

**РОСЖЕЛДОР**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Ростовский государственный университет путей сообщения»**  
**(ФГБОУ ВО РГУПС)**

---

Н.В. Хамидуллина, А.А. Ревякин

**СОДЕРЖАНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ МОСТОВ И ТОННЕЛЕЙ**

Учебно-методическое пособие  
к практическим занятиям по дисциплине  
«Содержание и реконструкция мостов и тоннелей»

Ростов-на-Дону  
2017

УДК 624.21(07) + 06

Рецензент – кандидат технических наук, доцент А.Ю. Богатина

**Хамидуллина, Н.В.**

Содержание и реконструкция мостов и тоннелей: учебно-методическое пособие для практических занятий по дисциплине «Содержание и реконструкция мостов и тоннелей» / Н.В. Хамидуллина, А.А. Ревякин; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 34 с.

Реконструкция моста — изменение в процессе его эксплуатации некоторых основных характеристик, таких, как грузоподъемность, конструкция мостового полотна, габариты, число путей, отверстия и др. При планировании и выполнении реконструкция мостов предусматривают минимальные нарушения графика движения поездов с окончанием работ в установленные сроки.

Предназначено для студентов специальности «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей», выполняющих практические занятия.

Одобрено к изданию кафедрой «Изыскания, проектирование и строительство железных дорог».

© Хамидуллина Н.В., Ревякин А.А., 2017

© ФГБОУ ВО РГУПС, 2017

## **Введение**

В состав работ по содержанию мостовых сооружений включаются:

1. Надзор - состоящий из определенной системы наблюдения с целью своевременного обнаружения повреждений и дефектов, снижающих транспортно-эксплуатационные качества сооружения, или предупреждения возможности возникновения этого явления;
2. Уход - комплекс работ, обеспечивающий чистоту элементов и их опрятность, что снижает вероятность скорого зарождения дефектов и обеспечивает эстетические качества сооружения;
3. Профилактика - обеспечивает устранение небольших дефектов на стадии, когда они не являются опасными для сооружения по грузоподъемности, безопасности движения и долговечности и требуют для их устранения минимальных затрат (износ элементов сооружения не превышает 10%);
4. Планово-предупредительный ремонт (ППР) - обеспечивает устранение дефектов на ранней стадии износа элементов сооружения (до 25%) при относительно малых денежных затратах.

## Содержание

1.Надзор за железнодорожными мостами и их ремонт. Правила содержания осмотр и испытания железнодорожных мостов.....	5
2.Ознакомление с бланковой документацией по содержанию искусственных сооружений.....	9
3.Изготовление железобетонных пролетных строений на мостовом заводе. Установка на место.....	10
4.Определение грузоподъёмности балки старого металлического пролётного строения методом классификации.....	13
5.Расчёт усиления раскоса старого металлического моста.....	19
6.Расчет металлического балочного пролетного строения со сплошными стенками и ездой понизу.....	22
Библиографический список.....	34

**Практическое занятие № 1 (2 часа). «Надзор за железнодорожными мостами и их ремонт. Правила содержания осмотр и испытания железнодорожных мостов»**

Надзор включает: постоянный надзор, текущие, периодические и специальные осмотры(обследования) и, при необходимости, испытание сооружения. Все эти работы проводят согласно «Инструкции по проведению осмотров мостов и труб» (ВСН 4-90), или других документов, ее заменяющих.

Перечень основных работ по содержанию сооружений представлен в «Классификации работ по содержанию мостовых сооружений».

Эта классификация базируется на делении мостового сооружения на четыре его основные части (мостовое полотно, пролетное строение, опоры и подмостовое пространство, включая регулиционные сооружения), каждая из которых, также подразделяется на отдельные элементы увязанные с существующим «Банком данных по мостовым сооружениям» («МОНСТР»).

Работы по уходу за сооружениями отнесены к группе, так называемых, нормативных (обязательных) работ, т.е. работ, которые выполняют на всех сооружениях постоянно в течение года (сезона). Работы нормативного (обязательного) содержания направлены, прежде всего, на поддержание сооружения в чистоте, обеспечение безопасности движения и являются обязательными независимо от типа и состояния сооружения и выполняются регулярно в соответствии с установленной периодичностью.

Нормативные (обязательные) работы оплачиваются по соответствующим установленным нормативам. Определенный уровень требований позволяет в любое время оценить качество выполнения нормативных работ по содержанию мостовых сооружений.

Периодичность работ по уходу за мостовыми сооружениями определяется действительными условиями эксплуатации и состоянием элементов конструкций и может колебаться от ежедневных работ до еженедельных и реже. Средние значения периодичности этих работ учитываются при определении денежных нормативов.

Работы выходящие за рамки нормативного (обязательного) содержания, и выполняемые при возникновении необходимости в них являются дополнительными (сверхнормативными) работами по содержанию мостового сооружения. Условно, эти работы делятся на профилактические работы и работы ППР.

Работы, отнесенные к профилактике, выполняются в течение всего срока службы сооружения с периодичностью 1-5 лет.

Планово-предупредительный ремонт (ППР), в зависимости от степени износа элементов осуществляют с периодичностью 5-10 лет.

В среднем, удельные денежные затраты на работы по содержанию для соответствующих уровней видов работ составляют:

при уходе - 1,2-1,5%;

при профилактике - 5-12%;  
при ППР - 25-45%.

При этом наименьшие значения затрат на уход, профилактику и ППР относятся к молодым сооружениям (срок эксплуатации не превышает 10 лет), общий износ которых составляет не более 10%. Наибольшие затраты на профилактику и ППР приходятся на сооружения, эксплуатируемые более 25 лет, и имеющие общий износ 25% и более.

При необходимости, по отдельным сооружениям в составе «нормативных» работ, по согласованию с заказчиком, может быть отнесена часть работ по профилактике, на которые должны быть установлены соответствующие нормативы денежных затрат.

Ремонт -восстановление первоначальных транспортно-эксплуатационных качеств сооружения, восстановление несущих конструкций (на основе изысканий и проектно-сметной документации) (15-30 лет).

Реконструкция - улучшение первоначальных транспортно-эксплуатационных качеств сооружения (на основе изысканий и проектно-сметной документации) (при необходимости).

Перестройка- строительство нового сооружения взамен старого (при необходимости).

Таблица 1.1- Назначение и состав работ по содержанию мостов

Вид работ	Назначение	Состав работ	Периодичность
1	2	3	4
Надзор:	Оценка состояний сооружения		
1. Технический учет	Необходим для определения состояния и степени износа каждого сооружения	Ведение технической документации, в состав которой входят: книга искусственного сооружения, карточка моста, акты обследований, а также проектная и исполнительная документация	Регулярно, незамедлительно после каждого осмотра или ремонта
2. Осмотр и диагностика	Выявление состояния сооружения, изучение его работы, планирование ремонтов.	Визуальные, инструментальные осмотры, исследования прочностных и деформативных качеств конструкций и материалов	По нормативам
Уход	Поддержание сооружений в надлежащем состоянии	Оперативное устранение небольших повреждений, влияющих на безопасность движения. Очистка всех элементов конструкций и подходов от снега, грязи, мусора и т.д. Работы по организации пропуска ледохода, паводковых вод.	Постоянно в течение года.
Профилактика	Предупреждение появления повреждений и дефектов	Профилактика бетонных поверхностей (герметизация трещин, гидрофобизация, окраска). Профилактика металлических и сталежелезобетонных пролетных строений (подтяжка болтов, нейтрализация трещин в балках, локальная подкраска металлических поверхностей). Устройство сливов на подферменных площадках. Заливка мастики деформационных, швов и др. профилактические работы на проезжей части. Профилактика фасадов.	1-5 лет
Планово-предупредительный ремонт (ППР)	Предупреждение повреждения несущих конструкций (устранение появившегося износа элементов) по ведомости дефектов	Ремонт отдельных элементов мостового полотна (покрытия, тротуаров, ограждений и деформационных швов). Восстановление поверхности опор, пролетных строений, ремонт узлов сопряжения мостов с насыпью и регуляционных сооружений. Ремонт смотровых обустройств. Локальный ремонт гидроизоляции. Сплошная окраска пролетных строений.	5-10 лет
Ремонт	Восстановление первоначальных транспортно-эксплуатационных качеств сооружения, восстановление несущих конструкций (на основе проектно-сметной документации)	Ремонт и восстановление несущих конструкций, усиление и замена элементов, перекладка переходных плит, ремонт (замена) гидроизоляции по всей площади моста.	10-15 лет
Реконструкция	Улучшение первоначальных транспортно-эксплуатационных качеств сооружения (на основе изысканий и проектно-сметной документации)	Усиление элементов, уширение, изменение статической схемы увеличения подмостового габарита	При необходимости

Проведены исследования по сравнению различных схем содержания. Сопоставлялись варианты:

- содержание без ухода за сооружением (до предельного износа с последующей заменой моста);
- в процессе содержания проводятся только ремонтные работы (мост эксплуатируется без ухода до предела работоспособности элементов и сооружения в целом);
- проводится только планово-предупредительный ремонт;
- проводится только уход или только профилактика;
- организован постоянный уход с периодическим выполнением ремонта;
- в процессе содержания выполняются все необходимые работы по содержанию;
- проводятся работы по содержанию с периодическим ремонтом или НПР.

