МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

Искусственные сооружения в транспортном строительстве

Методические указания к выполнению расчетно-графических работ и практических заданий для студентов V курса специальности 270204 – Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство специализации «Строительство дорог промышленного транспорта»

Белгород
2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова
Кафедра автомобильных и железных дорог

Утверждено
научно-методическим советом
университета

Искусственные сооружения в транспортном строительстве

Методические указания к выполнению расчетно-графических работ и практических заданий для студентов V курса специальности 270204 – Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство специализации «Строительство дорог промышленного транспорта»

Белгород
2013

УДК 624.9
ББК 38.5-06 и 7
И54

Составители: канд. техн. наук, ст. преп. Н.В. Селицкая
ассистент А.В.Сачкова
Рецензент канд. техн. наук, проф. Г.С. Духовный

И-54 Искусственные сооружения в транспортном строительстве. Методические указания к выполнению расчетно-графических работ и практических заданий / сост.: Н.В. Селицкая, А.В. Сачкова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. – 50 с.

В первой части методических указаний приведены конструкции сборных обделок тоннелей, сооружаемых щитовым способом. Основное внимание уделено обделкам кругового очертания. Представлены современные конструкции сборных тоннельных обделок, не нашедшие еще отражения в учебной и учебно-методической литературе. Подробно изложены принципы конструирования обделки в целом и ее отдельных элементов.

Вторая часть методических указаний ориентирована на проектирование балочно-разрезных железобетонных мостов с применением типовых конструкций в обычных местных условиях.

Цель настоящих методических указаний – систематизировать имеющиеся сведения по данной теме и тем самым облегчить работу студентов с литературными источниками.

Методические указания предназначены для студентов специальности 270204 – Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство специализации «Строительство дорог промышленного транспорта».

Издание публикуется в авторской редакции.

УДК 624.9
ББК 38.50-06 я 7

© Белгородский государственный технологический университет (БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2013

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

Закрепить теоретические знания студентов по проектированию искусственных сооружений в транспортном строительстве, а также обучить основам конструирования обделок тоннелей, пользоваться нормативно-справочными материалами.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАБОТ

Пояснительная записка (объем 20-25 с.) должна состоять из титульного листа, задания на проектирование, содержания, текста пояснительной записки и списка использованной литературы.

Текст пояснительной записки с необходимыми расчетами, обоснованиями, рисунками, таблицами и титульный лист должны быть написаны на стандартных листах формата А4 и оформлены в соответствии с ЕСКД. Формулы приводятся с расшифровкой всех символов и с последующей подстановкой числовых величин. Страницы пояснительной записки подлежат сквозной нумерации, ссылки на литературу указываются в квадратных скобках, список литературы составляется в порядке ее использования.

1. РАЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТОННЕЛЬНОЙ ОТДЕЛКИ

1.1. СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ №1

Расчетно-графическая работа состоит из расчетно-пояснительной записки, содержащей следующие разделы:

1. Описание материала и варианта конструкции тоннельной обделки.
2. Обоснование выбора и описание основных параметров конструкции.
3. Определение порядка и технологии монтажа кольца обделки.
4. Назначение мероприятий по гидроизоляции.
5. Обоснование расчетных схем обделки.
6. Расчет конструкции стыков обделки.
7. Чертеж конструкции обделки.

1.1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Исходными данными являются: геологические и гидрогеологические условия заложения тоннеля в породном массиве с отметками расположения слоев относительно уровня головки рельса, внутренний диаметр обделки тоннеля.

1.2. Описание материала и варианта конструкции тоннельной обделки

1.2.1. Основные требования, предъявляемые к сборным тоннельным обделкам

Сборные тоннельные обделки должны обладать высокой прочностью, достаточной для того, чтобы успешно воспринимать все нагрузки и воздействия, возникающие в процессе строительства и эксплуатации тоннеля. В соответствии с требованиями нормативных документов, транспортные тоннели должны эксплуатироваться в течение ста лет после введения в эксплуатацию без проведения капитальных ремонтов и реконструкции, поэтому обделки тоннелей должны обладать достаточной для обеспечения этого срока долговечностью.

Одним из неблагоприятных факторов, усложняющих условия эксплуатации тоннеля и сокращающих межремонтные сроки, является обводнённость тоннеля. Для обеспечения благоприятных условий эксплуатации тоннеля, его обделка должна быть водонепроницаемой.

Особые требования предъявляются к тоннельным обделкам с точки зрения их огнестойкости. Обделка тоннеля не должна разрушаться под действием открытого огня и высоких температур, во всяком случае, в течение такого времени, которого будет достаточно для эвакуации людей из аварийного тоннеля.

Конструкция сборной тоннельной обделки должна быть экономичной, состоять из минимального числа типоразмеров элементов, удобно и безопасно монтируемых в кольцо.

1.2.2. Форма поперечного сечения сборных обделок тоннелей, сооружаемых щитовым способом

Наибольшее распространение при сооружении тоннелей щитовым способом получили проходческие щиты с круговой формой поперечного сечения. Это объясняется более выгодными условиями статической работы несущей конструкции щита в условиях всестороннего его обжатия грунтовым массивом. Кроме того, круговая форма поперечного сечения проходческого щита позволяет применить исполнительный орган с достаточно простой кинематической схемой, что упрощает создание механизированных проходческих щитов. В связи с этим сборные обделки тоннелей, сооружаемых щитовым способом, как правило, имеют круговое очертание. Круговая форма поперечного сечения обделки позволяет обойтись при её конструировании минимальным числом типоразмеров элементов.

1.2.3. Выбор материала для сооружения тоннельной обделки

Обделки из чугунных тюбингов применяются в слабых неустойчивых грунтах при наличии гидростатического давления (обводнённые пески, илы, плывуны, водонасыщенные супеси и суглинки и т.п.). Чугунные обделки могут быть рекомендованы и в скальных трещиноватых грунтах в условиях значительного гидростатического давления, а также при расположении тоннеля под дном водного препятствия при недостаточном слое водоупора над кровлей тоннеля.

Чугунные обделки применяются и в тех случаях, когда несущая способность обделок из железобетона недостаточна.

Из сказанного выше видно, что чаще всего чугунные сборные обделки применяются в условиях действия значительного гидростатического давления (как правило, более 1 атм.). Поэтому обеспечение герметизации таких тоннелей является одной из важнейших проблем.

В остальных случаях, как правило, применяют сборную железобетонную обделку.

1.2.4. Общие принципы проектирования сборных тоннельных обделок

Сборная обделка тоннеля представляет собой ряд последовательно установленных в подземной выработке колец, которые, в свою очередь, состоят из отдельных элементов (рис. 1). Сборные элементы (сегменты) кольца обделки называются тюбингами или блоками.

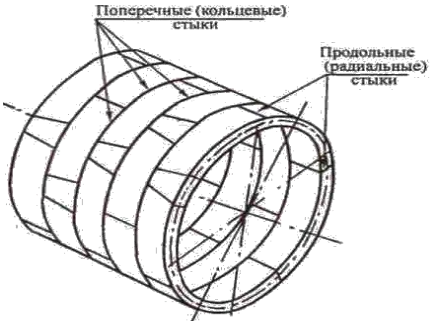


Рис. 1. Сборная тоннельная обделка

Как было указано выше, форма поперечного сечения сборной тоннельной обделки определяется, прежде всего, формой поперечного сечения проходческого щита, а размеры тоннеля зависят от его назначения. В транспортных тоннелях его внутренние размеры определяются габаритом приближения строений. Так, например, внутренний диаметр перегонного тоннеля метрополитена должен быть не менее 5,1 метра.

Отдельные элементы сборных тоннельных обделок изготавливаются в основном из железобетона или чугуна, крайне редко сборные обделки выполняются из сварных стальных элементов. Свойства этих

материалов будут рассмотрены позднее при знакомстве с конкретными конструкциями сборных обделок. В некоторых случаях сборные обделки выполняют из композитных материалов (армометаллоблоки). Выбор материала для элементов сборной тоннельной обделки зависит в первую очередь от иженерно-геологических и гидрогеологических условий заложения тоннеля, разумеется, с учётом экономических факторов.

Кроме внутреннего диаметра тоннельной обделки ($D_{вн}$), определяемого назначением тоннеля, необходимо установить оптимальные размеры отдельных элементов её кольца, а именно: размер элемента вдоль оси тоннеля (b-ширина кольца обделки); центральный угол (α) элемента, определяющий его размер по дуге и толщину элемента (h). При назначении этих параметров сборной обделки следует руководствоваться следующими соображениями: чем больше размеры элементов, тем меньше швов между элементами обделки, а, следовательно, и меньше объём работ по их гидроизоляции; меньше операций по монтажу обделки; но вместе с тем вес каждого элемента возрастает, что требует применения более мощного монтажного оборудования; размеры элемента также увеличиваются, затрудняя условия их доставки и установки в кольцо обделки; возрастают значения изгибающих моментов в серединных сечениях элементов. Разумеется, что толщина элемента сборной обделки (правильнее называть этот размер «высотой сечения») уточняется в соответствии с результатами статических расчётов.

На начальном этапе проектирования все выше перечисленные параметры назначаются исходя из опыта проектирования аналогичных тоннелей. Высоту сечения элемента предварительно назначают, используя простые эмпирические формулы. Например:

$$h = kD_{вн}, \qquad (1)$$

где k – коэффициент, учитывающий материал обделки и конструкцию продольного стыка (k = 0,02 – 0,065).

1.3. Обоснование выбора и описание основных параметров конструкции

1.3.1. Обделка из чугунных тюбингов

Чугунный тюбинг представляет собой литой элемент. Чаще всего для изготовления чугунных тюбингов используют серый чугун марки СЧ 21-40, обладающий высокой устойчивостью против коррозии и высокой механической прочностью. Однако, его расчётное сопротивление растяжению (R_p = 600 кг/см^2) в три раза меньше расчётного сопротивления сжатию (R_c = 1800 кг/см^2) Для сокращения этой разницы и повышения механических характеристик чугуна в его состав вводят специальные добавки, благодаря чему получают модифицированные (МСЧ) и высокопрочные (ВЧ) чугуны.

Кольцо сборной чугунной обделки монтируется из ребристых элементов, называемых тюбингами. На рис.2 представлено аксонометрическое изображение чугунного тюбинга.

