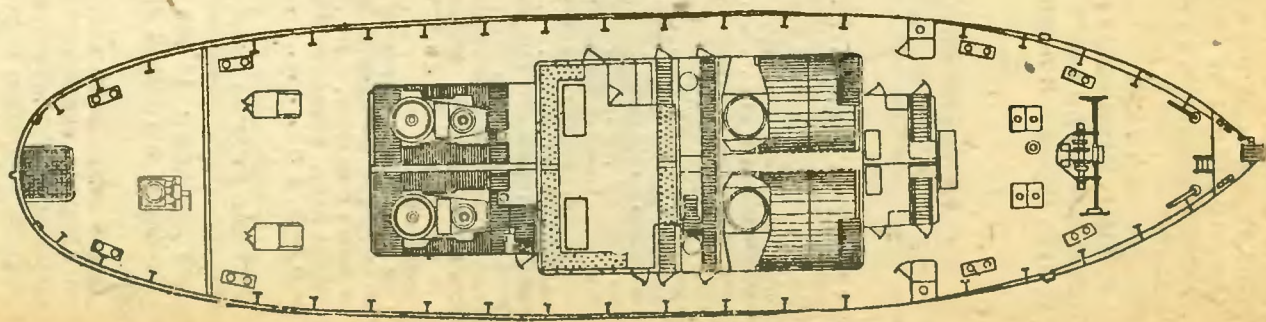


Фиг. 29. Паром «Саратовская переправа» (план верхней палубы)



Фиг. 30. «Саратовский
ледокол»

Фиг. 31. «Саратовский ледокол» (продольный разрез)



Фиг. 32. «Саратовский ледокол» (план верхней палубы)

Поперечный набор состоит из шпангоутов $100 \times 75 \times 12$ мм со шпациями в 45 см в носовой части и 60 см на остальном протяжении корпуса. Обшивка поставлена толщиной 14 мм в средней и носовой частях корпуса, 12 мм — на корме, 19 мм — в ледовом поясе и 12 мм — в днище; толщина листов палубы 10 мм.

Железнодорожных путей на пароме было четыре, вмещавших 28 двухосных вагонов нормального типа (фиг. 29). На носу парома имеется металлический лифт.

В 1909 г. Саратовская переправа пополнилась паромом «Переправа вторая» (фиг. 33), а в 1926 г. паромом «Сталин». Основные показатели всех трёх паромов и ледокола приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные показатели	«Саратовская переправа»	«Переправа вторая»	«Сталин»	«Саратовский ледокол»
Год постройки	1895	1909	1926	1896
Наибольшая длина по палубе в м	76,8	79,9	83,8	42,07
Ширина без привального бруса в м	16,92	16,92	17,20	10,98
Ширина с привальным брусом в м	—	—	17,90	—
Водоизмещение в т	2500	2800	3100	1000
Мощность главной машины в ЛС	1400	1600	2880	1420
Осадка в грузённом состоянии в м	2,75	3,0	3,4	4,2
Скорость хода в км/ч	15	15	17	—
Грузоподъёмность лифта в т	25	50	75	—
Количество перевозимых двухосных вагонов	28	30	30	—
Длина подъёмной платформы в м	9,75	15,55	17,26	—
Наибольшая высота подъёмника по паспорту в м	—	7,00	7,5	—
Наибольшая рабочая высота подъёмника в м	—	6,60	7,0	—
Скорость подъёмной платформы в м/сек	0,30	0,15	0,25	—
Возвышение подошвы рельса носовой части парома над г. в. в. в порожнем состоянии в м	—	2,5	2,5	—
То же в грузённом состоянии в м	—	1,5	1,5	—
Максимальная толщина льда, преодолеваемая с разбегу, в м	—	—	—	1,5
Толщина льда, преодолеваемая сходу 5—6 км/ч, в м	—	—	—	0,30

Набор в корпусе ледокола размещён чаще, чем в пароме: шпация между шпангоутами принята 38 см. Листовая обшивка поставлена различной толщины: 13 мм в верхнем поясе борта, 25 мм в ледовом поясе, 19 мм в средней части, 16 мм на корме и 13 мм в нижнем поясе.

После окончания строительства постоянного железнодорожного моста паром «Саратовская переправа» оставался несколько лет неиспользованным. Теперь он работает на другой железнодорожной переправе в качестве парома с поперечным накатом подвижного состава, для чего продольные пути были сняты и заменены двенадцатью поперечными путями. Надобность в подъёмнике отпала так как подача

подвижного состава осуществляется по подъёмным береговым мостикам. Кроме большегрузных вагонов и цистерн паром перебрасывает паровозы мощных серий (СО, ФД и ИС). После окончания ремонта главной машины в октябре 1942 г. паром курсирует самоходом.

Остальные два парома «Переправа вторая» и «Сталин» были использованы в 1942 г. без изменения системы наката подвижного состава на одной из переправ через Волгу.

Паром-ледокол «Байкал» (фиг. 34—36), построенный в 1903 г. для переправы вагонов между станциями Байкал и Мысовая, имел три пути и вмещал 27 двухосных вагонов. Наибольшая длина судна 85,34 м, ширина 17,38 м, осадка 6,1 м. Водоизмещение с полным грузом 4 200 т.



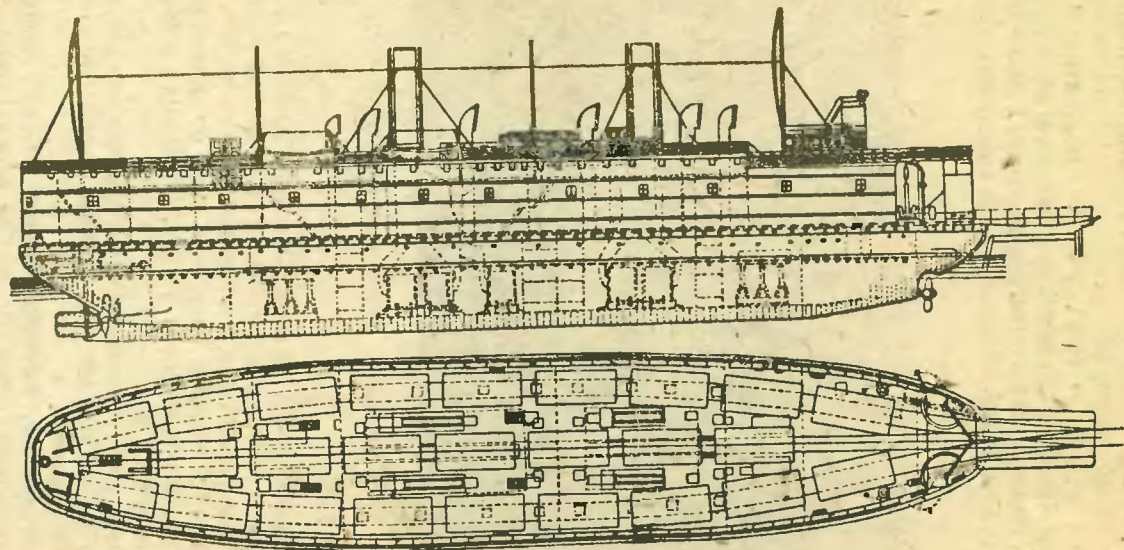
Фиг. 33. Самоходный паром «Переправа вторая»

Паром имел три главные паровые машины тройного расширения общей мощностью 3750 индикаторных сил. Каждая машина работала на свой гребной винт, причём два винта находились в корме и один в носу. Главные машины получали пар от пятнадцати паровых котлов с рабочим давлением 10 ат. Толщина обшивки в пределах ледового пояса 25 мм.

Паром был оборудован помещением для 150 пассажиров, а при воинских перевозках кроме подвижного состава можно было перевозить 2 500 чел. и 250 лошадей.

Из постоянных паромов, осуществлённых в СССР, следует указать также на железобетонный паром переправы через Волгу у Горького на линии Горький — Котельнич, построенный в 1928 г. и работавший с 1929 по 1934 гг. (фиг. 37).

Размеры парома составляют: длина $L = 72,6$ м, ширина $B = 15,1$ м и высота $H = 3,66$ м.



Фиг. 34. Паром-ледокол «Байкал»

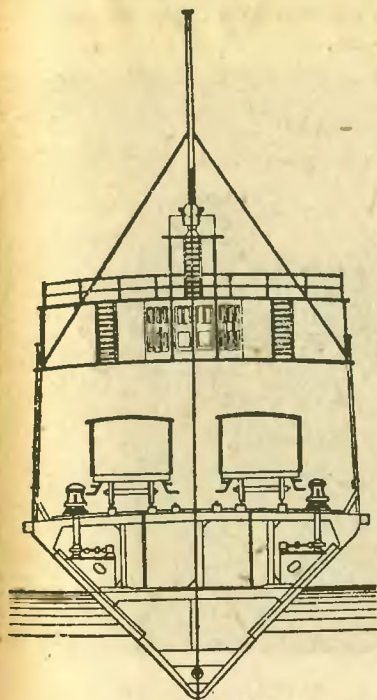
Грузоподъёмность его 490 т на 21 нормальной вагон с осадкой в грузу 1,36 м и без груза 0,86 м.

Водоизмещение в грузу 1336 т.

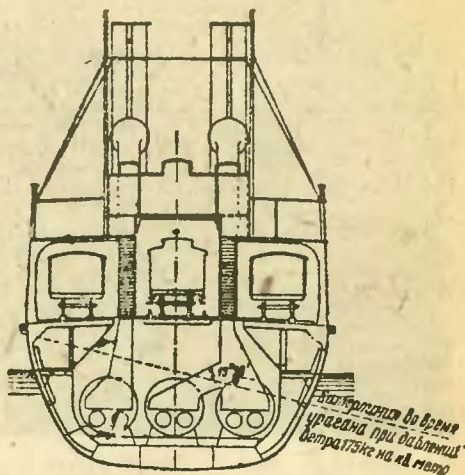
Главная машина состоит из двух нефтяных четырёхцилиндровых двигателей по 275 ЛС при 250 об/мин.

Корпус парома (фиг. 38 и 39) построен по типу ледокола и разделён пятью поперечными и двумя продольными переборками на изолированные отсеки, из которых часть предназначена для приёмки водного балласта в целях изменения осадки судна.

Продольное крепление парома обеспечивается безраскосными фермами, в элементы которых входят кильсоны (нижний пояс), карлингсы



Фиг. 35. Паром-ледокол «Байкал» (поперечный разрез по носовой части)



Фиг. 36. Паром-ледокол «Байкал» (поперечный разрез по средней части)

(верхний пояс) и пиллерсы (стойки). Расстояние между шпангоутами 0,75 м; флорные шпангоуты размещены через три шпации, т. е. через 2,25 м.

Палуба парома деревянная, на ней уложено три продольных пути.

Толщина плиты днища 5 см, такая же толщина принята и для плиты борта.

Конструктивные детали приведены на фиг. 40 (рамный шпангоут парома), фиг. 41 (продольная ферма парома) и фиг. 42 (поперечная переборка парома).

Содержание металла в железобетонном корпусе этого парома составляет 454 кг на 1 м³ железобетона или на 1 м³ LBH-184 кг.

Если сравнить расход металла для железобетонных и металлических паромов, то при сохранении одинаковой грузоподъёмности

затрата стали на арматуру железобетонного корпуса составляет от 17 до 30% по сравнению с расходом металла на корпус стального парома. При сохранении одинаковых размеров паромов это соотношение находится в пределах от 15 до 29%. Иначе говоря, при затрате одного и того же количества металла можно получить грузоподъемность железобетонного парома в 3—6 раз больше, чем при стальном пароме.

Расход цемента, идущего за счёт экономии металла в железобетонном пароме, составляет при сохранении одинаковой грузоподъемности 600—700 кг на 1 т сбережённого металла.



Фиг. 37. Самоходный железобетонный паром

При устройстве временных переправ следует ориентироваться на более простые конструкции паромов. Обычно готовых судов для этих целей не бывает и с устройством каждой переправы необходимые суда подыскиваются в данном бассейне водного хозяйства.

Легче и быстрее можно найти деревянные суда, используемые для перевозки сыпучих грузов (угля, соли и т. п.). Они большей частью палубы не имеют, их продольное крепление состоит из нижних третних кильсонов и одной диаметральной фермы; имеются баржи и с третьими фермами, но такое крепление ни в какой мере не обеспечивает надёжности баржи для железнодорожных перевозок.

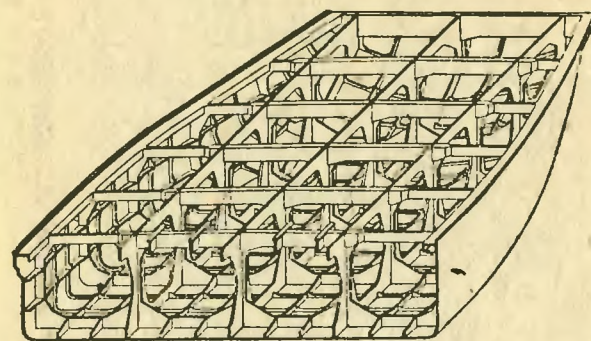
В восстановительный период железнодорожного транспорта потребуется много паромов, специальное назначение которых лучше всего учесть заранее. Для этого надо подготовиться к постройке судов по специальным проектам, наиболее подходящим для потребности переправы; одновременно следует наметить возможные решения по забла-

временной заготовке элементов судов на строительных дворах и по транспортировке этих элементов к месту сборки паромов.

Способ предварительной заготовки частей судов сразу предопределяет их форму в плане и в профиле. Простейшим типом судна для парома является плашкоут прямоугольного сечения, который допускает максимальную стандартность элементов и быструю их сборку.

В нашей практике при монтаже временных паромов пользовались до сего времени готовыми судами; последние приспособлялись в каждом отдельном случае соответственно величине расчётной нагрузки.

Перед строительством одной переправы в 1941 г. разрешение вопросов использования тех или иных барж и изъятия последних из хозяйства пароходства проходило с большими затруднениями, поскольку каждая единица флота, выполняющая определённый план по грузообороту для пароходства, имеет большое значение.



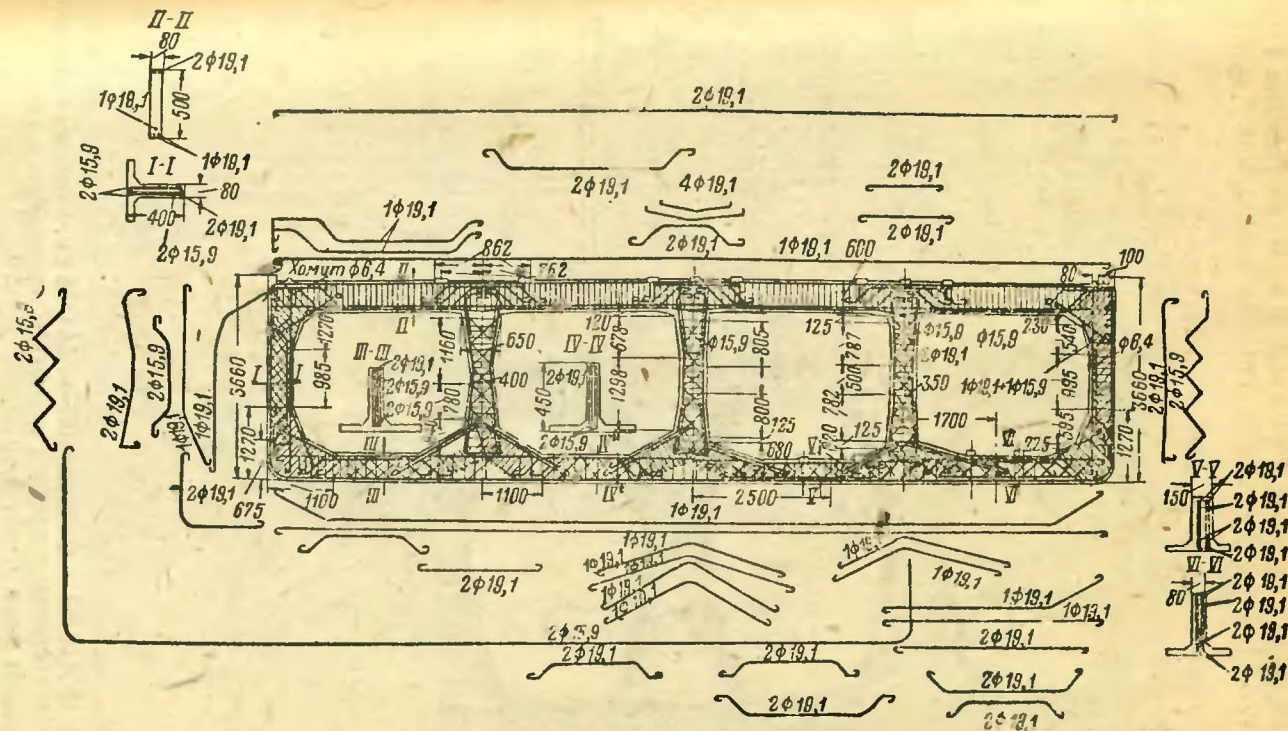
Фиг. 38. Конструкция корпуса железобетонного парома

В результате длительных обсуждений вместо предусмотренных проектом переправы металлических барж грузоподъемностью около 1000 т с двенадцатью поперечными путями, вмещавшими каждый по три двухосных вагона, пришлось использовать две деревянные баржи грузоподъемностью по 400 т.

Конструкция барж палубная с сильным внутренним креплением, состоящим из четырёх продольных ферм (фиг. 43—47). Длина корпуса 48 м, ширина по верху 12 м, высота борта 2 м. Осадка борта в порожнем состоянии 0,45 м, в гружёном — 1,40 м.

Паром был составлен из двух таких спаренных барж с расстоянием между их осями 15,70 м. Верхняя металлическая надстройка, перекрывающая оба судна, имела высоту 1,90 м. Полная ширина парома между крайними бортами 28,30 м. Грузоподъемность парома 15 двухосных товарных вагонов. Паром перебрасывал также паровозы серий Э, С, Щ и О^в.

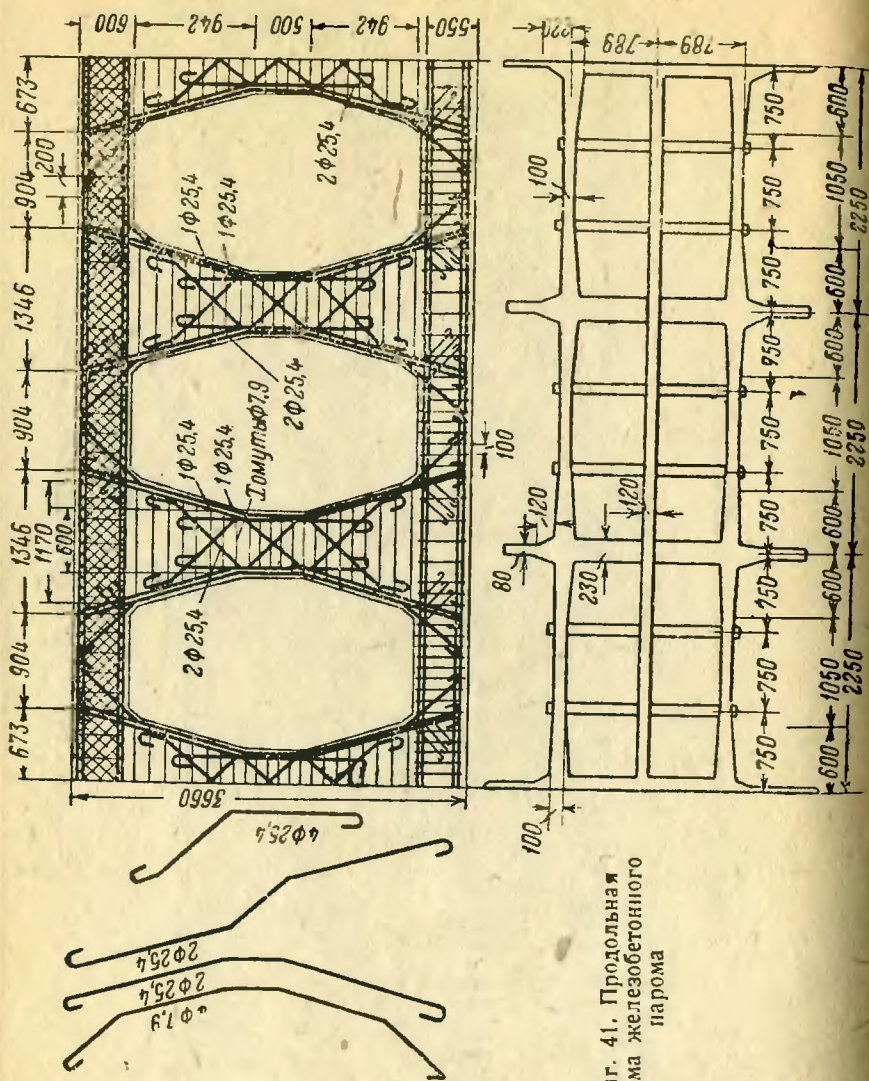
Дополнительное внутреннее продольное крепление барж состояло из четырёх продольных ферм Гау, установленных вплотную к старым третним фермам судна; верхний пояс был принят из одного бруса



Фиг. 40. Рамный шпангоут железобетонного парама

сечением 20×22 см, а нижний пояс — из двух брусьев сечением 20×22 см.

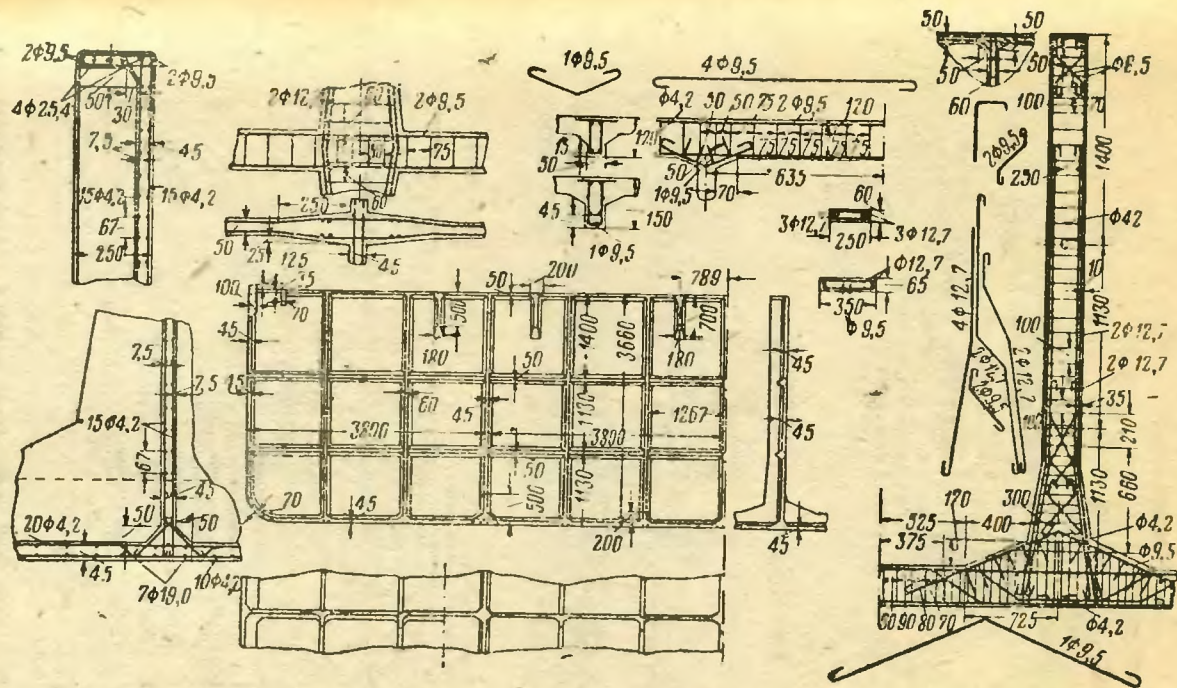
Перекрёстные раскосы ферм были в крайних панелях одного сечения 16×14 см, в остальных панелях восходящие раскосы были



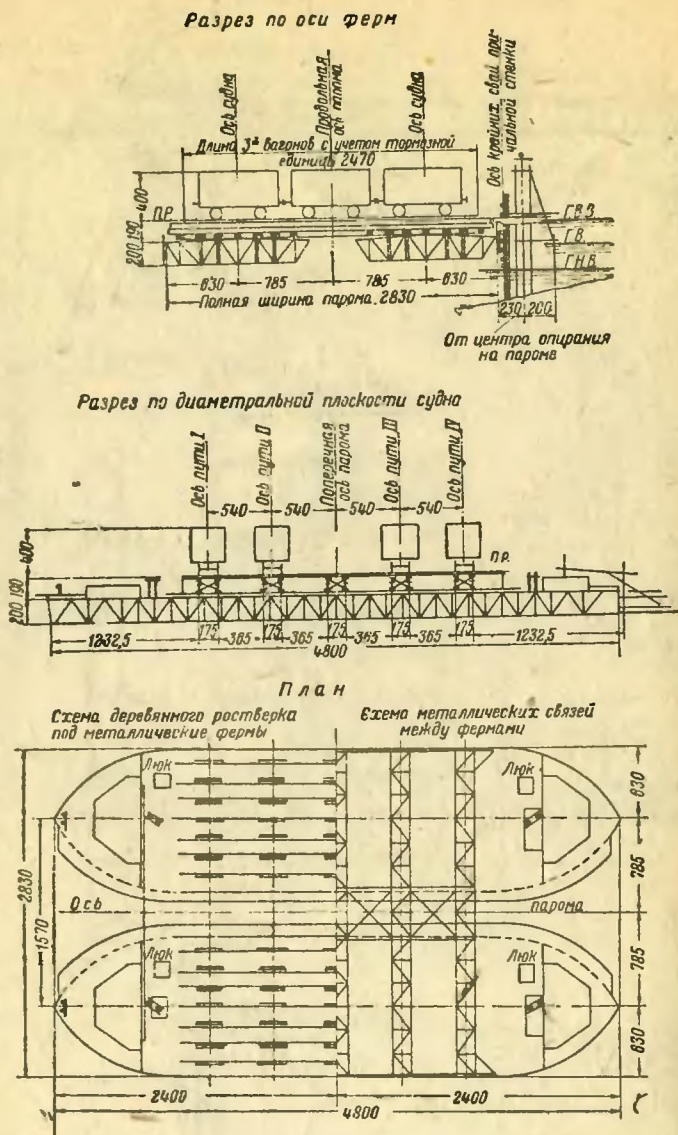
Фиг. 41. Продольная ферма железобетонного парона

сечением 16×18 см, а нисходящие — 14×16 см. Раскосы упирались в деревянные сосновые подушки: последние размещались соответственно длине панели ферм через $1,40$ м.

В местах расположения подушек фермы связывались металлическими тяжами из двух ветвей диаметром 25 мм. Тяжи закреплялись



Фиг. 42. Поперечная переборка железобетонного парона

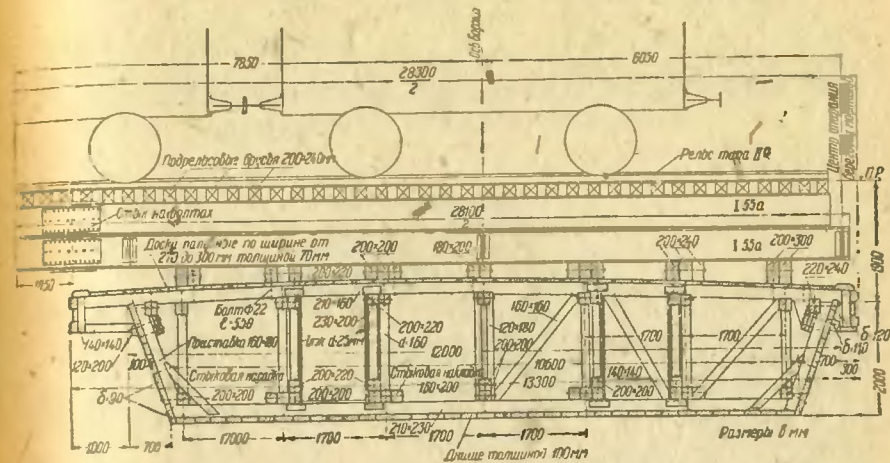


Фиг. 43. Спаренный деревянный паром с пятью поперечными путями

гайками сверху и внизу; общими подгаечниками для обеих тяжей служили швеллеры, сваренные из уголков $75 \times 75 \times 10$ мм.