Сопоставление вариантов проводилось по удельным показателям затрат (годовых), полученных как сумма всех затрат за период содержания до полной замены, деленная на предельный срок службы. Сопоставление удельных затрат показало, что наиболее экономичными схемами эксплуатации являются схемы, предусматривающие выполнение работ по содержанию (уход, профилактика) или по содержанию с планово-предупредительными эпизодическими работами. Отсутствие ухода и профилактики требует более капитальных вложений на реновацию или более частых работ по ремонту (планово-предупредительный ремонт и ремонт). Проведение всех работ по содержанию моста с момента постройки приводит к увеличению долговечности (срока службы) на 10 - 40 лет. В частности постоянный уход увеличивает предельные сроки эксплуатации с 30 до 40 лет, а уход с профилактикой до 70 лет. При этом затраты на содержание минимальные. В то же время отсутствие ухода заставляет вкладывать большие средства в восстановительные работы при значительно меньшем выигрыше в сроке службы.



Практическое занятие №2.(4 часа) «Ознакомление с бланковой документацией по содержанию искусственных сооружений»

Техническому учету подлежат все искусственные сооружения на автомобильной, железной дороге. Работы по техническому учету ведутся мастером. По договорам к техническому учету могут привлекаться специализированные организации. В документы технического учета ежегодно вносят, изменения по состоянию на 1 января.

Таблица 1.2-Состав документации по техническому учету

Документация .	Область применения	Содержание
1	2	3
Карточка на Мост (путепровод)	На все сооружения	Общие сведения: - о мосте - о пролетных строениях
Паспорт моста	Мосты на федеральных дорогах	- об опорах - о регулиционных сооружениях - о подходах - об охране
Ведомость наличия и технического состояния мостов и путепроводов	-«-	- местоположение сооружения; - сроки и виды ремонтных работ, выполненных на сооружении; - техническая характеристика сооружения; - оценка состояния сооружения
Отдельная книга моста	Для мостов длиной более 100 м железобетонных и сталежелезобетонных	Местоположение моста; данные о грузоподъемности; длительные ограничения движения; происшествия на мосту; осмотры и ремонты: - мостового полотна - пролетных строений - опор - регулиционных сооружений наблюдения за дефектами моста (по элементам); ремонтные элементы; профили промеров русла и планы их расположения; замечания и распоряжения по содержанию и ремонту.
Общая книга	Для малых и средних мостов	На каждый мост выделяется несколько страниц и заполняются они аналогично разделам отдельной книги моста.
Дискета для автоматизированной работы на компьютере	На все сооружения	Общие сведения о сооружениях (банк данных) и программы по работе с банком данных

Документы оформляются в 2-х экземплярах, а карточки в 5 экземплярах. Заполнение документации производится мостовым мастером. Первый экземпляр документации вместе с 4-мя экземплярами карточек на мосты пересылаются в дорожное управление.

Книги должны ежегодно просматриваться руководителем дорожного подразделения с отметкой о просмотре.

Практическое занятие №3. (4 часа) «Изготовление железобетонных пролетных строений на мостовом заводе. Установка на место»

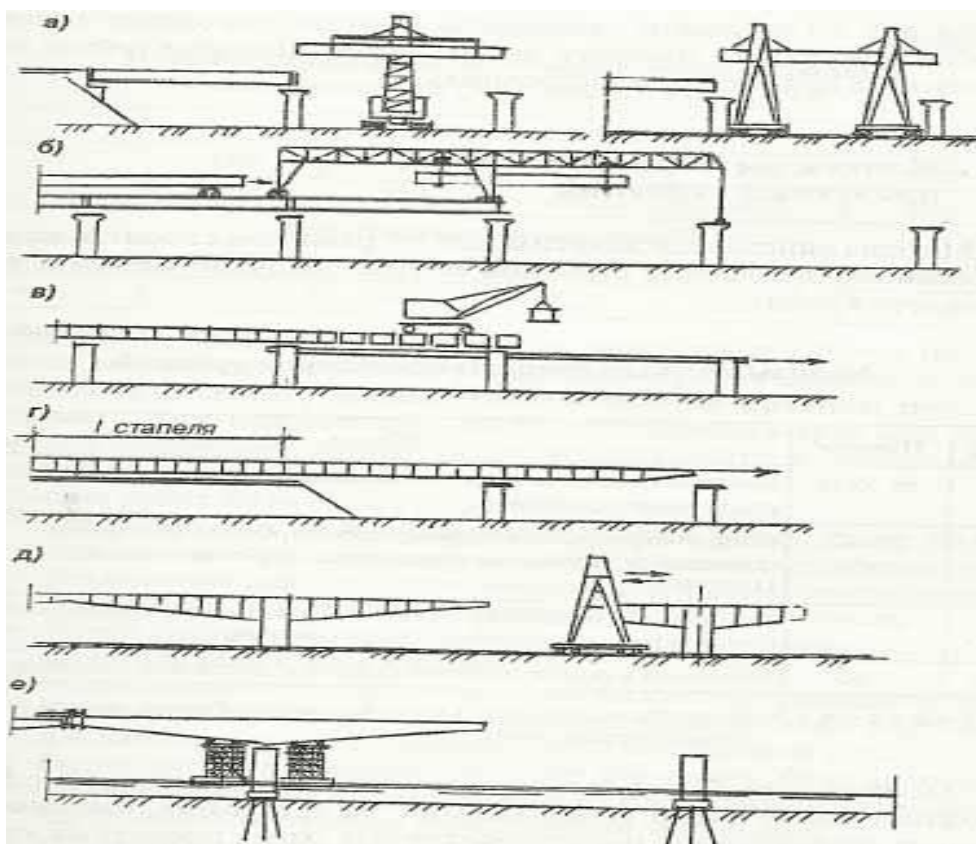


Рис. 1.1 – Технологии монтажа пролетных строений из сборного железобетона: а – монтаж балок с земли; б – монтаж балок со смонтированного пролетного строения; в – монтаж неразрезных балок на перемещающихся подмостях; г – продольная надвигка неразрезного пролетного строения; д – навесной монтаж; е – наплавной монтаж пролетного строения секциями («птичками»)

**Технологии монтажа пролетных строений из сборного железобетона**

- Монтаж железобетонных балок пролетных строений
- Монтаж неразрезных пролетных строений ПРК на перемещающихся подмостях
- Продольная надвигка неразрезных пролетных строений из сборного железобетона
- Навесной монтаж железобетонных пролетных строений мостов больших пролетов рамной и балочно–неразрезной системы
- Краны для навесного монтажа железобетонных пролетных строений коробчатого сечения

- Особенности навесной сборки железобетонных балочных пролетных строений неразрезной системы
- Наплавной монтаж секций железобетонных пролетных строений
- Особенности сооружения арочных мостов и мостов комбинированной системы из сборного железобетона
- Технологии монтажа мостовых сборных конструкций были основательно освоены за 1950–1980 годы, что инициировала государственная политика, направленная на развитие сборного железобетона.
- На (рис. 1.1) показаны технологии монтажа городских мостовых сооружений из сборного железобетона, которые сейчас используют в практике мостостроения.

Состав работ по монтажу железобетонных балок:

- доставленные на стройплощадку балки разгружают, тщательно осматривают (при наличии дефектов представляют рекламации заводу–изготовителю) и временно закрепляют на складе (во избежание падения и поломки);
- балки подготавливают к монтажу (обустраивают строповочными приспособлениями);
- подготавливают опоры к монтажу балок: обстраивают подмостями с перильным ограждением; подвешивают лестницы, заготавливают элементы крепления балок и т. п.;
- балки подают к монтажному крану (например, балковозом);
- устанавливают на опоры, выверяют положение и временно закрепляют, например, деревянными подкосами;
- окончательно закрепляют балки (например, сваркой выпусков арматуры плиты).