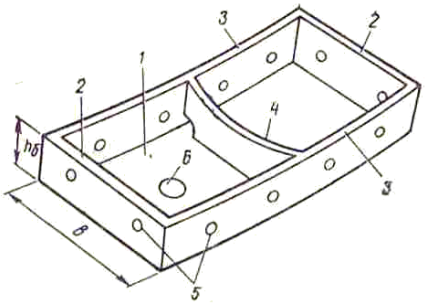


Рис. 2. Чугунный тюбинг:
1 – спинка тюбинга; *2* – продольный (радиальный) борт; *3* – поперечный (кольцевой) борт; *4* – дополнительное ребро жёсткости; *5* – болтовые отверстия; *6* – отверстие для нагнетания растворов за обделку

Тюбинг представляет собой коробчатый элемент, ограниченный по контуру продольными 2 и поперечными 3 бортами, объединёнными по наружной поверхности спинкой 1. Для монтажа тюбингов в кольцо в продольных бортах имеются болтовые отверстия 5, а для связей между кольцами обделки болтовые отверстия предусматриваются в поперечных (кольцевых) бортах. Болтовые отверстия в кольцевых бортах

располагаются равномерно по разбивочной окружности, проведённой по среднему сечению кольцевого борта. Болтовые отверстия по продольным бортам могут располагаться в один, но чаще всего в два ряда, для обеспечения более рациональной работы продольного стыка обделки. В спинке тюбинга устраивается отверстие 6 для нагнетания растворов за обделку после её монтажа.

Тюбинги изготавливаются путём отливки в земляных формах. После отливки борта тюбинга обрабатываются на строгальном станке и в них по кондуктору просверливаются болтовые отверстия.

При больших нагрузках, действующих на обделку, в конструкцию тюбинга могут быть введены дополнительные продольные и поперечные рёбра жёсткости (рис. 3).

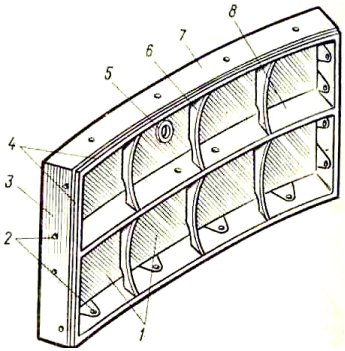


Рис. 3. Тюбинги с дополнительными рёбрами жёсткости:
1 – спинка тюбинга; *2* – болтовые отверстия; *3* – продольный борт;
4 – чеканочная канавка; *5* – отверстие для нагнетания;
6 – дополнительные продольные рёбра жёсткости; *7* – поперечный борт;
8 – дополнительное поперечное ребро жесткости

На рис. 4 представлена конструкция кольца сборной обделки кругового очертания из чугунных тюбингов.

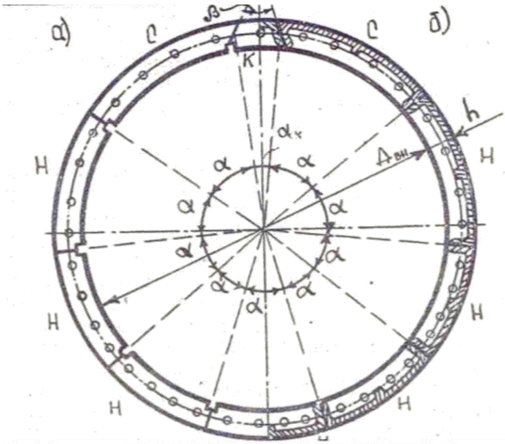


Рис. 4. Конструкция круговой чугунной обделки:
а – вид на торец кольца обделки; *б* – сечение по середине кольца

Кольцо представленной чугунной обделки состоит из элементов трёх типов. Наибольшее число элементов имеют один типоразмер и поэтому эти элементы называют «нормальными» и обозначают буквой Н. Для удобства монтажа кольца под защитой хвостовой оболочки проходческого щита, в конструкцию обделки вводятся ещё два типа элементов. Два тюбинга типа С имеют скошенный под углом $\beta = 6 - 8$ градусов внутрь кольца продольный борт («скошенные» или «смежные» элементы), а один тюбинг К имеет клиновидную форму с продольными бортами, скошенными сторону наружной поверхности обделки («замковый» или «ключевой» элемент). Этот тюбинг монтируется в последнюю очередь, заводясь в кольцо изнутри тоннеля в радиальном направлении. По мере монтажа кольца обделки тюбинги соединяются между собой болтовыми связями в продольных бортах. Соединение колец чугунной обделки между собой осуществляется при помощи болтовых связей, устанавливаемых по кольцевым (поперечным) бортам.

Как правило, в продольных (радиальных) стыках чугунных тюбинговых обделок устанавливаются болтовые связи, однако, в определённых условиях продольные стыки бывают шарнирными, цилиндрической формы и без болтовых связей. Для обеспечения правильного взаимного расположения тюбингов в кольце обделки, в конструкцию шарнирного стыка вводятся монтажные шпильки.

Количество тюбингов в кольце обделки зависит, в основном, от диаметра тоннеля, так как линейные размеры тюбинга, по условиям их отливки, ограничены величиной 2 метра. Зная внутренний диаметр обделки и конструкцию продольного стыка можно предварительно назначить высоту борта тюбинга hб, затем определяется диаметр разбивочной линии ($D_{разб.} = D_{вн} + h_б$), по которой будут располагаться болтовые отверстия в поперечных (кольцевых) бортах. Рекомендуется устанавливать болтовые связи по кольцевому борту с шагом 400 – 450 мм. Учитывая, что размер тюбинга по дуге рекомендуется принимать не более 2000 мм, по кольцевому борту каждого тюбинга располагают 3 или 4 болтовых отверстия (рис. 5).

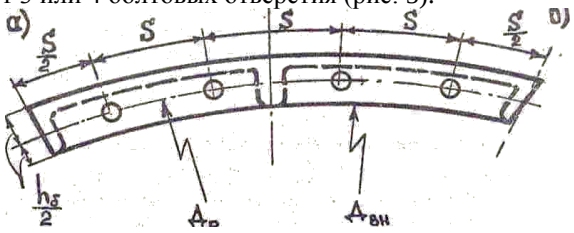


Рис. 5. Схема размещения болтовых отверстий по кольцевому борту тюбинга.
а – нормальный тюбинг; *б* – скошенный тюбинг

Таким образом, число длинных тюбингов (нормальных и скошенных) в кольце обделки можно определить по формуле:

$$n_{дл} = \frac{1}{(3-4)} \cdot \left(\frac{L_{разб}}{S} - 1\right) \qquad (2)$$

где $n_{дл}$ – количество длинных тюбингов в кольце обделки. Округляется до большего целого числа,

$L_{разб.}$ – длина разбивочной линии, равная:

$$L_{разб} = \pi \cdot (D_{вн} + h_б); \qquad (3)$$

где S – предварительно назначенный шаг болтовых отверстий по кольцевому борту тюбинга (400 – 450 мм);

1 – одно болтовое отверстие, приходящееся на ключевой тюбинг.

Затем в обратном порядке уточняется шаг болтовых отверстий по кольцевому борту тюбинга $S_{прин}$.

$$S_{прин} = \frac{L_{разб}}{(3-4)n_{дл}} - 1 \qquad (4)$$

. Этот результат округляется до одного миллиметра.

После окончательного принятия величины шага болтовых отверстий по кольцевому борту тюбинга определяется центральный угол элемента и его линейные размеры.

Ширина кольца обделки, то есть размер тюбинга по продольному борту b**,** в отечественных чугунных обделках принят равным 1,0 м. для обделок перегонных тоннелей.

1.3.2. Обделка и железобетонных тюбингов

Обделки из сборных железобетонных элементов могут успешно заменить более дорогостоящие чугунные обделки при строительстве тоннелей в устойчивых необводнённых грунтах, а в некоторых случаях и в песках естественной влажности.

В отличие от обделок из чугунных тюбингов сборные железобетонные обделки имеют значительно больше конструктивных решений. Прежде всего, следует отметить наличие различных типов поперечных сечений элементов сборных железобетонных обделок. На рис.6 показаны три наиболее часто встречающиеся типа поперечных сечений железобетонных элементов тоннельных обделок.

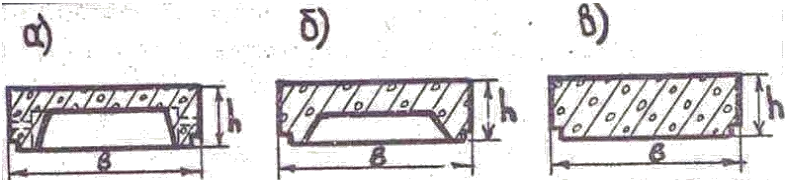


Рис.6. Типы поперечных сечений сборных элементов железобетонных обделок:
а – железобетонный тюбинг; *б* – блок ребристого сечения; *в* – блок сплошного сечения

Тюбингом в сборной железобетонной обделке принято называть ребристый элемент со сравнительно тонкой спинкой и отверстиями для болтовых связей, как по продольным, так и по поперечным бортам. Аксонометрическое изображение железобетонного тюбинга представлено на рис. 7

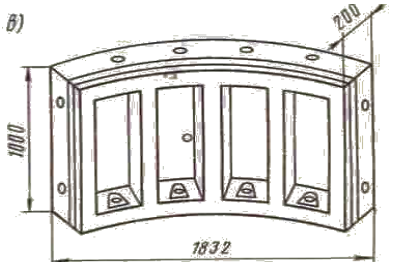


Рис. 7. Железобетонный тюбинг сборной тоннельной обделки

Обделки из таких элементов имеют небольшой вес, удобны при монтаже, так как не требуют дополнительных поддерживающих устройств, но они более сложны в изготовлении и подвержены трещинообразованию.

Блоки ребристого сечения, как правило, не имеют болтовых отверстий, хотя в некоторых случаях в поперечных бортах блоков могут устраиваться отверстия для временных (монтажных) болтов или шпилек (рис. 8).

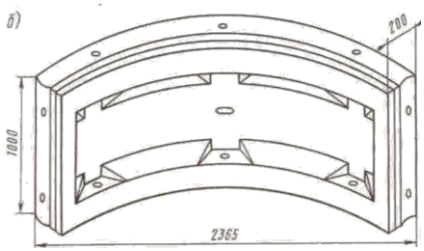


Рис. 8. Железобетонный блок ребристого сечения с отверстиями для монтажных связей по поперечным бортам и для монтажных шпилек по продольным стыкам

Блоки сплошного сечения собираются в кольцо обделки без использования каких либо связей как по продольным, так и по поперечным стыкам, а правильное взаимное расположение смежных блоков в кольце обеспечивается установкой монтажных шпилек в глухие отверстия по продольным стыкам (рис. 9). Кстати говоря, такие же монтажные шпильки устанавливаются и по продольным стыкам ребристых блоков.