Верхняя надстройка состояла из следующих элементов: деревянного ростверка по палубе судна, металлических ферм из двутавровых балок и проезжей части под железнодорожные пути.

Деревянный ростверк верхней надстройки служил, с одной стороны, для усиления продольной жесткости парома, а с другой стороны, в качестве подкладок под фермы для выравнивания основания ферм на выпуклой палубе баржи. С этой целью брусья ростверка укладывались разной высоты, убывающей от бортов к середине судна. Ростверк



Фиг. 44. Поперечный разрез деревянного спаренного парома с металлической надстройкой

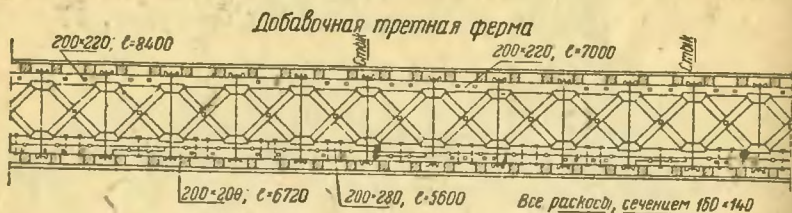
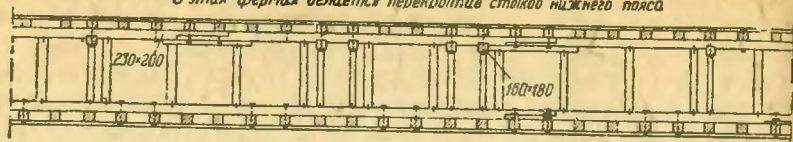
состоял из брусьев длиной во всю длину баржи и размещённых рядом с ними коротких брусьев длиной $3,30$ м; они укладывались только под металлическими фермами.

На палубе судна возле крайней бортовой фермы были уложены один длинный брус, скреплённый болтами диаметром 22 мм с бимсами баржи, и под каждой металлической фермой по одному короткому брусу. Сечение всех этих брусьев принято 20×30 см.

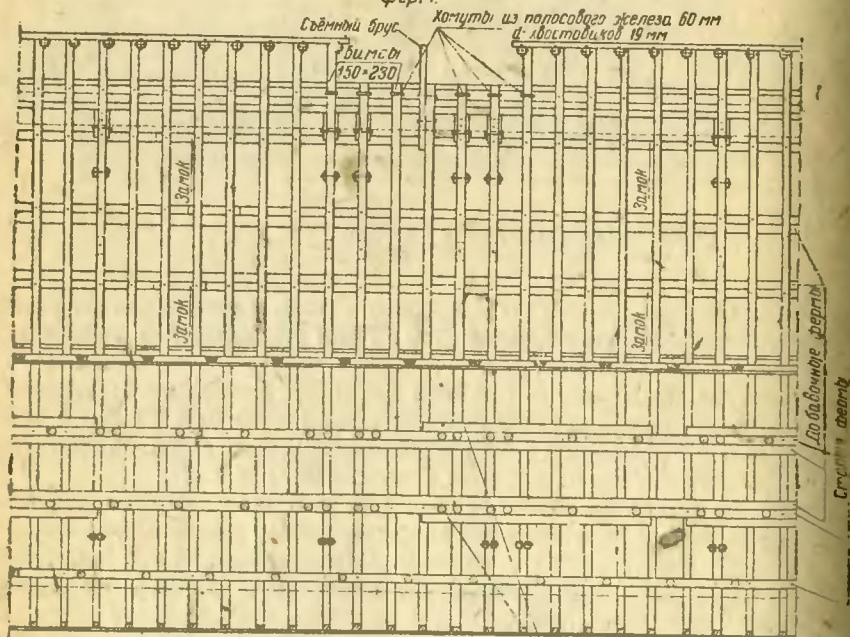
Далее по направлению к середине баржи был уложен длинный брус, скреплённый болтами с новой фермой Гау; рядом с этим брусом под каждой металлической фермой укладывалась пара коротких брусьев, из которых один размещался над старой деревянной фермой внутреннего крепления. Каждая такая пара скреплялась с длинным брусом двумя горизонтальными болтами диаметром 22 мм. Сечение брусьев этого ряда принято 20×24 см. Над средней фермой баржевого крепления ставились короткие брусья, а рядом с ними длинные, которые крепились болтами к бимсам баржи и одновременно сболчивались с короткими; сечение брусьев среднего ряда 20×18 см.

По деревянному ростверку было уложено пять металлических пролётных строений соответственно пяти железнодорожным путям. Одно

Основные третние фермы
 В этих фермах делается перекрытие стоек нижнего пояса



ПЛАН НАБОРА ПАЛУБЫ
 с поясами новых третних ферм



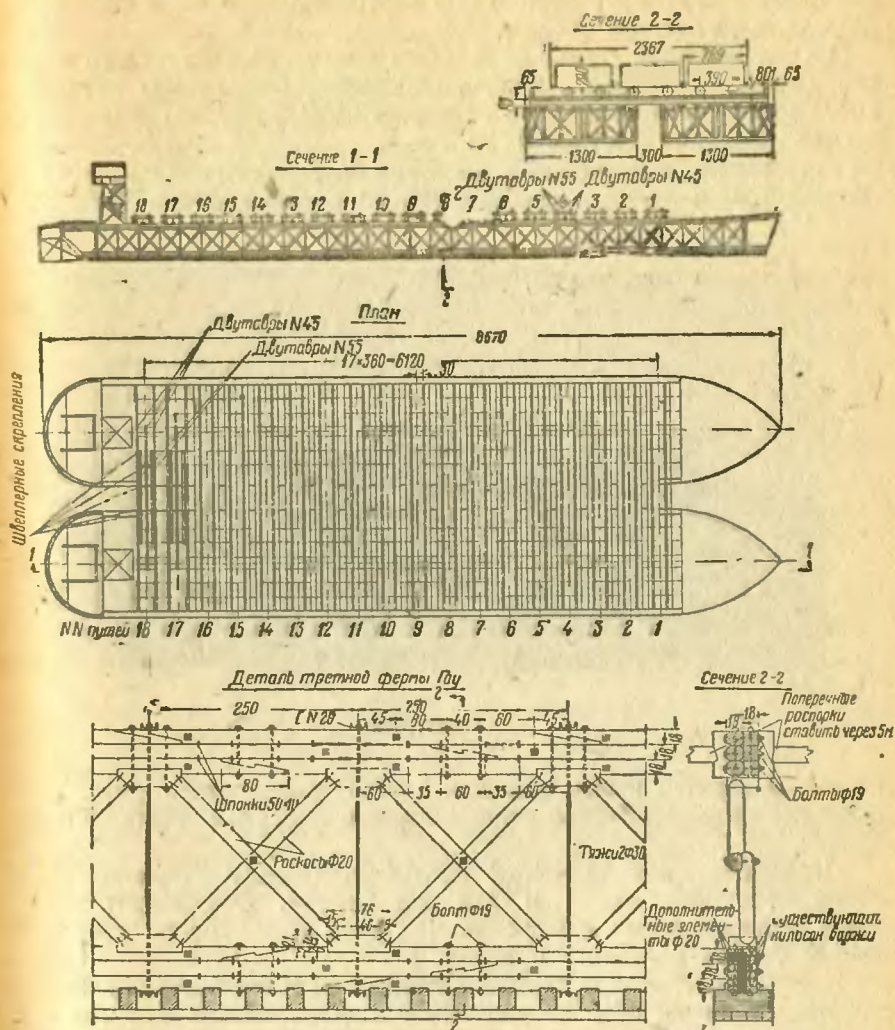
ПЛАН НАБОРА ДНИЩА
 с поясами новых третних ферм и стьковыми накладками для стьрвых ферм

Добавочные накладки 160x200, c=400

Фиг. 45. Продольное крепление спаренного деревянного парама

из них было установлено по миделю барж, а остальные располагались по обе стороны миделя с междупутьями по 5,40 м.

Каждое пролётное строение состояло из двух ферм, расставленных через 1,70 м. Каждая ферма состояла из двух поставленных друг на



Фиг. 48. Деревянный спаренный паром с 18 поперечными путями

друга двутавровых балок № 55а. Все вертикальные фермы имели горизонтальные связи из уголков $90 \times 90 \times 10$ мм, образующих вместе с поясами балок горизонтальные фермы с треугольной решёткой и распорками. Одно пролётное строение соединялось с другим в плоскости нижнего яруса балок распорками из вертикально поставленных двутавровых балок № 55а. Эти распорки были поставлены возле каж-

дого из бортов барж и по середине последних; всего было поставлено шесть рядов распорок.

В промежутках между баржами распорки и фермы соединялись дополнительными связями из уголков $90 \times 90 \times 10$ мм. Фермы из двухъярусных балок имели вблизи бортов барж стыки, поставленные на болты диаметром 22 мм.

Балки верхнего яруса ферм были короче балок нижнего яруса, что давало возможность удобно образовать сопряжение металлического переходного мостика с проезжей частью парома; ширина площадки опирания составила 30 см.

По фермам были уложены мостовые брусья сечением 20×24 см, длиной 4,20 и 3,20 м. Длинные брусья распределялись через один



Фиг. 48а

короткий, причём концы длинных брусьев выдвигались попеременно в разные стороны; брусья прикреплялись к фермам лапчатыми болтами.

Первоначальным проектом предусматривалось причаливание к обоим пристаням одним и тем же бортом. Фактически же оба борта были устроены одинаково, что дало возможность приставать любым бортом к любому причалу.

Необходимость иметь постель опирания на обоих бортах парома вызывалась главным образом удобством маневрирования буксира и парома в условиях переменных ветров и течений, которые создавали постоянные затруднения при причаливании. Этот паром работал на переправе один месяц и по военным обстоятельствам был переведён в другой бассейн для использования на другой железнодорожной переправе.

Другим примером конструкции барж является спаренный деревянный паром. Для парома были использованы две волжские беспалубные угольные баржи (фиг. 48 и 48а), прошедшие доковый ремонт в одном из затонов. Основные показатели парома следующие:

Длина	85,0 м
Длина габаритная	87,7 »
Ширина	29,0 »
Ширина габаритная	29,3 »
Высота борта (от киля до постели опирания)	3,61 »
Высота борта баржи	3,25 »
Высота парома (от киля до подошвы рельса)	4,50 »
Осадка в порожнем состоянии	0,95 »
Осадка под полезной нагрузкой	2,00 »
Число путей поперёк парома	18
Наибольшая грузоподъёмность	2 000 т
Число гружёных двухосных вагонов	42
Водоизмещение в порожнем состоянии	1 670 т
Водоизмещение в гружёном состоянии	3 670 »
Нагрузка на 1 см осадки	20 »

Продольная прочность барж, использованных для устройства парома, была очень незначительной. Этот тип барж пригоден преимущественно для сыпучего груза, попадающего в трюм постепенно и равномерно распределяемого по длине судна. Чтобы приспособить эти баржи для сосредоточенных грузов, потребовалось сделать солидное внутреннее крепление путём постановки продольных ферм Гау: двух, подкрепляющих диаметрально ферму, и четырёх в местах расположения третьих кильсонов.

Продольные фермы в восьми местах по длине судна раскреплены поперечными фермами. Горизонтальные пояса ферм Гау стянуты металлическими тяжами толщиной 19—30 мм.

Верхняя надстройка выполнена из двутавровых балок № 45, поставленных в один ярус. Под каждым путём проектом предусматривалась укладка трёх балок; фактически из-за неприбытия в срок металла только под крайними путями (в пределах носовой и кормовой частей) было уложено по три балки, а под остальными — лишь по две балки. В дальнейшем часть путей была усилена путём добавления под каждый путь двух балок № 55а.

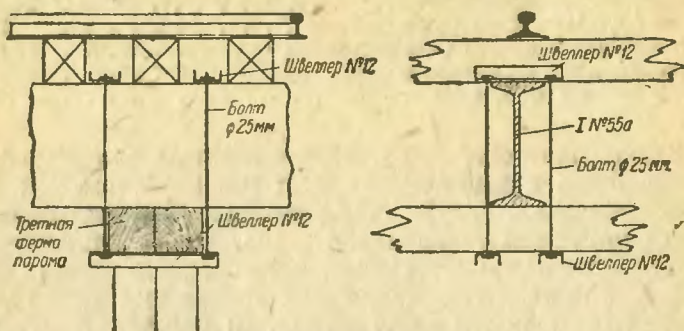
Практика эксплуатации этого парома показала, что серьёзное значение в пароме из спаренных барж имеет способ соединения верхней надстройки с корпусом барж и их верхней надстройкой. При отсутствии жёсткой и надёжной связи неизбежны поворот барж навстречу друг другу и значительный прогиб надстройки.

По предложению инж. Е. В. Платонова был осуществлён тип соединения верхней надстройки с баржами при помощи хомута из четырёх болтов и четырёх швеллеров (фиг. 49). Преимущество такого соединения заключается в том, что для его осуществления не требуется сверлить в брусьях отверстия для болтов; постановка хомутов может быть произведена в любое время после укладки балок надстройки.

Хотя в проекте предусматривалась централизация рулевого управления, в действительности были на каждом судне поставлены отдельные рулевые рубки. В пользу такого решения повлияли соображения независимого и обеспеченного действия одного из рулевых управлений на случай выхода из строя руля одной из барж.

Основным проектом надстройки парома предусматривалось использование вместо двутавровых балок деревянных составных прогонов из брусьев (фиг. 50). Применение в данном случае металла объясняется лишь невозможностью быстро доставить брус и наличием, правда, в недостаточном количестве, двутавровых балок № 45.

Кроме осуществлённого проекта спаренного парома на деревянных баржах были предложены проекты спаренных паромов на баржах металлических. Верхние надстройки предусматривались как метал-



Фиг. 49. Скрепление металлической проезжей части с корпусом деревянного парома

лические, так и деревянные, брусчатые. Фактически же был сделан только один спаренный деревянный паром. Остальные пять паромов были устроены одиночными на металлических нефтеналивных баржах, имеющих показатели, приведённые в табл. 2.

Таблица 2

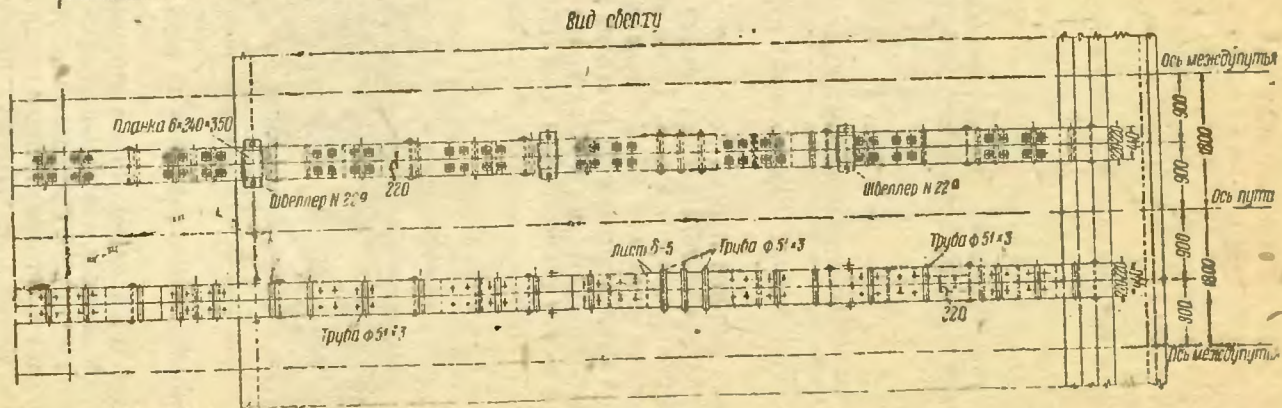
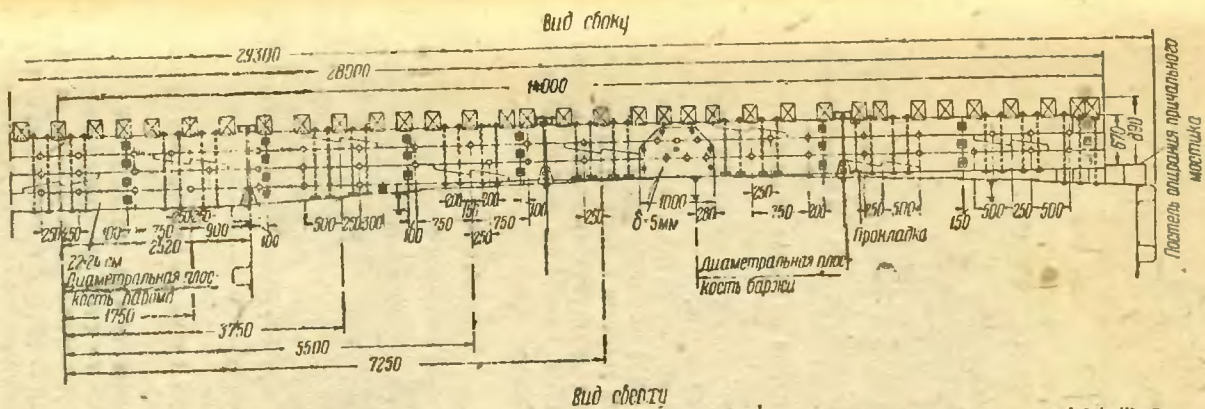
Основные показатели паромов	Баржа № 13	Баржа № 17	Баржа № 25	Баржа № 27	Баржа № 35
Год постройки	1917	1917	1912	1912	1911
Длина в м	104,92	104,92	103,8	103,7	100,34
Ширина в м	16,8	16,8	15,86	15,86	15,86
Высота борта в м	3,82	3,74	3,66	3,66	3,81
Осадка в порожнем состоянии в м	0,7	0,7	0,50	1,40 ¹	0,70 ¹
Осадка в гружёном состоянии в м	1,7	1,7	1,50	2,40 ¹	1,70 ¹
Объём дерева в обстройке в м ³	341	341	549	549	340
Число поперечных путей	17	17	20	20	16

Поперечный разрез такого одиночного металлического парома представлен на фиг. 51.

В пользу устройства одиночных паромов при поперечном накате подвижного состава руководствовались следующими соображениями.

1. Одиночные паромы обеспечивают большую маневренность, чем спаренные паромы. Особенно это имеет значение при плавании во льду, когда для спаренного парома требуется широкая майна для прохода

¹ Баржа была залита водяным балластом.

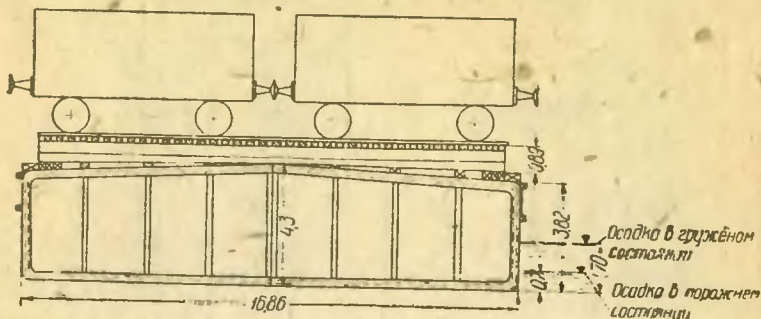


Фиг. 50. Поперечная деревянная надстройка на спаренном пароме

парама и возникают затруднения для движения парама от попадания льда в промежутки между баржами.

2. Для устройства одиночного парама требуется меньшее количество материалов, рабочей силы, работы значительно упрощаются, а главное сокращается срок приспособления баржи для парама.

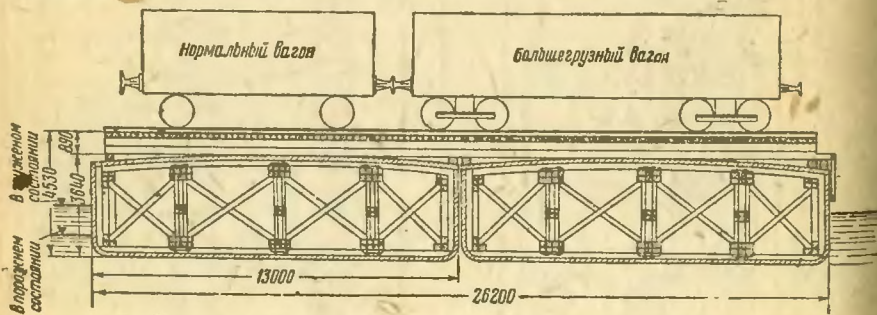
С другой стороны, одиночные поперечные паромы имеют одну отрицательную сторону по сравнению со спаренными паромами: огра-



Фиг. 51. Металлический паром из одной баржи

ниченная ширина парама допускает установку поперёк баржи лишь одного четырёхосного вагона вместо двух.

При продольной навигации подвижного состава, наоборот, одиночные паромы являются единственным правильным решением, так как для этой цели не требуется развития парама в ширину (для четырёх путей достаточно 17 м), а желательна достаточная длина парама, при которой может разместиться требуемое проектом число вагонов.



Фиг. 52. Деревянный паром из двух барж, спаренных вплотную

Спаренные паромы можно применить для продольной езды на них в тех случаях, когда используемые суда не имеют достаточной ширины, а очертание судов в плане позволяет пропустить на каждой барже по два пути. При таком решении суда лучше всего соединить бортами, не оставляя какого-либо промежутка между ними (фиг. 52).

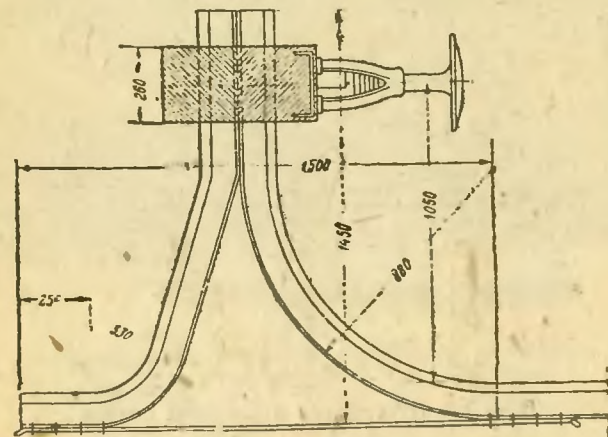
Как показано на фиг. 48, междупутья на паромах с поперечной ездой принято в 3,60 м, в то время как на пароме согласно фиг. 43 оно

составляет 5,40 м. Этот размер междупутья на пароме объясняется лишь тем, что для парама были использованы баржи небольшой грузоподъёмности и явилась необходимость рассредоточить железнодорожные пути по длине парама.

При междупутье в 3,60 м представляется возможным рационально использовать палубу парама независимо от того, какая предусматривается на нём езда: продольная или поперечная.

Проезжая часть на паромах применяется такая же, как и на мостах, но для переправ временного типа возможны облегчённые технические требования.

Вместо мостовых поперечин из брусьев достаточно уложить обыкновенные шпалы. Так как скорость движения на пароме незначи-



Фиг. 53. Упор для парама с продольными путями

тельна, то нет необходимости укладывать контррельсы и ставить противоугонные приспособления и шестидырные фаргучные накладки (достаточно поставить плоские четырёхдырные).

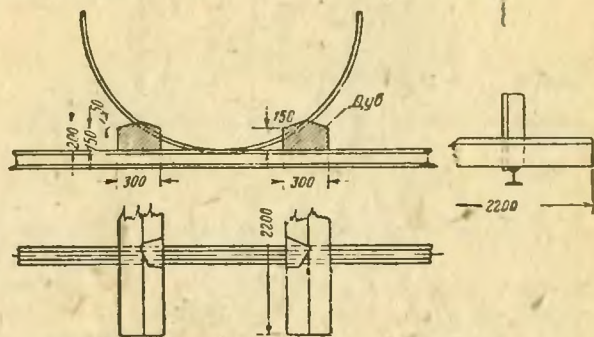
Сплошной настил на пароме осуществляется укладкой промежуточных шпал на определённом расстоянии в промежутках между подрельсовыми поперечинами соответственно толщине укладываемой доски настила.

Для обеспечения правильной расстановки подвижного состава на путях парама должны применяться тормозные приспособления, вполне обеспечивающие безаварийную работу.

На паромах с продольной ездой достаточно предусмотреть на тупиковом конце путевые упоры обычного типа (фиг. 53). На паромах с поперечными путями тупиковые упоры неприемлемы, поскольку такие паромы должны причаливать обоими бортами. Для закрепления подвижного состава применяются тормозные дубовые брусья по типу, приведённому на фиг. 54. Брусья должны подкладываться под крайние оси вагонов со стороны обоих бортов парама. Торможение осуществляется посредством нажатия ската в соответствующих вырезах бруса, в результате чего возникает значительное трение бруса о рельсы,

препятствующее в достаточной мере горизонтальному перемещению вагона по пути. Дополнительно к этим брускам применяются также обычные тормозные металлические башмаки, необходимые для установки вагонов до их окончательного закрепления на время буксировки парома.

На спаренных паромов с поперечными путями, имеющих промежутки между баржами, иногда целесообразнее во избежание перегрузки верхней надстройки расплывать большегрузные вагоны, разгружая пролёт надстройки между баржами. Такая распка не требует лишней затраты времени, но зато значительно снижает напряжения в поперечных балках верхней надстройки, что имеет немалое значение, если конструкция парома имеет временный характер.



Фиг. 54. Переносные тормозные бруска

Если паром с поперечными путями используется для переброски тяжёлых единиц подвижного состава и паровозов, то в зависимости от ширины парома решается вопрос об отцепке тендеров от паровозов (фиг. 54а и 54б).

Тяговые средства для паромных переправ выбираются из имеющегося флота данного водного бассейна. Здесь важно выбрать подходящий по мощности буксир, могущий справиться с транспортировкой парома при данных местных условиях (ветры, волнения, течение).

Самоходные паромы представляют исключение, и большей частью приходится иметь дело с несамоходными паромов и самостоятельными буксирами.

Для ориентировочных подсчётов требуемой индикаторной мощности буксира можно пользоваться следующей приближённой формулой:

$$N_i = 0,26 m_1 V^3 + 0,007 L_2 (2 T_2 + B_2) V^3 + 0,69 m_2 V^3 + 0,70 F \cdot V,$$

где m — смоченная поверхность по мидель-шпангоуту, равная $0,90 \cdot B \cdot T$; m_1 — для буксира и m_2 — для парома, в m^2 ;

B_2 — наибольшая ширина парома по миделю в m ;

T_2 — осадка парома в грузёном состоянии в m ;

L_2 — длина парома в m ;

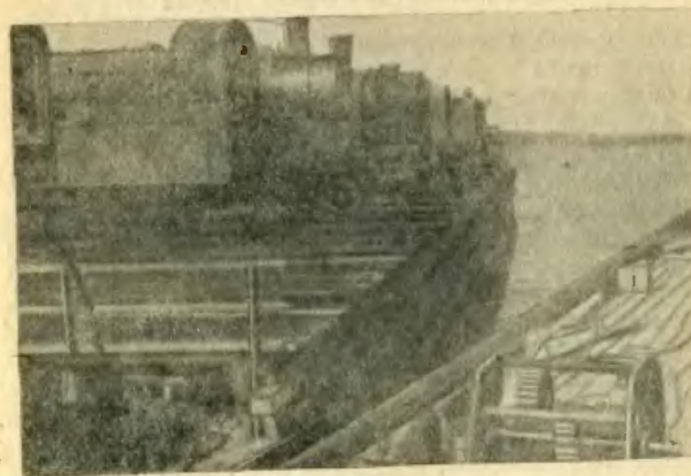
V — действительная скорость движения парома в $m/сек$, равная сумме кажущейся скорости V_k и скорости течения V_m ; V_k принимается от $0,3—0,8 m/сек$, V_m — от $0,5—1,0 m/сек$;

F — поверхность выступающей из воды части парома и подвижного состава, испытывающая давление ветра интенсивностью $20 kg/m^2$.