Строповка балки осуществляется стропами или траверсой (рис. 1.2).

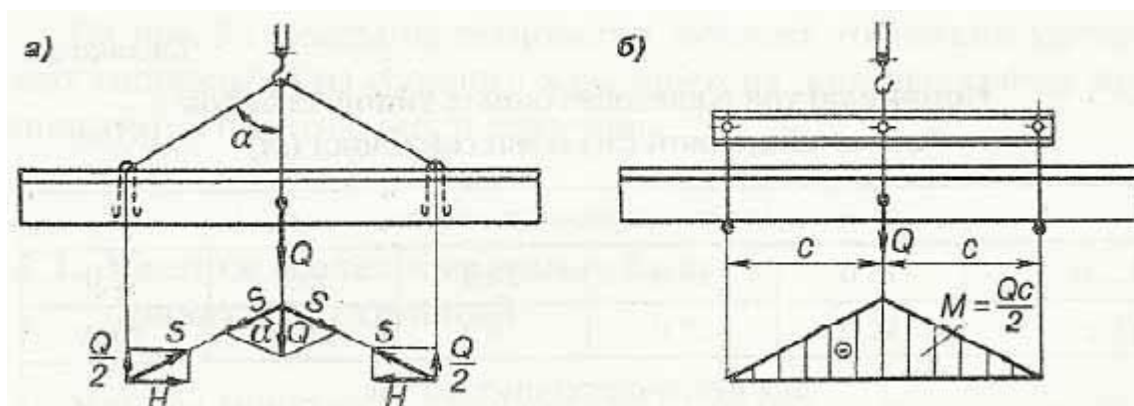


Рис. 1.2 – Строповка балок и усилия в строповочных элементах: а – при строповке тросом; б – траверсой

Канат стропа подбирают по разрывному усилию  $S_p$ . Сначала методом вырезания узлов определяют величину усилия в стропе  $S$ . Затем определяют разрывное усилие по формуле

$$S_p = SK, \text{ тс,}$$

где  $K$  – коэффициент запаса, для стропов равен 6–8.

При известном типе троса по величине  $S_p$  определяют диаметр стропа в соответствии с таблицей, приведенной в ГОСТе на тросы. Например, усилию  $S_p = 69,8$  тс соответствует диаметр троса 39,8 мм.

Из (рис. 1.2, а) видно, что усилие  $S$  в стропе тем больше, чем меньше угол наклона стропа к горизонту. Поэтому этот угол не должен быть меньше  $45^\circ$ . При меньшем угле наклона на плиту балки передается большее сжимающее усилие.

Для применения стропов нужна большая высота подъема крюка и значительная длина стрелы крана. Траверсы в виде металлических балок не требуют этого. Сжатие на железобетонную балку не передается, но в самой траверсе возникает изгибающий момент (рис. 1.2, б). К тому же она снижает грузоподъемность крана на величину собственного веса и увеличивает расход металла. Поэтому для применения траверсы нужно обоснование.

## Практическое занятие №4.(6 часов)«Определение грузоподъемности балки старого металлического пролётного строения методом классификации»

### - Сущность метода классификации

Мосты на сети железных дорог, как указывалось, разнообразны и отличаются по годам постройки и нормам расчета. В связи с этим, а также в силу того, что подвижные нагрузки от поездов весьма разнообразны, при обращении их по мостам неизбежно приходится решать задачу о возможности и условиях их пропуска. В практике эксплуатации моста нередко возникает необходимость решения задачи и о пропуске вводимых в обращение или перспективных более тяжелых нагрузок. Раньше такого рода задачи каждый раз решали прямым перерасчетом пролетных строений и опор. Грузоподъемность является одной из основных характеристик, определяющих режим эксплуатации мостов

Под режимом эксплуатации понимают величину и характер подвижной нагрузки, скорость движения и частоту обращения, а также условия торможения на мосту. Правилами технической эксплуатации железных дорог России предусматривается классификация мостов по грузоподъемности. Классификацию металлических мостов и установление режима их эксплуатации производят на основании указаний Руководства по определению грузоподъемности металлических пролетных строений железнодорожных мостов 1965 г. Классификации подлежат все металлические пролетные строения, кроме рассчитанных под нагрузки норм 1931 г., поскольку их классы известны при проектировании. Практически классифицировать приходится металлические пролетные строения, построенные по нормам до 1907 г. включительно, а также облегченные конструкции, запроектированные по более поздним нормам. Грузоподъемность железобетонных мостов ввиду отсутствия официальных указаний оценивают прямым расчетом по действующим нормам проектирования новых железобетонных мостов. В расчетах принимают прочностные характеристики бетона пролетных строений, определяемые, как правило, неразрушающими методами. Руководство 1965 г. имеет в виду методику расчета по допускаемым напряжениям в связи с тем, что до сих пор не накоплены необходимые данные для перехода на методику расчета по предельным состояниям.

В соответствии с требованиями «Правил технической эксплуатации железных дорог РФ» все мосты железнодорожной сети классифицируются по грузоподъемности с целью определения условий пропуска различных поездных нагрузок и решения вопросов об усилении, ремонте или реконструкции их.

В настоящее время разработана и широко применяется единая методика расчета грузоподъемности металлических пролетных строений, основанная на принципе классификации грузоподъемности по методу предельных состояний.

Практическая реализация расчетов грузоподъемности на основании руководства не встречает трудностей. В то же время из-за ограничений по объему в ней отражен ряд вопросов, относящихся к оценке грузоподъемности пролетных строений со сплошными главными балками. К ним следует отнести

следующие: учет степени коррозии элементов главных балок, расчеты усиления главных балок по видам проверки их грузоподъемности, расчеты грузоподъемности после усиления, оценка усталостного ресурса.

Целью настоящего пособия является пояснение статических приемов и решений по различным формам расчета грузоподъемности и усиления пролетных строений со сплошными главными балками.

В пособии, где это необходимо, изложены исходные предпосылки расчетов, принятые при этом допущения, показана связь расчетных формул с работой конструкций пролетных строений по видам напряженного состояния. В пособие включены необходимые справочные материалы, а также конструктивные решения, позволяющие решать конкретные задачи.

Для автоматизации расчетов грузоподъемности и усиления пролетных строений со сплошными главными балками разработаны пакеты прикладных программ для использования на персональных компьютерах, возможность применения которых рассматривается в настоящем пособии.

Наконец, в пособии приведена методика экономической оценки эффективности усиления пролетных строений, разработанная НИИ мостов.

Учитывая сложившуюся практику представления расчетов грузоподъемности в системах СГС или СИ в равной степени их применения, алгоритмы и параметры расчетов реализуются в указанных системах непосредственно без введения переводных коэффициентов. Буквенные обозначения и пояснения к ним даны в тексте пособия.

Грузоподъемность является одним из самых важных эксплуатационных показателей элементов пролетных строений. Учитывая, что пролетное строение состоит из различных конструктивных элементов, его грузоподъемность в целом определяется несущей способностью наиболее слабого элемента.

Грузоподъемность металлических пролетных строений железнодорожных мостов определяется методом классификации по предельным состояниям первой группы: на прочность, устойчивость формы и выносливость.

Расчет грузоподъемности включает в себя: классификацию по грузоподъемности пролетных строений, подвижного состава по воздействию на пролетное строение, определение условий эксплуатации мостов.

В соответствии с требованиями все мосты классифицируют по грузоподъемности с целью выработки эффективных и безопасных режимов их эксплуатации, решения вопросов об усилении, ремонте или замене сооружений.

Для эксплуатирующихся мостов характерно большое разнообразие конструкций пролетных строений, которые отличаются не только материалами, но и техническими нормами, по которым в разные годы проектировали и строили железнодорожные мосты. За прошедшие годы эксплуатации произошли значительные изменения, связанные с увеличением веса поездов, скорости их движения, грузонапряженности линий, техническим состоянием конструктивных элементов и пролетных строений в целом. Происходящие изменения в условиях эксплуатации мостов обуславливают необходимость расчета их по грузоподъемности, оценки возможности и условий безопасного

пропуска по ним поездных нагрузок, существенно отличающихся от тех, которые в свое время учитывались при проектировании.

При определении грузоподъемности пролетных строений и условий их эксплуатации необходимо учитывать:

1 Конструкцию пролетных строений и отдельных их элементов.

2 Вид и механические характеристики материала, из которого изготовлены пролетные строения.