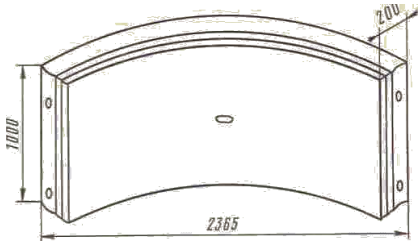


Рис. 9. Железобетонный блок сплошного сечения с отверстиями под монтажные шпильки в продольных стыках

Выбор сплошного или ребристого блока при проектировании сборной железобетонной обделки определяется в первую очередь размерами диаметра обделки. Обделки с диаметром не превышающем 5 – 6 метров, как правило, выполняются из блоков сплошного сечения, при диаметре обделки более 7 метров предпочтительней будут ребристые блоки, так как их вес меньше, чем у блоков сплошного сечения.

Круговая обделка из железобетонных тюбингов состоит из минимального числа типоразмеров элементов (рис. 10).

Как и в обделке из чугунных тюбингов, железобетонная обделка состоит из элементов трёх типов: нормальные тюбинги ПНБ, смежные или скошенные тюбинги ПСБ и замковый (ключевой) элемент ПКБ. По поперечным и продольным стыкам предусмотрены болтовые связи, для чего при изготовлении железобетонных тюбингов в их конструкции предусматривается установка закладных деталей, образующих болтовые отверстия. Шаг болтовых отверстий по кольцевому борту тюбинга 400 – 450мм. Разбивка кольца обделки на отдельные элементы аналогична чугунной обделке. Повышение жёсткости обделки достигается путём осуществления перевязки продольных стыков.

Так же, как и в обделке из чугунных тюбингов, одним из недостатков рассматриваемой обделки является сложность устройства откаточных путей и укладки путевого бетона. Для устранения этого недостатка можно ввести в конструкцию обделки плоский лотковый элемент.

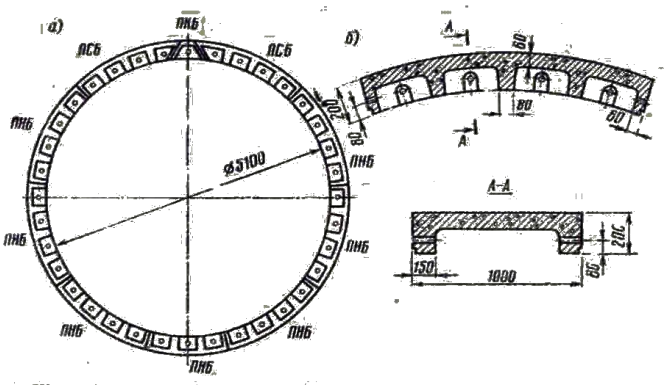


Рис. 10. Конструкция обделки из железобетонных тюбингов:
а – разрез по кольцу; *б* – конструкция железобетонного тюбинга

Сравнивая железобетонные тюбинговые обделки с обделками из ребристых и сплошных блоков, следует отметить, что тюбинговые обделки более удобны в монтаже, её элементы имеют меньший вес, а жёсткость кольца выше.

Однако, монтаж обделки более трудоёмок, изготовление железобетонных тюбингов сложнее, относительный расход арматуры выше. К тому же обделки из железобетонных тюбингов обладают пониженной трещиностойкостью.

1.4. Расчет типового тюбинга

1.4.1. Расчет типового чугунного тюбинга

В процессе предварительного проектирования сборных обделок чугунных обделок назначаются основные параметры тюбинга. Для назначения этих параметров можно пользоваться следующими рекомендациями.

На рис. 11 показано поперечное сечение тюбинга, основные размеры которого (центральный угол, длина дуги по наружной и внутренней поверхности и высота борта) определены в соответствии с рекомендациями, изложенными ранее.

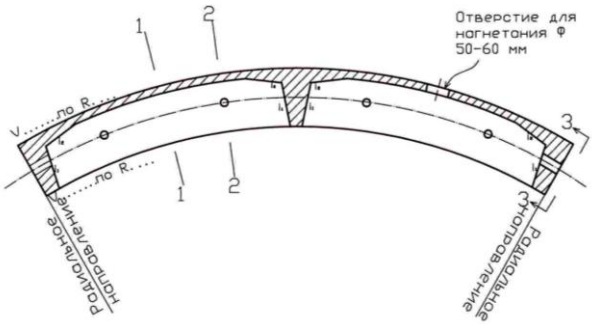


Рис. 11. Поперечное сечение нормального тюбинга

Отливочные уклоны на внутренней поверхности борта i_1 и спинки тюбинга i_2 устраиваются для более удобного извлечения тюбинга из отливочной формы и равны соответственно $\frac{1}{30}-\frac{1}{50}$ и $\frac{1}{6}-\frac{1}{9}$.

Пользуясь сечением 1-1 (рис. 12), предварительно назначаем некоторые другие размеры.

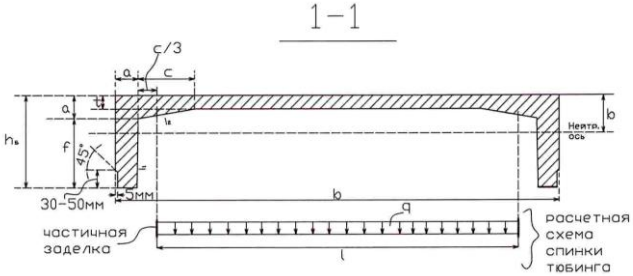


Рис. 12. Сечение тюбинга по продольной оси тоннеля

Толщина борта (а), в месте пересечения его со спинкой тюбинга, предварительно определяется по эмпирической формуле:

$$a = \frac{h_б \times b}{400} см \quad , \tag{5}$$

где $h_б$ – высота борта тюбинга в см;

b – ширина кольца обделки в см.

Затем производится проверка на предельную гибкость борта тюбинга $\frac{f}{a} \le 4-3$, где: $f = h_б - a$ длина свободной части борта.

Толщина спинки тюбинга t определяется из расчёта спинки как плиты, заделанной по контуру (см. рис. 12) Максимальный изгибающий момент в среднем сечении спинки тюбинга равен:

$$M_{\max} = \frac{ql^2}{16} \text{ (тм)}, \tag{6}$$

где q – расчётная нагрузка (т/ $м^2$);

l – расчётный пролёт (м).

Тогда $t = 0{,}6l\sqrt{\frac{q}{R_p}}$ (м), (7)

где R_p – расчётное сопротивление чугуна растяжению.

Полученный результат округляется до миллиметра.

После назначения толщины спинки тюбинга необходимо провести проверку этого параметра на усилие от давления щитовых домкратов.

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{t^2} + \frac{R}{t} \le 1800 \text{ (т/м}^2\text{)}, \tag{8}$$

где R – давление щитовых домкратов, которое можно принять равным 100 тоннам на 1 погонный метр периметра обделки;

1800 т/м^2 - расчётное сопротивление чугуна марки СЧ 21-40 на сжатие.

При наличии в конструкции тюбинга среднего поперечного (кольцевого) ребра распределение материала происходит так, как это показано на рис.13.

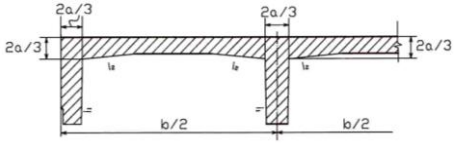


Рис. 13. Сечение тюбинга со средним поперечным (кольцевым) ребром

Болтовые отверстия по кольцевому (поперечному) бору тюбинга располагаются по серединной окружности с шагом $S_{прин}$. Для обеспечения параллельности поверхностей под головку болта и гайку с внутренней стороны борта тюбинга устраиваются специальные приливы (в более ранней литературе такие приливы назывались «бобышки»). После изъятия тюбинга из отливочной формы поверхности приливов об-

рабатываются на фрезерном станке. Детали оформления болтового отверстия показаны на рис.14 (сечение 2-2).

2 - 2

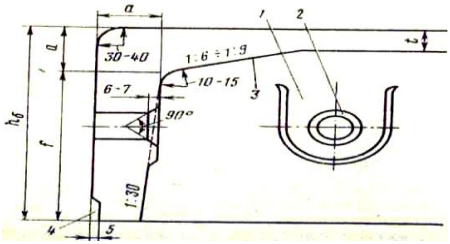


Рис.14. Оформление болтовых отверстий по кольцевому борту тюбинга:
1 – прилив на внутренней поверхности борта («бобышка»); *2* – зенковка;
3 – отливочный уклон; *4* – чеканочная канавка.

При однорядном расположении болтовых связей по продольным стыкам оформление болтовых отверстий в соответствующих бортах будет аналогично тому, что показано на рисунке 14.

Оформление продольного стыка при расположении болтов в два ряда показано на рис.15.

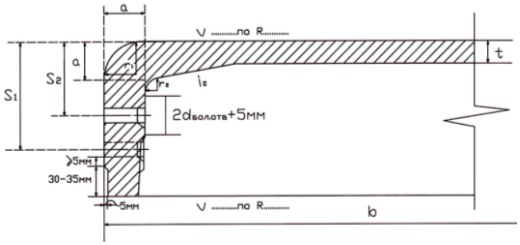


Рис.15. Оформление продольного стыка при расположении болтовых связей в два ряда

Двухрядное расположение болтовых связей по продольному борту тюбинга показано на рис.16.

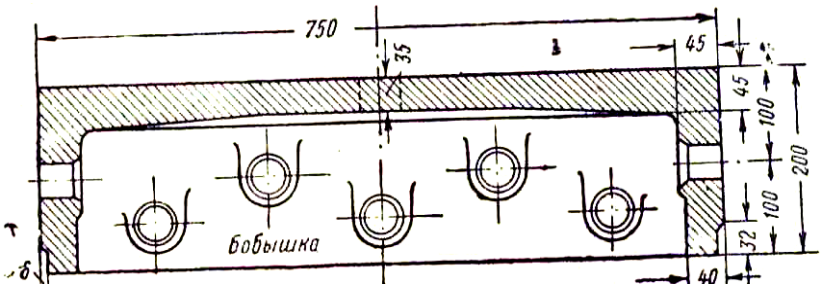


Рис. 16. Вид на внутреннюю поверхность продольного борта тюбинга

1.4.2. Расчет железобетонного тюбинга

Железобетонный тюбинг представляет собой элемент коробчатого сечения с дополнительными продольными, а иногда и поперечными рёбрами жёсткости (рис. 17).

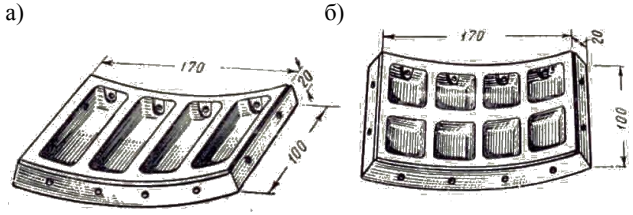


Рис. 17. Железобетонный тюбинг:
а – с продольными рёбрами жёсткости; *б* – с продольными и поперечными рёбрами жёсткости.