Фиг. 54а

При учёте давления ветра кажущуюся скорость V_k следует принимать не более $0,3—0,4 m/сек$.



Фиг. 54б

В речных бассейнах представляется возможным использовать лишь буксиры (пароходы) колёсного типа, уступающие по своим качествам

винтовым судам: последние обладают лучшей маневренностью и меньшей парусностью;

Несмотря на невысокие качества колёсных буксиров, последние справлялись с транспортировкой парома в условиях частых сильных ветров, большого волнения и быстрого, переменчивого течения.

Спаренный деревянный паром длиной 48 м, шириной 28 м на 15 вагонов (полезная нагрузка — около 400 т) транспортировался колёсным буксирным пароходом мощностью 225 индикаторных ЛС с осадкой 1,10 м. В свежую погоду одного буксира не хватало и в работу включался колёсный паром в 275 индикаторных ЛС с осадкой 0,9 м. Более слаженная работа получается, когда совместно с колёсным буксиром работает небольшой винтовой буксир (баркас) для удобства пришвартования парома. Такой баркас независимо от работы буксира помогает последнему прижать корму парома к причалу или, наоборот, задержать нажим парома при навальном ветре или волнении.

На одной из железнодорожных переправ поперечного типа паромы грузоподъёмностью 950—1300 т обслуживались каждый отдельным бусирным пароходом; мощность колёсных буксиров составляла от 450 до 800 индикаторных ЛС.

Для пришвартовки паромов к причалу служили два винтовых баркаса по 100 индикаторных ЛС.

После постановки парома под причал нет необходимости держать у парома винтовой баркас, — он используется для работы на другом берегу. Ведущий буксирный пароход на этой переправе остаётся около парома и используется независимо от ручных лебёдок для передвижки парома вдоль причала.

§ 5. Конструктивные детали

Грауильный выбор конструкции в деталях отдельных элементов паромной переправы в зависимости от наличия тех или иных материалов и оборудования решает общий вопрос о выполнении всей переправы в заданный, максимально кратчайший срок.

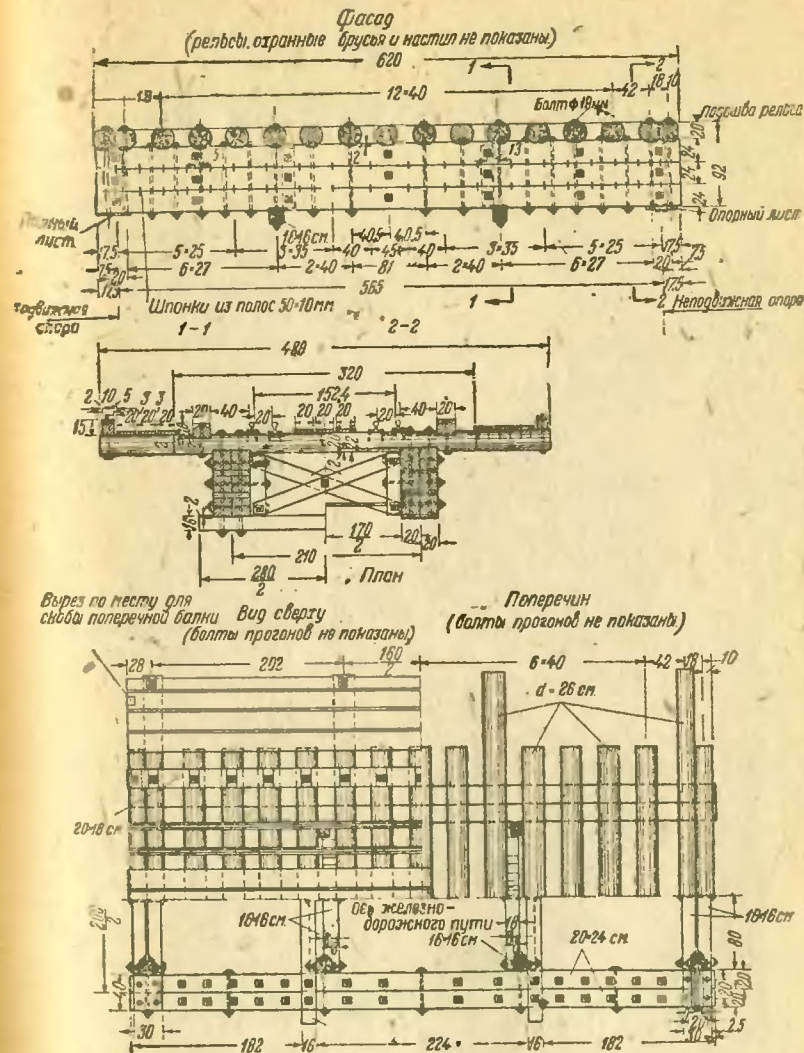
Конструкция причальной эстакады требует особого внимания как проектировщика, так и строителя.

Вариант из металлических двутавровых балок № 55а по сравнению с деревянными пакетами более приемлем вследствие быстроты выполнения пакетов.

Деревянные пролётные строения требуют постановки большого числа опор и поперечных балок. Только при отсутствии металла можно идти на укладку деревянных пакетов.

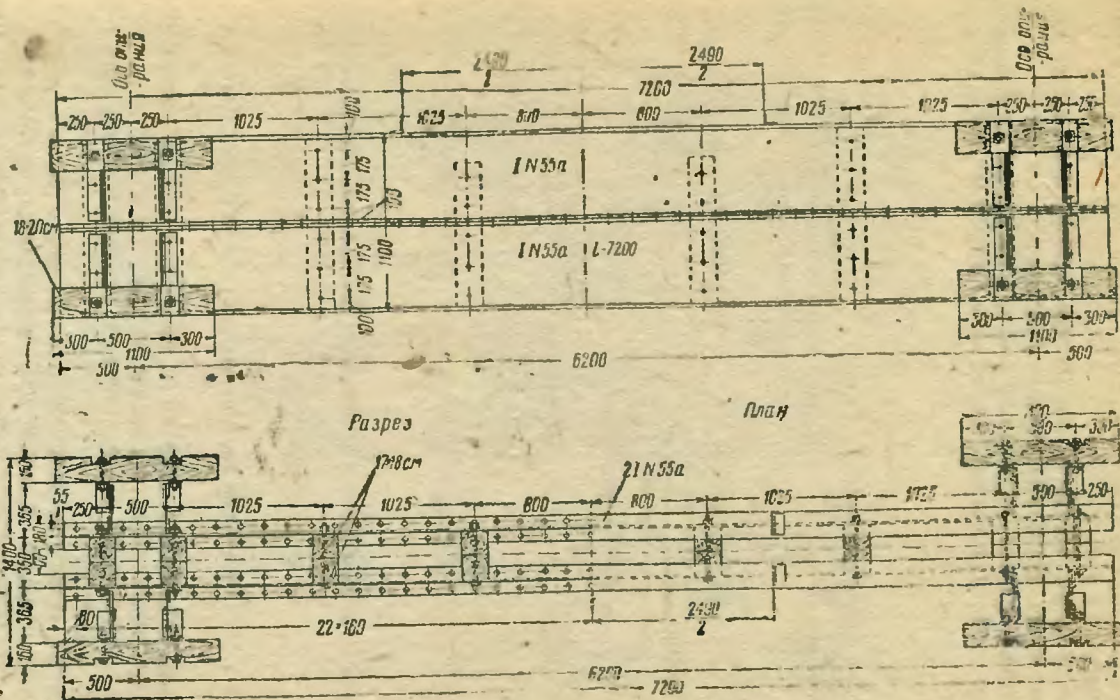
Изготовление пакетов производится целиком на строительном дворе, и в готовом виде они подаются к месту установки. На фиг. 55 приведён проект деревянного пролётного строения длиной 6,20 м из составных трёхъярусных прогонов. В каждом прогоне шесть брусьев; связь между прогонами предусмотрена посредством трубчатых шпонок, но в практике осуществления они были заменены плоскими металлическими шпонками 50 × 10 мм. Расход леса на одно пролётное строение равен 9,2 м³, металла — около 500 кг. Толщина опорных листов вместо 24 мм была фактически принята 12—14 мм.

При наличии в достаточном количестве металла подъёмные мостики, имеющие пролёты 12—15 м, целесообразно устраивать из двутавровых балок. Сечение такого пакета составляется из балок № 55а в один ярус по три или четыре профиля в одной нитке пакета.



Фиг. 55. Деревянный пакет подъёмной эстакады

Для длины пакета 12,50 м (фиг. 56) достаточно составить полное его сечение из шести профилей. В каждой нитке пакета из трёх балок поставлены деревянные прокладки на болтах. В промежутке между отдельными нитками поставлены горизонтальные распорки-кресты

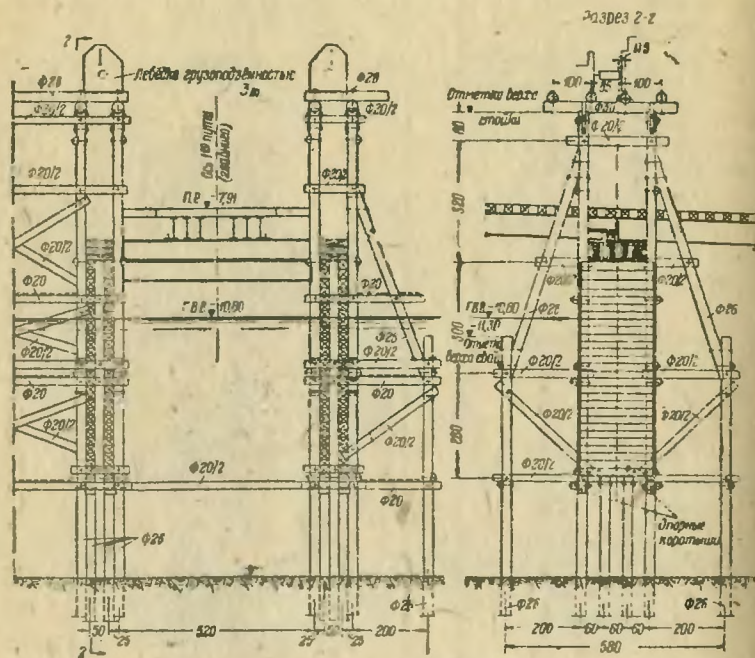


Фиг. 57. Подъёмная поперечная балка

вешивания поперечных балок на полиспадах и лебёдках, устанавливаемых на вышках. Для пропуска подвижного состава вес мостиков и поперечных балок передаётся на коренные свайные опоры через брусья, закладываемые между стойками вышек. Необходимый уклон мостика достигается соответственной закладкой брусьев на определённую высоту.

Вместо подъёма мостиков лебёдками можно применить для этой цели паровозные домкраты грузоподъёмностью 20 т.

Этот способ нельзя, однако, рекомендовать для применения, поскольку он замедляет процесс подъёма и создаёт неудобства в работе.



Фиг. 58. Подъёмные вышки, мостики и закладные брусья

Установка трёхтонной лебёдки на веру подъёмной вышки и схема подвешивания полиспаста показаны на фиг. 59 и 60.

На фиг. 19 показана схема катучего приспособления для подъёма деревянных пакетов.

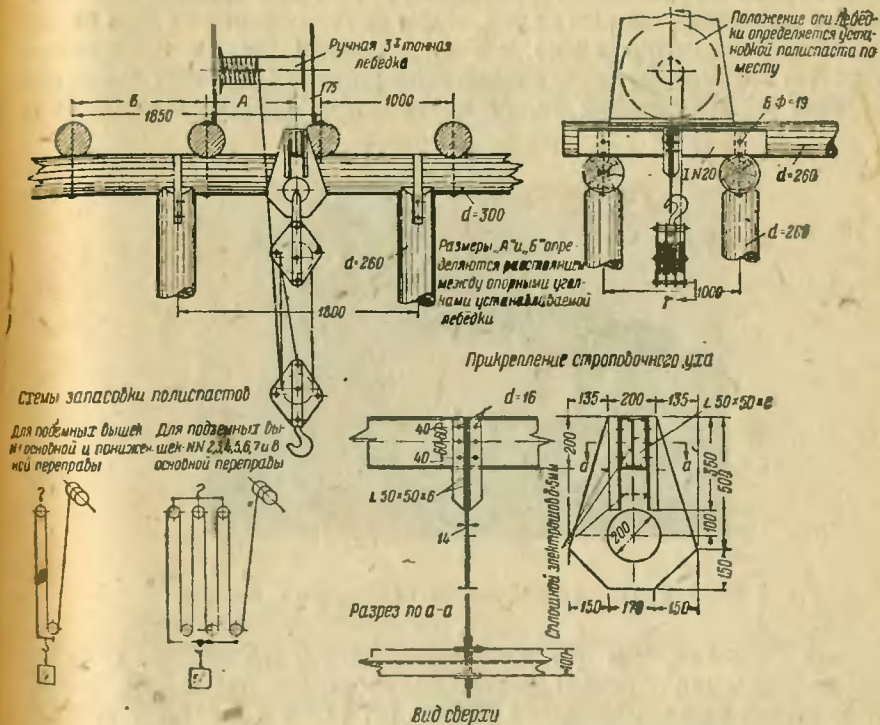
Поперечные балки подвешиваются к этому крану portalного типа через полиспады. Так как при самом максимальном положении подъёмной эстакады габарит крана не удовлетворяет проходу подвижного состава, то на период времени стояния высоких горизонтов воды кран в нерабочем состоянии должен стоять у места примыкания подъёмной эстакады к стационарной.

Подвешивание поперечной балки производится при помощи крюка полиспаста за скобу из круглого железа толщиной 30—32 мм. Две

ветви этой скобы пропущены через горизонтальные полки верхней двутавровой балки и закреплены гайками (фиг. 61).

Конструкция поперечных балок с деревянными вкладышами показала на практике хорошие результаты. Совершенно не требуется ставить на сварке металлические диафрагмы и уголки жёсткости.

Следует отметить полезность наружных брусков—направляющих, прикрепляемых к поперечной балке в местах её опирания. Эти бруски нужны не как направляющие при подъёме поперечной балки, а как



Фиг. 59. Приспособления для подъёма мостиков

распорки между стойками подъёмных вышек, предотвращающие сдвиг поперечных балок в результате угона.

Если работа поперечных балок составного профиля показала хорошие результаты, то предусмотренная неоднократно в проектах паромных переправ одиночная поперечная балка систематически деформировалась при подъёме конца мостика, непосредственно опирающегося на паром.

Одиночный двутавровый профиль № 40 был заменён двумя профилями № 45.

Причина потери устойчивости и опрокидывания одиночной балки объясняется возможными промахами обслуживающего персонала на лебёдках: тросы полиспастов, к которым подвешена поперечная балка, в достаточной мере не освобождаются, и подвижная нагрузка пере-

даётся не только на паром, но и на поперечную балку, которая, как правило, должна быть полностью выключена из работы.

Более целесообразным будет все поперечные балки, в том числе и крайнюю к пристани, делать одинаковой конструкции. В процессе эксплуатации переправы имели место аварийные случаи, когда при передвижке подвижного состава паром отходил и нагрузка целиком передавалась на крайнюю поперечную балку. Чтобы не допускать в подобном случае резкого падения мостика с большой высоты (при этом рвутся тросы или ломается деревянный брус с висящим полиспастом), следует тщательно следить за тем, чтобы верх закладного бруса не был расположен чересчур низко и был соблюден только необходимый запас для опускания мостика при осадке парама. Опирающие подвёмных пролётов на поперечные балки на практике осуществлялось более



Фиг. 60. Подъёмная вышка переходного мостика

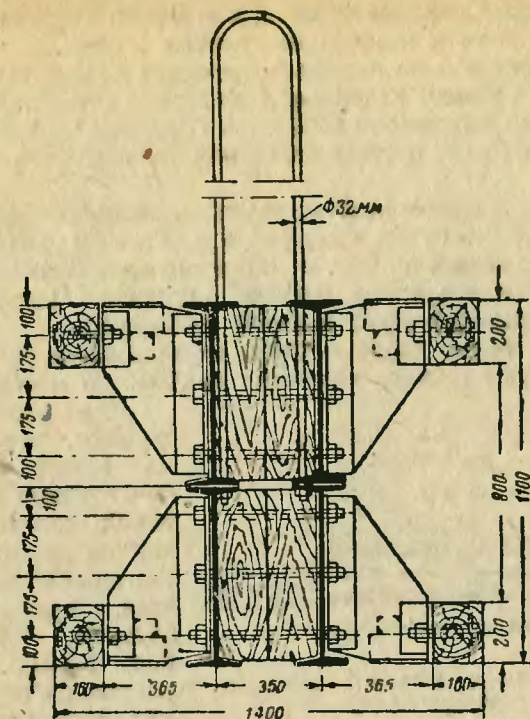
простым способом, чем это предусматривалось проектами. Простейшая конструкция опорной части, сопрягающей подъёмный мостик с поперечной балкой, показана на фиг. 62. Рельс типа III-а или II-а головкой вниз опирается на лист, уложенный на верхнюю полку поперечной балки. Рельс усилен сбоку приваренными косынками.

Для предотвращения смещения мостика по плоскости опирания к последней приварены реборды. Такая опорная часть нужна для подъёмного пролёта, опирающегося своим другим концом на паром.

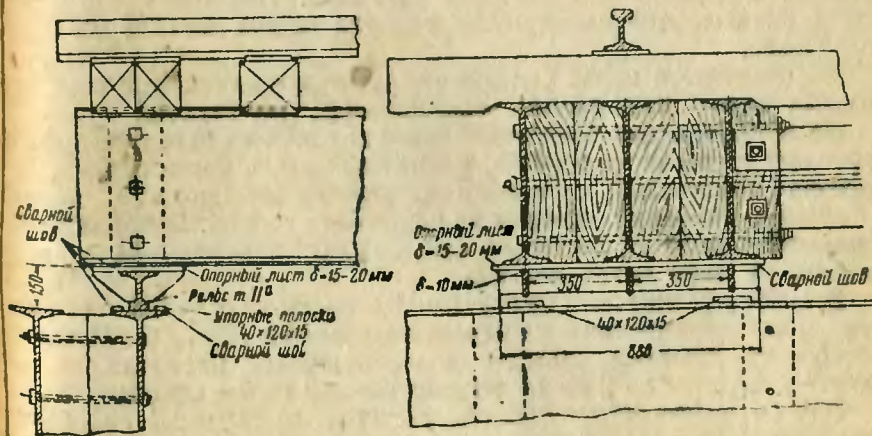
Остальные пролёты подъёмной эстакады, периодически изменяющие своё положение в зависимости от сезонных колебаний уровня воды, можно укладывать непосредственно на поперечные балки.

Когда эти пролёты устраиваются из деревянных пакетов, необходимы металлические опорные листы толщиной 12—14 мм, прикрепляемые потайными болтами к нижней плоскости пакета (фиг. 63).

Под концом подъёмного мостика, опускаемого на паром, специальных опорных частей, как показала практика, не требуется. Мостик свободно ложится на постель опирания, устроенную на пароме. Для



Фиг. 61. Подъёмная поперечная балка и скоба для подвешивания



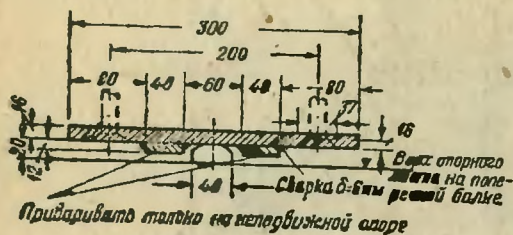
Фиг. 62. Опорная часть переходного мостика

плавности перехода рельсового пути с мостика на паром полезно пользоваться прокладками из досок или металлических листов между постелью опирания и нижней плоскостью пакета.

Постель опирания на пароме испытывает значительные динамические нагрузки в момент надвигки подвижного состава. При конструировании верхней надстройки необходимо отдавать этой детали должное внимание, поскольку постель опирания подвергается сильному износу.

Если делать верхнюю надстройку из двутавровых балок, то рационально расположить балки в два яруса, как это было осуществлено на переправе, показанной на фиг. 44. Нижний ярус балок длиннее верхнего на удвоенную ширину постели опирания. Подъёмный мостик опирается на нижний ярус верхней надстройки.

Поперечные балки вдоль связаны двутавровыми распорками, которые и образуют постель опирания подъёмного мостика (фиг. 47).



Фиг. 63. Опирание деревянного пакета на поперечную балку

Для деревянной надстройки, устанавливаемой на пароме, предложена конструкция постели опирания согласно фиг. 64. Мостик ложится на горизонтальный металлический лист, прикреплённый к брусью, уложенным на борт парома. Для более равномерного распределения давления от верхней надстройки на борт парома

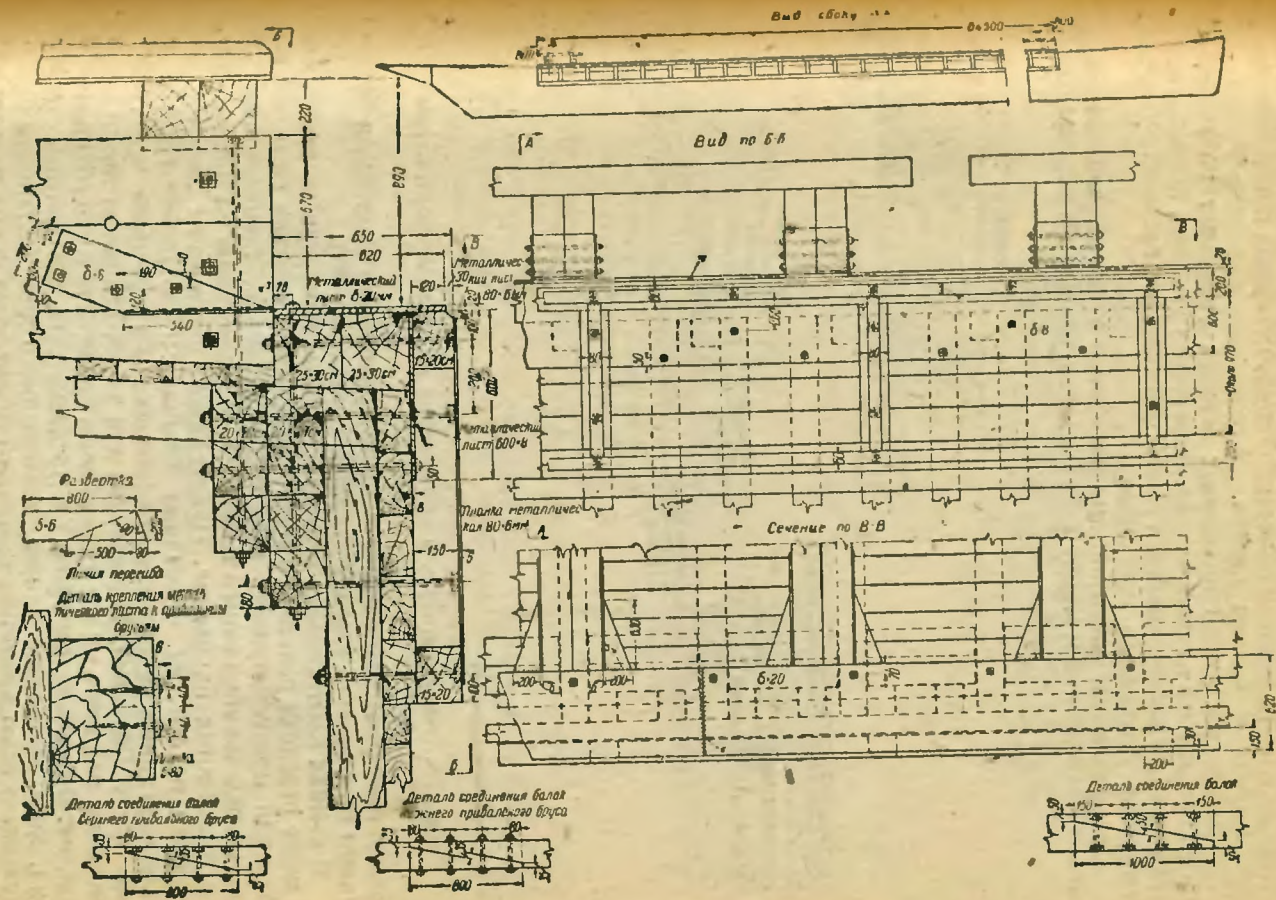
поставлены изнутри на болтах продольные брусья, прикреплённые одновременно к наружным вертикальным стойкам, помещённым между верхним и нижним привальными брусьями. Необходимо отметить как недостаток этой конструкции большой расход металла для опорного листа.

На практике в целях сокращения затраты металла этот лист был заменён двумя швеллерами, обрамлявшими два верхних бруса.

На металлических одиночных пароме одной из переправ постель опирания устроена из брусьев, уложенных вдоль борта парома. Поперечная надстройка, состоящая из деревянных прогонов, связана с брусьями опирания скобами из полосового железа. Площадки опирания выполнены из листового металла (фиг. 65) лишь на ширину каждой из двух ниток мостика.

Верхнее строение пути на подъёмной эстакаде не отличается от обычного типа, применяемого на деревянных мостах (фиг. 66). Мостовые поперечины сечением 20×20 см укладываются на металлическом пакете с вырезом на 2 см по ширине каждой нитки пакета.

Брусья размещаются с таким расчётом, чтобы через два бруса длиной по 3,20 м укладывались два бруса длиной по 4,35 м с вылетом длинного конца в противоположные стороны. Расстояние между осями брусьев принимается в пределах 40—45 см в зависимости от полной длины мостика. На поперечинах укладываются рельсы с подкладками.

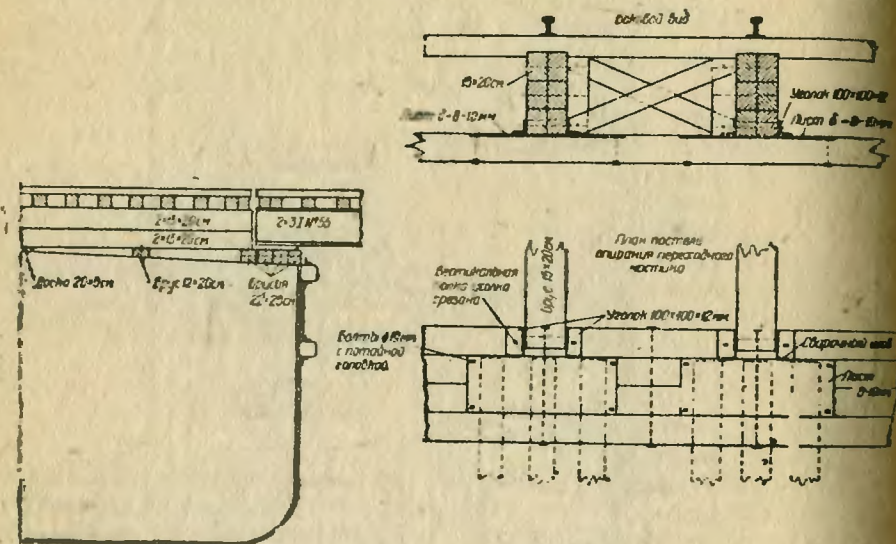


Фиг. 64. Постель опирания деревянного спаренного пара

контррельсы и охранные брусья 20×16 см с взаимной врубкой в поперечины по 2 см. Прикрепление охранных брусков к поперечинам осуществляется при помощи лапчатых болтов, которыми поперечины прихватываются к балкам пакета.

Опыт эксплуатации подъёмных эстакад указывает на необходимость постановки на пакетах противоугольных уголков, локализирующих угон пути, проявляющийся в резкой степени на больших уклонах, присущих подъёмным эстакадам.