3 Физическое состояние пролетных строений, определяемое наличием в них повреждений и конструктивных дефектов.

4 Качество заводского изготовления и монтажа пролетных строений, а также усиления или их ремонта.

5 Поведение пролетных строений под нагрузкой.

6 Расположение моста (на перегоне или в пределах станции, на прямой или в кривой), профиль и план подходов.

7 Результаты испытаний пролетных строений, если они проводились.

В этой связи для расчета грузоподъемности необходимо изучить техническую документацию о пролетном строении, прошедшем этапы проектирования, изготовления и сооружения, а также эксплуатации. К ней относятся архивные данные и чертежи, «Карточка» моста, «Книга среднего или большого моста», материалы обследований, а также испытаний, если они проводились.

Грузоподъемность каждого элемента пролетного строения рассчитывается с учетом геометрических характеристик поперечных сечений и механических характеристик металла. При этом определяется максимальная интенсивность временной вертикальной равномерно распределенной нагрузки – допускаемой временной нагрузки, которая не вызывает наступления предельного состояния при нормальной эксплуатации моста. Расчет грузоподъемности методом классификации состоит в том, что временную вертикальную нагрузку, которую могут безопасно выдерживать элементы пролетного строения при нормальной эксплуатации, выражают в единицах эталонной нагрузки. В качестве эталонной принята нагрузка по схеме Н1 1931 года. Число единиц эталонной нагрузки, которое может безопасно выдержать элемент, называется его классом грузоподъемности. Наименьший из классов элементов называется классом пролетного строения.

Класс элемента пролетного строения определяется по формуле:

$$K = \frac{k}{k_H(1 + \mu)},$$

где  $k$  – допускаемая временная равномерно распределенная нагрузка для данного элемента;

$k_H$  – эталонная, эквивалентная нагрузка от единичного поезда 1931 г., принимаемая по таблицам при тех же  $\lambda$  и  $\alpha$ , что и нагрузка  $k$ ;

$1 + \mu$  – динамический коэффициент нагрузки НК (для паровозной тяги);

$$1 + \mu = 1 + \frac{2\gamma}{30 + \lambda}$$

$\lambda$  – длина загрузки линии влияния.

-Исходные данные

- общий вид пролетного строения дан на рис. 1.3;
- балка запроектирована по нормам 1907 года и изготовлена в 1908 году из литого железа ( $[\sigma] = 1700 \text{ кг/см}^2$ );
- постоянная нагрузка  $P = 1,9 \text{ т/м}$  (собственный вес балки);
- соединения заклепочные;
- поперечное сечение балки дано на рис. 1.4;
- расчетная схема балки и нагрузки показаны на рис.1.5.

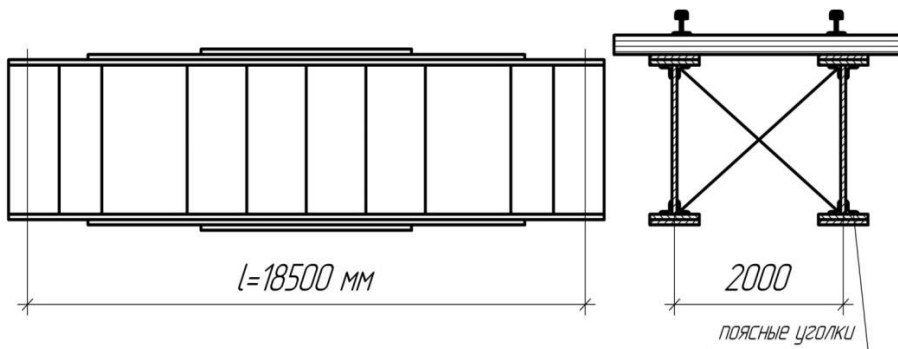


Рис. 1.3. Слева балка со сплошной стенкой, с клепаным сечением в середине 3 листа, 2 листа, на конце 1 лист. Справа сечение пролетного строения



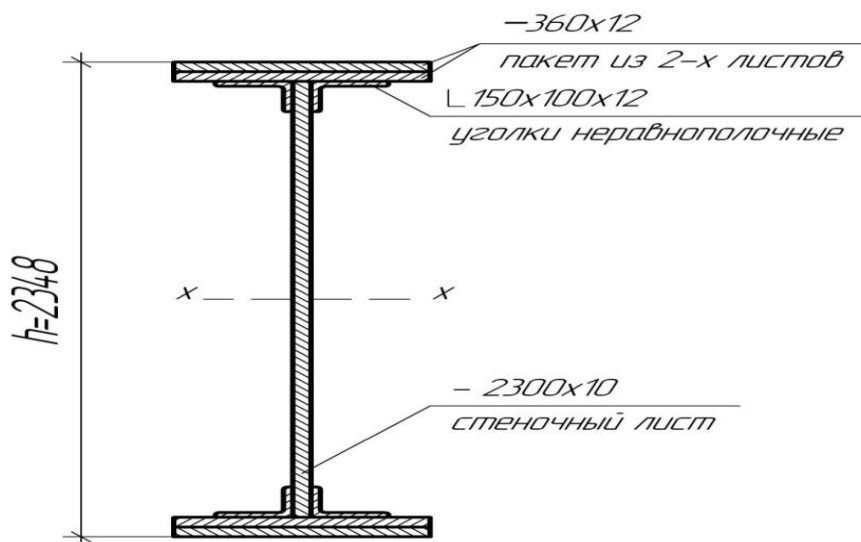


Рис. 1.4. Сечение балки пролетного строения

-Определение допускаемой временной нагрузки

$$k = \frac{N[\sigma]W_0}{\omega_k} - P,$$

где  $N$  – число балок, воспринимающих нагрузку ( $N=2$ );

$[\sigma]$  – основное допускаемое напряжение для листового железа ( $[\sigma]=1,7$  т/см<sup>2</sup>);

$W_0$  – уменьшенный в 100 раз (сохранения размерности) рабочий момент сопротивления балки;

$\omega_k$  – площадь линии влияния (см. рис. 1.5);

$P$  – постоянная нагрузка ( $P.= 1,9$  т/м).

$$k = \frac{2 \cdot 1,7 \cdot 358,93}{42,78} - 1,9 = 26,63 \frac{\text{т}}{\text{м}}$$

Здесь:

$$\omega_k = \frac{l^2}{8},$$

$$W_0 \cong 0,8W_{brutto},$$

$$W_{br} = \frac{2 \cdot I_{br}}{h},$$

$$\omega_k = \frac{18,5^2}{8} = 42,78 \text{ м}^2.$$

Момент инерции «брутто» (рис. 4):

$$I_{br} = \frac{1 \cdot 230^3}{12} + 4[231,6 + 28,74(115 - 2,42)^2] + 2 \cdot 36 \cdot 1,2 \cdot 115,6^2 + 2 \cdot 36 \cdot 1,2 \cdot 116,8^2 = 1014000 + 1460000$$

Момент сопротивления:

$$W_{br} = \frac{2 \cdot 5267312}{234,8} = 44866 \text{ см}^3;$$

$$W_0 = 0,8 \cdot 44866 = 35893 \text{ см}^3.$$

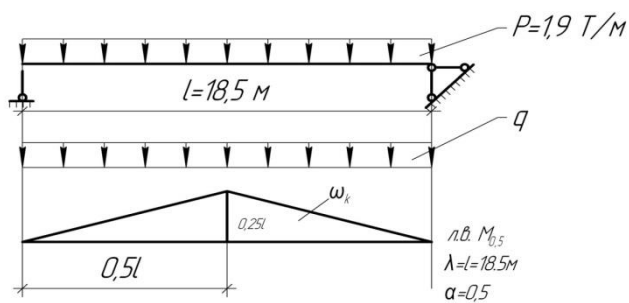


Рис. 1.5. Расчетная схема балки и нагрузки

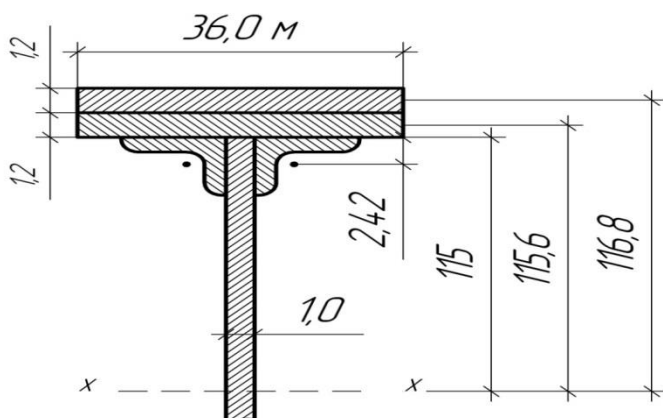


Рис. 1.6. К определению  $I_{br}$

-Определение  $k_H$

По таблицам эквивалентных нагрузок, которые выдаются на занятия, при  $\lambda=18,5$  м и  $\alpha=0,5$  находим  $k_H=1,78$  т/м.