При конструировании железобетонного тюбинга можно пользоваться следующими рекомендациями по назначению основных размеров тюбинга (рис. 18).

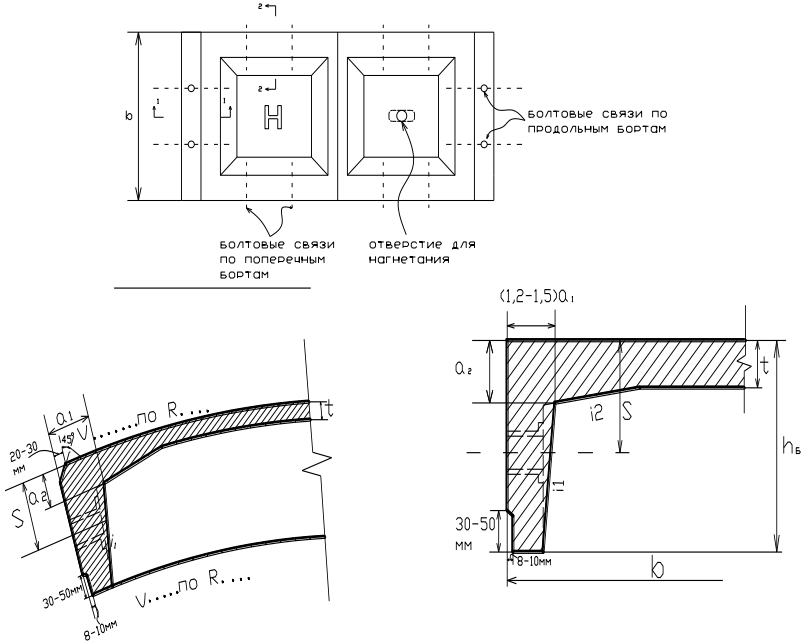


Рис. 18. Схема для назначения основных размеров железобетонного тюбинга

Высота борта тюбинга $h_б = 0{,}065 D_{вн}$, где $D_{вн}$ - внутренний диаметр обделки.

Толщина спинки тюбинга $t \cong (0{,}25 - 0{,}45) h_б$, причём меньший коэффициент принимается при внутреннем диаметре обделке до 5-ти метров, а больший - соответственно при $D_{вн} \geq 7{,}5$ м.

Толщина продольного ребра $a_1 = (0{,}35 - 0{,}45) h_б$, где меньший коэффициент соответствует большему диаметру. Толщина поперечного ребра в 1,2 – 1,5 раза больше a_1.

Расстояние от наружной поверхности тюбинга до точки пересечения ребра со спинкой тюбинга $a_2 = (1{,}2 - 2{,}0) t$. Меньший коэффициент соответствует большему диаметру.

Уклон внутренней поверхности продольных и поперечных рёбер $i_1 = 0 - \frac{1}{6}$.

Болтовые отверстия по кольцевому борту располагаются с шагом 400 – 450мм на расстоянии S= (0,6 – 0,7) $h_б$ от наружной поверхности спинки тюбинга.

Армирование железобетонных тюбингов выполняется по нормам, разработанным для внецентренно сжатых элементов. Рабочая арматура устанавливается симметрично в рёбрах тюбинга, в которых плоские арматурные каркасы объединяются в пространственные. Пространственные каркасы рёбер объединяются поперечной арматурой, проходящей по спинке тюбинга. Ближе к внутренней поверхности спинки устанавливается арматурная сетка. При изготовлении арматурных каркасов железобетонных тюбингов в них устанавливаются закладные детали, оформляющие болтовые отверстия и отверстия для нагнетания растворов за обделку (рис. 19).

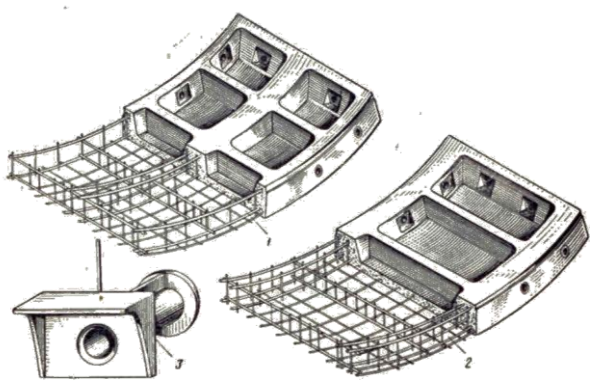


Рис. 19. Схема армирования железобетонных тюбингов:
1 – тюбинг с продольными и поперечными рёбрами жёсткости; *2* – тюбинг только с продольными рёбрами жёсткости; *3* – закладная деталь для болтового отверстия

1.5. Назначение мероприятий по гидроизоляции

Мероприятия по гидроизоляции обделки назначаются по данным рекомендованной для выполнения расчетно-графической работы литературы.

1.6. Расчет основных размеров щита

Диаметр щита равен:

$$D_{щ} = D_{обд.} + \delta_з + 2\delta_о, \quad (9)$$

где $D_{обд.}$ – наружный диаметр обделки; $\delta_з$ – зазор между внутренней поверхностью оболочки щита и наружной обделки ($0{,}008D_{обд.}$); толщина обделки щита $\delta_о$ назначается в зависимости от диаметра щита.

Полная длина щита поверху равна:

$$L_{щ} = L_н + L_{оп} + L_{об}, \quad (10)$$

где $L_н$ – длина ножевого кольца зависит от устойчивости грунтов ($L_н$ = 1,5 м поверху и $L_н$ = 1,0 м понизу, образуя при этом козырёк 0,5 м);

$L_{оп}$ – длина опорного кольца назначается в зависимости от длины щитовых домкратов (1,8 м);

$$L_{об} = l_1 + l_2 + l_3, \quad (11)$$

где l_1 – длина перекрытия обделки оболочкой (2,2 м);

l_2 – расстояние между опорной плоскостью домкрата и плоскостью кольцевого борта обделки (0,2 м);

l_3 – длина головной и опорной частей домкрата (0,7 м).

Отношение полной длины щита к его диаметру, характеризует степень манёвренности щита.

$$M = L_{щ} / D_{щ}, \quad (12)$$

Диаметр в пределах опорного кольца:

$$D_{щ}^{оп} = D_{щ} - 2\delta_о, \quad (13)$$

2. ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЙ МОСТ ПОД ОДНОПУТНУЮ ДОРОГУ ЧЕРЕЗ НЕСУДОХОДНУЮ РЕКУ

2.1. СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 2

Расчетно-графическая работа состоит из расчетно-пояснительной записки и чертежей. Пояснительная записка содержит главы:

1. Местные условия.
2. Варианты моста.

2.1.1. Исходные данные к расчетно-графической работе

Исходными данными являются: профиль перехода, отверстие моста, коэффициент размыва русла реки, наименование грунта верхнего и нижнего слоев, возвышение подошвы рельса над уровнем высоких вод, расчетная глубина промерзания грунта.

Общими для всех студентов являются данные:

1) река имеет спокойное сечение и устойчивое русло;

2) первая подвижка льда происходит на уровне меженных вод;

3) наивысший уровень ледохода совпадает с уровнем высоких вод;

4) железная дорога II категории пересекает мост под прямым углом;

5) мост расположен на прямом и горизонтальном участке дороги.

2.2. СТРУКТУРА ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Оптимальное решение моста находят методом последовательных приближений путем составления и технико-экономического сравнения нескольких вариантов (не менее двух), которые рекомендуется разрабатывать в следующем порядке:

- изучить заданные местные условия проектирования моста;
- выбрать тип пролетных строений и опор;
- определить число и величину пролетов варианта моста;
- определить число и длину свай в фундаменте опоры;
- вычертить вариант моста;
- определить объем работ и стоимость варианта моста.

Составленные варианты моста сравнивают по технико-экономическим показателям и выбирают наилучший.

2.2.1. Местные условия

Перед проектированием необходимо ознакомиться с местными условиями и требованиями к мосту, принятыми в соответствии с заданием, а затем составить гл. 1 «Местные условия» пояснительной записки.

В п. 1.1. «Характеристика водотока» указывают климатические условия района строительства, номер профиля перехода, характеристику течения воды и русла, отметки уровней высокой и меженной воды (УВВ и УМВ), ширину русла $B_р$ при УМВ, ширину левой $B_л$ и правой $B_п$ пойм при УВВ; наибольшую глубину воды при УВВ; отметки уровней высокого и низкого ледоходов (УВЛ и УНЛ); толщину льда; наличие судоходства; величину заданного отверстия моста L_0; коэффициент размыва русла реки $k_р$.

В п. 1.2 «Геологические условия» приводят наименование и физико-механические характеристики грунтов по оси моста; глубину заложения и мощность слоев грунта; расчетную глубину промерзания грунта. Толщину верхнего слоя грунта принимают по масштабу рис. 20, толщина нижнего слоя – неограниченна.

В п. 1.3 «Железнодорожный участок» указывают категорию железной дороги; положение дороги в плане и профиле; число путей и ширину колеи; отметку подошвы рельса

$$ПР = УВВ + Н, \qquad (14)$$

где *УВВ* – отметка уровня высоких вод,

Н – заданное возвышение подошвы рельса над УВВ, м.

2.2.2. Выбор типов пролетных строений и опор

Для малых и средних железнодорожных мостов наиболее рациональными являются балочные типовые сборные железобетонные пролетные строения ребристой конструкции, с ездой поверху, с ненапрягаемой арматурой, полной длиной до 16,5 м (типовой проект инв. № 557), и с предварительно напряженной арматурой, полной длиной от 16,5 до 27,6 м (типовой проект инв. № 556). Основные данные типовых пролетных строений приведены в прил. 1 и [7].

Для среднего поста через реку с ледоходом рациональными являются промежуточные опоры сборной облегченной конструкции выше уровня высоких вод, с массивной частью в пределах колебания уровня воды и ледохода, с фундаментами из свай или оболочек, с высокими ростверками или без ростверков.