стыки рельсов, уложенных на подъёмной эстакаде, должны совпадать с промежутками между подъёмными мостиками и перекрываться

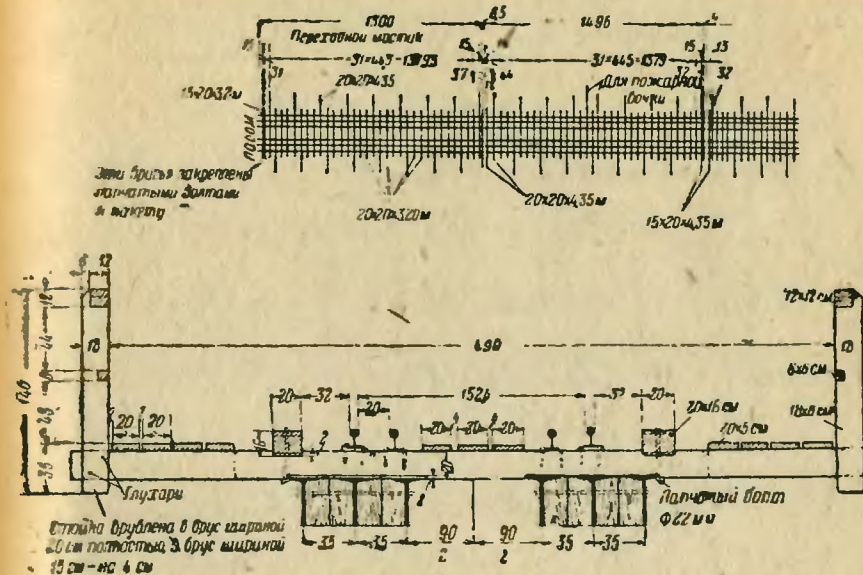


Фиг. 65. Опираие переходного мостика на металлический паром

навесу плоскими накладками с двумя овальными болтовыми отверстиями по одному с каждой стороны стыка (фиг. 67).

В стыках контррельсов ставить стыковые накладки не требуется. В месте перехода рельсового пути с подъёмного мостика на паром необходимо предусматривать переходные башмаки, приболченные к концам рельсов подъёмного мостика и набрасываемые на концы рельсов, уложенных на пароме. Проект такого башмака из литой стали приведён на фиг. 68. Очертания башмака и его размеры взяты из старых чугунных образцов, применявшихся на переправе через Южный Буг у Гурьевки. Применение для таких башмаков литой стали позволяет сократить их вес и сэкономить на литье не в ущерб прочности изделия. В башмаке (фиг. 69 и 70) предусмотрено два болтовых отверстия, хотя достаточно одного, необходимого для постановки болта, служащего осью вращения башмака относительно конца рельса; как показал опыт, ставить каждый раз при смычке путей второй болт нет

надобности. Другой дефект этого соединения сказался в непрочности концов рельсов, вырезанных для постановки башмака. В месте выреза рельс от динамических воздействий лопается, чего не случается, если с противоположной вырезу стороны приварить накладку и перекрыть ею ослабленное вырезом сечение рельса (фиг. 71.) Такими наклад-

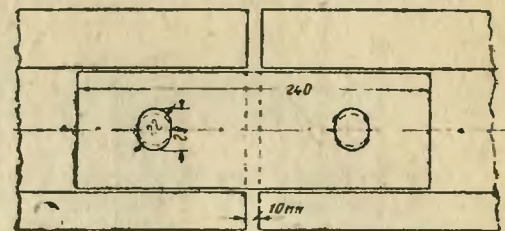


Фиг. 66. Мостовое полотно на подъёмной эстакаде и переходном мостике

ками должны быть снабжены все вырезанные концы рельсов как на путях подъёмных мостиков, так и на паромных путях.

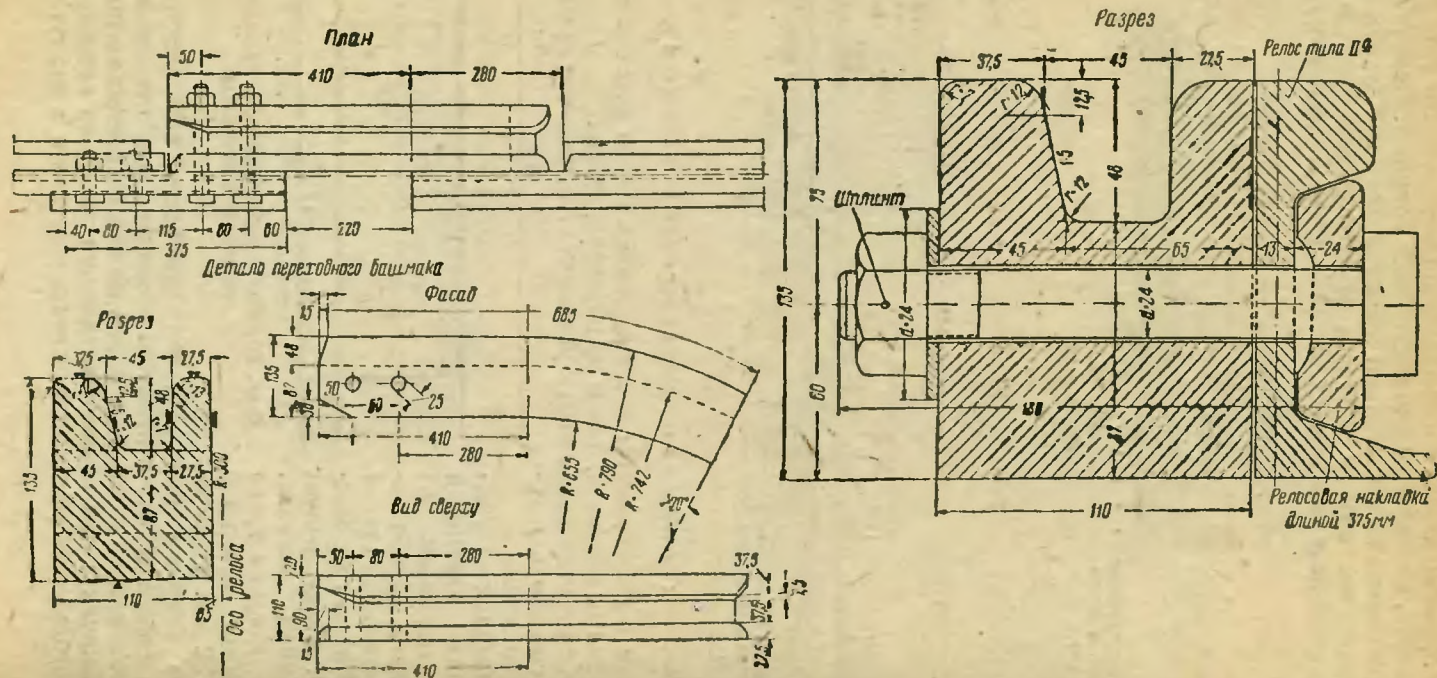
Изготовление стального литья в условиях строительства временных переправ связано с известными трудностями.

Литой башмак в действительности заменялся составным профилем из кусков рельсов, обработанных на строгальном станке (фиг. 69). Башмак приболчивается к концу рельса на подъёмном мостике, для чего предусмотрено одно болтовое отверстие диаметром 32 мм. Испытания



Фиг. 67. Рельсовая стыковая накладка на подъёмной эстакаде

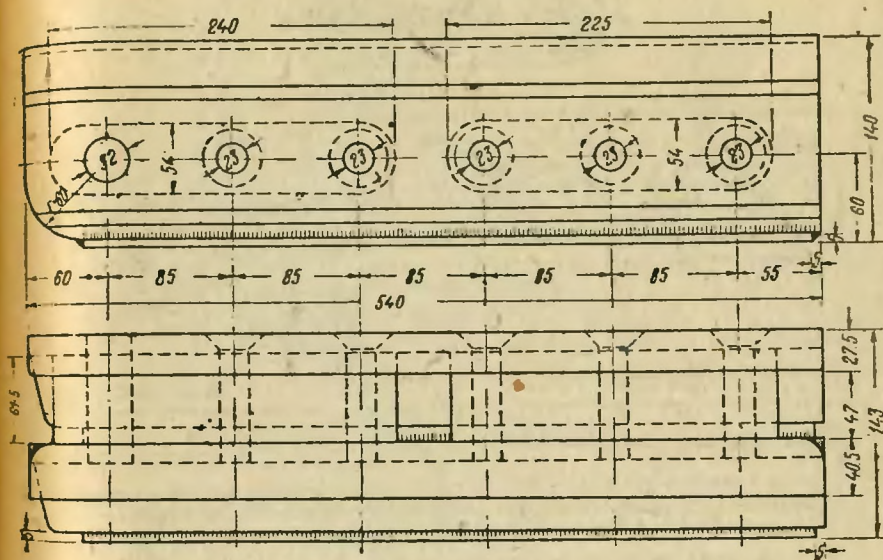
такого башмака показало, что прочность его достаточная, но существенным дефектом является прямолинейное очертание. При погрузке подвижного состава на паром колёса беспрепятственно проходят по башмаку; при обратном движении во время освобождения парома от подвижного состава имеет место удар ската о выступающий



Фиг. 68. Литой переходный башмак

над головкой рельса торец башмака. Более целесообразно делать переходные башмаки с криволинейным очертанием своего конца, обращённого к парому согласно фиг. 70. Постановка таких переходных башмаков в других местах подъёмной эстакады не вызывается необходимостью, что на практике и подтверждается.

Из приспособлений для закрепления парома у причала должны быть предусмотрены на последних кнехты и лебёдки. Паромы в свою очередь должны быть оборудованы кнехтами и шпильями.



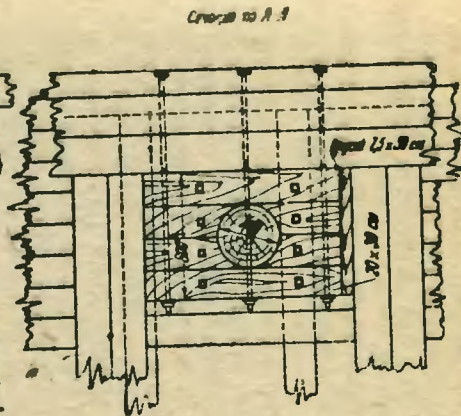
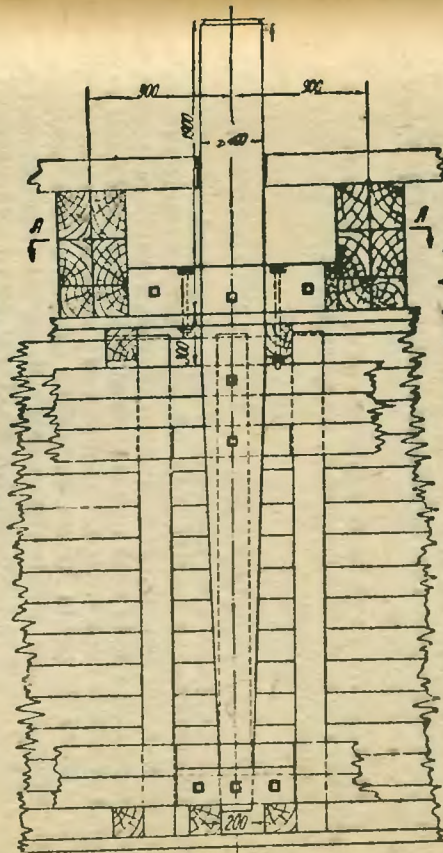
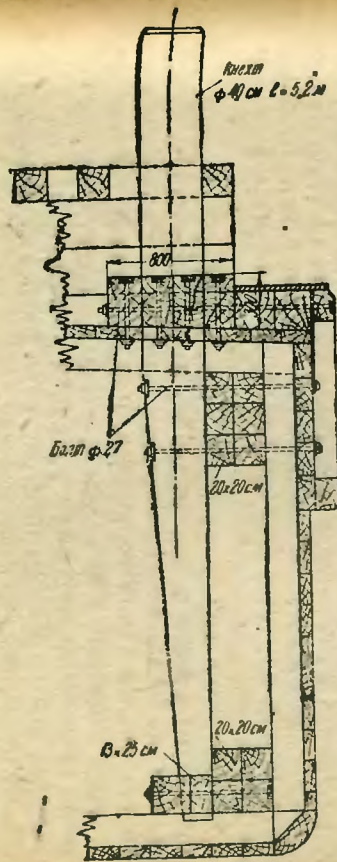
Фиг. 69. Переходный рельсовый составной башмак (вес 40 кг)

На причалах следует устанавливать одиночные кнехты, на которые набрасывается петля причального каната с парома. Если литые чугунные кнехты отсутствуют, достаточно ограничиться специально оставляемыми для этой цели верхушками свай пристани.

На паромах кнехты могут устанавливаться деревянные или металлические; здесь кнехты необходимы для передвижки парома вдоль причала.

Тип деревянного кнехта на пароме показан на фиг. 72. Металлический кнехт при отсутствии специального литого можно сделать (сварить) из широкой трубы, приваренной к плите, которая в свою очередь прикрепляется на болтах к палубе парома.

Для подтягивания парома к причалу служат обычные ручные судовые шпильи, расположенные на носу и корме.



Фиг. 72. Кихит деревянного парона

§ 6. Организация строительства переправ

При составлении графика выполнения работ по строительству железнодорожной переправы прежде всего следует назначать порядок одновременности и последовательности тех или иных работ.

Главная задача строительства заключается в организации производства работ широким фронтом.

Строительные работы по сооружению переправы охватывают следующий комплекс работ с распределением их по этапам в такой последовательности.

1. Первый этап работ: земляные работы на подходах; устройство связи и силовых установок; дноуглубительные работы; свайные и рязевые работы; ремонт паромов и буксиров; заготовка деревянных и металлических конструкций для причалов и паромов.

2. Второй этап работ: укладка верхнего строения на подходах; постановка деревянных конструкций на причалах и паромов; монтаж металлических конструкций на причалах и паромов.

3. Третий этап работ: укладка верхнего строения на причалах и паромов; установка подъёмного оборудования и других механизмов на причалах и паромов; постройка служебных зданий для эксплуатации переправы; опробование всех средств переправы и сдача её в эксплуатацию.

Для подсчёта потребной рабочей силы, необходимой для выполнения всех перечисленных работ, ниже приводятся ряд соображений и основные показатели.

а) Земляные работы на подходах

Земляные работы в условиях быстрых темпов их производства должны вестись одновременно на обоих берегах с максимальным применением механизации. В каждом отдельном частном случае выбирается тот или иной метод производства работ в зависимости от размещения земляных масс. Успех выполнения земляных работ с применением поезда возки двумя составами из карьера в комбинации с экскаватором при дальности возки 20—30 км составляет в сутки около 2 000 м³; в каждом составе по 30 вагонов с паровозом. При погрузке грунта экскаватором в карьере рабочих не требуется, кроме бригады, обслуживающей экскаватор (экипировка, перемещение, работа ковша), и путевой бригады для перемещения и выправки карьерных путей.

Для выгрузки грунта на месте свалки требуется бригада планировщиков из расчёта 2 чел. на вагон. Эта рабочая сила в промежутке между подачей земляных составов занимается планировкой земляного полотна, а также выправкой и перемещением рабочих путей.

Подача земляных и балластных поездов должна строго регулироваться графиком, увязанным с графиком движения других поездов, обращающихся на данном перегоне, если карьер примыкает к действующему железнодорожному участку.

При наличии грунта неподалеку от возводимого земляного полотна целесообразно применять разработку грунта экскаватором с погру-

кой в автомашины. Если специальные самосвалы отсутствуют, нетрудно приспособить обычные кузова для саморазгрузки (дощатые кораба-треугольники). Производительность одной автомашины ЗИС-5 при дальности возки 2—3 км составляет 120—160 м³ за две десятичасовые смены при нагрузке ручным способом и 200—240 м³ при нагрузке экскаватором. Для загрузки автомашин вручную при дальности возки 2—3 км требуется 4—6 рабочих на одну автомашину.

Наличие песчаного грунта не должно служить препятствием для организации автомобильной возки. Особенно трудно оперировать с машинами в карьере, где свежий песок затрудняет движение машин. Для обеспечения нормального движения автомобилей следует укладывать дощатые трапы, сбиваемые на планках и размещаемые в двух нитках соответственно промежутку между скатами автомашины.

Не исключаются и другие способы отсыпки земляного полотна: конная возка, скреперные лопаты с конной или тракторной тягой и др. Эти приёмы требуют, однако, больше рабочей силы, особенно тогда, когда прибегают к возке грунта в тачках.

При организации работ на подходах необходимо всегда помнить о чрезвычайной желательности как можно скорее начать доставку материалов к переправе по новому пуги, ведущему к причалам; в особенности желательно подать по железнодорожному пути к обстраиваемым паромам материалы верхнего строения.

б) Устройство связи и силовых установок

К устройству связи следует приступать в самом начале строительства, поскольку связь между берегами нужна не только для эксплуатации переправы, но и на время строительных работ. Чтобы не делать лишнюю работу и не строить два вида связи: строительную и эксплуатационную, необходимо с самого начала вести работы по устройству постоянной связи с приспособлением последней для нужд строительства. Для паромных переправ, устраиваемых на широких водных преградах, требуется прокладка подводных кабелей, содержащих необходимое число пар соответственно выбранной схеме связи. Безусловно необходимыми и первоочередными видами связи являются: диспетчерская поездная, межстанционная поездная и прямая телефонная (Основные технические требования ГУВВР НКПС). Кабель лучше укладывать с числом пар не менее 6—7 с расчётом доведения видов связи до норм, предусматриваемых Техническими условиями НКПС. На время строительства можно пользоваться несколькими парами для удобства телефонной связи. На каждом берегу рекомендуется ставить телефонные коммутаторы для связи между собой отдельных строительных объектов. Береговые телефонные станции желательно располагать в месте будущих распорядительных пунктов службы движения с таким расчётом, чтобы избежать переделок после устройства временной связи. Особенно следует обращать внимание на разбивку столбов, которые часто приходится переставлять только потому, что с самого начала не была предусмотрена телефонная проводка по основному проекту паромной переправы.

Весьма целесообразно использовать для строительных нужд силовые установки, если таковые предусмотрены для целей эксплуатации. Электрические станции на переправе необходимы не только для освещения стационарной и причальной территории на обоих берегах, но и для механизации подъёмно-транспортных операций, связанных с передачей подвижного состава на паромках.

Если постоянные силовые установки для нужд переправы не всегда могут быть оборудованы в начале строительных работ, то электроустановки, необходимые только для освещения береговых станций и причалов, рекомендуется устанавливать с таким расчётом, чтобы обслужить как строительные нужды, так и впоследствии эксплуатационные. Для этой цели удобны передвижные электростанции на железнодорожном или колёсном ходу.

в) Дноуглубительные работы

К этим работам следует приступать к началу падения весеннего горизонта воды. Это необходимо для того, чтобы использовать полностью весь навигационный период до ледостава и не задерживать пуск переправы в эксплуатацию. Количество землечерпательных снарядов и их тип назначаются в зависимости от рода грунтов, залегающих в русле, и объёма дноуглубительных работ. Для песчаных грунтов следует ставить землесосы (рефулёры), а для глинистых — машины черпакового типа.

Для приближённых подсчётов успешности землечерпательных работ, учитывая неизбежные простои и ремонты, следует принимать на один снаряд в месяц 30 000—40 000 м³ грунта.

Объёмы и район землечерпания определяются из проекта, предусматривающего наибольшую осадку паромов, буксиров и ледаколов курс следования каравана (буксир с паромом), маневровые развороты каравана у причалов, ледакольные работы и курс следования ледаколов между берегами и у причалов.

Как пример недоучёта курсирования ледакола можно привести случай двукратного выполнения на одном строительстве дноуглубительных работ: весной для буксиров с осадкой 3 м и осенью для ледаколов с осадкой 4,2 м.

г) Свайные и ряжевые работы

Широкий фронт свайных работ на причалах будет обеспечен, если одновременно используются передвижные копры, перемещаемые по подмостям, и копры пловучие.

Из передвижных копров часто применяется копёр-треугольник, перемещаемый по подмостям. Такие копры устанавливаются для забивки свай береговых частей эстакад, где глубины не позволяют пропустить пловучие копры.

Копёр-треугольник забивает предварительно сваи временных подмостей, с которых уже ведётся забивка коренных свай.

Чтобы не расходовать лес на подмости для пропуска копра, целесообразно вести забивку коренных свай пловучим копром с пропуском

нескольких пролётов. На забитых рядах укладываются насадки, на которые в свою очередь кладутся двутавровые балки, используемые в дальнейшем для подъёмных мостиков или паромов. Балки служат временным настилом для прохода передвижных копров, забивающих ряды свай между забитым уже пловучим копром.

Двутавровые балки временного настила убираются на плашкоут и отвозятся на монтажный двор.

Суточная производительность копра-треугольника составляет в среднем 30 свай при глубине забивки 4—6 м.

Успешность свайной бойки резко сокращается, когда возникает необходимость наращивания свай в слабых грунтах (мелкий иловатый песок, ил). В таких случаях один копровый агрегат пускают на первый этап забивки, после чего копёр идёт на следующую сваю, а предыдущая наращивается и забивается следующим копровым агрегатом. Производительность пловучего копра значительно ниже передвижного копра-треугольника. Объясняется это трудностью работы в условиях течения, волны и ветра. Для средних условий суточная успешность забивки свай пловучим копром выражается в 15—20 сваях при глубине забивки 4—5 м.

Оборудование свайных работ может быть укомплектовано различными механизмами в зависимости от их наличия. Предпочтительны электрические копры, состоящие из подвесной бабы и электроприводной лебёдки, или копры с дизельными бабами. Более громоздкая установка состоит из парового (воздушного) молота или бабы и парового котла (компрессора). Зимой удобнее применять забивку сжатым воздухом, чтобы не терять много пара на конденсацию.

Не всегда пловучие копры можно располагать на плашкоутах или баржах и помещать на них котлы или компрессоры.

При работе в зимних условиях и особенно тогда, когда вместо спокойного ледостава очень долго продолжается ледоход и имеют место частые подвижки льда, приходится, если отсутствуют металлические суда, помещать станины копров на плотах. Размеры плота из трёх рядов брёвен толщиной 25—30 см следует принимать 9 × 9 м. На плоту размещаются кроме станины копра лебёдка для подъёма бабы или молота, лебёдка для подъёма свай и четыре лебёдки по углам плота для установки копра на якорях.

Лучше всего ставить на пловучий копёр фрикционную приводную лебёдку, поднимающую подвесную бабу электромотором. Подача электроэнергии с берега легко осуществляется изолированным проводом.

Несколько сложнее подавать на пловучий копёр пар или сжатый воздух, но и это осуществимо, если трубопровод вести по насадкам причальной эстакады, заканчивая его гибким шлангом длиной 12—16 м. Котельная или компрессорная станция размещается при этом на берегу вблизи строящихся причалов. Количество пловучих и передвижных копров устанавливается на основании их суточной производительности и срока окончания свайных работ.

Когда причалы устраиваются на ряжах, работы по изготовлению ряжей сосредоточиваются на берегу. Ряжи рубятся на определённую

высоту на стапеле, спускаются в воду и наращиваются уже до своей проектной высоты наплаву.

Параллельно с рубкой ряжей на берегу ведутся работы по подготовке и выравниванию дна отсыпкой камнем.

Расход рабочей силы на 1 м³ дерева в ряже вместе с его опусканием составляет 5—6 человеко-дней. Темпы загрузки ряжей камнем зависят от способов подачи камня (с берега по временной эстакаде или непосредственно с барж, груженых камнем).

Практически сроки выполнения работ по устройству причалов на сваях и расход рабочей силы выразились по исполнительным данным сооружения одной переправы следующими цифрами: постройка причальной пристани длиной 100 пог. м и подъёмной эстакады для переправы поперечного типа, состоящей из двух пролётов по 15 м на двутавровых балках и стационарной эстакады длиной 50 пог. м, заняла 42 календарных дня с общим расходом рабочей силы в 20 000 человеко-дней.

д) Ремонт паромов и буксиров

Не всегда могут быть предоставлены для приспособления под паромы пригодные суда, не требующие ремонта. Обычно для этой цели используются суда, требующие в той или иной мере переустройства, ремонта и усиления.

До начала ремонтных работ и усиления каждое судно должно быть предъявлено инспекции Регистра СССР (речного или морского) для осмотра и составления акта о пригодности его к использованию под железнодорожный паром.

При осмотре деревянных судов необходимо обращать особое внимание на состояние днища и качество материала корпуса (крепкая или гнилая древесина). При наличии заметной водотечности днища судно должно быть поставлено в док на ремонт. Дефекты подводного борта (череповой брус) могут быть ликвидированы путём подтаскивания судна к берегу и наклона поочерёдно каждого борта с целью обнажения черепового бруса (фиг. 73). Подтаскивание судна к берегу производится лебёдками в комбинации с полиспастами.

Такой способ ремонта можно рекомендовать для судов средней величины не свыше 400—500 т грузоподъёмности.

Всякого рода работы по подтаскиванию или вытаскиванию судна на берег отражаются на крепости судна. С большим эффектом судно ремонтируется в доке. Во время стояния судна в доке ремонтируются днище и подводные части бортовой обшивки, меняются прогнившие доски, производятся конопатка швов и их осмолка. Одновременно конопатится и осмоливается обшивка выше ватерлинии, включая и бархоут. На обязательную конопатку бархоута необходимо обращать особое внимание. Обычно в речном флоте деревянные баржи в пределах сухого борта не конопатятся, чего нельзя допускать в паромах. В металлическом судне меняются негодные листы днища и бортов, заклёпки и обновляется в случае надобности набор.

По окончании ремонта судна в доке оно предъявляется для осмотра инспектору Речного регистра СССР, который составляет установлен-

ной формы акт. Срок ремонта судна в доке зависит от характера ремонта; в среднем надо предусматривать на доковый ремонт от 15 до 30 дней; к этому сроку надо добавлять время, необходимое для буксировки судна от затона к месту расположения переправы.

К работам по приспособлению судов для железнодорожных паромов следует приступать только по согласованию проекта в инспекции Регистра СССР, которая должна также оформить актом выполнение

этих работ и выдать свидетельство на право беспрепятственного плавания парома в пределах переправы. В окончательном акте освидетельствования железнодорожного парома, составленного инспекцией Регистра СССР с участием представителя дороги, принимающего паром в эксплуатацию, должны быть установлены порядок загрузки и разгрузки парома, тип подвижного состава (серии паровозов, подъёмная сила вагонов) и количество загружаемых на паром осей.

Одновременно с ремонтом судов, предназначенных для железнодорожных паромов, следует выбрать подходящие буксиры и в случае надобности приступить к необходимому ремонту.

Начало и окончание этого ремонта должны быть также оформлены осмотром инспекцией Регистра СССР и должен быть решён вопрос о возможности плавания буксиров и паромов в ледовых условиях.

Подготовку буксиров к работе переправы следует начинать как можно раньше с таким расчётом, чтобы использовать выделенные буксиры для нужд строительства переправы до их постоянной эксплуатации.

е) Заготовка деревянных и металлических конструкций для причалов и паромов

В первом этапе выполнения строительных работ центральное место занимает заготовка деревянных и металлических конструкций, которая должна выполняться параллельно с производством свайных или ряжевых работ в подводных частях причалов и паромов.

Заблаговременная заготовка должна быть развёрнута по следующим деталям: насадки по сваям (обрезка и окантовка); рамные опоры стационарных эстакад; прогоны (окантовка и сверловка отверстий); мостовые поперечины и проезжая часть; пакеты подъёмных эстакад в законченном виде.

На плотничном дворе, устраиваемом на каждом берегу, следует максимально механизировать отдельные заготовительные процессы.