-Определение  $1 + \mu$  :

$$1 + \mu = 1 + \frac{27}{30 + 18,5} = 1,557$$

-Класс балки  $K$

– без ограничения скорости

$$K = \frac{26,63}{1,78 \cdot 1,557} = 9,60$$

– с ограничением скорости

$$K = \frac{26,63}{1,78} = 14,96$$

-Анализ изученных результатов

Проанализировав расчеты, приходим к выводу, что данная балка вполне бы устроила нас, но необходимо знать технические условия.

Практическое занятие №5. (8 часов) «Расчёт усиления раскоса старого металлического моста»

Цель работы: Оценить эффективность усилия раскоса фермы путем замены части заклепок, высокопрочными болтами.

Исходные данные: Металлическое пролетное строение моста построено в 1901 году. Схема представлена на рисунке 1. Пролет фермы  $l_{\text{п}} = 55,06$  м;

Число тоннелей – 12, высота фермы

$h = 7,45$  м;

Материал – литое железо;

Постоянная нагрузка  $P = 3,6$  тс/м;

Временная нагрузка  $g = 8,0$  тс/м;

Класс раскоса  $B_{\text{в}} - H_{\text{ч}}$  по выносливости;

Число заклепок – 8;

$K_{\text{вын}} = 5,4$ .

Усталость материала – это процесс постепенного накопления в материале повреждений, приводящих к разрушению.

Выносливость – способность материала противостоять усталости.

Наиболее часто разрушения отмечались в растянутых раскосах ферм. Первые усталостные разрушения были зафиксированы в клепаных мостах в 1941 г. Сначала это были повреждения в мостах из сварного и литого железа постройки конца XIX начала XX, а в 60-х годах и в Ст.3. Все усталостные трещины возникают у кромок заклепочных отверстий первого...поперечного рядов, считая от середины раскоса.

Весьма эффективным способом повышения выносливости клепаного элемента является частичная замена наиболее напряженных заклепок (крайних рядов) высокопрочными болтами. Такое соединение называется смешанным. В результате такой замены концентрация напряжений около заклепочных отверстий значительно снижается, и замедляется процесс накопления усталостных напряжений. Исследования показали, что достаточно заменить

заклепки высокопрочными болтами в двух, трех крайних рядах для повышения класса элемента по выносливости на 20-50%.

Класс раскоса по выносливости определяется:

где  $k_n$  – эталонная эквивалентная нагрузка для схемы по нормам 1931 г.

$$1 + \frac{27}{30 + x} = 1 + \frac{27}{30 + 55,06} = 1,32 \cdot \lambda = 55,06$$

где  $[y]$  – допускаемая нагрузка – 1,6 тс/см<sup>2</sup>;

2 – число ферм;

A – площадь поперечного сечения;

P – постоянная нагрузка;

$\Omega_D$  – площадь линии влияния, соответствующей нагружению постоянной нагрузкой;

$\Omega_K$  – площадь линии влияния, соответствующей нагружению поездом;

$\gamma$  – коэффициент понижения прочности материала раскоса из-за усталости.

Коэффициент  $\gamma$  для раскрытия этой формулы находится по формуле:

$$\gamma = \frac{1}{(\alpha\beta \pm \delta) - (\alpha\beta \pm \delta)\rho} \leq 1,0, \text{ для нашего варианта.}$$

где  $\beta$  и  $\delta$  – коэффициенты, зависящие от марки металла,  $\beta = 0,52$ ;  $\delta = +0,25$  (для литого железа по справочнику);

$v$  – эффективный коэффициент концентрации напряжений,  $v = 1,8$  (Таблица 1 СНиП, приложение 17);

$c$  – коэффициент асимметрии цикла;

$$\rho = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}};$$

$\sigma_{\min}$  – минимальное напряжение.

Строим линию влияния усилия ВВ-НН (рисунок 1.7) и определяем необходимые характеристики для вычисления  $k_b$  по выносливости для сечения раскоса по первому ряду высокопрочных болтов, поставленных вместо заклепок. Вычисляем значение  $\gamma$  по растяжению и данные сводим в таблицу 1.3.

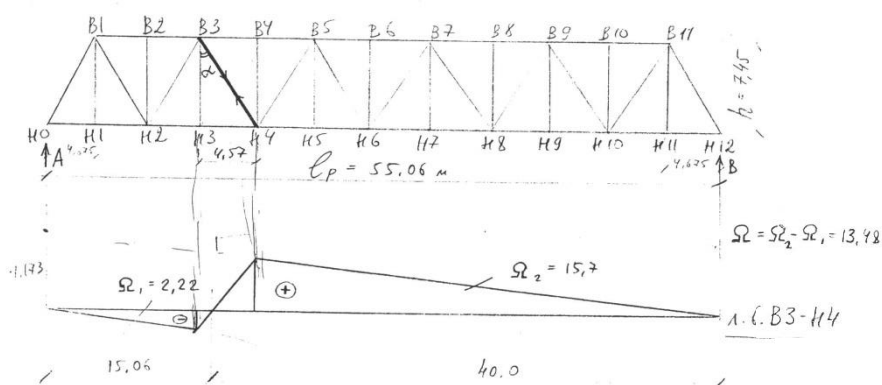


Рисунок 1.7 - Схема металла пролетного строения

Таблица 1.3 - Все расчеты выполняем в табличной форме

P, тс/м	g, тс/м	$\Omega_D$	$\Omega_K$	$P\Omega_D$	$g\Omega_K$	A, см <sup>2</sup>	$\frac{P\Omega_D}{2A}$	$\frac{g\Omega_K}{2A}$	$\sigma_{min}$ , тс/м <sup>2</sup>	$\sigma_{max}$ , тс/м <sup>2</sup>	$\rho$	$\beta$	$\gamma$	$\lambda_M$	$\alpha$	$K_{вып}$	$K_H$	1+ $\mu$	$K_{вып}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3,6	8,0	13,48	-2,22	48,52	-17,76	104	0,233	-0,0853	0,148	2,948	0,0502	1,8	0,87	40,0	0,1	15,35	1,602	1,313	7,25

где  $P\Omega_D$  - усилие от постоянной нагрузки;  
 $g\Omega_K$  - усилие от временной нагрузки;

$\frac{P\Omega_D}{2A}$  - напряжение от постоянной нагрузки;

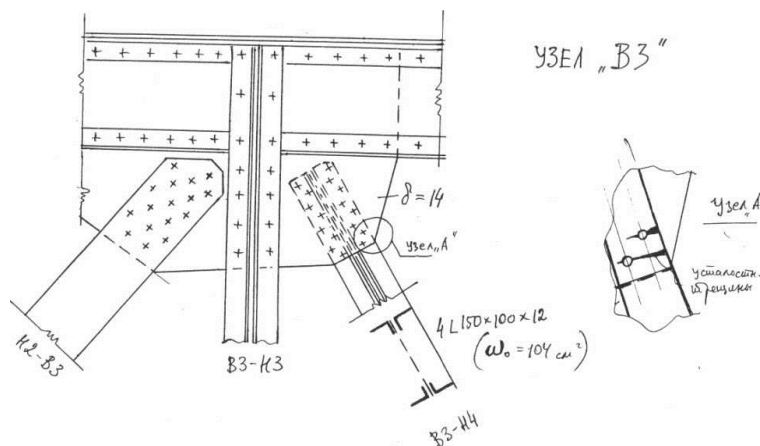
$\frac{g\Omega_K}{2A}$  - напряжение от временной нагрузки;

A – сечение 4 уголков (берется по таблице, площадь);

Сумма напряжений (8+9) будет  $\sigma_{min}$  (10);

$a/40$ ; a – примерно 4 м.

Вывод: Заменой 2-х рядов заклепок высокопрочными болтами, показывает, что класс раскоса увеличивается с 5,4 до 7,25 – это составляет 30%.



## Практическое занятие №6.(8 часов)«Расчет металлического балочного пролетного строения со сплошными стенками и ездой понизу»

### - Общее конструктивное решение

При переустройстве старых мостов может возникнуть необходимость применения пролетных строений с пониженной строительной высотой.