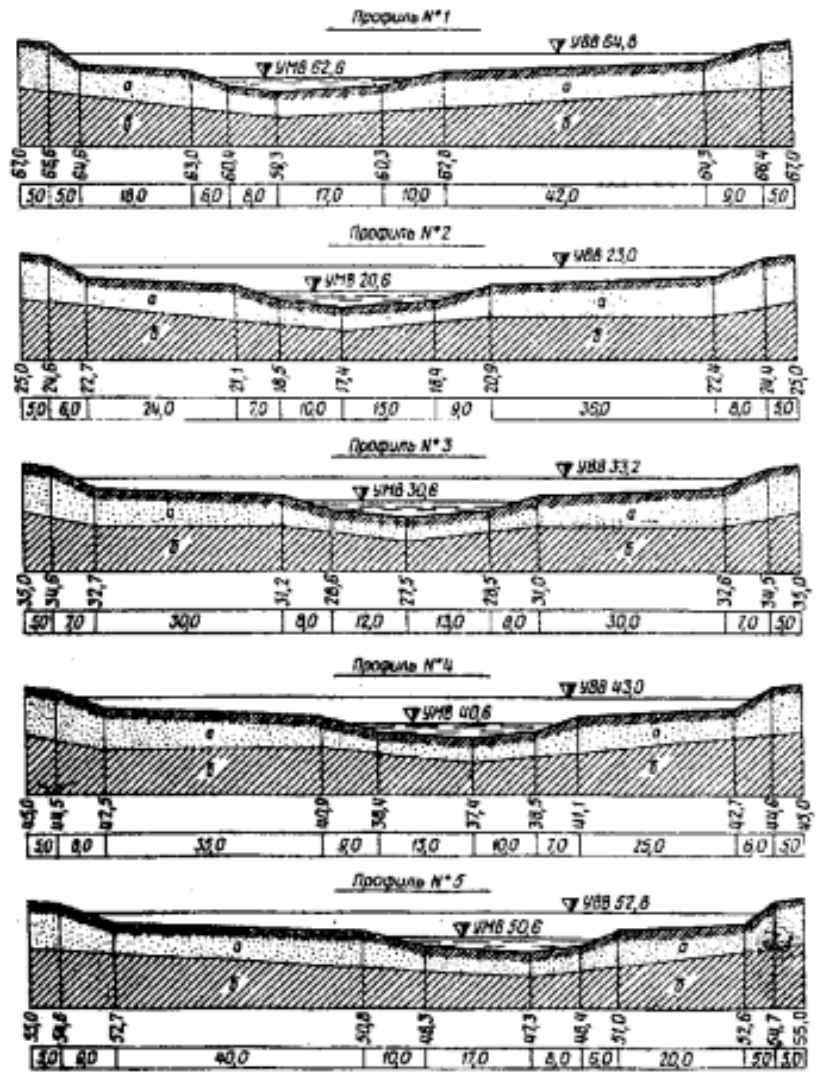


Рис. 20. Профили переходов:
а – верхний слой грунта; *б* – нижний слой; толщина верхнего слоя грунта принимается по масштабу, нижнего – неограниченна

В качестве устоев можно принять типовые свайные, данные о которых приведены в прил. 2, а также в [7].

2.2.3. Определение числа и величин пролетов моста

Мосты на реках, при отсутствии судоходства и лесосплава, могут иметь пролетные строения любой длины. Однако, при наличии ледохода пролеты мостов в свету должны быть не менее 10 м.

В первом варианте моста можно принять типовые балочные пролетные строения полной длиной $l_п$ = 16,5 – 23,6 м в зависимости от высоты моста *Н = ПР - УМВ*, вида и глубины заложения фундамента.

Требуемое количество пролетов моста с обсыпными устоями можно определить по формуле:

$$n_T = \frac{L_0 + 3(ПР - УВВ + 0,5 \cdot k_p \cdot h_П - h_c - h_{оч} - 0,6) - b}{l_П - b}, \qquad (15)$$

где L_0 – заданное отверстие моста, м;

$ПР$ – отметка подошвы рельса, м;

$УВВ$ – отметка уровня высоких вод, м;

k_p – коэффициент размыва русла реки;

$h_П$ – средняя глубина высокой воды на поймах, м;

b – ширина промежуточной опоры по фасаду моста на УВВ, м, которую можно принять

$$b = (0,48 - 0,02 \cdot H_0) \cdot H_0, \qquad (16)$$

где H_0 – высота опоры, м;

h_c – строительная высота пролетных строений, м (прил. 1);

$h_{оч}$ – высота опорных частей, м (прил. 3).

Полученное дробное число пролетов n_T округляют до ближайшего большего целого числа n. Если $1,1n_T \geq n$, то все пролеты моста следует принять одинаковыми, равными $l_П$. Если $1,1n_T < n$, то следует рассмотреть схему моста с двумя крайними пролетами меньшей длины $l_K = 0,5(n_T - n + 2) \cdot l_П$.

При округлении n_T до ближайшего меньшего числа n можно получить схему моста с одним из средних пролетов большей длины $l_C = (n_T - n + 1) \cdot l_П$.

Длины принятых пролетных строений должны соответствовать типовым (см. прил. 1).

После уточнения числа и величин пролетов моста определяют расстояние между шкафными стенками устоев:

$$L = 0,05 + \sum (l_{ni} + 0,05), \qquad (17)$$

где l_{ni} – полная длина *i* – го пролетного строения, м;

$0,05$ – зазор между торцами железобетонных пролетных строений, м.

Затем определяют положение середины моста на профиле перехода из условия пропорциональности частей отверстия моста, расположенных в пределах левой и правой пойм, соответствующих ширинам пойм. Расстояние от середины реки по УМВ до середины моста

$$a = \frac{(L_0 + \sum b - B_M) \cdot (B_П - B_Л)}{2 \cdot (B_П + B_Л)}, \qquad (18)$$

где L_0 – заданное отверстие моста, м;

$\sum b$ – сумма ширин всех промежуточных опор, м;

B_M – ширина реки по УМВ, м;

$B_П$ и $B_Л$ – ширина, соответственно, правой и левой пойм по УВВ, м.

Положительное значение расстояния a откладывают от середины реки по УВВ вправо, а отрицательное – влево.

От середины моста откладывают в обе стороны по $0,5L$, разбивают расстояние между шкафными стенками устоев L на принятые пролеты и проводят оси опор (рис. 21). При этом пролетные строения большей длины располагают над наиболее глубокой частью реки.

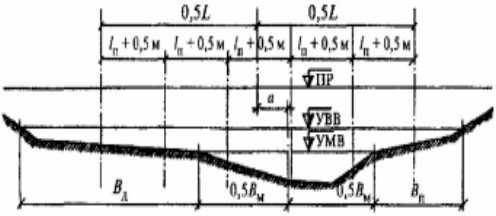


Рис. 21. Схема размещения моста на профиле и его разбивка на прочность

2.2.4. Составление эскиза промежуточной опоры

В расчетно-графической работе необходимо составить эскиз одной промежуточной опоры наибольшей высоты. На чертеже вычерчивают в масштабе 1:100 две вертикальные проекции опоры (вдоль и поперек моста) и горизонтальное сечение тела опоры (рис. 22).

Составление эскиза начинают с размещения на чертеже осей вертикальных проекций опоры и вычерчивания пролетных строений. На проекциях указывают уровни: ПР, УВВ (УВЛ), УМВ (УНЛ), поверхности грунта после размыва и слоев грунта. Для железобетонных пролетных строений по прил. 3 принимают размеры опорных частей: высоту $h_{оч}$, размер нижней подушки вдоль $a_{поч}$ и $a_{ноч}$ (для подвижной и неподвижной опорных частей) и поперек $b_{оч}$ моста.

Наименьший размер подферменной плиты (оголовка) вдоль моста:

$$C_{ПФ} = l_{П} - l + \Delta + 0,5 \cdot (a_{поч} + a_{ноч}) + 2 \cdot (c_1 + c_2), \qquad (19)$$

где $l_{П}$ – полная длина пролетного строения, м;

l – расчетный пролет, м;

Δ – зазор между торцами пролетных строений, равный 0,05 м для железобетонных и 0,1 м для металлических пролетных строений;

c_1 – расстояние от площадки до грани опорной части до грани площадки, равное 0,15 – 0,2 м;

c_2 – расстояние от площадки до грани подферменной плиты, равное при пролетах до 30 м – 0,15 м, а свыше 30 м – 0,25 м.

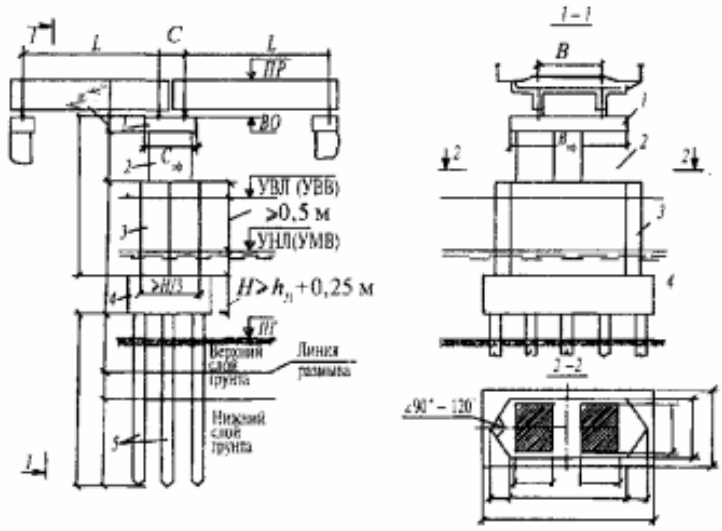


Рис. 22. Схема промежуточной опоры:
1 – подферменная плита; *2* – тело опоры выше УВВ; *3* – ледорезная часть опоры; *4* – ростверк; *5* – свая

Наименьший размер подферменной плиты (оголовка) поперек оси моста:

$$B_{ПФ} = B + b_{оч} + 2 \cdot (c_1 + c_3), \qquad (20)$$

где B – расстояние между осями главных балок или ферм, м;

$b_{оч}$ – размер поперек моста нижней подушки опорной части, м;

c_1 – расстояние от площадки до грани опорной части до грани площадки, равное 0,15 – 0,2 м;

c_3 – расстояние от площадки до грани подферменной плиты, принимаемое равным при плоских и тангенциальных опорных частях – 0,3 м, а при секторных и катковых – 0,5 м.

Для закругленной или многоугольной в плане подферменной плиты наименьшее расстояние от угла подферменной площадки до ближайшей грани плиты принимают таким же, как и размер c_1 вдоль моста. Центр полуокружности, описывающий контур верховой или низовой части плиты, располагают на краю подферменной площадки. Тол-

щину подферменной плиты принимают 0,4 – 0,6 м при опирании всей плоскостью, а при опирании на столбы – 0,8 – 1,2 м.

Тело опоры от низа подферменной плиты до отметки не менее чем на 0,5 м выше УВЛ может быть в виде прямоугольного или круглого в плане бетонного или железобетонного сплошного, а при большой высоте – пустотелого столба (или нескольких столбов) с вертикальными гранями, размеры которых в плане принимают меньше размеров подферменной плиты на 0,2 м.