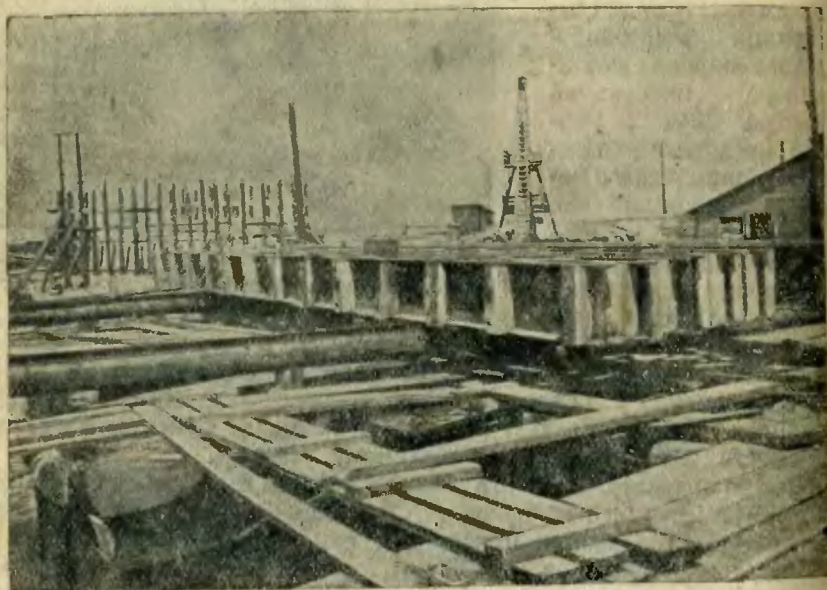


Фиг. 73. Вытаскивание баржи на берег для ремонта черепового бруса

В первую очередь надо поставить циркульную пилу и провести электропроводку для подключения электроинструмента. При отсутствии электроинструмента можно использовать сжатый воздух и применить пневматические машинки для сверления отверстий.

Заготовка металлических конструкций производится в мастерских, устраиваемых на одном из берегов или одновременно на обоих берегах.

В первом случае устройство мастерских на одном из берегов предусматривается в связи с поступлением металла с одной только стороны и необходимостью организовать центральные мастерские только в одном месте. Такое решение позволяет сосредоточить механизмы,



Фиг. 74. Сборка пакетов переходных мостиков на пирсе

силовую станцию и квалифицированную рабочую силу на одном берегу и не дублировать такие же мастерские на другом берегу. При этом требуется только хорошо организовать транспортировку готовых конструкций от одного берега к другому.

На строительстве одной из переправ заготовка металлических пакетов и поперечных балок для подъемной эстакады производилась только на одном берегу на монтажном дворе, оборудованном компрессорной установкой для пневматического сверления и клёпки и электро-сварочными агрегатами. Сборка пакетов и поперечных балок велась на пирсе (фиг. 74), состоявшем из двух рядов свай, забитых на расстоянии, допускавшем проход небольшой баржи длиной 15 м и шириной 5 м, на которую передавались готовые конструкции.

Гружёная баржа подавалась к эстакадам на обоих берегах в промежутки между опорами, на которые и устанавливались доставленные конструкции (фиг. 75). Очевидное преимущество такой организации работ заключалось в централизации производства и простоте транспортировки тяжёлых конструкций к месту установки. Следует отметить, что в данном случае металл подавался только с одной стороны и отпадала необходимость перебрасывать металл для обработки на противоположный берег.

Иногда монтажные работы организуются независимо на обоих берегах. Такое решение вызывается значительной отдалённостью берегов друг от друга и стеснённой строительной площадки на обоих берегах в условиях разлива реки и затопления большей части прибрежной территории.

Второй этап работ на строительстве переправы характеризуется монтажными работами на причалах и паромах. Одновременно производится укладка верхнего строения на подходах к переправе.

Как было сказано выше, заготовка деревянных и металлических конструкций предусматривает изготовление элементов в законченном виде. Это относится главным образом к пролётным строениям подъемной эстакады, как деревянным, так и металлическим.

Подачу готовых элементов к месту установки следует производить или по готовому пути эстакад на путевых вагонетках или по воде с погрузкой конструкций на плашкоуты. В первом случае необходимо вести постройку эстакады фронтальным способом в расчёте получения ежесуточно нового участка эстакады в законченном виде.

Для установки на место деревянных пролётных строений требуется предварительно уложить поперечные металлические балки, которые доставляются в готовом виде или водой на плашкоуте или на путевой вагонетке по готовому участку эстакады.

Металлические пролёты из двутавровых балок длиной 12—15 м удобнее подавать полупакетами под одну рельсовую нитку и уже на месте ставить поперечные связи и сжимы.

Монтаж металлической надстройки на пароме производится после того как отдельные элементы заготовлены на берегу и доставлены на судно. Транспортировку балок удобно производить с вспомогательной пристани, у которой пришвартовывается паром на время его об- стройки.

Подтаскивание балок осуществляется при помощи лебёдок, устанавливаемых на берегу или на пароме.



Фиг. 75. Доставка готовых пакетов на барже и установка в пролёте

Успешность работ по монтажу пролётных строений характеризуется следующими примерными показателями:

а) установка поперечных балок и пролётных строений подъёмной эстакады при бригаде монтажников в 12 чел. составляет за восьмичасовую смену четыре балки и три пролёта из деревянных пакетов длиной по 6 м;

б) монтаж металлического мостика с подачей полупакетами к месту установки продолжается 3 восьмичасовые смены при 12 монтажниках;

в) на монтаж металлической надстройки на пароме из готовых элементов затрачивается около 7 человеко-дней на 1 м.

На третий этап работ по строительству переправы остаются укладка верхнего строения на причальных эстакадах и паромах, установка подъёмного оборудования и постройка зданий для нужд эксплуатации переправы.

При укладке рельсов на причальных эстакадах необходимо, как сказано выше, заранее обрезать рельсы по длине каждого мостика; производится это на рельсорезных станках. Так же точно необходимо подготовить рельсы и для паромных путей.

Кроме поперечной резки требуется обработать концы рельсов на паромах и переходных мостиках (с причала на паром) в местах сопряжения их с башмаками. Производится это или газовой резкой или приспособляются поперечные рельсорезные станки для продольной резки. Последняя даёт более аккуратный разрез рельса, чем это можно получить газовой резкой. Очень удобно заранее заготовить концы таких рельсов (с фасонным вырезом) длиной по 1,5 м; с ними легче обращаться во время обработки их на рельсорезном станке и при подаче их к месту укладки, а также представляется возможным употребить для этой цели короткие куски рельсов, обычно остающиеся без использования.

Постройка зданий для нужд эксплуатации переправы должна быть закончена, как правило, к сдаче переправы в постоянную эксплуатацию. В комплекс этого объекта строительства входят помещения для агентов и диспетчеров службы движения, стрелочные будки, помещения для работников охраны переправы и, наконец, жилые помещения. Целесообразно эти помещения строить в самом начале строительства, чтобы использовать их для служебных надобностей во время строительного периода.

В условиях особой спешности выполнения работ приходится ограничиваться постановкой вагонов с приспособлением последних для служебных помещений. Такие же соображения относятся и к устройству помещений для жилья. Обслуживающий переправу персонал при отсутствии стационарных помещений вблизи переправы может быть размещён в вагонах, для чего они должны быть выставлены на мёртвые тупики за пределы действующих станционных путей.

В пусковой период для эксплуатации переправы должны быть освидетельствованы и опробованы все средства переправы, включая подъёмные и причальные эстакады, переходные мостики, лифты-подъёмники, паромы и буксиры.

Подъёмные механизмы должны быть осмотрены и освидетельствованы с оформлением этого актом в присутствии ревизора по безопасности движения.

Конструкция паромов, как верхняя, так и внутренняя, должна быть освидетельствована во время первого загрузки подвижным составом и проверена во время первых нескольких рейсов. Особое внимание должно быть обращено на состояние днища и корпуса судна, на работу внутреннего продольного и поперечного крепления и на степень водотечности парома.

Перед пуском парома в эксплуатацию следует обеспечить судно достаточными водоотливными средствами; удобнее всего поставить на каждое судно по одной мотопомпе, работающей на жидком топливе, и одной электропомпе, которая может быть пущена в ход путём подключения провода к рубильнику, помещённому на пристани. Электропомпы, таким образом, могут качать воду из трюма парома во время стоянки его у причала.

Кроме механических водоотливных средств необходимо снабдить судно ручными насосами или помпами.

Результаты пробных рейсов паромов оформляются комиссионным актом с участием представителей строительства, дороги и инспекции Регистра СССР. Для устранения в процессе эксплуатации замеченных актов недоделок назначаются определённые сроки.

При сдаче переправы в постоянную эксплуатацию строительство обязано передать дороге следующую техническую документацию: а) паспорта всех сооружений (причалов, паромов, буксиров, береговых станций, силовых установок, устройств экипировки и водоснабжения); б) исполнительные чертежи по этим сооружениям; в) акты освидетельствования паромов инспекцией Регистра СССР и свидетельства на право плавания; г) ведомость сооружений с основными показателями объёмов выполненных работ; д) ведомость переданных в эксплуатацию паромов с указанием основных размеров, грузоподъёмности, числа путей и др.; е) ведомость тяговых средств (буксиров, ледаколов); ж) ведомость недоделок; з) список обслуживающего персонала на паромах и буксирах.

Для суждения о примерном расходе материалов, необходимых для сооружения паромной переправы, приводятся примерные показатели, выведенные на основе опыта строительства нескольких переправ.

Расход металла в надстройках спаренных паромов с поперечным накатом подвижного состава, отнесённый на 1 пог. м паромного пути, составляет от 500 до 685 кг, из которых на двутавровые балки падает 80%, сортовой металл — 11%, листовая — 8%, болты, гайки — 1%.

Расход леса (бревён и брусёв) на внутреннее подкрепление парома и выравнивание палубы под металлическую или деревянную надстройку, отнесённый на 1 м² палубы подкрепляемой деревянной баржи, составляет от 0,12 до 0,20 м³. Расход металла для поковок, тяжёлых, подгаечников, подкладок и т. п. на 1 м³ дерева в деле, идущего на подкрепление и усиление деревянных барж, составляет около 140 кг.

Для деревянной надстройки на одиночных металлических баржах расход круглого леса, отёсанного на два канта, составляет на 1 пог. м паромного пути 1,2 м³ при затрате металла на поковки (болты, скобы) 24 кг.

При использовании под паром металлических барж необходимо предусматривать потребность в металле как для внутреннего подкреп-

ления судна, так и для частичного ремонта корпуса, если баржа имеет вмятины в бортах. На эти работы идут уголкового и швеллерные профили в количестве соответственно проекту усиления и требуемого ремонта. Ориентировочно можно предусматривать на 1 м² палубы судна 10 кг такого металла.

Для мостового полотна, состоящего из поперечин сечением 20 × 24 см, длиной 3,2 м (50%) и 4,2 м (50%) и дощатого настила толщиной 5 см на 1 пог. м пути, требуется 0,70 м³ дерева и шесть лапчатых болтов (13 кг). Вес рельсов и контррельсов со креплениями на 1 пог. м пути составляет 111 кг.

При заказе материалов исчисленное по приведённым выше показателям полное количество древесины и металла необходимо увеличить на 10—15%.

Нормировать расход материалов, необходимых для строительства причальной и подъёмной эстакад, не представляется возможным, поскольку имеется много факторов, влияющих на вывод окончательных цифр. Необходимо принимать в расчёт глубину воды, особенности берегов, длину причальных устройств, назначаемых в зависимости от длины применяемого паромов, и наконец, системы переправы.

Для причала продольной переправы, приведённого на фиг. 26, построенного на ряжах, опущенных на глубину 7 м, расход круглого леса на один причал составил 1 900 м³. При этом длина причала равна 80 м, длина подходов эстакады 51 пог. м. Пролёты эстакады из двутавровых балок № 55а. На поковки и болты потребовалось около 18 т металла. Общий вес металла в трёх подходов пролётах 49,6 т. Для заполнения ряжей потребовалось около 3 000 м³ камня.

Фактические данные по расходу материалов для сооружения причалов одной из переправ с поперечным накатом подвижного состава приведены в табл. 3.

Таблица 3

Наименование основных показателей	Причал для высоких и межених вод		Первый низководный причал		Второй низководный причал	
	левый берег	правый берег	левый берег	правый берег	левый берег	правый берег
Глубина воды у причалов в м	3,4	4,6	2,5	3,8	2,2	4,2
Длина стационарной эстакады в пог. м	66	9	61	85	114	48,75
То же подъёмной в пог. м	114	121	28	28	23,2	23,2
» причальной в пог. м	100	100	100	100	91 ¹	100
Число путей	2	2	2	2	2	2
Объём свайных работ в шт.	956	758	432	472	515	480
Объём свайных работ в м ³	801	653	374	404	428	454
Деревянные конструкции (без объёма свай) в м ³	1 390	1 320	157	168	480	284
Расход металла на поперечные балки в т	109	109	31	31	39,5	39,5

¹ Причал устроен у затопленной баржи.

§ 7. Пропускная способность паромных переправ

Выбор паромной переправы взамен временного или постоянного моста диктуется, как было сказано выше, соображениями быстрейшего пропуска сквозного движения через широкую водную преграду.

Вместе с тем не следует забывать, что всякая переправа не сможет обеспечить такой пропускной способности, какая достигается при постройке моста.

Чтобы правильно ориентироваться в выборе оптимального (для каждого отдельного случая) типа переправы, полезно руководствоваться фактическим материалом по эксплуатации осуществлённых паромных переправ.

Пропускная способность паромов «Саратовская переправа» с продольным накатом подвижного состава составляла в период навигации 160 вагонов в сутки и в зимнее время 120 вагонов при двустороннем движении и передаче за один рейс 28 вагонов¹. Продолжительность отдельных операций по погрузке и разгрузке вагонов характеризовалась следующими цифрами:

Нагрузка вагонов	45 мин.
Следование на другую сторону	20 »
Выгрузка вагонов	45 »
Ожидание подачи состава для погрузки	15 »
Погрузка состава для переправы в обратном направлении	45 »
Обратный ход паромов	20 »
Выгрузка вагонов	45 »
Ожидание подачи нового состава	15 »

Всего на 1 рейс . . . 4 ч. 10 м.

В зимнее время курсирование паромов занимало не 20 мин., а 1—1½ часа, так что время на один рейс возрастало до 5 ч. 30 м. — 6 час.

Таким образом, в период навигации переправа давала в среднем ежесуточно 5,76 рейсов, а в зимнее время — 4,0 рейсов.

Приведённые выше цифры характеризовали возможную техническую пропускную способность Саратовской паромной переправы без учёта простоев паромов на время планового ремонта. Такие простои составляли всего 4% времени, затраченного на полезную работу переправы. Имели место также и непредвиденные простои, но они составляли всего 0,5%.

Как было сказано выше, после 1909 г. Саратовская паромная переправа пополнилась новым паромом «Переправа вторая», построенным на Сормовском заводе в Нижнем Новгороде. Пропускная способность переправы возросла вдвое и в самый неблагоприятный для навигации зимний период составляла 200 вагонов.

Впоследствии вступил в работу паром «Сталин» (1926 г.), а в 1941 г. оба новых паромов совместно с «Саратовским ледоколом» были использованы на другой железнодорожной переправе. Зимой 1941/42 г. оба паромов перебрасывали ежесуточно в среднем 250 вагонов (в двухос-

¹ См. «Железнодорожное дело» № 1-2, 1912.

ном исчислении), а в навигационный период 1942 г. пропускная способность возросла до 350 вагонов в сутки.

Протяжённость курса следования парома от одного причала к другому влияет значительно на пропускную способность переправы. Это явствует из опыта эксплуатации переправы по озеру Байкал.

Паром-ледокол «Байкал» перевозил 27 вагонов и развивал летом среднюю скорость хода 18 км/ч, а зимой не более 11 км/ч; затрачивая на стоянки, нагрузку и выгрузку по одному часу у каждого причала, паром летом заканчивал рейс в одну сторону протяжением 70 км за 6 час., а в обоих направлениях за 12 час. Таким образом, паром летом делал два рейса в сутки, а зимой три рейса в двое суток.

Такая низкая пропускная способность в 40 вагонов в сутки ни в коей мере не могла удовлетворить требования железнодорожных перевозок по Великому сибирскому пути при пропускной способности Сибирской и Забайкальской дорог в 69 вагонов, в силу чего и была построена Кругобайкальская ж. д.

Причины такого разрыва были следующие:

а) нежелание министерства путей сообщения из экономических соображений приобрести второй товарный паром, несмотря на то, что один паром не был в состоянии обслуживать такое длинное протяжение — 70 км;

б) неправильный выбор довольно отдалённой конечной станции — пристани Мысовая, в то время как возможно было подавать паром на станцию Танхой и сократить почти вдвое расстояние следования парома;

в) под влиянием господствующих ветров и местных течений лёд устремлялся в гавань Мысовая и загромаждал подход к пристани; эта ледяная масса постепенно уплотнялась, создавала торосы, что и препятствовало нормальной работе парома. Гавань Танхой меньше подвергается засорению льдом вследствие защиты её береговыми возвышенностями от ветров;

г) ледокол «Байкал», построенный в точности по типу американского ледокола, курсировавшего на озере Мичиган, был рассчитан на толщину льда 0,75 м, в то время как в озере Байкал лёд бывает толщиной более 1,0 м.

Впоследствии рейс парома был сокращён до 40 км, так как причал был устроен на станции Танхой; это увеличило пропускную способность вдвое.

После постройки Кругобайкальской ж. д. паромная переправа не прекратила свою работу по грузовым транзитным перевозкам.

Переходя к переправам с поперечным накатом подвижного состава, следует отметить, что пропускная способность такого рода переправ зависит как от числа поперечных путей на пароме, так и от числа одновременно действующих причалов.

Если при продольном накате подвижного состава передвигать паром не требуется, то при загрузке вагонов поперёк парома неизбежны передвижки последнего. В этих операциях накапливаются значительные потери времени, увеличивающиеся пропорционально числу путей на пароме.

Для изучения обстоятельств эксплуатации переправы с поперечным накатом вагонов может служить осуществлённая в 1941 г. пере-

права. Спаренный паром с пятью поперечными путями на деревянных баржах перебрасывал 15 двухосных вагонов или 10 четырёхосных. В результате хронометража отдельных операций получены такие показатели затраты времени на каждую отдельную операцию:

Пришвартовка парома к причалу	15 мин.
Уборка с парома и подача на паром трёх вагонов	15 »
Передвижка парома	6 »
Смычка двух путей (эстакадных с паромными)	15 »
Буксировка на расстоянии около 600 м	25 »

Полный цикл парома (ход туда и обратно) при условии одновременной подачи с двух путей эстакады состоял из таких операций:

Пришвартовка парома к двухпутным причалам 2 раза по 15 мин.	30 мин.
Подача и уборка трёх вагонов 6 раз по 15 мин.	90 »
Передвижка парома 4 раза по 6 мин.	24 »
Смычка путей 6 раз по 15 мин.	90 »
Буксировка парома 2 раза по 25 мин.	50 »

Полная длительность рейса . . . 284 мин., или 4,75 часа

В сутки число рейсов

$$\frac{24}{4,75} = 5,1, \text{ или } 5,1 \cdot 15 \approx 77 \text{ вагонов.}$$

Наиболее затяжной операцией оказалась смычка эстакадных путей с паромными, что объясняется несовершенством поставленных вначале переходных башмаков, которые перед каждой подачей приоблизивались, а перед передвижкой парома отнимались и убирались в сторону.

После постановки откидных башмаков, закрепляемых на подъёмном мостике одним болтом, время на смычку потребовалось не 15, а 8 мин. Полное время для завершения цикла составило не 284, а 242 мин., или 4 часа.

При шести рейсах в сутки по 15 вагонов такая переправа могла перебрасывать в обе стороны 90 вагонов.

При подаче вагонов только в одну сторону время, необходимое для подачи и уборки, снижалось с 15 до 10 мин., а суммарное время по всему рейсу с 242 до 212 мин., т. е. 3,5 часа, или в сутки около 7 рейсов (105 вагонов).

Первое время переправа работала при одном действующем пути причальной эстакады (второй путь был закончен несколько позднее), причём подвижной состав большей частью перебрасывался в одну сторону.

Полный рейс парома состоял из следующих операций:

Пришвартовка парома к однопутным причалам 2 раза по 15 мин.	30 мин.
Подача на паром и уборка с парома трёх вагонов 10 раз по 10 мин.	100 »
Передвижка парома 8 раз по 6 мин.	48 »
Смычка путей 10 раз по 15 мин.	150 »
Буксировка парома 2 раза по 25 мин.	50 »

Полная длительность рейса. . . 378 мин., или 6,3 часа

В сутки число рейсов

$$\frac{24}{6,3} = 3,8 \text{ рейса, или } 57 \text{ вагонов.}$$

Так как и в этот начальный период приходилось перебрасывать вагоны в обе стороны, то число рейсов в сутки уменьшалось из-за удлинения операции по подаче и уборке вагонов с 10 до 15 мин. При этом продолжительность всего рейса (при откидных башмаках) составляла не 378, а на 70 мин. меньше, т. е. 308 мин. (5,15 часа), что давало в сутки 4,6 рейса, или 69 вагонов.

При двустороннем движении, но при подаче с одного пути и наличии откидных башмаков время на один рейс составляло не 428, а на 70 мин. меньше, т. е. 358 мин. (6 час.), что давало в сутки 4 рейса, или 60 вагонов.

Все приведённые выше показатели пропускной способности рассматриваемой переправы сопоставлены в табл. 4.

Таблица 4

Конструкция башмаков		Башмаки съёмные		Башмаки откидные	
Характер подачи		односторонняя подача	двусторонняя подача	односторонняя подача	двусторонняя подача
Однопутная эстакада	Продолжительность рейса в часах	6,3	7,1	5,15	6
	Число рейсов в сутки	3,8	3,4	4,6	4
	Число двухосных вагонов в сутки	57	51	69	60
Двухпутная эстакада	Продолжительность рейса в часах	4,1	4,75	3,5	4
	Число рейсов в сутки	5,9	5,1	7	6
	Число двухосных вагонов в сутки	89	77	105	90

Как видно из табл. 4, наибольшая пропускная способность рассматриваемой переправы составила при двухпутной эстакаде и наличии надлежаще изготовленных башмаков 90 вагонов в каждую сторону.

Наличие только одного пути причальной эстакады снижало пропускную способность до 60 парных вагонов, или на 33%.

Применение съёмных башмаков, прибавляемых каждый раз во время смычки путей, или использование обычных путевых накладок снижало пропускную способность на 15%.

Порядок загрузки этого паром предусматривал первую постановку паром по второму и четвёртому путям, вторую — по первому и третьему путям и третью — по пятому пути. Разгрузка производилась в обратной последовательности.

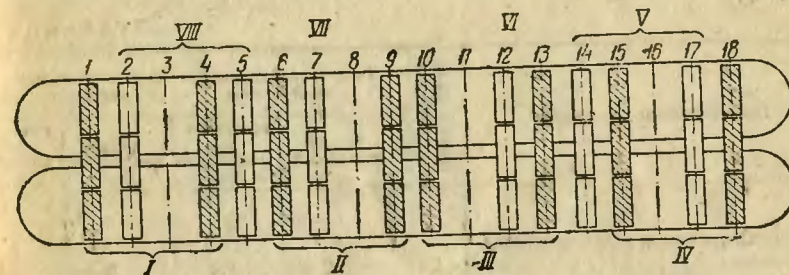
Таким образом, в операцию по загрузке или разгрузке паром входили две передвижки паром, из которых одна производилась

с использованием только одного пути эстакады. Очевидно, что такую схему путей паром нельзя признать эффективной.

Более рациональным было бы, не изменяя расстояния между крайними путями, уложить на пароме чётное число путей, одновременно уменьшив междупутье на пароме до 4,32 м и увеличив расстояние между осями путей на причальных эстакадах до 12,96 м. Добавление одного лишнего пути возможно в том случае, если имеется запас в грузоподъёмности паром.

Применение более длинных паромов с увеличением числа поперечных путей не повышает в значительной степени пропускной способности переправы.

Спаренный паром из деревянных барж с 18 поперечными путями, построенный в 1942 г. для железнодорожной переправы, принимал



Фиг. 76. Схема загрузки паром с 18 поперечными путями

грузёные вагоны только на 14 путей; при передаче же порожних вагонов разрешалось загружать все паромные пути.

Средняя продолжительность отдельных операций по эксплуатации этого паром, выведенная по результатам хронометража, характеризуется такими показателями:

Причаливание и пришвартовка	24 мин.
Опускание переходных мостиков и накладывание башмаков	12 *
Подача вагонов на паром или уборка их с паром	5 *
Передвижка паром со смычкой двух путей	15 *
Подъёмка переходных мостиков и отчаливание	5 *
Буксировка паром при расстоянии 1 км	40 *

Согласно схеме загрузки (фиг. 76) подача вагонов производится с двух мостиков в два тура. В первый тур паром передвигается против течения и становится перед подъёмными мостиками причала последовательно в положения I, II, III и IV, при которых подаётся 12 двухосных вагонов или 8 четырёхосных вагонов. Во второй тур паром спускается по течению и устанавливается против подъёмных мостиков последовательно в положения V, VI, VII и VIII. Разгрузка подвижного состава производится в обратной последовательности, т. е. начиная с положения VIII. Первый тур заканчивается положением V, а второй тур начинается с положения IV и заканчивается положением I.

Порожние вагоны подаются на паром с двух мостиков с передвижкой паромом в один тур по направлению течения. Выгрузка порожних вагонов ведётся таким же образом, как и нагрузка.

Другой паром на той же переправе, устроенный из одной металлической баржи и имеющий 20 путей, принимал гружёные вагоны на 16 путей.

По схеме загрузки (фиг. 77) этот паром в первый тур (против течения) передвигается последовательно в положения I, II, III и IV, во второй тур (по течению) — в положения V, VI, VII и VIII. Выгрузка вагонов производится в обратном порядке.

Средняя пропускная способность при одностороннем движении этих паромов (спаренного деревянного и одиночного металлического) определена по приведённым выше данным хронометража согласно табл. 5.

Таблица 5

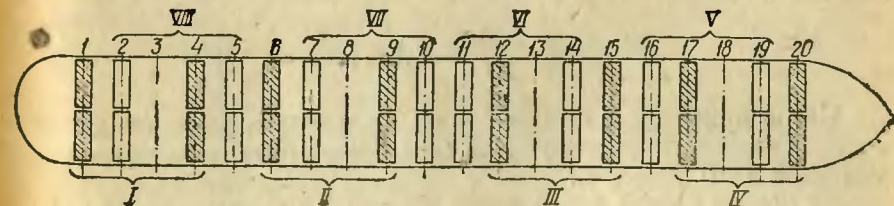
Наименование операций	Время на одну операцию в мин.	Спаренный деревянный паром		Одиночный металлический паром	
		число операций	время на все операции в мин.	число операций	время на все операции в мин.
Причаливание и пришвартовывание	24	2	48	2	48
Опускание переходных мостиков и накладывание башмаков	12	2	24	2	24
Подача вагонов на паром	5	8	40	8	40
Выгрузка вагонов с паромом	5	8	40	8	40
Передвижка паромом	15	14	210	14	210
Подъёмка переходных мостиков и отчаливание	5	2	10	2	10
Буксировка паромом	40	2	80	2	80
Итого на рейс	мин. час.		452		452
Число рейсов в сутки	—	3,2	—	3,2	—
Число гружёных двухосных вагонов на один рейс	—	42	—	32	—
Число гружёных четырёхосных вагонов на один рейс	—	28	—	16	—
Пропускная способность { двухосных	—	134	—	102	—
в сутки вагонов { четырёхосных	—	90	—	51	—

Пропускная способность тех же паромов при двустороннем движении, когда тотчас же после снятия вагонов с паромом взамен последних подаются вагоны, отправляемые в обратном направлении, несколько меньше, чем таковая для одностороннего движения. Хотя паром и задерживается у причала для принятия вагонов обратного направления, но зато он рациональнее используется как в том, так и в другом направлении. В табл. 6 приведён комплекс операций для двустороннего грузового движения.

Таблица 6

Наименование операций	Время на одну операцию в мин.	Спаренный деревянный паром		Одиночный металлический паром	
		число операций	время на все операции в мин.	число операций	время на все операции в мин.
Причаливание и пришвартовка	24	2	48	2	48
Опускание переходных мостиков и накладывание башмаков	12	2	24	2	24
Уборка с паромом и подача вагонов на паром	10	16	160	16	160
Передвижка паромом	15	14	210	14	210
Подъёмка переходных мостиков и отчаливание	5	2	10	2	10
Буксировка паромом	40	2	80	2	80
Итого на рейс	мин. час.		532		532
Число рейсов в сутки	—	2,7	—	2,7	—
Число гружёных двухосных вагонов на один рейс	—	42	—	32	—
Число гружёных четырёхосных вагонов на один рейс	—	28	—	16	—
Пропускная способность { двухосных	—	117	—	86	—
в сутки вагонов { четырёхосных	—	75	—	43	—

Из сопоставления табл. 5 и 6 видно, что абсолютное количество вагонов при двустороннем движении перерабатывается на 80—85% больше, чем при одностороннем движении, но число вагонов, перебираемое в одну сторону, превышает на 15—20% число пар вагонов при двустороннем движении.