Металлические балочные пролетные строения со сплошными стенками и ездой понизу отвечают такому требованию (для сравнения: пролетное строение длиной 27 м при езде поверху имеет строительную высоту 233 см, а при езде понизу – всего 84 см). По такому мосту поезд проходит не над главными балками (поз. 1 на рис.1), а между ними. Проезжая часть располагается в уровне нижних поясов главных балок.

При езде понизу наименьшее расстояние между главными балками определяется габаритом в свету между верхними гранями перил – не менее 4,9 м и в связи с этим принимается равным 5,6 м. Возникает необходимость устройства балочной клетки из продольных и поперечных балок (поз. 2 и 3 на рис.1). Путь передачи нагрузки на основную несущую конструкцию довольно большой. Нагрузка от подвижного состава передается на поперечины, опирающиеся на продольные балки, продольные балки передают нагрузку на поперечные, а поперечные – на главные. Связи между главными балками удается установить только в плоскости нижних поясов. В таких условиях затруднено обеспечение пространственной неизменяемости и жесткости конструкции. Для создания жестких полурам в вертикальной плоскости в

местах прикрепления поперечных балок к главным в пределах, допускаемых габаритом, устанавливаются специальные листы (поз. 4 на рис.1.8).

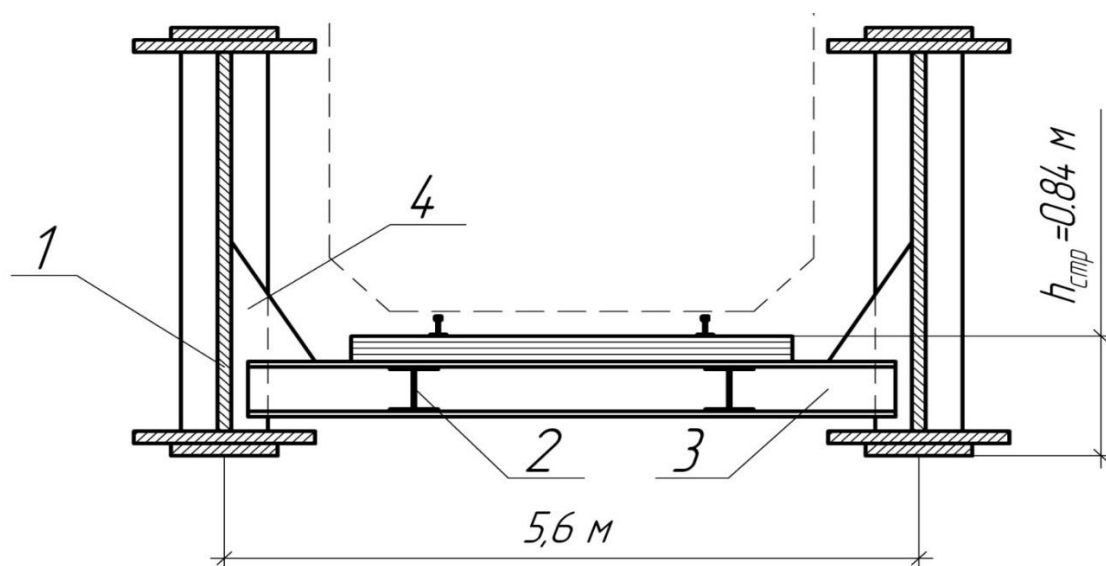


Рис. 1.8 Схема поперечного сечения пролетного строения со сплошными стенками при езде понизу: 1 – лавная балка; 2 – продольная балка; 3 – поперечная балка; 4 – лист жесткости.

#### -Компоновка несущих конструкций

Расстояние между поперечными балками принято 2,2 м. Размеры вертикальных листов продольных и поперечных балок назначены так, чтобы с учетом толщины поясов высота этих балок была одинаковой. Поперечная балка скомпонована из вертикального листа 390x16 мм и поясов 300x400 мм, продольная дана с листом 438x16 мм и поясами 300x16 мм. Высота балок проезжей части (продольных из стали М16С и поперечных из стали 15ХСН) определена из условия прочности на срез при толщине листа 16 мм. Вертикальный лист продольной балки прикреплен к поперечной балке уголками 200x200x12 мм. Верхние пояса продольных балок перекрыты

накладкой («рыбкой»). Установка «рыбок» повышает вибрационную прочность соединения. Нижние пояса продольных балок перекрыты фасонкой продольных связей. Поперечные балки прикреплены к стенкам главных балок парными уголками 125x125x12 мм – одним на заводе, а вторым – к главной балке высокопрочными болтами на монтаже. К поперечным балкам приварены треугольные фасонные листы, при помощи которых созданы жесткие узлы. Уголки

прикрепления поставлены на всю высоту стенки главной балки для обеспечения местной устойчивости стенки и повышения жесткости верхнего пояса. Этой же цели служит уголок с наружной стороны стенки. Помимо вертикальных уголков, установленных в местах прикрепления поперечных балок, для обеспечения устойчивости стенки главной балки дополнительно установлены ребра жесткости сечением 180x12 мм, привариваемые к стенке с двух сторон. Продольными связями в виде раскосных решеток из уголков 90x90x9 мм главные балки связаны с продольными балками.

По заданию кафедры расчету подлежат лишь главные балки пролетного строения, а элементы проезжей части запроектированы применительно к типовой конструкции Гипротрансмоста. Конструкция проезжей части показана на рис.1.9.



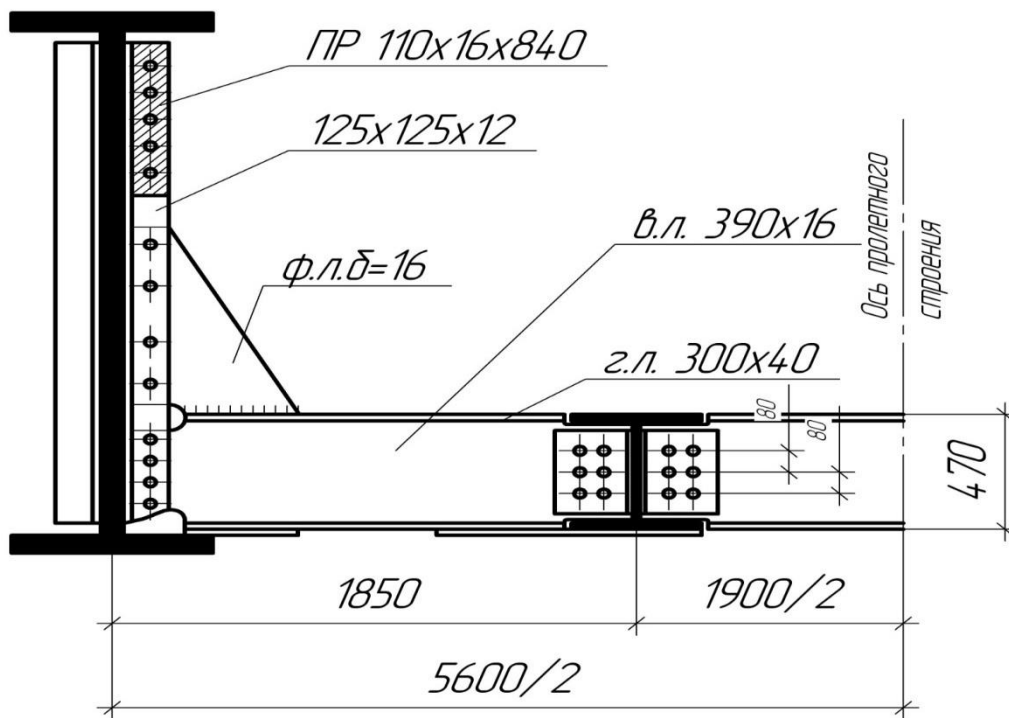


Рис. 1.9 Компонувочное решение проезжей части

#### -Расчетная схема главной балки

Пролетное строение представляет собой пространственную конструкцию, образуемую главными балками, балками проезжей части и связями. Характер распределения усилий между частями пространственной конструкции зависит от степени жесткости элементов и их соединений. При этом широко используются методы пространственных расчетов с использованием ЭВМ. Однако, в практических расчетах широко используется приближенный метод, при котором пространственная конструкция расчленяется на плоские системы.

В качестве расчетной схемы главной балки принимается балка на двух шарнирных опорах с пролетом  $l = 27,0 \text{ м}$ . Расчетная схема показана на рис. 3, а).