Нижележащая часть тела опоры до обреза фундамента должна иметь вертикальные грани и закругления или заострения в плане верховой или низовой сторон. В зависимости от интенсивности ледохода угол заострения ледорезной грани в плане принимают в пределах 90 – 120°. Эта часть тела опоры выполняется массивной бетонной.

Телу опоры высотой более 4 м, считая от обреза фундамента, можно придавать ступенчатую форму по фасаду моста, совмещая одну из ступеней с ледорезной частью. Во всех случаях нужно, чтобы размер любого сечения бетонной опоры был не менее $(0{,}48 - 0{,}02H)$, где H – расстояние от сечения до верха опоры, м.

При небольшом возвышении опоры над уровнем высокой воды верхнюю часть тела опоры можно выполнить одинаковой формы с нижней.

2.2.5. Определение числа и длины свай в фундаменте опоры

Для промежуточных опор в заданных грунтовых условиях можно принять фундаменты с высокими или низкими ростверками на висячих железобетонных сваях или оболочках. Забивные цельные сваи квадратного сечения имеют размеры 35 × 35 или 40 × 40 см; секционные полые круглые – диаметр 40, 50, 60, 80 см и толщину стенки 8 – 10 см. длина цельных свай бывает до 16 – 20 м; длина секций – 4 – 12Гм. головы свай заделывают в прямоугольный или обтекаемый в плане ростверк толщиной 1,5 – 2 м с размерами, как правило, не менее, чем на 0,5 м превышающими размеры нижней части тела опор. Сваи заделывают в ростверк на длину не менее чем две толщины ствола сваи, а сваи толщиной более 0,6 м – не менее чем на 1,2 м.

Обрез фундамента (верх ростверка) в меженном русле располагают ниже УНЛ на толщину льда плюс 0,25 м, а на поймах – на 0,25 м ниже поверхности грунта после размыва. Подошву фундамента (низ высокого ростверка) в меженном русле располагают на любом уровне.

Верх низкого ростверка в меженном русле, а также верх ростверка на поймах должны располагаться не выше отметки грунта дна после размыва минус 0,25 м.

Подошву ростверка на поймах располагают в крупных и средних песчаных грунтах на любом уровне, а в глинистых, суглинистых, мелких и пылеватых песчаных грунтах – не менее чем на 0,25 м ниже глубины промерзания.

В расчетно-графической работе необходимо приближенно определить число и длину свай в фундаменте промежуточной опоры из расчета на вертикальные нагрузки на свайный ростверк, которые складываются из собственного веса частей опоры, давлений от веса пролетных строений и мостового полотна и временной подвижной вертикальной нагрузки. Собственно весом забивных свай, как правило, можно пренебречь.

Для определения веса опоры ее разделяют на части простой геометрической формы: подферменную плиту – 1, тело опоры выше УВВ – 2, ледорезную часть опоры – 3, ростверк – 4 (см. рис. 22).

Нормативная нагрузка от веса частей опоры:

$$N_{ОП} = \sum \gamma_i \cdot V_i, \qquad (21)$$

где γ_i – нормативный объемный вес: бетона $\gamma_{бет} = 23,5 кН / м^3 (2,4 тс / м^3)$, железобетона $\gamma_{жб} = 24,5 кН / м^3 (2,5 тс / м^3)$;

V_i – объем i – й части опоры м^3.

Нормативная нагрузка на опору:

от веса конструкций двух одинаковых пролетных строений, кН:

$$N_{ПР_н} = \gamma_{ЖБ} \cdot V_{ЖБ} + 9,81 \cdot (P_{ПС} + P_{ОЧ}), \qquad (22)$$

где $V_{ЖБ}$ – объем железобетона пролетного строения, м^3;

$P_{ПС}$ – масса металла для стальных и сталежелезобетонных пролетных строений, т;

$P_{ОЧ}$ – масса комплекта опорных частей, т;

от веса мостового полотна на балласте, кН:

$$N_{Б_П} = \gamma_Б \cdot A_Б, \qquad (23)$$

где $\gamma_Б$ – объемный вес балласта с частями верхнего строения пути;

$A_Б$ – площадь сечения балластной призмы, $A_Б$ = 2 м^2;

от веса мостового полотна на деревянных поперечинах, кН:

$$N_{M_П} = \rho_{M_П} \cdot l_П, \qquad (24)$$

где $\rho_{M_П}$ – вес одного погонного метра мостового полотна, $\rho_{M_П}$ = 8,8 кН/м (0,9 тс/м);

$l_П$ – полная длина пролетного строения, м;

от веса тротуаров с консолями и перилами, кН:

$$N_{T_П} = \rho_T \cdot l_П, \qquad (25)$$

где ρ_T – вес одного погонного метра двух тротуаров с консолями и перилами, ρ_T = 4,9 кН/м (0,5 тс/м);

$l_П$ – полная длина пролетного строения, м.

Нормативное давление на опору от подвижного состава, расположенного на двух пролетах:

$$N_B = \nu \cdot A, \qquad (26)$$

где ν – интенсивность эквивалентной временной подвижной нагрузки, расположенной на двух пролетах, которую определяют по прил. 4 при длине загружения $\lambda = 2 \cdot (l + 0,5c)$ и коэффициенте $\alpha = 0,5$;

A – площадь линии влияния реакции, м;

$$A = \frac{1}{l} \cdot (l + 0,5c)^2 \qquad (27)$$

где l – расчетный пролет, м;

c – расстояние между осями опорных частей на опоре (см. рис. 22), м.

Расчетная вертикальная нагрузка на фундамент:

$$N = \sum \gamma_f \cdot N_П + \gamma_f \cdot N_B, \qquad (28)$$

где γ_f – коэффициент надежности по нагрузке (прил. 5); $N_П$ и N_B – нормативные усилия, соответственно, от постоянной и временной нагрузок.

Требуемое количество свай (оболочек) в опоре:

$$n_c = k_Г \cdot k_H \cdot \frac{N}{F_d}, \qquad (29)$$

где $k_Г$ – коэффициент учета влияния горизонтальных нагрузок, $k_Г = 1{,}2 – 1{,}4$;

k_H – коэффициент надежности, принимаемый равным: при числе свай 21 и более – 1,4; от 11 до 20 – 1,55; от 6 до 10 – 1,65; до 5 – 1,75;

F_d – расчетная несущая способность одной сваи по грунту, определяемая по СНиП 2.02.03 – 85, для двух-трех величин (через 3 – 6 м) заглубления сваи, принимаемой, как правило, не меньше чем на 8 – 9 м погруженной в нижний слой грунта.

Несущая способность сваи по грунту должна быть близкой, но не превышать несущей способности сваи по условию прочности материала, приведенной в табл. 1.

Таблица 1

Ориентировочная несущая способность одной сваи (оболочки) по условию прочности материала

Сечение или диаметр сваи, м	0,35×0,35	0,40×0,40	d = 0,40	d = 0,50	d = 0,60	d = 0,80
Несущая способность, тс	80 – 100	100 – 120	100 – 120	120 – 150	150 – 200	200 – 300
Диаметр оболочки, м	1,0	1,2	1,6	2,0	3,0	5,0
Несущая способность, тс	300 – 400	400 – 500	600 – 800	1000 – 1200	1500 – 2000	4000 – 5000

Полученное число свай размещают на плане ростверка, размеры которого могут быть соответственно скорректированы. Наименьшие расстояния между осями вертикальных забивных свай равны трем диаметрам или толщинам свай. Наименьшие расстояния в свету между сваями-оболочками принимают 1 м. Наименьшее расстояние от края ростверка до грани сваи равно 0,25 м, а до грани сваи-оболочки – 0,1 м.

2.2.6. Вычерчивание вариантов мостов

Поперечный профиль реки в масштабе 1:200 вычерчивают с указанием линии дна после размыва, геологического строения и линии подошвы рельса (ПР). В пределах пойм при пучинных грунтах (глинистых, суглинистых, супесчаных, а также мелких или пылеватых песчаных) показывают также линии расчетной глубины промерзания. Глубину реки после размыва для всех точек перелома профиля вычисляют по формуле:

$$h = k_P \cdot h_B, \qquad (30)$$

где k_P – коэффициент размыва русла;

$h_в$ – глубина воды при УВВ, м.

Пролетные строения изображают в виде прямоугольников высотой, равной строительной высоте минус 0,2 м, и длиной, равной их полной длине. Между торцами пролетных строений показывают зазор 0,05 м.

В зависимости от высоты насыпи у концов моста и величины крайних пролетов подбирают по прил. 2 устои, которые изображают на чертеже. Откос конуса насыпи с уклоном 1:1,5 должен проходить ниже подферменной площадки устоя не менее чем на 0,6 м. Бровку насыпи располагают ниже подошвы рельса на 0,9 м.

На фасаде моста указывают длину моста (расстояние между задними гранями устоев), длины пролетных строений и величины зазоров между ними; возвышение низа конструкции пролетных строений над УВВ (не менее 0,75 м); отметки уровней воды и ледохода, подошвы рельса (ПР), бровки насыпи (БН), низа конструкции пролетного строения (НК), верха опоры (ВО), обреза и подошвы фундамента (ОФ и ПФ); номера опор, начиная с левого берега (рис. 23).

В масштабе 1:100 – 1:200 вычерчивают: поперечный разрез моста, на котором показывают сечение пролетного строения и вид на промежуточную опору; горизонтальное сечение тела опоры; план свай.

На поперечном разрезе указывают строительную высоту пролетного строения, расстояние между осями главных балок, внешними гранями наружных бортиков балластного корыта, ширину тротуаров, высоты частей опоры. На сечении тела опоры показывают его размеры, а на плане свай – расстояния между сваями и размеры ростверка. Над чертежом надписывают номер варианта и измеренное непосредственно по чертежу отверстие моста, которое не должно быть меньше

заданного и не более чем на 10 % отличаться от него в большую сторону.