Фиг. 77. Схема загрузки паромом с 20 поперечными путями

Если обратиться к образцу примитивной переправы поперечного типа, осуществленной в 1892 г. через Десну на Новозыбковском подъездном пути, то её пропускная способность, несмотря на малую грузоподъёмность паромом (6 вагонов), составляла в сутки 88 пар вагонов. Все операции по погрузке на паром, выгрузке вагонов и передвижке паромом производились вручную.

Поперёк реки шириной 100 м был натянут несущий трос, пропущенный через блоки на пароме. Передвижение парома производилось при помощи четырёх ручных воротов.

Опыт такой упрощённой переправы весьма поучителен. При небольших паромах и отсутствии буксирного катера на Новозыбковском подъездном пути¹ перебрасывалось в сутки не намного меньше вагонов, чем перебрасывают паромы с большим числом поперечных путей и обслуживаемые буксирными пароходами.

Надо подчеркнуть особенности переправ с поперечным накатом подвижного состава. Согласно табл. 4 паром с пятью поперечными путями при двусторонней подаче может перерабатывать в сутки 90 вагонов, а паром с 18* поперечными путями (табл. 5 и 6) при тех же условиях перебрасывает в обе стороны 117 вагонов, а при одностороннем движении — соответственно 105 и 134 вагона.

Таким образом, с увеличением числа путей на пароме с 5 до 18 (т. е. на 260%) пропускная способность парома увеличивается только на 30%. Такое соотношение цифр лишней раз показывает, насколько неэффективно строить переправы с поперечным накатом подвижного состава на больших паромах, особенно в случаях, требующих максимальной скорости выполнения строительных работ.

Сравнительно небольшие суда при всех условиях легче и скорее приспособить под паромы, чем баржи крупных размеров. Заданную пропускную способность возможно получить не путём увеличения размеров парома, а постройкой малых парома в требуемом количестве.

При заданной к примеру пропускной способности в 500 вагонов в сутки для переправы поперечного типа необходимое число парома с 18 путями и ёмкостью 42 двухосных вагона составит

$$\frac{500}{117} = 4,3 \approx 4.$$

Такая же пропускная способность при паромах с 5 поперечными путями и ёмкостью 15 двухосных вагонов может быть достигнута с числом парома, равным

$$\frac{500}{90} = 5,5 \approx 6.$$

Число причалов в первом случае возможно ограничить двумя на каждом берегу, хотя пропускная способность будет несколько меньше заданной (470 вагонов).

Во втором случае число причалов придётся увеличить до трёх на каждом берегу; при этом пропускная способность переправы окажется несколько более заданной (540 вагонов).

Окончательный выбор размеров парома и числа причалов должен быть проверен путём составления графика производства работ на основе наличия реальных ресурсов материалов, оборудования и рабочей силы.

¹ См. «Железнодорожное дело» № 1-2, 1912.

* Из 18 путей загружается 14.

§ 8. Работа паромных переправ в летних и зимних условиях

Так как в состав железнодорожной паромной переправы входят элементы водного транспорта, то даже при самой чёткой работе железной дороги неизбежны перебои, вытекающие из самой природы водных сообщений.

Чтобы после постройки переправы не получить заниженную пропускную способность, следует заранее учесть все факторы, снижающие успех работы переправы.

Прежде всего существенно разнятся условия работы в навигационный и осенне-зимний периоды.

Весной, а в некоторых районах летом при высоких горизонтах приходится иметь дело с быстрым течением, препятствующим как нормальной буксировке парома, так и спокойной пришвартовке к причалам.

Вместе с тем следует считаться и с господствующими ветрами, создающими волнение и затрудняющими как буксировку парома, так и его причаливание.

Для обеспечения нормальной работы парома при любых условиях водного режима нужно не ошибиться в выборе достаточной мощности паромного буксира. Если переправа оборудуется самоходными паромами, то для надёжности работы парома рекомендуется придавать каждому из них по одному буксиру. Во время стоянки парома буксир участвует в передвижке парома вдоль причала и в случае необходимости производит откачку воды из парома. Последнее условие особенно важно, если паром устроен из деревянных барж, с водотечностью которых следует всегда считаться. Частые нагрузки и выгрузка парома с повторяемостью по несколько раз в сутки отражаются на состоянии швов обшивки. Состояние судна может резко ухудшиться, если погрузку и выгрузку производить с нарушением выработанной для каждого парома схемы погрузочно-разгрузочных операций.

Погона за сокращением сроков этих операций может повлечь за собой повышенную водотечность.

Кроме буксира, ведущего паром от одного причала к другому, необходимо иметь в помощь для пришвартовки ещё небольшой буксир (баркас). Особенно важно присутствие вспомогательного буксира при ветреной погоде, когда причаливание парома представляет известные трудности. Вспомогательные буксиры должны быть обязательно винтовыми для большей их маневренности; последняя особенно необходима в том случае, когда буксиры, работающие с паромом, имеют вместо винтов гребные колёса.

Летний период навигации приносит свои затруднения в бесперебойной работе переправы. В это время следует опасаться чрезмерного уменьшения судоходных глубин и перерыва в эксплуатации переправы, если с самого начала не произведены с необходимым запасом дноуглубительные работы.

На переправе с подъёмной эстакадой одновременно с изменением горизонта воды следует регулировать подъёмные пролёты с таким расчётом, чтобы профиль подъёмной эстакады не имел резких переломов. С этой целью при двухпутной эстакаде подъём или опускание

отдельных пролётов следует производить не одновременно, а по очереди, чтобы не прерывать движения на переправе.

Характер осенне-зимних перевозок в значительной мере зависит от района расположения переправы. В Европейской части Советского Союза все реки покрываются льдом и только толщина льда бывает различной.

Плавание в условиях ледохода и ледостава представляет значительные трудности, что и было основной причиной слабого применения в России паромных переправ.

В США и Западной Европе, где климатические условия мягче, устройство переправ через реки, озёра, заливы и проливы представляет вообще обычное решение задачи.

Идея применения судов-ледоколов возникла в России в шестидесятых годах прошлого столетия и была применена в железнодорожных переправах через Волгу у Саратова и через озеро Байкал.

Богатый опыт эксплуатации паромной переправы в зимнее время был накоплен Рязано-Уральской ж. д. Самоходные саратовские паромы за время своей долголетней работы обеспечивали ежегодно бесперебойный транспорт вагонов через Волгу в продолжение всего зимнего периода. До ледостава паромы курсировали самостоятельно и только после того как наступал ледостав, паромы буксировались ледоколом, не останавливая, однако, работы главных машин на паромах.

Движение паромов от одного причала к другому прокладывалось по трассе длиной около 3 км. Ледокол прорезал с начала зимней кампании канал, поверхность которого, несмотря на постоянное движение судов, всегда была покрыта сплошным льдом из отдельных кусков закруглённой формы.

С течением зимы при сильных морозах ледовой покров в канале нарастал, что заставляло периодически использовать ледокол для окалывания верхней (по течению) кромки льда канала.

Перед причаливанием парома последний отдавал ледоколу конец буксирного троса и пришвартовывался к ряжевому причалу. Чтобы паром всегда мог становиться вплотную к причалу, нужно было не допускать скопления льда непосредственно у ряжей. Для этого дежурила бригада рабочих в составе 10 чел., которые, пользуясь волнением воды от работы гребных винтов, удаляли лёд от носовой части парома.

Время хода парома в зимний период увеличивалось по сравнению с летним режимом с 30 мин. до 1 часа. Однако зимой бывали дни, когда курсирование парома ещё более замедлялось, но не затягивалось более 2 час.

Независимо от устройства во льду канала по трассе курсирования парома необходимо предусматривать ниже его по течению для спуска битого льда из канала специальное пространство акватории, которое должно быть подготовлено и освобождено от крупных льдин ледоколом.

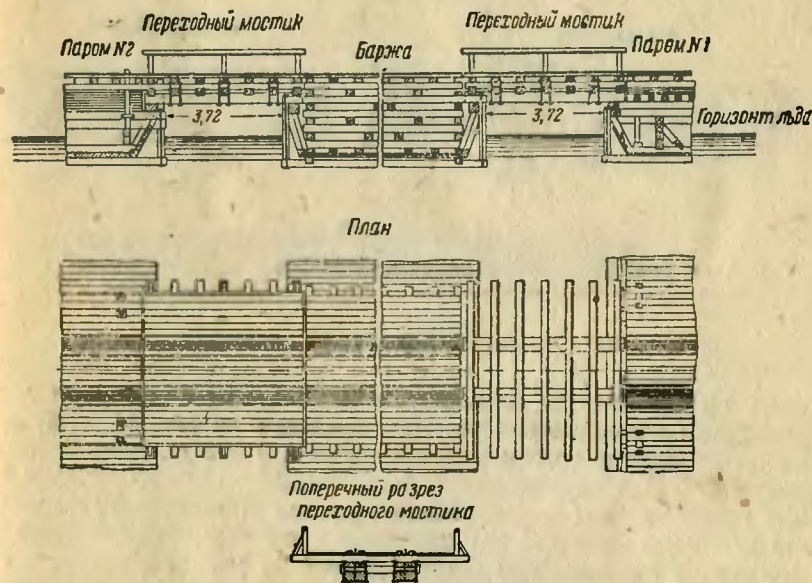
«Саратовский ледокол» ломает лёд толщиной 25—30 см при скорости 6 км/ч сходу; более толстый лёд ломается только с разбегу. Толщину льда, которую ледокол может преодолеть сходу, можно определить из приближённой формулы

$$t = 2,16 \sqrt{\frac{IHP}{v}} [см],$$

где v — скорость движения судна в км/ч;

IHP — число индикаторных ЛС машины.

Как видно из данных о работе паромной переправы через Волгу у Саратова, в зимнее время снижение пропускной способности по сравнению с летним режимом составляло (теоретически) 33%. На самом же деле единственный ледокол не мог в полной мере обслуживать паром, так как он выполнял ещё и перевозки пассажиров. В силу этой причины пропускная способность парома снижалась ещё на 15% и составляла в сутки вместо 160 вагонов (летом) 100 вагонов (зимой).



Фиг. 78. Переходные мостики для зимней переправы

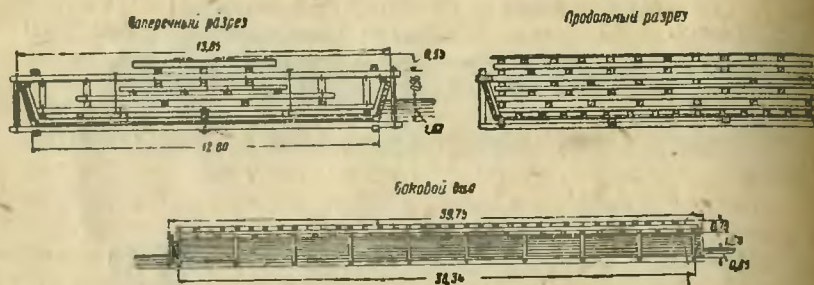
Если применение парового парома через Волгу у Саратова дало весьма удачные результаты и показало полную надёжность такого способа переброски подвижного состава независимо от времени года, то пример эксплуатации железнодорожного парового парома-ледокола на озере Байкал обнаружил, как сказано было выше, недостаточную продуманность и просчёты, подорвавшие то громадное значение Байкальской переправы, которое она должна была иметь на Великом сибирском пути.

Если ширина водного препятствия невелика, то паромная переправа может быть на зиму обращена в сплошную переправу с использованием тех же паромов и добавлением одной или нескольких барж. Таким образом работала зимой переправа через Десну на Новозыбковском подъездном пути нормальной колеи. На этой переправе летом были

в ходу два парома: один из двух барж с тремя путями вместимостью на два вагона каждый и другой из двух спаренных плашкоутов с одним путём посредине на два вагона. На зиму паромы располагались у берегов стационарно, а между ними вводилась дополнительная баржа (фиг. 78 — 80). По такому сплошному наплавному мосту пропусклось в сутки 125 вагонов в каждую сторону.

Для курсирования в битом льду баржи обычной конструкции не могут быть использованы для паромов. Приспособление таких барж к зимним условиям работы заключается в дополнительном подкреплении обшивки и набора корпуса в пределах ватерлинии судна в грузёном и порожнем его состоянии.

В металлических баржах листы бортовой обшивки имеют большей частью толщину 5 мм*. Чтобы предохранить обшивку от вмятин при



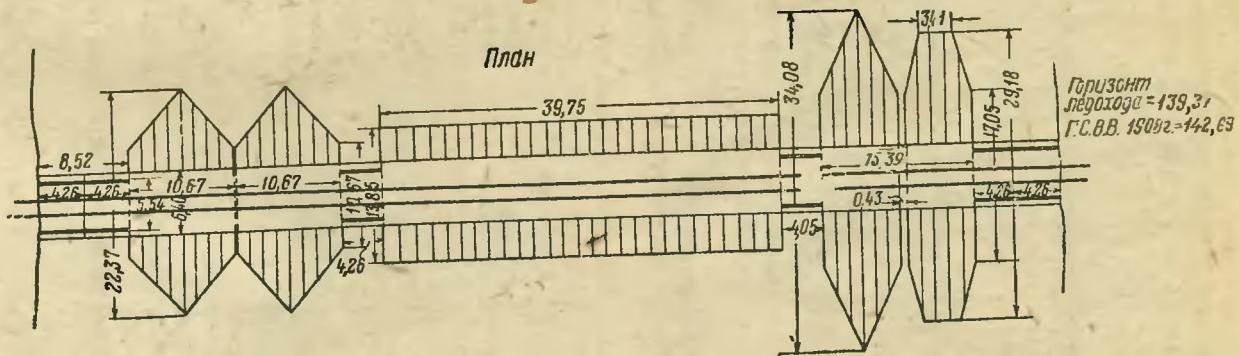
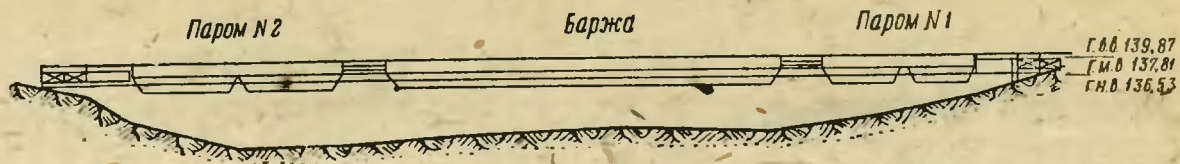
Фиг. 79. Баржа для зимней переправы

нажмем лёд, вводятся дополнительные элементы изнутри между шпангоутами основного набора. Как показано на фиг. 81, а, б, в, ледовое подкрепление баржи водоизмещением 1 600 т, длиной 85 м и шириной 11,9 м предусматривает постановку уголков 75 × 50 × 6 мм между шпангоутами; таким образом, размер шпации в 50 см делится этими уголками пополам; прикрепление уголков к обшивке достигается приваркой прерывистым швом с шагом 15 см.

Усиление обшивки в деревянных баржах может быть произведено различным образом. Покрытие обшивки в носовой части и по бокам металлическими листами в пределах грузовой и негрузовой ватерлинии возможно, но требует особой аккуратности. Для ледового пояса следует брать металлические листы 5—7-мм; они должны прикрепляться к деревянной обшивке потайными болтами диаметром 12 мм на пеньке с суриковой замазкой. Применение ершей диаметром 7 мм между болтами следует признать вредным. Опыт с постановкой ершей на деревянном пароме дал нежелательные результаты, так как из-за пружинности металлических листов ерши плохо держались на своих местах и пропускали воду.

• Вместо металлических листов для ледового пояса можно применять деревянную обшивку толщиной 5 см с прикреплением её болтами.

* Для паромов, предназначенных к плаванию в ледовых условиях, обшивка не должна иметь толщину менее 10—12 мм.



Фиг. 80. Схема расположения баржи и паромов для зимней переправы

9. Достоинства и недостатки различных типов переправ. Пути их развития и улучшения

Основным мерилем эффективности всякой железнодорожной переправы является её пропускная способность. В этом отношении наибольшим достоинством обладает постоянная переправа самоходного типа с продольными паромными путями и передачей вагонов с причала на паром посредством вертикального подъёмника. Местоположение такого подъёмника на пароме или на причале в данном случае не влияет на успешность передачи вагонов, но наличие подъёмника непосредственно на пароме позволяет ограничиться только одним агрегатом, а не двумя на обоих берегах, и использовать силовую энергию от имеющихся на пароме двигателей.

Организация паромных переправ постоянного типа подобно байкальскому или саратовским паромам требует больших затрат времени и средств, необходимых для постройки паромов на судостроительных заводах. В полный комплекс работ по сооружению такого парама входят сборка и монтаж судна на заводе, разборка на отдельные конструктивные элементы, транспортировка последних к месту сооружения переправы, сборка и спуск судна на специально построенной для этой цели верфи или с использованием существующего дока, если таковой имеется в данном водном бассейне.

На ближайший период восстановления железнодорожного транспорта рассчитывать на использование постоянных паромов не представляется возможным.

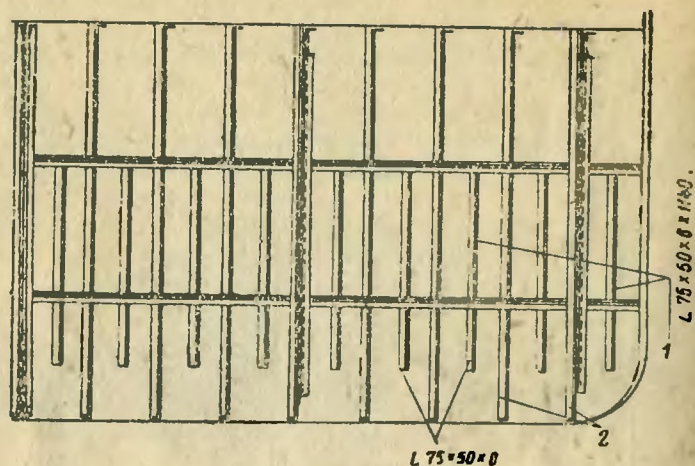
Имеющиеся в СССР несколько паромов работает на действующих переправах на важных участках нашей железнодорожной сети.

Единственным пока решением в организации паромного хозяйства остаётся приспособление существующих судов под несамоходные паромы. Отрицательной стороной такого переустройства следует считать необходимость приспособления разнотипных судов, имеющих различные габариты и недостаточное продольное внутреннее крепление, не отвечающее особенностям железнодорожных нагрузок.

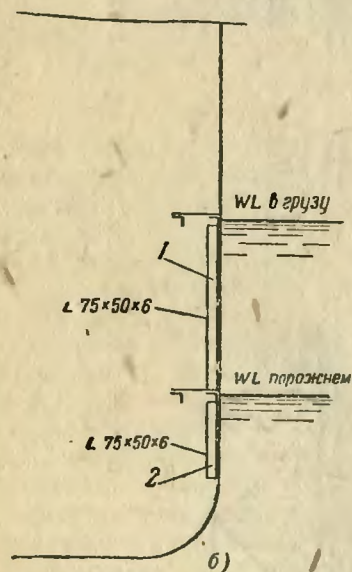
Из этих соображений следует идти по линии изготовления специальных деревянных судов плашкоутного типа, имеющих более простые очертания и доступных для изготовления плотничными мастерами обычной квалификации. Составные элементы такого типа судов могут изготавливаться без труда на строительных базах и собираться на месте сооружения переправы.

Применение плашкоутов прямоугольного очертания в плане с надлежащим внутренним креплением даёт возможность использовать более эффективно палубное пространство и удобно размещать железнодорожные пути.

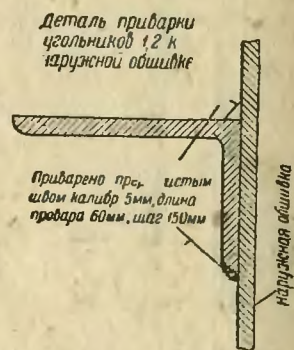
Сравнение рассмотренных выше примеров осуществлённых переправ с продольным и поперечным расположением путей на паромах позволяет высказаться за предпочтительное применение паромов с продольной надвижкой подвижного состава, особенно тогда, когда предстоит использовать крупные суда и когда задана большая пропускная способность.



a)



б)



в)

Фиг. 81. Ледовое подкрепление корпуса металлического парама

Вместе с тем нельзя отказываться и от применения паромов с поперечными путями. Эта система паромов приемлема в тех случаях, когда используются небольшие суда, требующие соединения их в спаренные паромы. Учитывая опыт осуществлённых переправ такой системы, представляется возможным в целях повышения пропускной способности наметить ряд улучшений как в части организационной стороны дела, так и конструктивной.

Большим недостатком в области организации таких переправ следует признать отсутствие должной механизации в подъёме переходных мостиков и перемещении парома вдоль причала. Применение ручных лебёдок для этой цели требует многочисленного обслуживающего персонала, постоянный состав которого на каждом причале распределяется в таком порядке:

а) На подъёме мостиков у четырёх лебёдок	16 чел.
б) На двух лебёдках, стоящих по концам причальной пристани	4 »
в) На смычке путей по двум мостикам	4 »
г) У постели опирания мостиков на пароме	2 »
д) При установке вагонов на пароме, на подкладывании тормозных башмаков, расцепке состава ¹	4-0,5 »
е) На шпильях парома (носовом и кормовом) ¹	0,5-6 »
ж) На причале береговых боцманов	2 »
<hr/>	
Итого: в одну смену на один причал	33 чел.
на два причала	66 »
в сутки	198 »

Кроме этого персонала работают на переправе:

з) Команда парома	8 чел.
и) Команда буксира	20 »
к) Бригады четырёх паровозов	24 »
л) Персонал службы движения	42 »
В том числе:	
дежурные по станции	6 »
связисты	6 »
операторы	6 »
составители	12 »
сцепщики	12 »
м) Персонал службы пути (бригада по 8 чел. на берег для постоянного наблюдения за подъёмными эстакадами, подъёмкой мостиков, состоянием пути на эстакадах и паромах)	48 »
<hr/>	
Итого в сутки	142 чел.

При втором пароме количество обслуживающего персонала увеличивается:

¹ Персонал по пп. «д» и «е» (сверх команды парома) работает только на пароме учтён по каждому причалу в размере 50% своего состава.

По п. «д»	на 12 чел.
» » «з»	» 8 »
» » «е»	» 18 »
» » «и»	» 20 »
<hr/>	
Итого	58 чел.

Технический персонал:

начальники смеи на обоих берегах	6 чел.
железнодорожные диспетчеры	3 »
водные диспетчеры	3 »
<hr/>	
Итого	12 чел.

Всего по переправе с двумя паромами в сутки 410 »

Чтобы уменьшить численный состав персонала, обслуживающего переправу поперечного типа, следует прежде всего механизировать работу лебёдок и шпильей. Для этой цели лучше всего применять редукторные самотормозящие лебёдки с электромоторами по образцу применяемых на шлюзовых кессонных аппаратах.

Для облегчения подъёма мостиков целесообразно использовать противовесы, как это обычно применяют в уравновешенных подъёмниках.

Численный состав персонала, обслуживающего механизированную, самоходную переправу продольного типа с береговыми подъёмниками, значительно меньше по сравнению с поперечной переправой. Распределяется он таким порядком:

На подъёмнике	4 чел.
На смычке путей подъёмника с причалом	4 »
При установке вагонов на пароме, на подкладывании тормозных башмаков	2-0,5 »
На шпильях парома	2-0,5 »
На причале береговых боцманов	2 »
<hr/>	
Итого: в одну смену на один причал	12 чел.
на два причала	24 »
в сутки	72 »

Кроме этого персонала работают на переправе:

Команда парома	8 чел.
» буксира	20 »
Бригада двух паровозов	12 »
Персонал службы движения	30 »
В том числе:	
дежурные по станции	6 »
связисты	6 »
операторы	6 »
составители	6 »
сцепщики	6 »
Персонал службы пути (бригада по 4 чел. в две смены на каждый берег)	16 »
<hr/>	
Итого в сутки	86 чел.

Технический персонал:

начальники смен на обоих берегах	6 чел.
железнодорожные диспетчеры	3 »
водные диспетчеры	3 »

Итого . . . 12 чел.

Всего по переправе в сутки . . . 170 »

Подсчёт обслуживающего персонала по переправе продольного типа произведён, исходя из работы одного паромом с одним буксиром, поскольку пропускная способность такой переправы не будет значительно отличаться от переправы поперечного типа с двумя паромами. В обоих случаях требуется обслуживание переправы силовой станцией при разных, однако, мощностях силовых агрегатов. Если в одном случае они нужны только для электроосвещения, то в другом — для освещения и электроприводов.

Сравнение переправ обоих типов по количеству обслуживающего персонала достаточно убедительно говорит о том, насколько можно сократить это количество при правильном выборе системы и должной механизации всех процессов работы.

Из конструктивных улучшений, которые необходимо предусматривать в дальнейшем проектировании, следует сказать о системе смычки переходных мостиков с путями паромов.

Осуществлённые переходные башмаки, как было сказано выше, требуют некоторого изменения их формы; кроме того, было бы удобнее применить систему смычки путей подобно действующей во всех поворотных кругах для паровозов.

При работе с двумя переходными пролётами, опускающимися на паром поперечного типа, очень часто нарушается точное расстояние между путями мостиков, что объясняется частыми косыми ударами паромом о торцы последних во время причаливания. В результате этого пути эстакады и паром не совпадают, для чего требуется, уложив один мостик на паром и оставив другой в подвешенном положении, передвинуть паром настолько, чтобы получить совпадение осей обоих путей. Для фиксирования расстояния между обоими мостиками была применена трубчатая распорка, шарнирно прикреплённая к вертикальным стенкам обоих пакетов (фиг. 82).

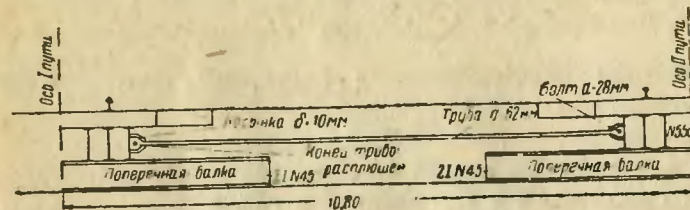
Большое значение в работе переправы имеют прочность и устойчивость причалов. Немаловажную роль играет также надлежащее умение судоводителей маневрировать с таким караваном, как паром с буксиром.

Случаи аварийных навалов паромов на причалы не единичны; неблагоприятный ветер и волна влекут часто за собой повреждения причалов и перебои в нормальной работе переправы. Чтобы предотвратить такие случаи, не следует останавливаться перед затратами на сооружение надёжных крепких причалов. Свайные причалы в этом отношении уступают причалам ряжевым или устроенным из старых специально затапливаемых и заполняемых камнем или песком барж.

Обращаясь к улучшениям в области эксплуатации переправы, сле-

дует упомянуть о сделно-премиальной системе заработной платы обслуживающего персонала. Каждой смене работников переправы должен быть поручен определённый объём переброски вагонов, выраженный в осях подвижного состава. Команда буксира должна получать задание по числу рейсов переправы в смену. За перевыполнение нормального задания работникам переправы, включая бригады службы движения, пути, тяги, лебёdochников на причалах и команд паромов и буксиров, должна начисляться премия по возрастающей шкале.

Одной из эффективных мер, повышающих чёткость в работе переправы, служит использование на ней водных диспетчеров, в обязанность которых входят регулирование всеми пловучими средствами пе-



Фиг. 82. Трубчатая распорка между переходными мостиками

реправы и оперативное руководство всеми судовыми командами. Общее руководство всеми водными ресурсами должен осуществлять начальник флота переправы.