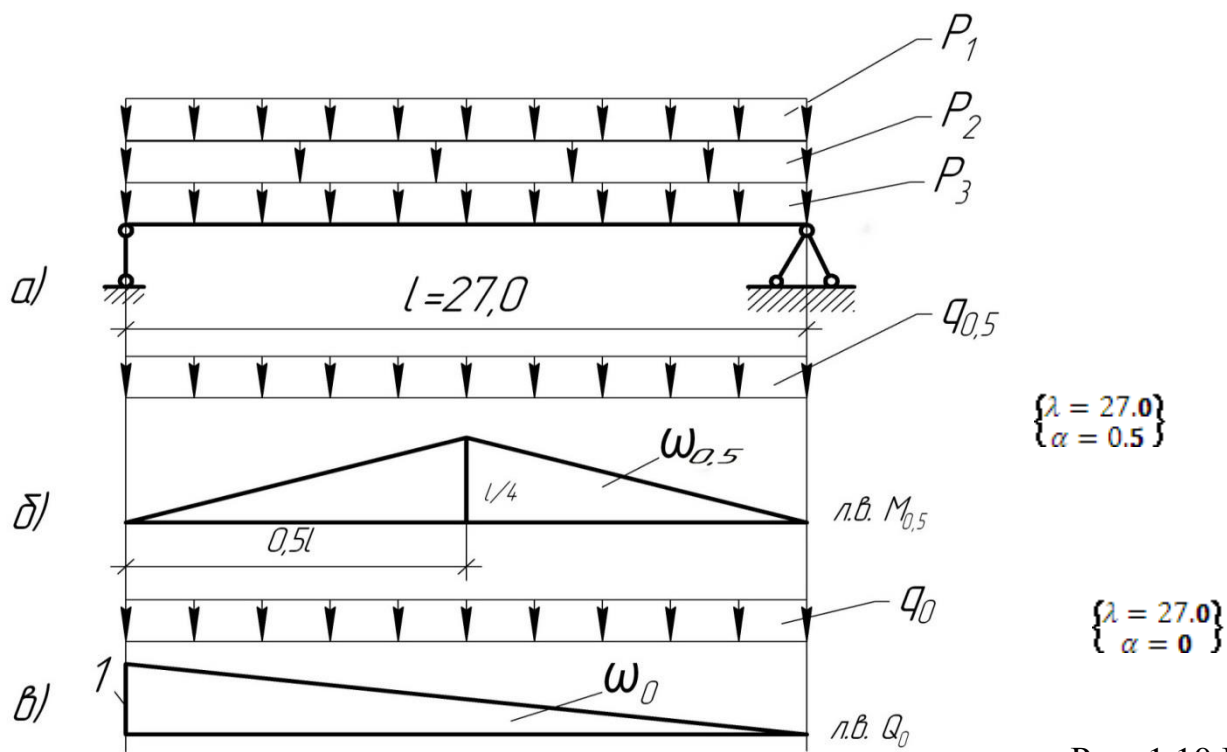


Рис. 1.10 К

определению нагрузок на главную балку: а – расчетная схема; б – линия влияния изгибающего момента; в – линия влияния поперечной силы.

#### -Нормативные нагрузки на главную балку

Нормативная постоянная нагрузка ( $P$ ) складывается из веса самих главных балок ( $P_1$ ), веса балок проезжей части ( $P_2$ ) и веса мостового полотна ( $P_3$ ):

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

где  $P_1 = 25 \text{ кН/м}$  (по данным типового проекта);

$P_2 = 5,0 \text{ кН/м}$  (по данным типового проекта);

$P_3 = 7,0 \text{ кН/м}$  (при езде на деревянных поперечинах).

$$P = 25 + 5 + 7 = 37 \text{ кН/м}$$

Коэффициент надежности для постоянной нагрузки принят  $\gamma_f = 1,1$ .

Временная нормативная равномерно распределенная нагрузка от подвижного состава определяется с учетом параметров соответствующих линий влияния (рис. 1.10, б и в).

$$q_{0,5} = K \cdot v_{(\lambda=27; \alpha=0,5)};$$

$$q_0 = K \cdot v_{(\lambda=27; \alpha=0)};$$

где K – класс временной нагрузки (K=14) [1, п.2.11];

$v_{(\lambda; \alpha)}$  - интенсивность нормативной эквивалентной нагрузки при классе K=1;

$$q_{0,5} = 14 \cdot 11,792 = 165,08 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$q_0 = 14 \cdot 13,475 = 188,65 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Коэффициент надежности для временной нагрузки:

$$\gamma_{fv} = 1,3 - 0,003\lambda$$

Коэффициент динамики:

$$1 + \mu = 1 + \frac{18}{30 + \lambda}$$

где  $\lambda$  – длина загрузки линии влияния ( $\lambda=27$  м);

$$\gamma_{fv} = 1,3 - 0,003 \cdot 27,0 = 1,219 ;$$

-Расчет усилия на одну главную балку

Расчетные усилия (изгибающий момент в середине пролета  $M_{0,5}$  и поперечная сила у опоры  $Q_0$ ) определяем загрузением соответствующих линий влияния.

$$M_{0,5} = 0,5[P\gamma_f + q_{0,5}\gamma_{fv}(1 + \mu)]\omega_{0,5}$$

$$Q_0 = 0,5[P\gamma_f + q_0\gamma_{fv}(1 + \mu)]\omega_0$$

где  $\omega_{0,5}$  и  $\omega_0$  – площади соответствующих линий влияния.

$$M_{0,5} = 0,5[37 \cdot 1,1 + 165,08 \cdot 1,219 \cdot 1,315] \frac{27^2}{8} = 13911 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$Q_0 = 0,5[37 \cdot 1,1 + 188,65 \cdot 1,219 \cdot 1,315] \frac{27}{2} = 2316 \text{ кН}.$$

### -Подбор сварного сечения главной балки

Сечение главной балки принимается в виде сварного двутавра, состоящего из вертикального листа (стенки) и одинаковых горизонтальных листов (поясов), соединенных между собой угловыми сварными швами (рис. 1.11).

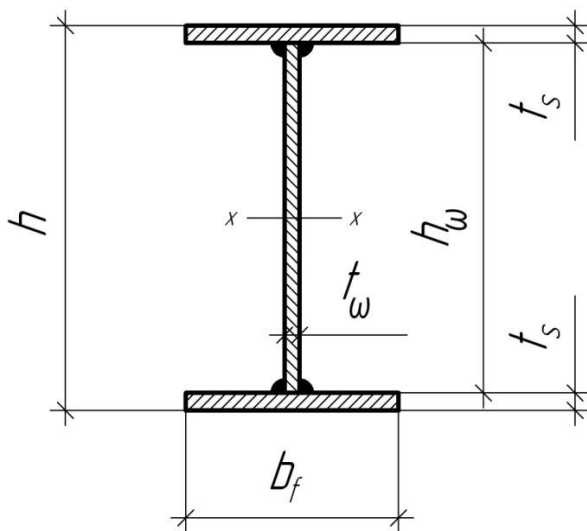


Рис. 1.11 Сечение главной балки

Подбор сечения ведем из условия прочности балки при изгибе:

Требуемый момент сопротивления «нетто»:

где  $R_y$  – расчетное сопротивление прокатной стали марки 15ХСНД, равное 295 Мпа;

$\chi$  – коэффициент, учитывающий ограниченное развитие пластических деформаций в сечении, прижимаемый по указаниям п. 4.26 и таблицы 61 СНиП [1];

$m$  – коэффициент условий работы (табл. 60 [1]).

Принимаем  $\chi \cdot m = 1,0$  (т.к.  $\chi \approx 1,1$ , а  $m \approx 0,9$ ).

$$W_{нт} = \frac{13911 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{см}}{29500 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2} \cdot 1,0} = 47156 \text{ см}^3$$

Назначив в соответствии с рекомендациями норм [1, п.122] наименьшую толщину стенки  $t_{\omega}=12$  мм, определяем оптимальную ( по расходу стали) высоту стенки.

$$h_{\omega} = \psi \sqrt{\frac{W_{nt}}{t_{\omega}}}$$

где  $\psi$  – коэффициент, учитывающий неравномерность изгибающего момента по длине балки ( $\psi=1,2$ ).

$$h_{\omega} = 1,2 \sqrt{\frac{47156}{1,2}} = 237,9 \text{ см};$$

принимаем высоту стенки  $h_{\omega}=2480$  мм (применительно к типовому решению для пролетов 27,0 и 33,6м).