Вариант № (отверстие …., м)

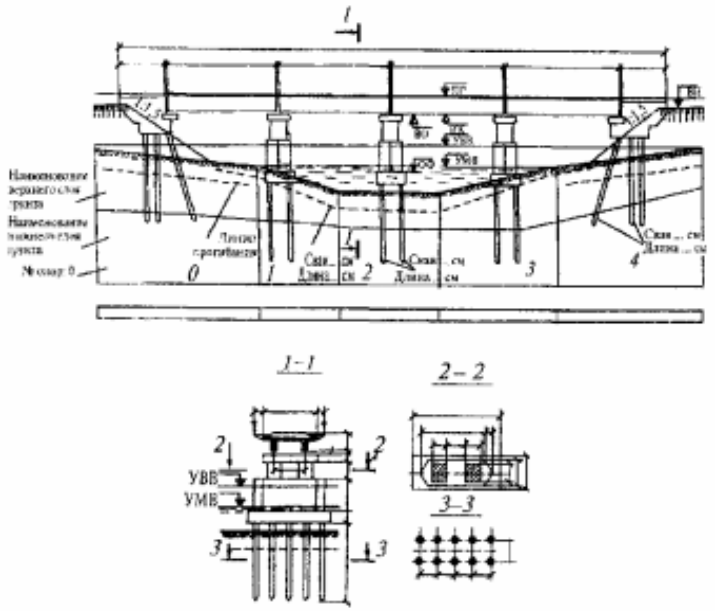


Рис. 23. Образец чертежа варианта моста

2.2.7. Определение объемов работ и стоимости моста

Объемы бетона и железобетона пролетных строений и устоев принимают по прил. 1 и 2. Объемы промежуточных опор и фундаментов определяют по запроектированным размерам. Номенклатуру и единичную стоимость работ принимают в соответствии с перечнем работ, приведенным в прил. 6 и составленным проектом. При определении объема работ по устройству шпунтового ограждения считают, что размеры ограждения в плане не менее чем на 1 м превышают размеры фундамента. Деревянный шпунт применяют при глубине воды, считая от меженного уровня, или при глубине котлована на пойме до 3 м. При большей глубине воды или котлована применяют металлический

шпунт. Глубину погружения шпунта в грунт ниже дна реки или котлована принимает 2 – 3 м. Возвышение шпунтового ограждения над УМВ – 1 м. Стоимость моста определяют по нижеприведенной форме (табл. 2). При этом части моста объединяются по группам однородных конструкций: 1 – устои 2 – промежуточные опоры, 3 – пролетные строения. В группах могут быть подгруппы, объединяющие конструкции одинаковых типоразмеров. Суммирование стоимости производится по группам конструкций и по мосту в целом.

Таблица 2

Объем работ и стоимость моста по варианту №…

Наименование работ	Объем работ		Стоимость, руб	
	Измеритель	Количество	единичная	общая
1. Устои 2 шт. Изготовление и забивка железобетонных свай 0,4×0,4×10,0×12×2 …	$м^3$ …	38,4 …	140 …	5376 …
Стоимость устоев:				
2. Промежуточные опоры … шт …	… …	… …	… …	… …
Стоимость опор:				
3. Пролетные строения … шт …	… …	… …	… …	… …
Стоимость пролетных строений				
СТОИМОСТЬ МОСТА:				

2.2.8. Проектирование последующих вариантов

Ориентировочным критерием, определяющим экономичность моста, является приблизительное равенство стоимостей промежуточной опоры и примыкающего к ней пролетного строения (без стоимости мостового полотна). Если для первого варианта окажется, что стоимость промежуточной опоры больше стоимости пролетного строения, то во втором варианте следует увеличить пролеты моста, т.е. умень-

шить число опор. В противном случае во втором варианте следует уменьшить пролеты моста. Если полная стоимость второго варианта моста с увеличенными (уменьшенными) по сравнению с первым вариантом пролетами оказалась больше стоимости первого, то для третьего варианта следует применять уменьшенные (увеличенные) по сравнению с первым пролеты. В противном случае следует для третьего варианта увеличить (уменьшить) пролеты по сравнению со вторым вариантом.

2.2.9. Технико-экономическое сравнение вариантов моста

Показатели вариантов моста выписывают в табличной форме (табл. 3).

Коэффициент сборности моста равен частному от деления стоимости сборных конструкций в деле на полную стоимость моста. К полностью сборным конструкциям относятся железобетонные и металлические пролетные строения, сборные части промежуточных опор и сваи. Для массивного тела сборно-монолитных опор коэффициент сборности можно принять равным 0,5.

Основным экономическим показателем для оценки и выбора наилучшего варианта моста является его стоимость.

Важными технико-экономическими показателями считаются также расход бетона и железобетона на строительство моста, коэффициент сборности и другие данные, например, количество опор и свай моста, величина блоков и т.п., влияющие на трудоемкость и продолжительность строительства, а также на эксплуатационные качества моста.

Рекомендуемый вариант моста должен иметь минимальную стоимость, наименьшую трудоемкость и продолжительность постройки, а также наилучшие эксплуатационные качества.

2.2.10. Составление главы 2 пояснительной записки

В п. 2.1 «Вариант №1» и в п. 2.2 «Вариант №2» пояснительной записки для каждого варианта моста указывают количество и длину пролетных строений, например: 9,3 + 4 × 13,5 + 9,3, означающее, что мост имеет 6 пролетов, из которых крайние длиной 9,3 м, а четыре соседних – по 13,5 м. Приводят расчеты по определению величины и количества пролетов, а также длины и числа свай в промежуточной опоре. Указывают тип пролетных строений и опор. Подсчет объемов работ и стоимости вариантов моста сводят в таблицу.

Таблица 3

Технико-экономические показатели

Наименование показателей	Единица измерения	Количество по вариантам		
		№ 1	№ 2	№ 3
Стоимость моста: полная 1 погонный метр	 руб руб			
Объем бетона и железобетона: сборного монолитного всего на 1 погонный метр	 $м^3$ $м^3$ $м^3$ $м^3$			
Масса металлоконструкций пролетных строений и опорных частей: полная на 1 погонный метр	 т т			
Коэффициент сборности моста				

В п. 2.3 «Технико-экономическое сравнение вариантов моста» приводят таблицу технико-экономических показателей и обоснование выбора наилучшего варианта моста.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

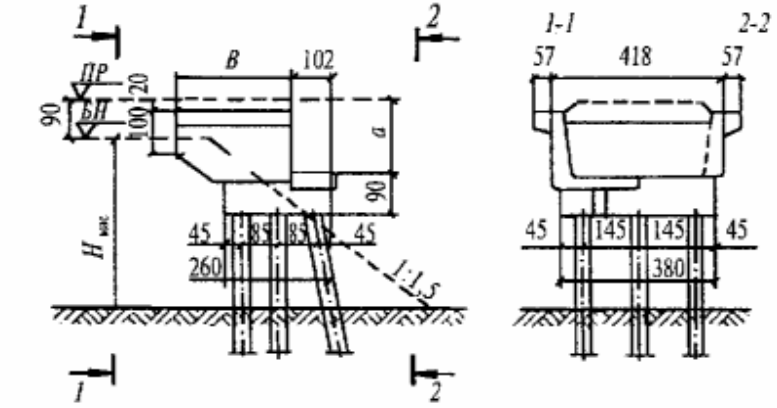
Данные о типовых железобетонных пролетных строениях

Наименование пролетных строений, № типового проекта	Полная длина, м	Расчетный пролет, м	Строительная высота, м	Объем железобетона, $м^3$
Ребристые ненапряженные, инв. № 557	9,3	8,7	1,4	16,3
	11,5	10,8	1,55	21,3
	13,5	12,8	1,7	27,6
	16,5	15,8	1,9	36,9
Ребристые напряженные, инв. № 556	16,5	15,8	1,9	35,5
	18,7	18,0	2,05	42,4
	23,6	22,9	2,35	61,7
	27,6	26,9	2,75	80,1

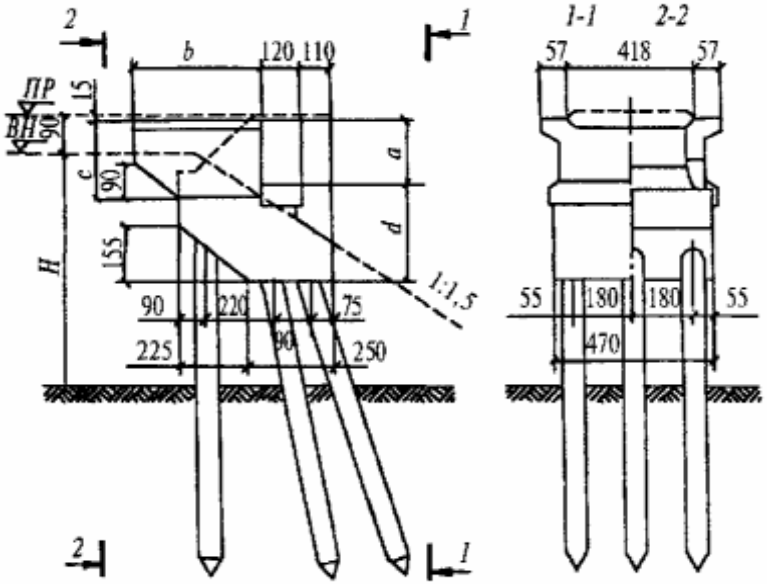
Приложение 2

Данные о типовых свайных устоях

Типовой проект	Полная длина пролетного строения, м	Размеры оголовка, см				Объем бетона оголовка, $м^3$		Высота насыпи Н=6 м, сечение свай 35×35		Высота насыпи Н=6 м, сечение свай 40×40		Высота насыпи Н=6 м, сечение свай d = 60 см	
		a	*b*	*c*	*d*	сборного	монолитного	количество свай, шт	длина свай, м	количество свай, шт	длина свай, м	количество свай, шт	длина свай, м
Инв. № 708 (рис. 24)	9,3	161	295	-	-	11,6	1	8	9	8	13	-	-
	11,5	176	320	-	-	12,4	1	8	9	8	13	-	-
Инв. № 828 (рис. 25)	16,5	197	375	240	293	11,9	49,5	-	-	12	12	9	16
	18,7	228	375	240	262	11,9	47,9	-	-	12	12	9	16
	23,6	270	530	290	320	15,7	53,2	-	-	12	12	9	16
	27,6	321	530	290	269	15,7	50,3	-	-	12	12	9	16



П 2.1. Устой по типовому проекту № 708



П 2.2. Устой по типовому проекту № 828

Приложение 3

Данные о типовых опорных частях

Тип опорных частей	Размеры, см				Масса комплекта опорных частей, т	Полная длина пролетных строений, м
	высота $h_{оч}$	нижняя подушка вдоль моста $a_{оч}$		поперек моста $b_{оч}$		
		неподвижная часть	подвижная часть			
тангенциальные	20	45	45	56	1,1	9,3 – 11,5
	22	45	45	56	1,2	13,5 – 16,5
секторные	38,4	42	48	90	2,0	18,7
	50,5	42	48	90	2,4	23,6 – 27,6

Приложение 4

Нормативная временная вертикальная (эквивалентная) нагрузка СК от железнодорожного подвижного состава