Персонал команд паромов должен быть отобран из опытных водников и специально подготовлен для несения службы. Во главе паромной команды независимо от того, самоходен ли паром или нет, следует ставить опытного капитана, могущего руководить погрузочно-разгрузочными операциями на пароме, следить за их последовательностью, а также вести постоянное наблюдение за общим состоянием судна, его креплением и водотечностью.

В заключение нельзя не коснуться экономической стороны эксплуатации паромной переправы, чего нельзя забывать в том случае, когда по условиям строительных сроков и наличию материальных ресурсов представляется возможным сделать выбор между переправой и мостом — временным или постоянным.

Целесообразность устройства переправы будет обоснована при том условии, когда эксплуатационные расходы по переправе будут меньше таковых при наличии моста.

Эксплуатационные ежегодные затраты по переправе складываются из следующих статей:

- а) текущий ремонт причалов p_3 ;
- б) содержание станционных постов на обоих берегах s_2 ;
- в) содержание маневровых паровозов m ;
- г) содержание паромов, буксиров, ледоколов (включая аренду судов) r ;
- д) обслуживание причалов o .

Строительные затраты на сооружение переправы распределяются по таким статьям:

- а) сооружение причалов p ;
 б) ремонт и приспособление паромов и буксиров r ;
 в) путевое развитие на станциях переправы s .

При $n\%$ погашения затраченного капитала на сооружение переправы стоимость эксплуатации переправы составит в год

$$\mathcal{E}_n = p_s + s_s + m + r_s + o + \frac{n}{100} (p + r + s).$$

Эксплуатационные расходы по мосту при стоимостного сооружения M и содержания в год M_s составляют

$$\mathcal{E}_m = M_s + \frac{n}{100} \cdot M.$$

Экономическая целесообразность переправы будет обеспечена, если

$$\mathcal{E}_n < \mathcal{E}_m.$$

Стоимость переброски одного нормального двухосного вагона при пропускной способности в w_n вагонов в год

$$v_n = \frac{\mathcal{E}_n}{w_n}.$$

Если учесть пропускную способность данного железнодорожного участка при наличии места в w_m вагонов в год, то стоимость передачи одного вагона по мосту составит

$$v_m = \frac{\mathcal{E}_m}{w_m}.$$

В итоге сравнения затрат на передачу вагонов по переправе и по мосту можно окончательно судить о рентабельности того и другого способа переправы на ближайший период эксплуатации.

При выборе величины w_m следует иметь в виду не максимальную, а реальную пропускную способность моста на ближайший период работы.

§ 10. Расчёты грузоподъёмности и устойчивости паромов

Водоизмещение нагруженного паромы Q в тоннах определяется из следующей зависимости:

$$Q = \gamma \mu L B h, \quad (1)$$

где γ — вес 1 m^3 воды (для пресной $\gamma = 1 \text{ т/м}^3$, для солёной $\gamma = 1,025 \text{ т/м}^3$);

m — число судов, входящих в состав паромы;

μ — коэффициент полноты, зависящий от очертания судна и принимаемый в пределах $\mu = 0,65-0,85$;

L — длина судна в m ;

B — ширина одного судна в m ;

h — осадка паромы в грузёном состоянии.

Водоизмещение паромы Q равно собственному весу паромы со всеми устройствами (шуги и надстройка) p и полезной нагрузкой подвижного состава P , откуда

$$P = Q - p. \quad (2)$$

По весу одного грузёного вагона w определяется число вагонов, размещаемых на пароме:

$$n = \frac{Q - p}{w}.$$

Зная осадку паромы в грузёном состоянии, можно найти объём водонепроницаемой надводной части судна, что даёт его запасное водоизмещение.

Полный водонепроницаемый объём судна V должен быть больше водоизмещения Q не менее чем на 25%, что и определяет запас грузоподъёмности паромы.

Проверка устойчивости паромы заключается в расчётах осадок от неравномерной загрузки как в продольном, так и в поперечном направлениях. Получаемые при этом осадки должны обеспечивать минимально допускаемую высоту надводного борта.

Угол крена от продольного или поперечного наклона паромы при неравномерной его загрузке определяется по метацентрической формуле устойчивости

$$\varphi = \frac{M_{кр}}{Q(\rho - a)}, \quad (3)$$

где $M_{кр}$ — момент внешних сил, кренящих судно, в $тм$;

Q — водоизмещение в $т$;

a — расстояние между центром тяжести судна и центром тяжести погруженного в воду объёма;

ρ — метацентрический радиус, вычисляемый из выражения

$$\rho = \frac{I \gamma}{Q},$$

где I — момент инерции площади ватерлинии относительно оси наклона.

При поперечном крене судна относительно продольной его оси определяется малый метацентрический радиус:

$$\rho_{\min} = \frac{\gamma I_{\min}}{Q}. \quad (4)$$

Для плоскодонных речных судов ρ_{\min} может быть принято по эмпирической формуле

$$\rho_{\min} = \frac{B^2}{14 h}, \quad (5)$$

где B — ширина судна по ватерлинии;

h — осадка судна.

Расчёт устойчивости паромы с продольными путями удобно вести по линии влияния для осадки конца судна под действием дифференцирующего момента¹.

¹ См. Н. Тренке, Л. Нагродский и В. Головки. Переброска материалов и подвижного состава через водные преграды. «Война и техника» № 214-215, 1925.

Приближённое решение этой задачи сводится к следующему: расстояние между центром тяжести парама и центром величины может быть выражено согласно фиг. 83 как разность между высотой центра тяжести над днищем парама и половиной осадки судна:

$$a = \beta - \frac{h}{2}.$$

Из выражения (1)

$$h = \frac{Q}{\gamma t_{\mu} LB}.$$

Из выражения (2)

$$Q = P + p,$$

откуда

$$\frac{h}{2} = \frac{P + p}{2 t_{\mu} \gamma LB},$$

или, приняв $2 t_{\mu} \gamma LB = k$, имеем:

$$\frac{h}{2} = \frac{P + p}{k};$$

$$a = \beta - \frac{P + p}{k}.$$

Выражение (3) примет вид:

$$\begin{aligned} \varphi &= \frac{M_{кр}}{(P + p) \left(\frac{l}{P + p} - \beta + \frac{P + p}{k} \right)} = \\ &= \frac{M_{кр}}{l - P\beta - p\beta + \frac{P^2}{k} + \frac{2Pp}{k} + \frac{p^2}{k}} = \\ &= \frac{M_{кр}}{l + \frac{p^2}{k} - p\beta + \frac{P^2}{k} + \frac{2Pp}{k} - P\beta}. \end{aligned} \quad (6)$$

После обозначения через

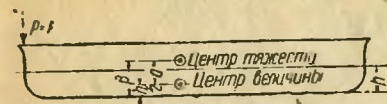
$$n = l + \frac{p^2}{k} - p\beta + \frac{P^2}{k} + \frac{2Pp}{k} - P\beta$$

выражение (6) примет вид:

$$\varphi = \frac{M_{кр}}{n}. \quad (7)$$

Осадка конца парама при подаче подвижного состава на паром или при снятии вагонов с парама складывается из двух величин:

- а) осадки от груза, расположенного посередине;
б) осадки от действия пары сил, из которых одна приложена по середине парама, а другая занимает некоторое положение между концом парама и его серединой (фиг. 84).

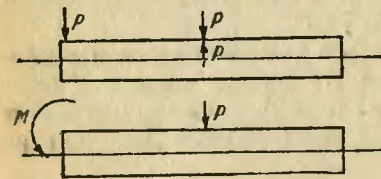


Фиг. 83

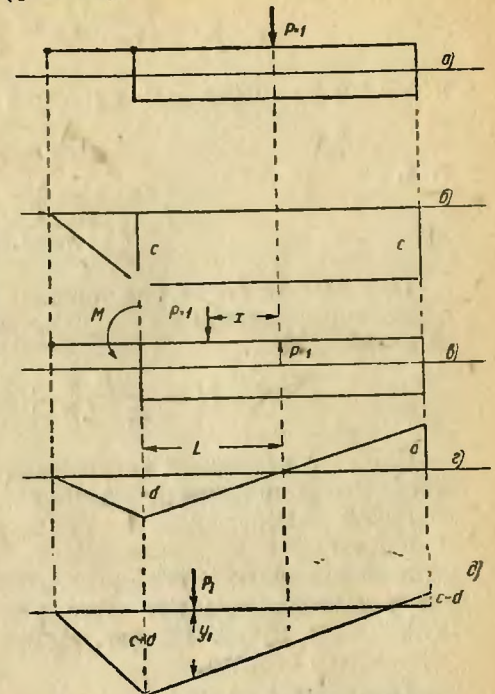
По этим двум [условиям] строятся:

а) линия влияния осадки от груза $P = 1$ (фиг. 85, а' и б), расположенного посередине, с ординатой

$$c = \frac{1}{t_{\mu} \gamma LB} = \frac{2}{k};$$



Фиг. 84.



Фиг. 85. Линия влияния осадки парама

б) линия влияния момента M от пары сил $P = 1$ с плечом, равным x , от середины парама (фиг. 85, в и г); ордината d линии влияния у носа и кормы парама составит согласно выражению (7)

$$\varphi = \frac{M_{кр}}{n} = \frac{d}{0,5L} = \frac{1 \cdot 0,5L}{n},$$

откуда

$$d = \frac{L^2}{4n}.$$

Суммарная линия влияния осадки парама под действием перемещающегося груза, равного единице, строится по алгебраической сумме исчисленных ординат (фиг. 85, д)

$$c + d = \frac{2}{k} + \frac{L^2}{4n}$$

и

$$c - d = \frac{2}{k} - \frac{L^2}{4n}.$$

Наибольшая осадка конца парома при определённых его размерах и соответственно фактической временной нагрузке определится как сумма осадки парома от собственного веса

$$h_p = \frac{P}{m\gamma LB}$$

и осадки от подвижной нагрузки

$$h_p = \sum P_i y_i$$

т. е.

$$h_{\max} = \frac{P}{m\gamma LB} + \sum P_i y_i$$

При высоте борта над днищем парома H и минимальной высоте надводного борта, часто принимаемой 0,50 м, должно быть соблюдено условие

$$H = \frac{P}{m\gamma LB} + \sum P_i y_i + 0,50 \text{ м.}$$

Вместе с проверкой устойчивости парома в продольном направлении необходимо такой же расчёт сделать и для нагрузок, действующих на паром в поперечном направлении.

Кренящий момент возникает от бокового давления ветра и внецентренного размещения подвижного состава по ширине парома. Последнее обстоятельство имеет место, когда на пароме уложено два и более продольных путей. На фиг. 86 показан такой случай расположения подвижного состава.

Кренящий момент

$$M_{кр} = \omega h_2 L \left(\frac{h_2}{2} + \frac{h_1}{2} \right) + Pz,$$

где ω —давление ветра на 1 м² поверхности подвижного состава в m ;

h_2 —высота полосы подвижного состава над уровнем воды в M ;

h_1 —осадка парома в m ; $h_1 = \frac{P+p}{m\gamma LB}$;

P —вес подвижного состава, размещённого на пароме, в m ;

z —расстояние от оси парома до оси крайнего пути в m ;

p —собственный вес парома в m .

Угол крена парома определяется по формуле

$$\varphi = \frac{M_{кр}}{(P+p)(\rho-a)},$$

где

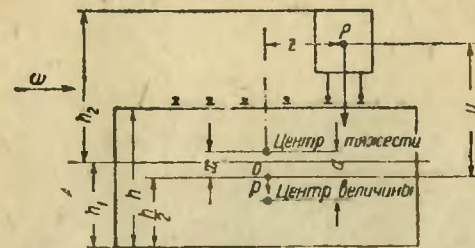
$$\rho = \frac{I\gamma}{P+p},$$

или приближённо

$$\rho = \frac{B^2}{14h_1}; \quad a = \frac{h}{2} + x - \frac{h_1}{2};$$

$$(P+p) \left(x + \frac{h}{2} \right) = P \left(y + \frac{h}{2} \right) + p \frac{h}{2};$$

$$x = \frac{Py}{P+p},$$



Фиг. 86. Расчётная схема загрузки для вычисления крена парома

откуда

$$a = \frac{h-h_1}{2} + \frac{Py}{P+p}.$$

Необходимое условие для устойчивости парома будет соблюдено, когда

$$h \geq h_1 + \varphi \frac{B}{2} + 0,50 \text{ м.}$$

Приспособляемые для паромов баржи большей частью не имеют достаточного прочного продольного крепления. Усиление продольной прочности судна производится путём добавления ферм, расчёт которых для разных положений временной нагрузки удобно производить по линиям влияния для перерезывающей силы и момента.

При помощи линий влияния определяются расчётные моменты и перерезывающие силы, по которым вычисляются усилия в поясах, раскосах и тяжах продольных ферм креплений.

Для проверочных расчётов принимают очертание судна в виде прямоугольника (в продольном разрезе), а ординаты линий влияния вычисляются по следующим формулам:

а) для перерезывающих сил (фиг. 87) в сечении на расстоянии x от правого конца судна:

$$S_A = -\frac{x}{L} \left(1 - 3 \frac{y}{L} \right); \quad S_B = \frac{y}{L} \left(1 - 3 \frac{x}{L} \right);$$

б) для моментов в сечении $x-x$:

$$r_A = -\frac{x^2 y}{L^2}; \quad r_B = -\frac{xy^2}{L^2};$$

$$r_x = \frac{xy}{L} \left(1 - \frac{x^2 + y^2}{L^2} \right).$$

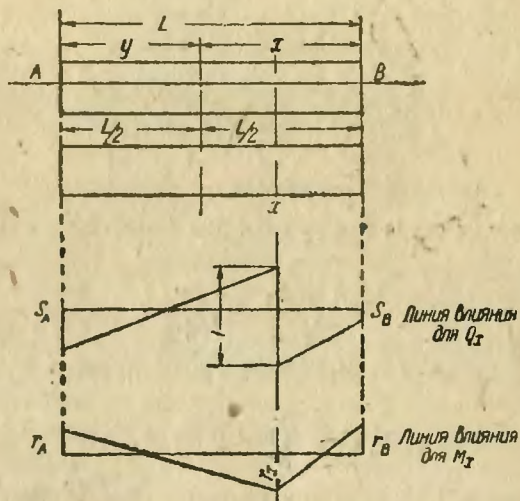
Для линии влияния перерезывающих сил:

а) в сечении по середине судна ($x = y = \frac{L}{2}$):

$$s_A = +0,25; \quad s_B = -0,25;$$

б) в сечении в $\frac{1}{4}$ длины судна ($x = \frac{L}{4}; y = \frac{3}{4}L$):

$$s_A = +\frac{5}{16}; \quad s_B = +\frac{3}{16}.$$



Фиг. 87. Линии влияния для поперечной силы и момента

Для линии влияния моментов:

а) в сечении по середине судна:

$$r_A = -0,125 L;$$

$$r_B = -0,125 L;$$

$$r_{x=\frac{L}{2}} = +0,125 L;$$

б) в сечении в $\frac{1}{4}$ длины судна:

$$r_A = -\frac{3}{64}L;$$

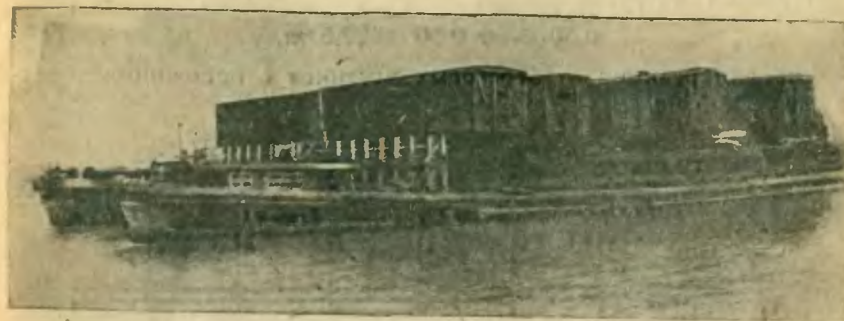
$$r_B = -\frac{9}{64}L;$$

$$r_{x=\frac{L}{4}} = +\frac{9}{128}L.$$

Приведённые выше формулы для проверочного расчёта паромов удобно применять в тех случаях, когда временная нагрузка занимает различные положения по длине судна, что имеет место при пакате подвижного состава вдоль парома.

Когда паром приспособливается для поперечной подвижки вагонов, можно пользоваться методом построения эпюр перерезывающих сил и изгибающих моментов для нескольких частных случаев загрузки парома.

В качестве примера расчёта спаренного парома поперечного типа приводятся данные Транспроекта НКПС по парому с пятью поперечными путями на двух баржах, показанному на фиг. 43 и 88.



Фиг. 88. Деревянный спаренный паром с пятью поперечными путями

Основные размеры барж: $L = 48$ м; $B_n = 10,2$ м (внизу) и $B_v = 12$ м (вверху); $H = 2$ м. Осадка порожней баржи $h_0 = 0,45$ м, грузёной $h = 1,60$ м.

Вес порожней баржи

$$h_0 LB = 48 \cdot 10,2 \cdot 0,8 \cdot 0,45 = 176 \text{ т.}$$

Водоизмещение баржи при $h = 1,60$ м

$$Q = \rho h LB = 48 \cdot 11,5 \cdot 0,8 \cdot 1,60 = 706 \text{ т.}$$

Грузоподъёмность баржи при $h = 1,60$ м

$$P = 706 - 176 = 530 \text{ т,}$$

что составляет на 1 см осадки 4,4 т.

При загрузке парома на четырёх путях, как было предусмотрено проектом¹, вес подвижного состава равен

$$4 \cdot 3 \cdot 30 = 360 \text{ т.}$$

Вес надстройки на пароме и внутреннего крепления 232 т.

На одну баржу приходится

$$0,5 (360 + 232) = 296 \text{ т.}$$

¹ В действительности загружались все пять путей.

Осадка

$$h_{cp} = \frac{296}{4.4} + 0.45 = 1.12 \text{ м.}$$

Площадь ватерлинии для этой осадки исчислена в 461,16 м².

Нагрузки, принятые в расчёте:

а) равномерно распределённая по длине судна от веса надстройки в 2 т/пог. м;

б) сосредоточенные грузы, расположенные над одной фермой (под одной ниткой рельса)¹.

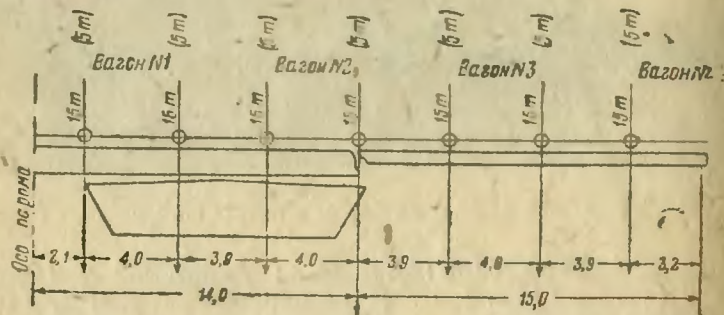
Собственный вес фермы и мостового полотна

$$0.5 \cdot 15 = 7.50 \text{ т.}$$

Вагонная нагрузка

$$0.50 \cdot 3 \cdot 30 \cdot 0.50 = 22.5 \text{ т.}$$

Опорная реакция от береговых мостиков с порожними вагонами на них 13,5 т.



Фиг. 89. Расчётная схема загрузки спаренного паромы

Сосредоточенные грузы считаются распределёнными на ширину полки двутавровой балки (60 см), входящей в состав верхней надстройки паромы.

Нагрузка на паром от переходного мостика определена согласно схеме фиг. 89.

Опорная реакция от загрузки переходного мостика гружёными вагонами

$$A_{op} = \frac{51(15 + 11.1 + 7.1 + 3.2)}{15} = 36 \text{ т.}$$

Опорное давление от собственного веса мостика

$$A_{вес} = 0.5 \cdot 30 = 15 \text{ т.}$$

Суммарная нагрузка на борт паромы

$$A_1 = A_{op} + A_{вес} = 36 + 15 = 51 \text{ т.}$$

¹ В приведённых ниже эпюрах перерезывающих сил и изгибающих моментов учтена эта нагрузка в 7.5 т только под четырьмя путями и ошибочно не принята в расчёт под средним пятым путём.

Опорная реакция от загрузки переходного мостика порожними вагонами

$$A_{op} = \frac{5}{15} (15 + 11.1 + 7.1 + 3.2) = 12 \text{ т.}$$

Суммарная нагрузка на борт паромы

$$A_2 = A_{op} + A_{вес} = 12 + 15 = 27 \text{ т.}$$

Определение усилий в поперечных сечениях паромы производится только от внешней нагрузки (веса надстройки и подвижного состава). Перерезывающие силы и изгибающие моменты от собственного веса паромы равны нулю.

Для определения поперечной силы Q и момента M от внешней нагрузки необходимо построить эпюры их изменения по длине судна для нескольких невыгодных случаев расположения этой нагрузки.

Расчёты и построения производятся в такой последовательности¹.

1. Разбивается длина судна на равные короткие участки (например, по 2 м).

2. Строится эпюра нагрузки P , в которой против каждого сечения отложена ордината, равная интенсивности нагрузки на единицу длины судна. Сосредоточенные силы заменяются сплошной нагрузкой, распределённой на коротком участке; по этой эпюре определяются площади участков между каждыми двумя соседними сечениями.

3. Строится эпюра перерезывающих сил Q_p , в которой последовательные ординаты равны площадям части эпюры нагрузок P , лежащей позади сечения. Последняя ордината равна полной нагрузке на паром P .

4. Строится эпюра давления воды w , соответствующая осадке, при которой водоизмещение равно $V = \frac{P}{\gamma}$, где γ — вес 1 м³ воды. Ординаты этой эпюры равны γf , где f — площади поперечных сечений судна при данной осадке. Определяются площади последовательных участков эпюры.

5. Строится эпюра перерезывающих сил Q_w от давления воды; каждая ордината этой эпюры равна площади части эпюры давления воды w . Последняя ордината эпюры Q_w равна последней ординате эпюры Q_p .

6. Алгебраическая сумма ординат эпюры Q_p и Q_w даёт эпюру перерезывающих сил по длине судна

$$Q = Q_w - Q_p.$$

Определяются площади последовательных участков эпюры Q .

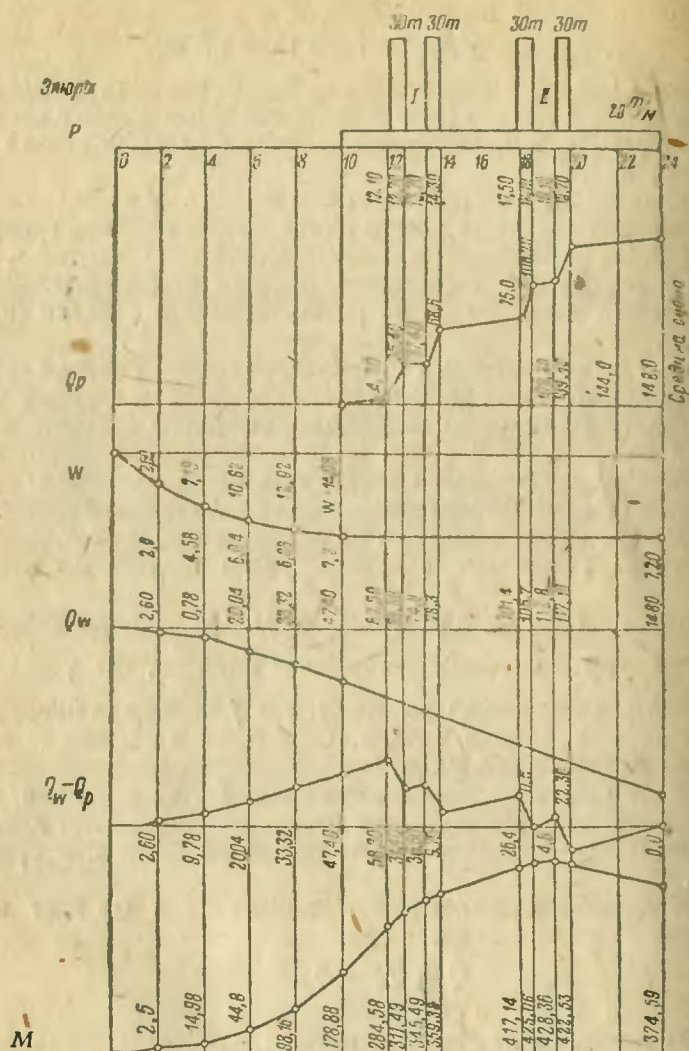
7. Эпюра моментов M строится путём интегрирования эпюры Q ; ординаты её равны площадям позади лежащей части эпюры Q .

В рассматриваемом случае построены эпюры Q и M (на длину, равную половине судна) для четырёх схем загрузки паромы, а именно:

а) паром вне причала; на каждом из путей I, II, IV и V поставлено по 3 вагона (фиг. 90);

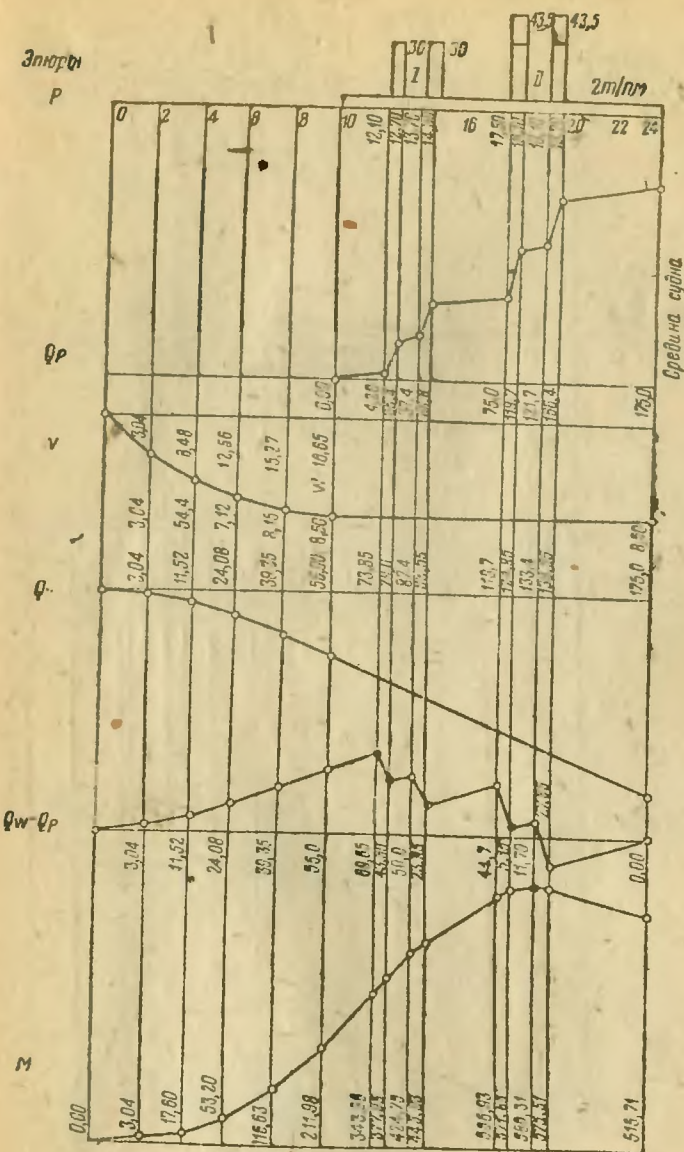
¹ См. А. А. Уманский. Наплавные мосты. 1939.