Необходимую площадь сечения одного поясного листа находим из выражения:

$$A_f = \frac{W_{nt}}{h_{\omega}} - \frac{t_{\omega} h_{\omega}}{6}$$

$$A_f = \frac{47156}{248} - \frac{1,2 \cdot 248}{6} = 190,15 - 49,6 = 140,55 \text{ см}^2$$

При назначении размеров поясного листа ( $t_f$  и  $b_f$ ) учитываем ограничения:

$$b_f \leq 20t_f$$

$$b_f \leq 600 \text{ мм}$$

Задав ширину поясного листа  $b_f = 500$  мм (по ГОСТ 82-70\*), находим толщину поясного листа:

$$t_f = \frac{A_f}{b_f}$$

$$t_f = \frac{140,55}{50} = 2,81 \text{ см};$$

принимаем  $t_f = 30$  мм (по ГОСТ 82-70\*)

Геометрические характеристики принятого сечения главной балки:

- момент инерции «брутто» относительно оси x-x

$$I_{br} = \frac{t_{\omega} h_{\omega}^3}{12} + \frac{b_f t_f}{2(h_{\omega} + t_f)^2}$$

$$I_{br} = \frac{1,2 \cdot 248^3}{12} + \frac{50 \cdot 3}{2(248 + 3)^2} = 1525299 + 4725075 = 6250374 \text{ см}^4;$$

- момент инерции «нетто»

$$I_{nt} = 0,95 I_{br}$$

$$I_{nt} = 0,95 \cdot 6250374 = 5937855 \text{ см}^4;$$

- момент сопротивления «нетто»

$$W_{nt} = \frac{2I_{nt}}{h_{\omega} + 2t_f}$$

$$W_{nt} = \frac{2 \cdot 5937855}{248 + 2 \cdot 3,0} = 46754 \text{ см}^3$$

- статический момент полусечения относительно оси X-X

$$S_x = \frac{t_{\omega} h_{\omega}^2}{8} + b_f t_f \frac{h_{\omega} + t_f}{2}$$

$$S_x = \frac{1,2 \cdot 248^2}{8} + 50 \cdot 3 \frac{248 + 3}{2} = 28051 \text{ см}^3;$$

- статический момент площади пояса относительно нейтральной оси X-X

$$S_f = b_f t_f \frac{h_{\omega} + t_f}{2}$$

$$S_f = 50 \cdot 3 \frac{248 + 3}{2} = 18825 \text{ см}^3.$$

-Расчет на прочность

Расчет на прочность по нормальным напряжениям в сечении посередине пролета выполняем по формуле:

$$\frac{13911 \cdot 10^5}{1,084 \cdot 46754} \leq 29500 \cdot 1,0;$$

$$27448 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2} < \frac{29500\text{Н}}{\text{см}^2};$$

следовательно, прочность по нормальным напряжениям обеспечена.

Расчет на прочность по касательным напряжениям в сечениях тенки балки выполняем по формуле:

$$\frac{Q_0 S_x}{\chi_2 I_{br} t_{\omega}} \leq R_s \cdot m$$

$$\chi_2 = 1,25 - 0,25 \frac{S_f}{S_x}$$

$$\chi_2 = 1,25 - 0,25 \frac{18825}{28051} = 1,083$$

где  $R_s = 0,58R_y$  – расчетное сопротивление сдвигу.

$$\frac{2316000 \cdot 28051}{1,083 \cdot 6250374} < 0,58 \cdot 29500 \cdot 1,0;$$

$$9597,37 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2} < 17110 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2};$$

следовательно, прочность по касательным напряжениям обеспечена.

-Расчет на выносливость

Расчет на выносливость по нормальным напряжениям выполняем по формуле:

$$\frac{M'_{0,5}}{\chi_s W_{nt}} \leq \gamma_{\omega} R_y m \quad \text{где } M'_{0,5} \text{ - изгибающий момент для расчета на выносливость;}$$

$$\chi_s = 1,05 ;$$

$\gamma_{\omega}$  - коэффициент, вычисляемый по формуле 189 [1]:

$$\gamma_{\omega} = \frac{1}{\xi v [(\alpha\beta \pm \delta) - (\alpha\beta \pm \delta)\rho]} \leq 1$$

где  $\xi = 1$  – коэффициент для железнодорожных мостов;

$v$  – коэффициент, зависящий от длины загрузки линии влияния (при  $\lambda \geq 22$  м и  $v=1,0$ );

$\beta$  – эффективный коэффициент концентрации напряжений, принимаемый по табл.1 приложения 17[1],  $\beta=1,0$  (составное сечение из листов, соединенных непрерывными угловыми швами, сваренными автоматом);

$\alpha$  и  $\delta$  - коэффициенты, учитывающие нестационарность режима нагруженности, принимаемые для стали 15ХСНД:  $\alpha = 0,72; \beta = 0,24$  ;

$\rho = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$  - коэффициент асимметрии цикла переменных напряжений  
 ( $\rho = (M_{1min}^{tr}) / (M_{10,5}^{tr})$  ;  $M_{1min}^{tr} = P \cdot \omega_{10,5}$  (см. рис.3 ).

$$M'_{0,5} = 0,5 \left[ P + \varepsilon \left( 1 + \frac{2}{3} \mu \right) q_{0,5} \right] \omega_{0,5}$$

где  $\varepsilon = 0,85$  - коэффициент, исключаяющий возможность частого нагружения пролетного строения особо тяжелой нагрузкой.

$$M'_{0,5} = 0,5 \left[ 37 + 0,85 \left( 1 + \frac{2 \cdot 18}{3(30 + 27)} \right) 165,08 \right] \frac{27^2}{8} = 9421,6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{1min}^{tr} = 37 \cdot \frac{27^2}{8} = 3371,6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$\rho = \frac{3371,6}{9421,6} = 0,358;$$

$$\gamma_{\omega} = \frac{1}{1,0 \cdot 1,0 [(0,72 \cdot 1,0 + 0,24) - (0,72 \cdot 1,0 - 0,24) 0,358]} = \frac{1}{0,788} = 1,269;$$

принимаем  $\gamma_{\omega} = 1,0$  .

$$\frac{942160000}{1,05 \cdot 46754} \leq 1,0 \cdot 29500 \cdot 1,0;$$

$$18784 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2} < 29500 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}.$$

следовательно, выносливость по основному металлу соблюдается.

-Расчет прикрепления поясного листа к стенке

При изгибе балки между поясом и стенкой возникают горизонтальные сдвигающие силы  $t$ .

Горизонтальные усилие на единицу длины балки:

$$t = \frac{Q_0 S_f}{I_{br}}$$

В соответствии с указаниями п. 4.91 [1] расчет прочности сварных соединений с угловыми швами прикрепления пояса к стойке при отсутствии местного вертикального давления (верхний пояс главной балки) выполняется по формуле:



$$\frac{Q_0 S_f}{n_1 \cdot t_f \cdot I_{br}} \leq R_{\omega t} \cdot m$$

где  $n_1=2$  – количество угловых швов в сечении;

$T_f$  – расчетная высота сечения шва, принимаемая по рекомендациям п. 4.83 [1];

$R_{\omega t} = 200 \text{ МПа}$  - для электрода Э46А.

$$t_f = \beta_f \cdot k_f$$

где  $\beta_f = 1,1$  - при автоматической сварке;

$k_f = 0,8 \text{ см}$  - заданный катет шва;

$$3963 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2} < 18000 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}.$$

следовательно, прочность сварного шва по металлу шва обеспечена со значительным запасом.

### **Библиографический список**

- 1 СНиП 3.06.04-91. Мосты и трубы / Минстрой России – М.: ГП ЦПП, 2000. -214с.
- 2 Мосты и тоннели на железных дорогах / под ред. В.О. Осипова – М.: Транспорт, 1987 – 367 с.
- 3 Искусственные сооружения /под ред. Л.А. Шабалина -М: Транспорт, 2007- 263с.
- 4 Проектирование мостового перехода / под ред. В.А. Копыленко, И.Г. Переселенкова – М: Маршрут, 2004-193с.

*Учебное издание*

**Хамидуллина** Наталья Викторовна  
**Ревякин** Алексей Анатольевич

## **СОДЕРЖАНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ МОСТОВ И ТОННЕЛЕЙ**

Печатается в авторской редакции  
Технический редактор Т.М. Чеснокова

Подписано в печать 29.12.17. Формат 60×84/16.  
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,09.  
Тираж            экз. Изд. № 901539. Заказ            .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

---

Адрес университета: 344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового  
Полка Народного Ополчения, д. 2.