Длина загружения λ, м	Интенсивность эквивалентной нагрузки ν, кН/м (тс/м) пути при			
	К = 1		К = 1,4	
	α=0	α=0,5	α=0	α=0,5
1	49,03 (5,000)	49,03 (5,000)	686,5 (70,00)	686,5 (70,00)
1,5	39,15 (3,992)	34,25 (3,493)	548,1 (55,89)	479,5 (48,90)
2	30,55 (3,115)	26,73 (2,726)	427,7 (43,61)	374, 2 (38,16)
3	24,16 (2,464)	21,14 (2,156)	338,3 (34,50)	296,0 (30,18)
4	21,69 (2,212)	18,99 (1,936)	303,7 (30,97)	265,8 (27,10)
5	20,37 (2,077)	17,82 (1,817)	285,2 (29,08)	249,5 (25,44)
6	19,50 (1,988)	17,06 (1,740)	272,9 (27,83)	238,8 (24,35)
7	18,84 (1,921)	16,48 (1,681)	263,7 (26,89)	230,7 (23,53)
8	18,32 (1,868)	16,02 (1,634)	256,4 (26,15)	224,4 (22,88)
9	17,87 (1,822)	15,63 (1,594)	250,2 (25,51)	218,9 (22,32)
10	17,47 (1,786)	15,28 (1,558)	244,5 (24,93)	214,0 (21,82)
12	16,78 (1,763)	14,68 (1,497)	234,9 (23,95)	205,5 (20,96)
14	16,19 (1,651)	14,16 (1,444)	226,6 (23,11)	198,3 (20,22)
16	15,66 (1,597)	13,71 (1,398)	219,3 (22,36)	191,8 (19,56)
18	15,19 (1,549)	13,30 (1,356)	212,7 (21,69)	186,0 (18,97)
20	14,76 (1,505)	12,92 (1,317)	206,6 (21,07)	180,8 (18,44)
25	13,85 (1,412)	12,12 (1,236)	193,9 (19,77)	169,7 (17,30)
30	13,10 (1,336)	11,46 (1,169)	183,4 (18,70)	160,5 (16,37)
35	12,50 (1,275)	10,94 (1,116)	175,0 (17,85)	153,2 (15,62)
40	12,01 (1,225)	10,51 (1,072)	168,2 (17,15)	147,2 (15,01)
45	11,61 (1,184)	10,16 (1,036)	162,6 (16,58)	142,2 (14,50)
50	11,29 (1,151)	9,875 (1,007)	158,0 (16,11)	138,3 (14,10)
60	10,80 (1,101)	9,807 (1,000)	151,1 (15,41)	137,3 (14,00)
70	10,47 (1,068)	9,807 (1,000)	146,6 (14,95)	137,3 (14,00)
80	10,26 (1,046)	9,807 (1,000)	143,6 (14,64)	137,3 (14,00)
90	10,10 (1,030)	9,807 (1,000)	141,4 (14,42)	137,3 (14,00)
100	10,00 (0,020)	9,807 (1,000)	140,0 (14,28)	137,3 (14,00)
110	9,944 (1,014)	9,807 (1,000)	139,3 (14,20)	137,3 (14,00)
120	9,895 (1,009)	9,807 (1,000)	138,6 (14,13)	137,3 (14,00)
130	9,865 (1,006)	9,807 (1,000)	138,1 (14,08)	137,3 (14,00)
140	9,846 (1,004)	9,807 (1,000)	137,9 (14,06)	137,3 (14,00)
150 и более	9,807 (1,000)	9,807 (1,000)	137,3 (14,00)	137,3 (14,00)

Примечания: 1. Коэффициент $\alpha = a/\lambda$, где a – проекция наименьшего расстояния от вершины до конца линии влияния.

2. Для промежуточных значений λ и α эквивалентная нагрузка вычисляется по интерполяции.

Приложение 5

Коэффициенты надежности

Нагрузка или воздействие	Коэффициенты надежности γf		
а) **Постоянные нагрузки**			
Все нагрузки и воздействия, кроме указанных ниже в данной таблице	1,1 (0,9)		
Вес мостового полотна с ездой на балласте	1,3 (0,9)		
Горизонтальное давление грунта от веса насыпи на опоры мостов, включая устои	1,4 (0,7)		
б) **Временная подвижная нагрузка СК**	Длина загружения λ, м		
Вертикальное воздействие	0	50	150 и более
Горизонтальное воздействие	1,30	1,15	1,10
	1,20	1,10	1,10
Давление грунта от подвижного состава на призме обрушения	1,20 независимо от длины загружения		
в) **Прочие нагрузки и воздействия**			
Ветровые нагрузки	1,4		
Ледовая нагрузка	1,2		
Нагрузка от навала судов	1,2		

Примечания: 1. Значения γf , указанные в скобках, следует принимать в случаях, когда при невыгодном сочетании нагрузок увеличивается их суммарное воздействие на элементы конструкции.

2. Для промежуточных значений λ коэффициент надежности γf вычисляется по интерполяции.

Приложение 6

Ориентировочная единичная стоимость мостостроительных работ

Наименование работ	Единица измерения	Стоимость единицы измерения, руб
1	2	3
Устройство фундаментов опор		
Устройство шпунтового ограждения: одиночного деревянного двойного деревянного с засыпкой металлического	$м^2$ площади шпунта	 20 60 50
Разработка грунта в котловане: без водоотлива с водоотливом	$м^3$ грунта	 3 4
Разработка скальных пород	--	100 – 2000
Отсыпка островка	--	4
Устройство тампонажного слоя бетона	$м^3$ бетона	40
Кладка фундамента в котловане: монолитная бетонная из бетонных блоков из железобетонных блоков	--	 70 110 140
Изготовление и забивка свай (с земли / с воды): железобетонных длиной до 10 м железобетонных длиной свыше 10 до 20 м	$м^3$ свай	 200/250 220/260
Устройство буровых свай	--	200 – 600
Изготовление и виброуплотнение железобетонных оболочек с удалением грунта и заполнением бетоном: диаметром 1 м диаметром 2 м диаметром 3 м диаметром 5 м	$м^3$ оболочки	 260 200 140 100

Окончание прил. 6

1	2	3
Разбуривание уширений в основании оболочек с выемкой грунта и заполнением бетоном	$м^3$	100 – 150
Устройство ограждений в виде деревянного ящика	$м^3$ ограждения	100
Устройство монолитного железобетонного ростверка	$м^3$ бетона	100
Сооружение опоры выше обреза фундамента		
Бетонная кладка: монолитная сборно-монолитная сборная	$м^3$ бетона	 80 100 120
Изготовление и монтаж железобетонных колонн	--	200
Изготовление и монтаж железобетонных оголовков опор	--	230
Монолитная железобетонная кладка	--	150
Изготовление и монтаж железобетонных пролетных строений		
Установка на опоры балочных пролетных строений: ненапрягаемых предварительно напряженных	$м^3$ железобетона	 240 300
Изготовление и монтаж металлических пролетных строений		
Установка балок на опоры	т. стали	700
Сборка решетчатых пролетных строений на подмостях или на сборочных площадках краном	--	740
Навесная или полунавесная сборка решетчатых пролетных строений	--	800
Мостовое полотно		
Изготовление и монтаж железобетонной плиты в стальных строениях	$м^3$ железобетона	250
Устройство мостового полотна: на деревянных мостовых брусьях по железобетонной безбалластной плите (без ее стоимости) на балласте	пог. м	 180 100 90

Библиографический список

1. Тоннели и метрополитены: учебник для вузов. В.Г. Храпов,Е.А. Демешко и др. — М.:Транспорт, 1989.

2. Строительство тоннелей и метрополитенов: учебник для техникумов транспортного строительства под ред. Д.М. Голицынского — М.:Транспорт, 1989.

3. Справочник инженера-тоннельщика: под ред. В.Е. Меркина, С.Н. Власова, О. Н. Макарова — М.:Транспорт, 1993.

4. Строительство тоннелей и метрополитенов. Организация, планирование и управление: учебник для вузов. Н.Г. Туренский, А.П. Ледяев — М.:Транспорт, 1992.

5. СНиП 32-04-97. Тоннели железнодорожные и автодорожные.

6. « Метрополитены », Ю.С. Фролов, Д.М. Голицинский, А.П. Ледяев, М., «Желдориздат», 2001 г.

7. Проектирование деревянных и железобетонных мостов / Под ред. А.А. Петропавловского. – М.: Транспорт, 1978.

Оглавление

Цели и задачи расчетно-графических работ…… 3
Требования к оформлению работ..…... 3
1. Расчет параметров тоннельной отделки…….. 4
1.1.Содержание расчетно-графической работы №1…… 4
1.1.1.Исходные данные к расчетно-графической работе ..…… 4
1.2.Описание материала и варианта конструкции тоннельной обделки……. 4
1.2.1.Основные требования, предъявляемые к сборным тоннельным обделкам……. 4
1.2.2.Форма поперечного сечения сборных обделок тоннелей, сооружаемых щитовым способом…… 5
1.2.3.Выбор материала для сооружения тоннельной обделки… 5
1.2.4.Общие принципы проектирования сборных тоннельных обделок..... 6
1.3. Обоснование выбора и описание основных параметров конструкции..……. 8
1.3.1. Обделка из чугунных тюбингов……..... 8
1.3.2. Обделка из железобетонных тюбингов…….. 12
1.4. Расчет типового тюбинга……...…… 15
1.4.1. Расчет типового чугунного тюбинга…… 15
1.4.2. Расчет железобетонного тюбинга……..... 19
1.5. Назначение мероприятий по гидроизоляции…… 22
1.6. Расчет основных размеров щита……..…… 22
2. Железобетонный мост под однопутную дорогу через несудоходную реку……. 23
2.1.Содержание расчетно-графической работы №2…… 23
2.1.1. Исходные данные к расчетно-графической работе……. 23
2.2. Структура пояснительной записки…….. 23
2.2.1. Местные условия…….. 24
2.2.2. Выбор типов пролетных строений и опор…… 24
2.2.3. Определение числа и величин пролетов моста……. 26
2.2.4. Составление эскиза промежуточной опоры…….. 28
2.2.5. Определение числа и длины свай в фундаменте опоры.. 30
2.2.6. Вычерчивание вариантов мостов…….. 34
2.2.7. Определение объемов работ и стоимости моста……. 35
2.2.8. Проектирование последующих вариантов…….. 36
2.2.9. Технико-экономическое сравнение вариантов моста…. 37

2.2.10. Составление главы 2 пояснительной записки……. 37
Приложения…… 39
Библиографический список…… 47

Учебное издание

Искусственные сооружения в транспортном строительстве
Методические указания к выполнению расчетно-графических работ и практических заданий для студентов специальности 270204 – Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство специализации «Строительство дорог промышленного транспорта»

Составители: **Селицкая** Наталья Владимировна
Сачкова Алиса Вадимовна

Подписано в печать 16.04.13 Формат 60х84/16. Усл.печ.л. 3,0. Уч-изд.л. 3,2.
Тираж 45 экз. Заказ Цена
Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46