б) паром, нагруженный 12 вагонами, пришвартован к причальной пристани. Подъемные мостики с прикрытием из порожних платформ опираются на паром (фиг. 91); этот случай рассматривается как комбинация основных и дополнительных сил;

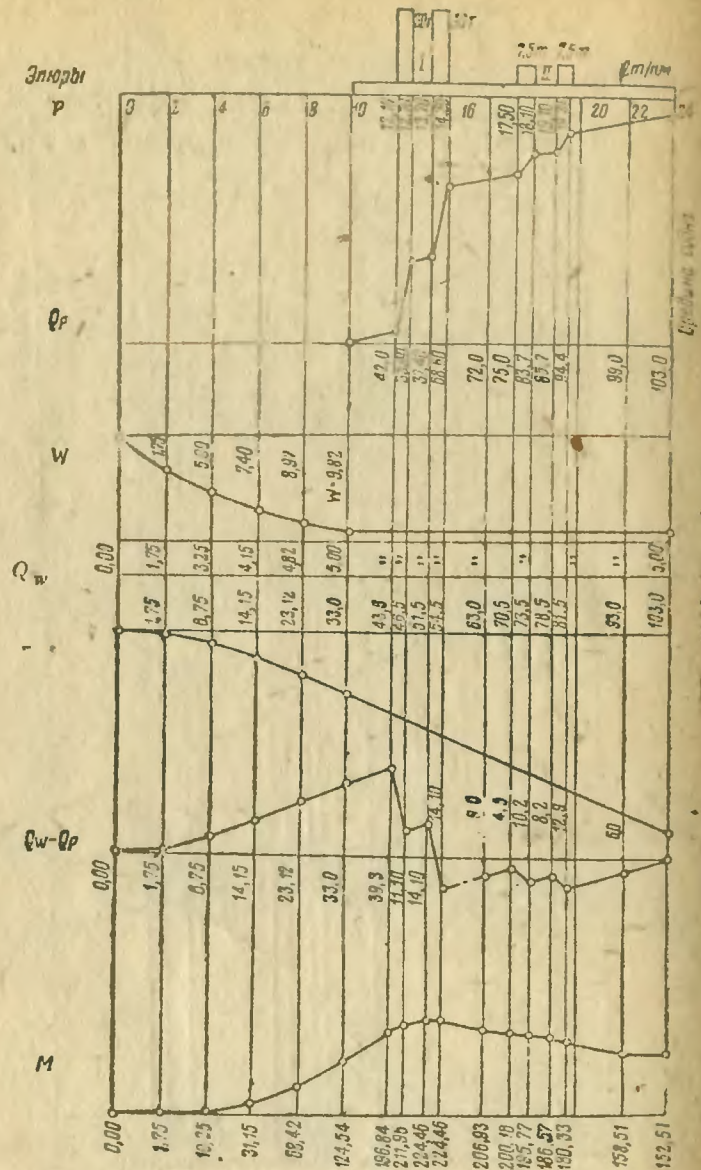


Фиг. 90. Эпюры изгибающих моментов и поперечных сил в корпусе судна при загрузке паром 12 вагонами

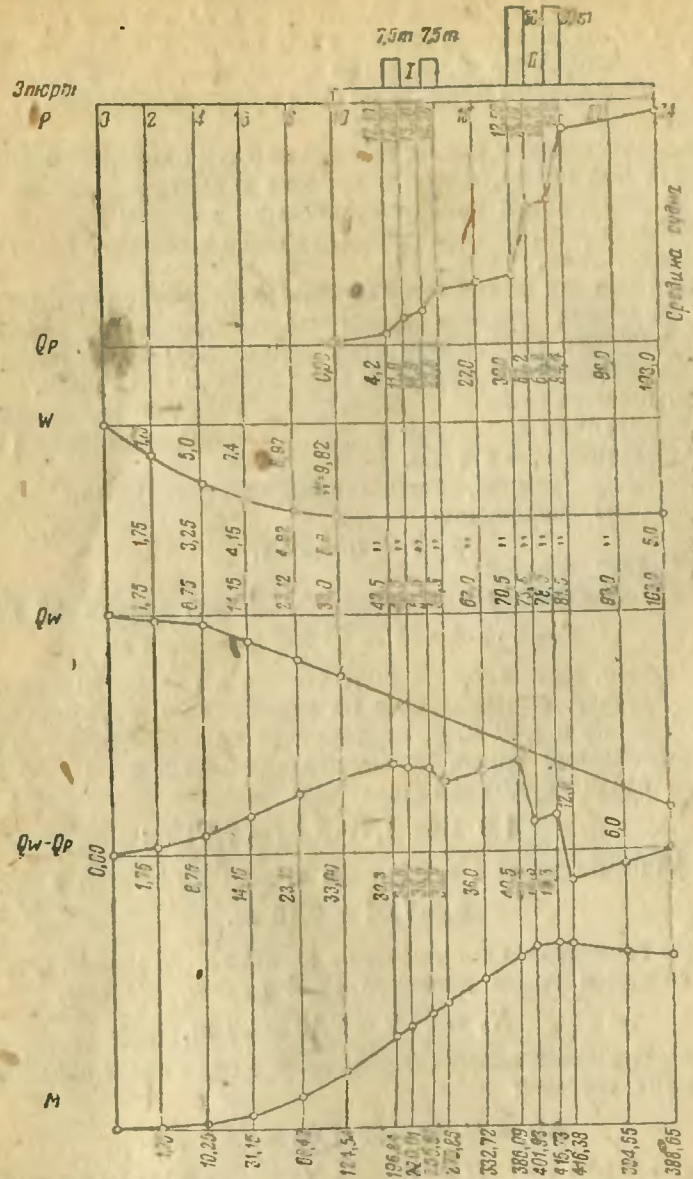
в) паром загружен вагонами, стоящими на I и V путях (фиг. 92);
 г) паром загружен вагонами, стоящими на II и IV путях (фиг. 93).
 Из сопоставления приведенных на фиг 90—93 эпюр Q и M видно, что для случаев действия основных сил наибольшие Q и M будут по



Фиг. 91. Эпюры изгибающих моментов и поперечных сил при загрузке 12 вагонами и береговыми мостиками с порожними платформами



Фиг. 92. Эпюры изгибающих моментов и поперечных сил в корпусе судна при загрузке двух крайних путей паром



Фиг. 93. Эпюры изгибающих моментов и поперечных сил в корпусе судна при загрузке двух средних путей паром

схеме фиг. 90, а при действии основных и дополнительных сил — по схеме фиг. 91.

Когда известны расчётные величины Q и M , следует проверить конструкцию судна, приспособляемого под паром, и выяснить, насколько прочно существующее продольное крепление, иначе говоря, какую долю Q и M способны принять на себя продольные фермы судна до его усиления.

В рассматриваемом случае каждая из двух палубных барж, приспособленных под паром, имела посредине диаметральною ферму с треугольной решёткой; с каждой стороны этой фермы располагались по две третные фермы, состоявшие из верхнего и нижнего поясов со стойками между ними.

Диаметральная ферма без усиления может воспринять изгибающий момент, величина которого ограничивается прочностью стыка её нижнего растянутого пояса; этот стык расположен в расстоянии 2,24 м от середины баржи длиной 48 м или 21,76 м от её края.

Брус, перекрывающий стык, закреплён шестью кольцевыми шпонками с внутренним диаметром $d_{\text{вн}} = 16$ см, шириной кольца $b = 3$ см и его толщиной $c = 0,4$ см.

Продольное усилие, воспринимаемое кольцевыми шпонками, определено из выражения

$$T = nbd_{\text{вн}}\sigma_{\text{см}},$$

где n — число шпонок;

$\sigma_{\text{см}}$ — допускаемое напряжение на смятие, равное 90 кг/см^2 ;

$$T = 6 \cdot 3 \cdot 16 \cdot 90 = 25\,920 \text{ кг} = 25,9 \text{ т.}$$

Кроме того, можно учесть силу трения в плоскости касания двух килевых брусьев, определяемую по реактивному давлению воды. На ширину участка в 1,60 м, переходящего на диаметральною ферму и длину закрепления бруса, перекрывающего стык в 3,92 м, давление воды при осадке судна 1,12 составит

$$1,0 \cdot 1,60 \cdot 1,12 \cdot 3,92 = 7,04 \text{ т;}$$

при коэффициенте трения в 0,3 сила трения выразится в

$$0,3 \cdot 7,04 = 2,10 \text{ т.}$$

Полное горизонтальное усилие от изгибающего момента, воспринимаемое сечением пояса диаметральной фермы, составит

$$N_0 = 25,9 + 2,10 = 28 \text{ т,}$$

а при высоте диаметральной фермы $h_0 = 1,66$ м предельный изгибающий момент составит

$$M_0 = N_0 h_0 = 28 \cdot 1,66 = 46,5 \text{ т.м.}$$

Третная ферма состоит из поясов сечением 20×20 см за вычетом ослабления этого сечения шпонкой и тяжем в 5 см:

$$\omega_{\text{нетто}} = 20 \cdot 20 - 5 \cdot 20 = 300 \text{ см}^2.$$

Судно имеет третные фермы: две высотой $h_1 = 1,62$ м и две высотой $h_{11} = 1,58$ м.

При допускаемом напряжении на изгиб $\sigma = 120 \text{ кг/см}^2$ наибольший изгибающий момент, воспринимаемый третными фермами,

$$M_m = \omega_{\text{нетто}} \sigma (2h_1 + 2h_{11}) = \\ = \frac{300 \cdot 110}{1\,000} \cdot 2(1,62 + 1,58) = 210 \text{ т.м.}$$

Все пять продольных ферм воспринимают предельный изгибающий момент

$$M = M_0 + M_m = 28 + 210 = 238 \text{ т.м.}$$

На фермы усиления придётся разница

$$M_y = 428,36 - 238 = 120,36 \text{ т.м.}$$

Сечение нижнего пояса третной фермы усиления принято $20 \times 20 \text{ см}^2$ с ослаблением трубчатым металлическим нагелем в 40 см^2 :

$$\omega_{\text{нетто}} = 20 \cdot 20 - 40 = 360 \text{ см}^2.$$

Изгибающий момент, воспринимаемый, новыми фермами усиления,

$$M_y = \omega_{\text{нетто}} \sigma (2h_1 + 2h_{11}) = \\ = \frac{360 \cdot 110}{1\,000} \cdot 2(1,62 + 1,58) = 254 \text{ т.м.}$$

Таким образом, пять существующих продольных ферм и четыре новых третных ферм воспринимают

$$\sum M = 46,5 + 210 + 254 = 510,5 \text{ т.}$$

Изгибающий момент от действия основных и дополнительных сил составит $580,31 \text{ т.м.}$

Согласно Основным техническим требованиям ГУВВР НКПС 1942 г. при учёте основных и дополнительных сил допускаемое напряжение $\sigma = 110 \text{ кг/см}^2$ может быть повышено на 20%.

В рассматриваемом случае увеличение допускаемого напряжения составит только

$$\frac{580,31 - 510,5}{510,5} \cdot 100 \approx 14\%.$$

Сечения элементов решётки ферм усиления определяются по максимальной поперечной силе, приходящейся на одно судно, $Q = 58,3 \text{ т.}$ за вычетом поперечной силы, воспринимаемой существующей диаметральной фермой. Последняя определится по прочности прикрепления раскосов к поясам фермы:

$$Q_0 = nbd_{\text{вн}}\sigma'_c,$$

где n — число колец, равное 2;

b — ширина кольца, равная 3 см;

σ'_c — допускаемое напряжение поперёк волокон на части ширины, равное 36 кг/см^2 ;

$d_{\text{вн}}$ — внутренний диаметр кольца, равный 14 см;

$$Q_0 = 2 \cdot 3 \cdot 14 \cdot 36 = 3020 \text{ кг.}$$

На четыре новые третные фермы приходится перерезывающая сила

$$Q_m = Q - Q_d = 58,3 - 3,02 = 55,28 \text{ т,}$$

а на одну ферму

$$\frac{55,28}{4} = 13,82 \text{ т.}$$

В наиболее напряжённом узле под путём I напряжение в металлических тросах диаметром 25 мм третной фермы, поставленных по два в узле, составит

$$\frac{13820 \cdot 4}{2 \cdot \pi \cdot 2,5^2} = 1405 \text{ кг/см}^2.$$

Расчётное усилие в раскосе, наклонённом под углом 45° , определится из выражения

$$Q_p = \frac{13,82}{\sin 45^\circ} = 19,5 \text{ т.}$$

Сечение раскоса принято 18×16 см за вычетом ослабления сечения врубкой для встречного раскоса на глубину 6 см:

$$\omega_{\text{нетто}} = 192 \text{ см}^2.$$

Расчётное напряжение в раскосе

$$\frac{19500}{192} = 102 < 110 \text{ кг/см}^2.$$

Сечения остальных раскосов подобраны таким же путём по эюре перерезывающих сил согласно фиг. 90.

Обе баржи перекрываются надстройкой из двутавровых балок № 55а, поставленных в два яруса. Расчётный пролёт каждой такой балки принят равным расстоянию между диаметрными фермами 16 м.

Расчётный изгибающий момент от загрузки двухосными вагонами по 30 т (фиг. 94)

$$M_e = 37,5 \cdot 8 - 15(7,90 + 3,90) = 122,5 \text{ т.м.}$$

Момент от собственного веса металлической надстройки и мостового полотна в 1,2 т/пог. м

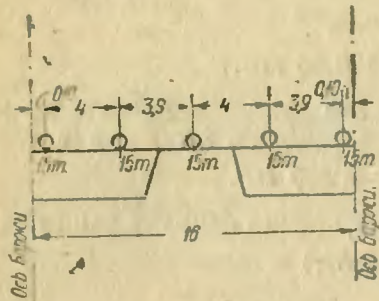
$$M_n = \frac{1,2 \cdot 16^2}{8} = 38,4 \text{ т.м.}$$

Суммарный момент

$$M = M_e + M_n = 160,9 \text{ т.м.}$$

Сечение двух ферм, составленных из балок № 55а, поставленных одна на другую,

$$\omega_{\text{нетто}} = 93500 \text{ см}^2.$$



Фиг. 94. Расчётная схема загрузки поперечной надстройки

Напряжение в балках от изгиба

$$\sigma = \frac{16090000}{93500} = 1720 \text{ кг/см}^2.$$

Проверка пловучести паромы произведена в предположении минимального надводного борта 0,50 м.

Средняя осадка паромы в гружённом состоянии (12 вагонов)

$$h_{cp} = 45 + \frac{281}{4,4} + \frac{360}{2 \cdot 4,4} = 45 + 32 + 41 = 118 \text{ см.}$$

Сухой борт $200 - 118 = 82$ см.

В начальный момент загрузки паромы, когда вагоны, надвигаемые с обоих мостиков, находятся на одной барже, полный вес паромы с временной нагрузкой составит из следующих частных весов:

Вес надстройки и внутреннего подкрепления	281 т
Собственный вес барж до усиления и надстройки $2 \cdot 0,45 \cdot 4,4 =$	396
Вагонная нагрузка, находящаяся на двух путях (на каждом по три оси)	$2 \cdot 3 \cdot 15 = 90$
Опорное давление A_1 от двух мостиков	$2 \cdot 51 = 102$

Итого . . . 869 т

Осадка паромы, считая на 1 см осадки 4,4 т водоизмещения,

$$h'_{cp} = \frac{869}{2 \cdot 4,4} = 99 \text{ см.}$$

Расстояние центра величины от днища судна

$$\frac{99}{2} \approx 50 \text{ см.}$$

Для определения угла крена паромы соответственно рассматриваемому случаю расстояние центра тяжести от днища судна вычисляется по табл. 7.

Таблица 7

Наименование нагрузок	Вес в т	Плечо от днища в м	Моменты в т.м
Корпус судна без дополнительного крепления	396	1	396
Дополнительное внутреннее крепление . . .	70	1	70
Деревянные брусья на палубе для выравнивания постели надстройки	37	2,4	89
Металлическая надстройка	90	3,15	284
Мостовое полотно	84	3,85	324
Вагонная нагрузка	90	5,90	531
Опорное давление от двух подъёмных мостиков	102	3,30	337
Итого . . .	869	—	2031

Расстояние центра тяжести от днища судна

$$\frac{2031}{869} = 2,34 \text{ м.}$$

Расстояние между центрами тяжести и величины

$$a_1 = 2,34 - 0,50 = 1,84 \text{ м.}$$

Площадь ватерлинии при данной осадке

$$F_1 = 450 \text{ м}^2.$$

Степени полноты:

$$\alpha = \frac{F_1}{LB} = \frac{450}{48 \cdot 11,1} = 0,85;$$

$$\mu = \frac{V}{LBT} = \frac{869}{2 \cdot 48 \cdot 11,1 \cdot 1} = 0,81.$$

Метацентрический радиус (по приближённой формуле)

$$r_1 = \frac{B^2}{T} \cdot \frac{(2x+1)^3}{323 \mu} = \frac{11,1^2 (1,7+1)^3}{1 \cdot 323 \cdot 0,81} = 9,1 \text{ м.}$$

Момент инерции площади грузовой ватерлинии относительно продольной оси судна

$$I_0 = r_1 V = \frac{9,1 \cdot 869}{2} = 3950 \text{ м}^4.$$

Момент инерции площади грузовой ватерлинии относительно продольной оси паромы

$$I_1 = 2(I_0 + F_1 r^2) = 2[3950 + 450(2 + 6)^2] = 2(3950 + 28800) = 65500 \text{ м}^4.$$

Поперечный метацентрический радиус паромы

$$r_1 = \frac{65500}{869} = 75 \text{ м.}$$

Поперечная метацентрическая высота

$$r_1 - a_1 = 75 - 1,84 = 73,16 \text{ м.}$$

Кренящий момент

$$M_{кр} = 90 \left(2 + \frac{3,90+5}{2} \right) + 102 \cdot 14 = 545 + 1430 = 1975 \text{ тм.}$$

Восстанавливающий момент

$$M_v = 869 \cdot 73,16 = 63500 \text{ тм.}$$

Угол крена

$$\varphi_1 = \frac{1975}{63500} = 0,031.$$

Погружение одного борта

$$0,99 + 0,50 B \varphi_1 = 0,99 + 0,50 \cdot 28 \cdot 0,031 = 1,42 \text{ м.}$$

Высота надводного борта

$$200 - 142 = 58 \text{ см.}$$

После загрузки двух крайних путей I и V во время надвигки вагонов на пути II и IV высота надводного борта уменьшится.

Полный вес паромы с временной нагрузкой составит

$$869 + 180 = 1049 \text{ т.}$$

Средняя осадка паромы

$$h_{ср} = \frac{1049}{2 \cdot 4,4} = 120 \text{ см.}$$

Расстояние центра величины от днища судна

$$0,5 \cdot 120 = 60 \text{ см.}$$

Расстояние центра тяжести паромы от днища судна определено по табл. 8.

Таблица 8

Наименование нагрузки	Вес в т	Плечо от днища в м	Моменты в тм
Корпус судна без дополнительного крепления	396	1	396
Дополнительное внутреннее крепление	70	1	70
Деревянные бруссы на палубе для выравнивания постели надстройки	37	2,4	89
Металлическая надстройка	90	3,15	284
Мостовое полотно	84	3,85	324
Вагонная нагрузка	270	5,90	1590
Опорное давление от двух подъемных мостиков	102	3,30	337
Итого	1049	—	3090
Расстояние центра тяжести от днища судна		$\frac{3090}{1049} = 2,95 \text{ м}$	

Расстояние между центрами тяжести и величины

$$a_2 = 2,95 - 0,60 = 2,35 \text{ м.}$$

Площадь ватерлинии

$$F_2 = 480 \text{ м}^2.$$

Степени полноты:

$$\alpha = \frac{F_2}{LB} = \frac{480}{48 \cdot 11,3} = 0,89;$$

$$\mu = \frac{V}{LBT} = \frac{1049}{2 \cdot 48 \cdot 11,3 \cdot 1,2} = 0,8.$$

Метацентрический радиус

$$\rho = \frac{11,3^2(1,78 + 1)^3}{1,2 \cdot 323 \cdot 0,8} = 8,9 \text{ м.}$$

Момент инерции площади грузовой ватерлинии относительно продольной оси судна

$$I_0 = \frac{8,9 \cdot 1049}{2} = 5250 \text{ м}^4.$$

Момент инерции площади грузовой ватерлинии относительно продольной оси паромы

$$I_2 = 2(I_0 + F_2 e^2) = 2[5250 + 480(2+6)^2] = 71900 \text{ м}^4.$$

Поперечный метацентрический радиус паромы

$$\rho_2 = \frac{71900}{1049} = 68,50 \text{ м.}$$

Поперечная метацентрическая высота

$$\rho_2 - a_2 = 68,50 - 2,35 = 66,15 \text{ м.}$$

Кренящий момент

$$M_{кр} = 1975 \text{ тм.}$$

Восстанавливающий момент

$$M_в = 1049 \cdot 66,15 = 69400 \text{ тм.}$$

Угол крена

$$\varphi_2 = \frac{1975}{69400} = 0,028.$$

Погружение одного борта

$$1,20 + 0,50 \varphi_2 B = 1,20 + 0,50 \cdot 0,028 \cdot 28 = 1,59 \text{ м.}$$

Высота надводного борта

$$200 - 159 = 41 \text{ см.}$$

Если строго держаться минимальной высоты надводного борта в 50 см, то следует несколько изменить порядок надвигки вагонов с мостиков на паром, соблюдая небольшой интервал времени (1—2 мин.) между отдельными подачами.

Порядок загрузки данного паромы проверялся путём расчёта диферента для разных случаев расположения временной нагрузки на пароме.

Для случая загрузки паромы гружёными вагонами крайнего пути (90 т) и мостиком, на котором расположено прикрытие из порожних вагонов (27 т), диферентирующий момент

$$M_0 = (90 + 27)10,8 = 1280 \text{ тм.}$$

Полный вес паромы с временной нагрузкой на нём

$$P = 2 \cdot 198 + 281 + 30,3 + 27 = 794 \text{ т.}$$

Средняя осадка

$$T_{ср} = \frac{794}{2 \cdot 4 \cdot 4} = 0,90 \text{ м.}$$

Расстояние центра величины от днища судна

$$0,50 \cdot 0,90 = 0,45 \text{ м.}$$

Расстояние центра тяжести от днища судна определено по табл. 9.

Таблица 9

Наименование нагрузок	Вес в т	Плечо от днища судна в м	Момент в тм
Корпус судна	396	1	396
Дополнительное внутреннее крепление	70	1	70
Деревянные брусья на палубе	37	2,4	89
Металлическая надстройка	90	3,15	281
Мостовое полотно	84	3,85	324
Вагонная нагрузка	90	5,90	531
Опорное давление от одного мостика с порожними вагонами	27	3,30	89
Итого	794	—	1783
Расстояние центра тяжести от днища судна		$\frac{1783}{794}$	$= 2,25 \text{ м}$

Расстояние между центрами тяжести и величины

$$a_1 = 2,25 - 0,45 = 1,80 \text{ м.}$$

Ширина баржи при осадке 0,90 м составляет 11,01 м.

Площадь ватерлинии 445 м².

Степени полноты:

$$\alpha = \frac{F}{LB} = \frac{445}{48 \cdot 11,01} = 0,84;$$

$$\mu = \frac{V}{LBT} = \frac{794}{2 \cdot 48 \cdot 11,01 \cdot 0,90} = 0,83.$$

По приближённой формуле продольный метацентрический радиус

$$\begin{aligned} \rho_1 &= (0,008 + 0,077 \alpha^3) \cdot \frac{L^2}{\mu T} = \\ &= (0,008 + 0,077 \cdot 0,84^3) \cdot \frac{48^2}{0,90 \cdot 0,83} = 166 \text{ м.} \end{aligned}$$

Продольная метацентрическая высота

$$\rho_1 - a_1 = 166 - 1,80 = 164,2 \text{ м.}$$

Угол дифферента

$$\varphi_1 = \frac{M_0}{\gamma V(\rho_1 - a_1)} = \frac{1280}{794 \cdot 164,2} = 0,0098.$$

Дифферент судна на нос или корму

$$0,5 \cdot 48 \cdot 0,0098 = 0,235 \text{ м.}$$

Полная осадка нагруженной части парома

$$T = 0,90 + 0,235 = 1,135 \text{ м.}$$

Высота надводного борта

$$200 - 114 = 86 \text{ см.}$$

Для случая загрузки путей I и II при опирании мостика на I пути дифференцирующий момент выразится

$$M_0 = 1280 + 90 \cdot 5,4 = 1766 \text{ тм.}$$

Полный вес парома с временной нагрузкой на нём

$$P = 794 + 90 = 884 \text{ т.}$$

Средняя осадка

$$T_{cp} = \frac{884}{2 \cdot 4,4} = 1 \text{ м.}$$

Расстояние центра величины от днища судна

$$0,50 \cdot 1,0 = 0,50 \text{ м.}$$

Расстояние центра тяжести от днища судна определено по табл. 10.

Таблица 10

Наименование грузов	Вес в т	Плечо от днища судна в м	Момент в тм
Вес парома с внутренним креплением надстройкой, мостовым полотном	677	1,72	1163
Вагонная нагрузка	180	5,90	1062
Опорное давление от одного мостика	27	3,30	89
Итого	884	—	2312
Расстояние центра тяжести от днища судна	$\frac{2312}{884}$	$= 2,62 \text{ м}$	

Расстояние между центрами тяжести и величины

$$a_2 = 2,62 - 0,50 = 2,12 \text{ м.}$$

Ширина баржи при осадке 1,0 м составляет 11,1 м.

Площадь ватерлинии 450 м².

Степени полноты:

$$\alpha = \frac{450}{48 \cdot 11,1} = 0,84;$$

$$\mu = \frac{884}{2 \cdot 48 \cdot 11,1 \cdot 1} = 0,83.$$

Продольный метацентрический радиус

$$\rho_2 = \frac{166 \cdot 0,90}{1,0} = 149 \text{ м.}$$

Продольная метацентрическая высота

$$\rho_2 - a_2 = 146,88 \text{ м.}$$

Угол дифферента

$$\varphi_2 = \frac{M_0''}{\gamma V(\rho_2 - a_2)} = \frac{1766}{884 \cdot 146,88} = 0,0136.$$

Дифферент судна на нос или корму

$$0,5 \cdot 48 \cdot 0,0136 = 0,328 \text{ м.}$$

Полная осадка нагруженной части парома

$$T = 1,0 + 0,328 = 1,328 \text{ м.}$$

Высота надводного борта

$$200 - 133 = 67 \text{ см.}$$

Действие ветровой нагрузки в рассматриваемом случае незначительно.

Кренящий момент при давлении ветра 100 кг/м² определен в табл. 11.

Таблица 11

Наименование подветренных элементов	Площадь давления в м ²	Сила давления ветра в т	Высота центра давления над центром величины в м	Момент в тм
Надводный борт 1,10 × 48	52,8	5,28	1,15	6,10
Надстройка 1,9 × 48	91	9,1	2,65	24,20
Подвижной состав 3,6 × 3 × 4	43	4,3	5,70	24,50
Итого	—	—	—	54,80

При восстанавливающем моменте

$$M_e = 63500 \text{ тм.}$$

Угол крена от ветра

$$\varphi_e = \frac{54,8}{63500} = 0,00086.$$

Погружение одной баржи парома от ветра

$$h_e = 0,50 \text{ В} \varphi_e = 0,5 \cdot 11,1 \cdot 0,00086 = 0,0048 \text{ м} \approx 5 \text{ мм.}$$

Дифференцирующий момент при давлении ветра 100 кг/м^2 определён в табл. 12.

Таблица 12

Наименование подветренных элементов	Площадь давления в м^2	Сила давления в т	Высота центра давления в м	Момент в тм
Надводный борт $1,35 \times 28$	38,0	3,8	1,12	4,3
Надстройка $1,9 \times 28$	53,2	5,32	2,75	14,6
Подвижной состав 3×24	72	7,2	5,80	41,7
Итого	—	—	—	60,6

Угол дифферента от действия ветра

$$\varphi_{\sigma} = 0,0098 \cdot \frac{60,6}{1280} = 0,000465.$$

Дифферент на нос или корму

$$0,5 \cdot 48 \cdot 0,000465 = 0,011 \text{ м} \approx 11 \text{ мм}.$$

После произведённых расчётов пловучести парома окончательно устанавливаются схема его погрузки и разгрузки и последовательность подачи подвижного состава.

Как видно из приведённого расчёта, при загрузке четырёх путей из пяти остаются ещё некоторые запасы пловучести и грузоподъёмности. На практике это было учтено, и вместо 12 вагонов паром загружался на все пять путей.

5 руб.

